



El Escalamiento En Los Procesos De Investigación Aplicada: Caso Para La Us Patent 6491100

Prof: Heriberto Echezuría ¹

hechezur@ucab.edu.ve

¹Centro De Investigación Y Desarrollo De Ingeniería (CIDI)

Historia del Artículo

Recibido 19 de Diciembre de 2017

Aceptado 16 de Febrero de 2018

Disponibile online: 05 de Marzo de 2018

Resumen: Se destaca la importancia de la fase de escalamiento en el proceso de investigación aplicada estudiando el caso de la US Patent 6491100, la cual permite maximizar el volumen de fluido inyectado en un perfil de arcilla. Durante la fase de escalamiento de la investigación para dicha patente se evidenció la existencia de condiciones inesperadas de ingeniería que limitaban la culminación del objetivo antes señalado. Se logró establecer en esa fase que la movilización de la masa de suelo produce un efecto similar al experimentado por un anclaje a la misma profundidad. También, se estableció que la viscosidad mínima que permite maximizar el tamaño del bulbo es distinta a la que permite la formación del bulbo. Asimismo, debido a que el proceso es sin compensación de masa, en la fase de escalamiento también se logró establecer una correlación entre la elevación del terreno, la profundidad del centro del bulbo y el volumen inyectado. Eso permite planificar la profundidad de inyección a distintas profundidades y minimizar el efecto de elevación del terreno. Todos esos hallazgos permitieron diferenciar ese proceso desarrollado durante la investigación de otros existentes en el mercado, lo cual permitió el otorgamiento de la patente antes mencionada.

Palabras Clave: Investigación aplicada, fases de una investigación, escalamiento en investigación para procesos industriales, escalamiento de procesos ambientales.

Scaling in Applied Research Processes: Case for US Patent 6491100

Abstract: The importance of the scaling phase in the research process is highlighted attending the case of the US Patent 6491100, which maximizes the volume injected in a clay profile. During the scaling phase of such patent it was found that there existed several unexpected engineering conditions which limited the complete achievement of the already mentioned objective. It was verified in this phase that the behavior of the soil mass was similar to that of an anchor located at the same depth. It was also established that the minimum viscosity which allows maximizing the bulb within the soil mass is different than that which allows the formation of the bulb. Similarly, given that the process is a no mass compensation one, it was possible to determine the correlation between ground heave, depth of bulb and injected volume. This allows planning depth of injection to minimize disturbance in ground surface. All these findings allowed differentiating this process from others existing in the literature, which allowed the patent conferral.

Keywords: Applied investigation, investigation phases, scaling in research for industrial processes, scaling environmental processes.

I. INTRODUCCIÓN

Una investigación aplicada se realiza, entre otras cosas, para resolver un problema funcional o una limitación en la calidad de vida. En consecuencia, la misma está fuertemente atada a la sociedad y sus quehaceres. Son los ciudadanos de dichas sociedades los que demandan mejoras a la calidad de vida lo que motiva a los proveedores de servicios o bienes a buscar los adelantos científicos que pueden transformarse en tecnología capaz de ser

incorporada en los productos/servicios existentes o en otros nuevos para atender esa necesidad demandada por la sociedad y sus ciudadanos.

Ahora bien, cuando nos referimos a los ciudadanos, entendemos todo el espectro social, o cual incluye amas de casa, empleados públicos, empleados de empresas manufactureras o de la construcción, de las distintas industrias y cualesquiera otros. Cada uno de ellos en su ámbito operacional o funcional está buscando constantemente un

mejor manera de hacer las cosas. Eso va generando un cúmulo de necesidades que son canalizadas de diferentes maneras hasta que generan la respuesta del sector tecnológico como veremos a continuación.

La forma en que la solución de dichos problemas es alcanzada tiene una serie de pasos y una metodología la cual permite que el conocimiento sea generado para luego, pasar a formar parte de los bienes o productos finales orientados a la solución del problema atendido. La Fig. 1 muestra una idealización de dicho proceso.

