

---

**NUEVAS TENDENCIAS EN LA  
EVALUACION DE RELLENOS  
HIDRAULICOS EN ARGENTINA.  
EXPERIENCIAS Y VALORES  
MEDIDOS EN OBRAS**

---

---

# SUMARIO

<b>Autor</b> .....	Pág. 2
<b>Introducción</b> .....	Pág. 3
<b>Una experiencia de relleno hidráulico con materiales finos</b> .....	Pág. 5
Obra de dragado y relleno en San Fernando (Pcia. de Buenos Aires-Argentina)	
Realizada por Pagliettini S.A.....	Pág. 5
Objetivo del trabajo .....	Pág. 5
Ubicación .....	Pág. 5
Descripción de las tareas .....	Pág. 5
Características técnicas del equipo utilizado.....	Pág. 6
Detalles de la construcción .....	Pág. 6
Tareas de comparación de materiales en yacimiento y en posición definitiva .....	Pág. 7
Medición de volúmenes excavados y en posición definitiva.....	Pág. 8
Comentarios .....	Pág. 8
<b>Otros casos análogos publicados en congresos de mecánica de suelos</b> .....	Pág. 9
<b>Comentarios al relleno hidráulico, rendimientos y materiales obtenidos</b> .....	Pág. 10
<b>Conclusiones finales</b> .....	Pág. 11
<b>Fotografías</b> .....	Pág. 12

## INTRODUCCION

Normalmente la evaluación de un yacimiento de materiales para su utilización en rellenos se hace en forma cualitativa y observando solamente como se encuentra el suelo en su estado natural en posición original, estudiando la conformación de los mantos del material a excavar y posteriormente transportar a la zona de relleno.

En el caso de utilización de la técnica que se trata en el presente trabajo: "rellenos por aplicación del método de dragado y refulado de suelos", la evaluación del yacimiento que se debe efectuar es sustancialmente diferente de la anteriormente mencionada, dado que el material a utilizar, con un adecuado tratamiento durante el período de dragado, refulado y decantación, puede realmente mejorar sus características.

En muchos estudios de suelo es común la denominación de "fango no utilizable para rellenos" cuando se clasifica a un horizonte limo arenoso, blando de plasticidad media.

Esta afirmación sería totalmente válida si el material se colocara en la zona a rellenar, tal y como se encuentra en su origen, lo cual a su vez resulta imposible por más que sea lo buscado, debido a las características intrínsecas de la metodología del dragado y refulado.

Teniendo en cuenta la forma de transporte que se utiliza para el movimiento de estos materiales, por cañerías en suspensión acuosa, con ayuda de potentes bombas, es de gran importancia la transformación que sufre el suelo desde su depósito de origen hasta su punto final de colocación.

La principal causa de este cambio es atribuible al lavado, separación por peso de las partículas durante el transporte y posterior ordenamiento que sufre el material luego de ser extraído de su lugar de origen con la consecuente y ventajosa eliminación, junto con el agua-transporte, de gran parte del material fino existente, sobre todo el más plástico (menor peso de dichas partículas por unidad de volumen). Se ha observado que la primera separación de partículas se produce ya en la cañería.

Lo expuesto, a pesar de lo trivial y sencillo que parece, puede resultar muy atrayente para la utilización en rellenos de cualquier tipo de suelos que anteriormente resultaban impensables por su composición para tal fin.

El elemento básico para la aplicación de esta técnica es la draga, aunque lo importante es que no se trata solamente de un equipo productivo, sino que encierra una potente tecnología estudiada y conocida por pocos.

Manejando correctamente el refulado y las piletas de decantación de acuerdo a los resultados que se desean lograr, se pueden obtener materiales cuyo pasa tamiz # 200 y constantes físicas varíen en positivo respecto de los originales.

En efecto, de acuerdo al tiempo que se dé para que la suspensión de agua y suelo se deposite (lo que puede manejarse variando la altura y ubicación de los vertederos para evacuación del agua), se regula la cantidad de material fino eliminado, y de esta forma la plasticidad del relleno obtenido.

Hasta ahora, en general el carácter eminentemente productivo y continuo de las tareas de dragado y refulado no permitió el desarrollo y aprovechamiento integral de lo anteriormente descrito, aunque queda claro que el obtener un material deseado a partir de otro no deseado es una labor de equipo entre profesionales especializados.