Como se ve en la Fig. 1 en todas las sociedades existe un grupo de personas y empresas que están constantemente evaluando las necesidades del público o de grupos particulares de personas que estén dispuestas a invertir para solucionar alguna privación o limitación que le representa un problema o una incomodidad. Estas empresas/personas evalúan si lo requerido para atender dicho problema se puede alcanzar mediante mejoras a algo existente o si es necesario introducir un producto/servicio nuevo para lograrlo.

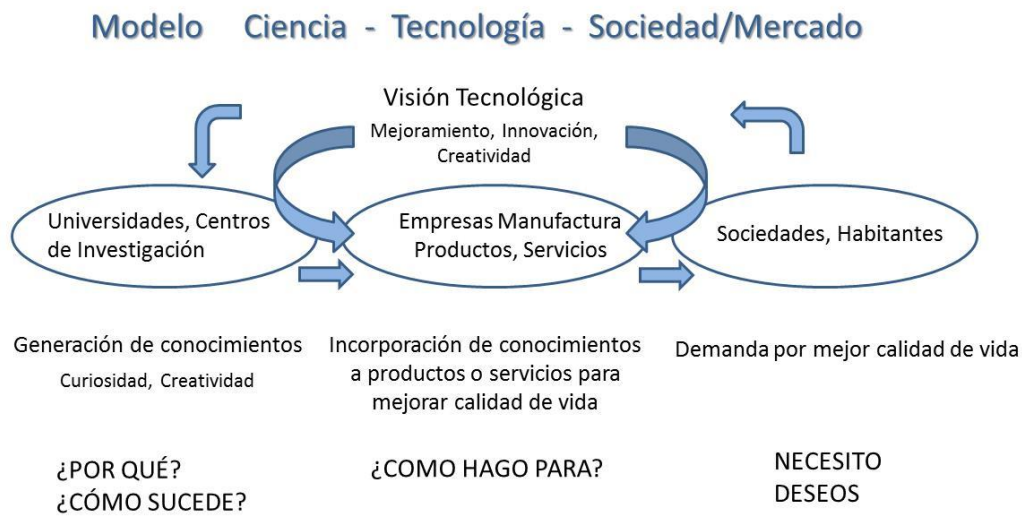


Fig. 1 Proceso de generación de conocimientos e incorporación de los mismos en productos para solucionar problemas de la sociedad. [1]

Simultáneamente, existe en la sociedad un grupo de profesionales que se dedican a investigar para generar nuevos conocimientos. Estos generalmente están en las universidades o en los centros de investigación públicos o privados. En ocasiones, la generación de dicho nuevo conocimiento es motivada por algo que tiene mucho impacto económico en un momento determinado por las condiciones socioeconómicas. En ese caso, se proponen proyectos que son financiados por el estado o por privados o por ambos, para buscar una solución a corto plazo. Este tipo de investigación se denomina orientada.

Hay otros programas de investigación denominada estratégica que persigue elementos que la visión de futuro identifica

como necesarios para estar a la vanguardia en el futuro con relación a un tema considerado importante. Otros aspectos del saber son abordados mediante planes más generales sobre problemas complejos que no necesariamente tienen una aplicación inmediata o estratégica conocida, pero que son consideradas de alto valor científico. Esta es denominada investigación básica.

Hay varias combinaciones entre los tipos de investigación antes mencionados. Las mismas responden a la forma en que cada sociedad atiende sus necesidades de demanda de conocimientos y tecnología para generar mejoras a la forma de hacer las cosas y a la calidad de vida.

En relación con la investigación orientada, la cual generalmente debe ser incorporada en procesos industriales o productivos de gran tamaño, se presentan problemas de escalamiento. Eso se debe a que las condiciones de laboratorio donde se genera el conocimiento fundamental para abordar el problema no son necesariamente las mismas que las existentes en las plantas de operación.

En este artículo se presenta el caso de escalamiento y los aportes de dicha etapa al desarrollo de la patente US PATENT 6491100 [2]. La misma se refiere a la generación de grandes bulbos mediante inyección en arcillas someras [3]. Dichos bulbos sirven para almacenar desechos industriales tratados para hacerlos inofensivos al ambiente y evitar los costos de transporte acuático en zonas delicadas.

II. FASES DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

La investigación aplicada tiene tres fases bien diferenciadas. La primera es la fase de laboratorio, la segunda es la fase de escalamiento y la tercera es la fase de aplicación o incorporación en el proceso real [4, 5 y 6].

La fase de laboratorio se orienta más a aspectos científicos fundamentales. La misma busca el entendimiento básico o primario del comportamiento de las variables principales que intervienen en el proceso bajo condiciones controladas. De esta manera se concibe o se da forma a la potencial solución o mejora que propicia la investigación.

El escalamiento busca ampliar las condiciones de funcionamiento u operación de las variables básicas a condiciones más parecidas al funcionamiento en escala real. En esta fase se ajustan los detalles de la ingeniería involucrada en el proceso para que se cumplan todas las premisas científicas dentro de rangos operacionales que permitan generar márgenes productivos cuando se vaya a mayor escala.

La fase de aplicación o incorporación al proceso real toma los ajustes primarios realizados en el escalamiento y los expande a

las condiciones de operación real. De esta manera se realizan los ajustes finales tanto de ingeniería como de ciencia que permitan la ejecución del proceso a satisfacción y en forma rentable.

III. DESARROLLO DEL PRODUCTO TECNOLÓGICO PARA LA PATENTE US PATENT 6491100

Definición del problema

Existen operaciones de perforación petrolera en áreas remotas delicadas, cercanas a la costa o en ambientes lacustrinos, donde no existen estratos profundos de arenas para inyectar los desechos. En esas condiciones se hace necesario transportar los desechos hasta un centro de tratamiento, el cual generalmente está en tierra firme.

Eso genera un serio problema de costos asociado con los elevados fletes de transporte acuático junto con las primas de seguro contra derrames potenciales de desechos peligrosos. Por lo tanto, existía una necesidad para generar una solución al problema del costo del transporte de los desechos peligrosos para poder operar en zonas como el Delta del Orinoco.

Adicionalmente, la ley mantiene al generador del desecho como responsable de cualquier daño o impacto potencial que se genere durante el almacenamiento del mismo. De manera que si se logra tratar el desecho para hacerlo amigable al ambiente y demostrar que no existen problemas potenciales asociados con la lixiviación de cualesquiera de los contaminantes que el mismo tuviese, entonces se puede optar a un permiso para disponerlo en forma de bulbo dentro de los perfiles de arcilla presentes en el área del delta.

Objetivo de la investigación

Lo requerido entonces para solucionar el problema de los elevados costos de transporte marítimo incluyendo los de seguros contra potenciales derrames era lograr un procedimiento de inyección que permitiera almacenar la mayor cantidad posible de fluido con los desechos tratados en un perfil de arcilla.

Eso presenta un problema contrario a lo convencional ya que los métodos para disposición existentes habían sido concebidos para ser llevados a cabo por infiltración en perfiles de arenas. De esa manera lograban la disposición dentro de los poros de las arenas aprovechando la alta conductividad hidráulica de las mismas. Es bueno destacar que para las arcillas la conductividad hidráulica es muy baja y el método de infiltración utilizado en las arenas no es factible.

Fase de laboratorio

La primera fase de la investigación realizada en el laboratorio incluyó la evaluación de la forma en que podía solucionarse el problema de la imposibilidad de infiltrar las arcillas. Los análisis de los casos estudiados condujeron a la formación de bulbos por desplazamiento de la arcilla como elemento de almacenamiento dentro del cuerpo de la misma.

Para el desarrollo del producto tecnológico para almacenar fluidos por desplazamiento de arcillas, el cual se protegió con la mencionada patente, se realizó primero una fase de laboratorio en la cual se prepararon muestras de suelo para someterlas a inyección con fluidos de distintas viscosidades. La Fig.2 muestra una configuración típica de las muestras dispuestas en envases de vidrio para visualizar el proceso de inyección fotografía (a).