Un claro ejemplo local de lo antedicho lo tenemos en el uso de fangos

limo-arenosos de nuestro delta del Paraná con Índices de plasticidad superiores a 10, que una vez refulados se redujo de 2 a 4, formando suelos de fácil drenaje que una vez consolidados y secos constituyen rellenos de excelente comportamiento.

Otro de los aspectos a tener en cuenta previo al inicio de las tareas de refulado de un material es el de la ubicación del tubo de descarga. El mismo no debe permanecer fijo en un punto, dado que el material grueso se deposita cerca de la descarga y el agua que se aleja arrastra los finos formando lentejones de barro. Tal como lo indican muchos autores, esto se soluciona moviendo el punto de descarga de forma de no permitir la acumulación de materiales en espesores superiores a los 50 cm.

De esta forma se obtendrá una mezcla casi homogénea de lentes arenoso y areno-limosos que permitirá al poco tiempo la circulación de equipos livianos.

También resulta importante la adecuada limpieza del recinto o pileta de decantación, con el objeto de que la vegetación no actúe como trampa de finos.

En caso de ser necesario el refulado de materiales con altos porcentajes de suelos finos y plásticos, en general no se obtiene un relleno aprovechable en forma inmediata. Existen soluciones prácticas que permiten acelerar el proceso de consolidación. Se trata de estudiar en forma previa y cuidadosa el intercalamientos de mantos arenosos que permitan la disipación de las presiones neutras con mayor facilidad y de esta forma acelerar el proceso de consolidación.

Es de destacar la posibilidad que tienen estos equipos de realizar destapes de las primeras capas sumergidas o no, dado que normalmente estas son las de materiales más finos, para acceder a mayor profundidad a las canteras del material apropiado.

## **UNA EXPERIENCIA DE RELLENO HIDRAULICO CON MATERIALES FINOS**

### **OBRA DE DRAGADO Y RELLENO EN SAN FERNANDO (PCIA. DE BUENOS AIRES-ARGENTINA) REALIZADA POR PAGLIETTINI S.A.**

#### **OBJETIVO DEL TRABAJO**

La firma Pagliettini S.A., fue contratada a efectos de dotar a la fracción de terreno que luego describiremos, de una cota mínima necesaria para posibilitar su posterior urbanización.

Por dicho motivo no solamente debía procederse al relleno y levantamiento de dicho predio, sino que también debía utilizarse un material que permitiera un fácil drenaje y a su vez que tuviera una calidad suficiente que permitiera la utilización del mismo a corto plazo.

De hecho, dado las características de la Empresa, la ubicación del terreno y las ventajas comparativas frente a otros procedimientos, el relleno se realizó aplicando la técnica de dragado y refulado de suelos.

#### **UBICACION**

La fracción de la que nos ocuparemos, está ubicada en la Provincia de Buenos Aires, en el Partido de San Fernando aproximadamente 300 metros del río Luján (afluente del Río de la Plata) y la superficie total del mismo es del orden de las 3 hectáreas.

Para el relleno de tal fracción se escogió un yacimiento lindero, propiedad del Municipio local, destinado a la construcción de una dársena para funcionamiento de una Escuela Municipal de Náutica.

Las condiciones del terreno natural que iba a ser rellenado eran las típicas de las áreas linderas a los cursos aluvionales de llanura, bajo, inundable, anegadizo y habitualmente cubierto por las crecientes medias, dado que las crecientes máximas llegan en esa zona a la cota + 4.00 (IGM), en tanto que el predio en cuestión tenía una cota media de aproximadamente + 1.90 (IGM).

De acuerdo a lo expuesto, se decidió llevar la cota del terreno hasta un valor mínimo de + 4.30 (IGM).

Tanto la traza de la obra, como el yacimiento a utilizar son parte de una formación aluvional existente en la desembocadura misma del río Luján, en aguas del Río de la Plata.

#### **DESCRIPCION DE LAS TAREAS**

En el mes de abril de 1985 se iniciaron las tareas de desmalezamiento y destronque de la fracción. Paralelamente, una dragalina liviana (capacidad del balde 0,5 m<sup>3</sup>), operando sobre planchas o planchones, dado el bajo valor soporte del piso, comenzó la construcción de los caballetes que nos permitiría materializar los endicamientos.