En dicha figura también se muestran los resultados de dos tipos de inyección una que solamente logra fracturamiento hidráulico del suelo, fotografía (c) y otra que muestra la formación de bulbo al inyectar el fluido. La

imagen (d) muestra la forma interna del bulbo.

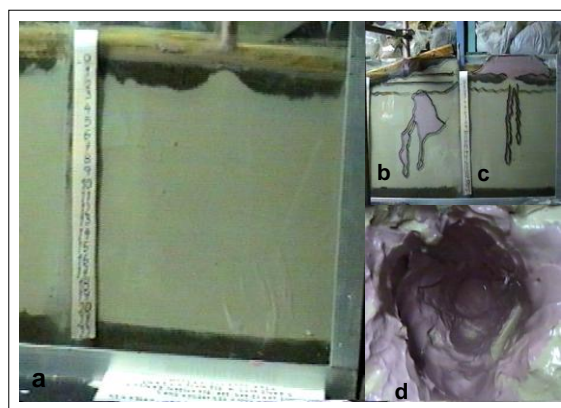


Fig. 2 Distintos pasos seguidos durante el proceso de inyección de fluidos con distintas viscosidades en una masa de arcilla para lograr la expansión de una cavidad capaz de almacenar el fluido: a) perfil de la muestra receptora visto a través de la pared de vidrio del envase, b) formación de cavidad por desplazamiento del suelo receptor, digitación con acumulación del fluido inyectado en la superficie de la muestra y d) vista interior de la cavidad mostrada en b.

Durante esta fase se logró entender la importancia de la viscosidad en la formación de cavidades dentro de una masa de arcilla. Aquí se logró establecer que la mínima viscosidad para desarrollo de un bulbo es de 10.000 cps. La Fig. 3 ilustra los hallazgos principales asociados con la viscosidad mínima capaz de generar bulbos en una masa de arcilla a pequeños esfuerzos de confinamiento.

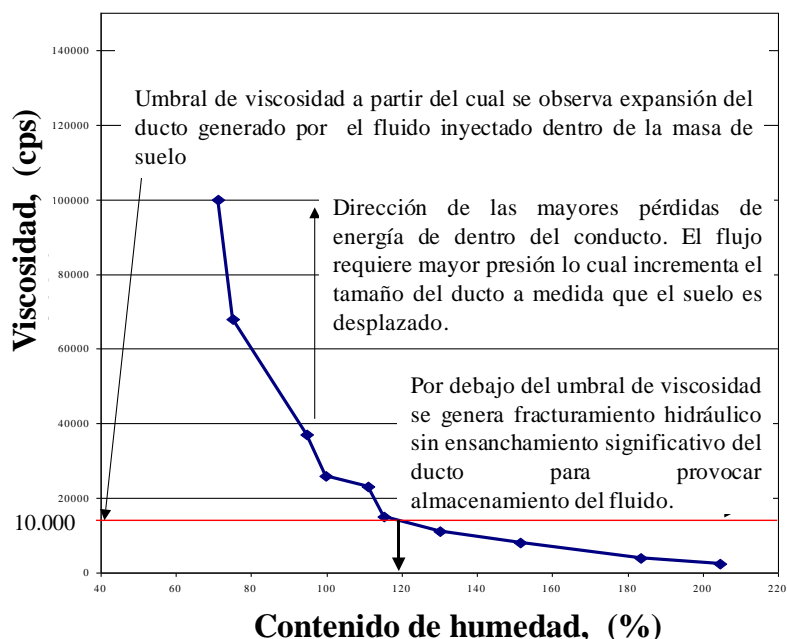


Fig. 3 Correlación entre la viscosidad de un fluido y el contenido de humedad de la mezcla de agua y sólidos utilizada para preparar dicho fluido

Ahora bien, debido a que las soluciones a problemas geotécnicos dependen de los niveles de esfuerzos en el suelo, se hizo necesario idear una nueva forma de experimentar para cubrir esa condición. En algunos laboratorios internacionales se utiliza el modelaje centrífugo, en el cual una muestra de suelo es sometido a varios múltiplos de la gravedad con lo cual se logran condiciones similares a las que habría en un depósito de suelo natural.