Los mismos se realizaron por extracción lateral con préstamo de suelo del lado interno del recinto, de manera que dicho material fuera repuesto en ocasión de producirse el relleno por refulado.

La altura de coronamiento de dicho caballete o albardón, dependió del terreno natural, pero fue lo suficientemente alto como para poder obtener la cota de relleno deseada y a su vez tener en cuenta:

—Erosión producida por lluvias.

—Asentamientos.

Por cuestiones operativas propias de la técnica del refulado, los endicamientos se construyen 0.50 metros más altos que las cotas finales proyectadas.

En este caso, el ancho de coronamiento fue de 1.50 metros .

Es dable comentar que en esta obra, los albardones Norte y Este (zonas más bajas del terreno natural), debieron construirse en dos etapas, la segunda luego de un adecuado tiempo de oreo de la primera, debido a la baja calidad del material utilizado y a la presencia de agua permanente en los préstamos.

### **CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO**

El refulado se inició con el equipo más pequeño de Pagliettini, la draga Chapaleo cuyas características salientes son:

Eslora : 19.50 metros

Manga : 4.50 metros

Puntal : 1.00 metro

Potencia de bomba : 650 H.P.

Potencia en el cortador : 110 H.P.

Bomba centrífuga de rotor cerrado.

Diámetro de tubería expelente : 300 mm.

Se utilizó de acuerdo a las necesidades hasta una longitud de 120 m. de tubería flotante, y hasta 600 m de tubería terrestre, aunque el promedio ponderado de la distancia de refulado fue de 350 metros.

### **DETALLES DE LA CONSTRUCCION**

El refulado comenzó desde el vértice SE del recinto (próximo al yacimiento), y desde este punto se arrojó un 70% del total del material a colocar.

El vertedero se encontraba en el extremo NO del recinto.

Luego de haberse realizado la mitad de las tareas de refulado, pudo observarse en una superficie de alrededor de 70 metros a la redonda del vertedero, la presencia de un material muy fino, plástico y de pésima calidad.

Se decidió entonces el retiro hidráulico de dicho material, para lo cual se aumentó la velocidad de la hidromezcla dentro del recinto, utilizando para ello un adecuado manejo de los niveles del vertedero.

De esta manera pudo observarse la eliminación del material liviano y a la vez como el nuevo material aportado desplazaba a los finos, por acción combinada de la energía aportada por el movimiento de la hidromezcla, más la diferencia de densidades, avanzando el material grueso en forma de talud, moviéndose las partículas más gruesas de arriba hacia abajo, desplazando a las partículas finas.

Así se continuó hasta que se observó que el material más pesado llegaba a los vertederos, y también cuando se encontró en el desagüe del recinto un material fino arenoso con escasa presencia de limo.

La totalidad de los trabajos culminó a mediados de junio de 1985 y pudo

observarse la existencia de:

—Material fino en un radio del orden de 10 metros alrededor de los vertederos.

—A los pocos meses de finalizados los trabajos, en dicho sector se produjeron grietas y rajaduras que no se produjeron en otras zonas del recinto, índice concluyente de la baja calidad de algunos finos no expulsados.

—Simultáneamente con la ejecución de los trabajos, era posible el tránsito de personas detrás de la línea de refulado.

—A los tres meses de terminada la obra, un tractor mediano con una cortadora de maleza circulaba por el predio sin dificultades.

—Poco después (a los seis meses) una topadora sobre orugas perfilaba los albardones, cortando los 0.50 metros de excedente de los mismos y conformando el talud exterior proyectado.

—Los asentamientos promedio del terreno natural, que no habían sido calculados previamente dado la magnitud de los trabajos, fueron de 0.09 metros.

### **TAREAS DE COMPARACION DE MATERIALES EN YACIMIENTO Y EN POSICION DEFINITIVA**

A efectos de sacar conclusiones prácticas de la experiencia comentada precedentemente, se decidió realizar perforaciones tanto en la zona de yacimiento, cuanto el predio relleno. Al material de allí extraído se lo analizó, contando con la ayuda de un profesional experto en suelos y se extrajeron las conclusiones que se explicarán a continuación:

—Se realizaron dos perforaciones hasta 9 y 10 metros de profundidad respectivamente, en zona de yacimiento.

—Se realizaron seis perforaciones de aproximadamente 4 metros de profundidad cada una, en el terreno relleno.

—Para cada metro lineal de perforación o cada vez que el suelo cambiaba de aspecto, se realizaron los siguientes ensayos:

- a) Descripción, color y Clasificación Unificada de suelos.
- b) Ensayo de penetración de Terzaghi.
- c) Límite líquido, plástico e índice plástico.
- d) Porcentaje de humedad.
- e) Granulometría.
- f) Densidades, húmeda y seca.

—Con todos estos parámetros, conociendo las cotas que permiten identificar al material refulado del terreno existente, se sacan las siguientes conclusiones:

El pasa tamiz # 200 promedio para materiales de yacimiento es del 54.5%.

El pasa tamiz # 200 promedio para los materiales refulados, ya en posición definitiva es del 38%.

El porcentaje de disminución de finos obtenidos es de un 30.3%

$$\frac{54.5 - 38}{54.5} = 30.3\%$$

Se observa también que la densidad seca promedio del material de yacimiento es de 1.3 t/m<sup>3</sup>., en tanto que el mismo parámetro para el material refulado es de 1.46 t/m<sup>3</sup>.

Este es otro signo inequívoco de que el material que se obtiene con esta metodología de trabajo, puede mejorar sus características respecto del original.

### **MEDICION DE VOLUMENES EXCAVADOS Y EN POSICION DEFINITIVA**

El volumen de suelo dragado de la dársena municipal, de acuerdo a batimetrías realizadas antes y después de la finalización de las obras fue de 97500 m<sup>3</sup>.

La medición del volumen del suelo colocado sobre el predio a rellenar, arrojó un valor de 73935 m<sup>3</sup>. Es de destacar que en este caso, el comitente reconoció a la firma constructora este último volumen.

El rendimiento, expresado por la relación del peso seco del material en préstamo, versus el peso seco del material en terraplén, viene dado por la expresión:

$$R = 1 - \frac{\text{Peso seco del préstamo} - \text{Peso seco del terraplén}}{\text{Peso seco del préstamo}}$$

$$R = 1 - \frac{(97500\text{m}^3 \times 1.30 \text{ t/m}^3) - (73935\text{m}^3 \times 1.46 \text{ t/m}^3)}{97500\text{m}^3 \times 1.3 \text{ t/m}^3}$$

$$R = 85\%$$

Este resultado implica que el 15% de los suelos refulados se escaparon por los vertederos, de acuerdo al manejo que se realizó de la altura de los mismos a efectos de lograr un equilibrio entre rendimiento del trabajo y calidad de la obra.

Entendiendo que los suelos de yacimiento tienen un pasa tamiz # 200 promedio de 54.5% y que la pérdida de materiales que nos da el cálculo del Rendimiento es de un 15%, si suponemos que todos esos materiales perdidos son finos pasa tamiz # 200 tendríamos que obtener valores promedios de finos del 39.5% para el material producto.

Como ya hemos visto, el valor promedio obtenido en el pasa tamiz # 200 para los materiales del terreno refulado es del 38%, totalmente compatible con el 39,5% calculado.

Se agrega al final del presente, el estudio de suelos a que se hizo mención, incluyendo las planillas con los resultados de los ensayos para cada perforación, a la vez que una planimetría esquemática del lugar donde se señalan: terreno a rellenar, dársena y ubicación de las perforaciones realizadas.

### **COMENTARIOS**

El objetivo de la obra que se describió, no fue científico ni de investigación. Se trató de una obra con fines comerciales donde en un comienzo el objetivo era obtener el mejor rendimiento (R) posible, alejando y elevando el punto de descarga o vertedero, a efectos de optimizar la ecuación económica.

Al promediar los trabajos y ante el convencimiento del cliente de la necesidad del retiro de los finos, se comenzó con tal tarea, que pudo haberse realizado en toda la obra mejorando seguramente el producto final.

Por tratarse el yacimiento de una futura dársena náutica, ajustada a un estricto proyecto, no se pudo ir a mayores profundidades en búsqueda de mejores materiales existentes en la zona.

Se agregan por último al final fotografías de la zona referida que muestran la preparación del recinto, la futura dársena, el recinto recién refulado, el vértice SE del recinto y la dársena recién finalizada.



## **OTROS CASOS ANALOGOS PUBLICADOS EN CONGRESOS DE MECANICA DE SUELOS**

Experiencias similares a la que acabamos de comentar se han producido en otras tareas de relleno por dragado y refulado, que de alguna forma corroboran los resultados ya señalados y que sucintamente comentaremos. \*

\* NOTA: Del trabajo: "Proyectos y obras construidos con rellenos hidráulicos", del Ing. Angel O. López, publicado por la Asociación Argentina de Mecánica de Suelos.

En la Provincia de Buenos Aires, en la localidad de Benavides se construyó en la década del 70 sobre el río Luján una dársena de 100 por 250m con una profundidad de 9m.

La excavación, de un volumen del orden de 235.000 m<sup>3</sup> fue transportada hidráulicamente sobre terrenos vecinos destinados a astilleros y obrador. El material refulado alcanzó una altura del orden de 3 metros.

El mayor interés de esta experiencias se fundamentó en que la misma sirvió para evaluación de rendimientos del material excavado respecto del colocado en el terraplén y también para evaluar el comportamiento de un suelo atípico para tal fin como era el ubicado en la futura dársena, ya que estaba constituido por arcillas y limos con una pasa tamiz # 200 superior al 95%.

## **COMENTARIOS AL RELLENO HIDRAULICO, RENDIMIENTOS Y MATERIALES OBTENIDOS**

- A) La densidad seca promedio que se obtuvo de los suelos del préstamo hasta los nueve metros de profundidad fue de 1.10t/m<sup>3</sup> con un pasa tamiz # 200 del 90% y mayor.
- B) Luego del refulado la densidad seca promedio del terraplén fue de 1.26t/m<sup>3</sup> con una pasa tamiz # 200 del 60% promedio también de ensayos de muestras extraídas a distintas profundidades.
- C) El volumen medido del terraplén fue de 137.000m<sup>3</sup>, en tanto que el volumen excavado fue de 235.000 m<sup>3</sup>.
- D) El rendimiento obtenido en este caso fue del 67%, valor atendible teniendo en cuenta el alto porcentaje de finos en yacimiento.
- E) El 33% de los suelos refulados se escaparon por los vertederos y el vertido en cada uno de los recintos se manejó de tal manera que el lino quedara en el interior de los mismos.
- F) Existe una marcada coherencia entre el 33% de los suelos que se escaparon y la disminución del pasa tamiz # 200 (del 90% al 60% valores promedio en los suelos refulados).
- G) El relleno se ha comportado con total eficiencia y antes de cumplirse el cuarto mes de finalización de las tareas de relleno, ya operaban sobre el mismo topadoras livianas y se podían caminar sin problemas por toda su superficie.

## CONCLUSIONES FINALES

- Los trabajos mencionados tienen marcadas coherencias en sus conclusiones, que si bien no pueden generalizarse universalmente debido a que representan experiencias puntuales, alientan a los investigadores a profundizar el estudio de esta parte de la ingeniería con objetivos bien claros.

- Existe indudablemente una técnica ingenieril en el manejo hidráulico de los suelos actualmente en desarrollo y con gran potencialidad de utilización en el futuro para el mejoramiento de los mismos.

- Dado el medio geográfico donde habitualmente se realizan este tipo de tareas, atendiendo a que el personal que se desempeña en las mismas permanece habitualmente embarcado durante períodos a veces extensos, en zonas húmedas, pantanosas y de difícil acceso por vía terrestre, y siendo normalmente estos trabajos continuos y de gran productividad, se hace sumamente difícil el desarrollo de esa técnica ingenieril.

Solamente aquellas empresas que han hecho de la actividad del dragado su parte medular y que cuentan con equipo y personal idóneo, son las que pueden realizar "in situ" estas investigaciones, ya que resulta fundamental por sobre todo disponer de ese "feeling" por las tareas desde el agua y en el agua que solo entienden aquellos que la comparten y que les hacen simplificar esos difíciles trabajos en un medio tantas veces hostil para los ajenos al mismo.

- Por último vale destacar la practicidad, economía en tiempo y dinero y eficiencia que brinda esta metodología de trabajo para la construcción de terraplenes en zonas bajas y en las que no se disponga de yacimientos de suelo en superficie. Puesto que como ha quedado establecido un manejo adecuado de las canteras sumergidas que siempre existen, puede brindarnos el material útil para el terraplén que queremos construir, variando casi a voluntad aquellas características de los suelos que afectan la calidad de nuestra obra.

Buenos Aires, julio 31, de 1991