No obstante, esa experimentación requiere de mucha inversión. La alternativa es mudar el laboratorio al campo y realizar pruebas a escala real. Nótese que esta no corresponde a la fase de escalamiento en sí, sino a la atención de un requerimiento experimental que todavía está en fase de laboratorio.

Durante la fase de experimentación en campo se realizaron algunos ensayos controlados con los cuales se logró evidenciar la variación de la viscosidad con la resistencia al corte de la arcilla. Es oportuno destacar que esta última depende del confinamiento de la misma, es decir mientras más profundo se seleccione el punto de inyección en la arcilla de un mismo perfil geotécnico, más resistente es la misma. De la misma manera, si el tipo de arcilla cambia la resistencia a la misma profundidad

puede ser distinta con respecto a la arcilla anterior. De manera que es un problema complejo.

Durante esta etapa de estudios en campo, se logró establecer inicialmente la curva mostrada en la Fig.4. En la misma se aprecia que para las muestras preparadas en laboratorio, con unos esfuerzos de confinamiento muy bajos, la viscosidad requerida para formar el bulbo era de 10.000 cps. Sin embargo a medida que la resistencia al corte de arcillas aumentaba, lo mismo hacía la viscosidad requerida para formar bulbos.

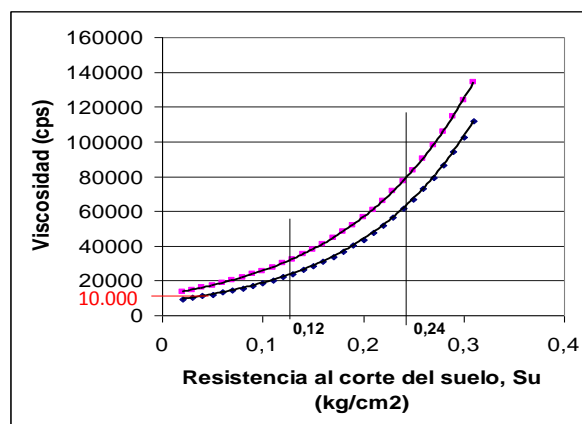


Fig. 4 Correlación entre la viscosidad del fluido inyectado y la resistencia al corte no drenado de la arcilla receptora.

La información contenida en la Fig.4 nos indica que para lograr formar un bulbo dentro de un perfil de arcilla, la viscosidad del fluido debe ser mayor que la definida por las curvas mostradas para el valor de resistencia al corte de la arcilla. Durante esta etapa se lograron inyectar bulbos desde 4,5 m³ hasta 9 m³ con éxito. No obstante, como el objetivo de la investigación es maximizar el tamaño de los bulbos para lograr la mayor cantidad de material almacenado, se pasó entonces a la fase de escalamiento, considerando que ya los conceptos básicos relacionados con la resistencia al corte de la arcilla y la viscosidad del fluido habían sido bien comprendidos.

Esos bulbos se verificaron con distintos métodos, a saber, con imágenes de tomografía y con ensayos que recuperan muestras en una

perforación geotécnica. Ambos bulbos de 4,5 m³ y 9 m³ se muestran en la Fig. 5. El primero fue inyectado a 4,5 m de profundidad, mientras que el segundo a 6 m de profundidad. En dichas imágenes se aprecia también que los bulbos son de forma elipsoidal con eje principal en sentido horizontal.

Fase de escalamiento

El primer paso en la fase de escalamiento fue pasar de 9 m³ durante lo cual al sobrepasar los 11 a 12 m³ se evidenció la salida de material a una distancia de aproximadamente 2 a 3 m del punto de inyección. Los afloramientos de fluido estaban distribuidos en forma circular alrededor del punto de inyección. Esto se ilustra en la Fig. 6.

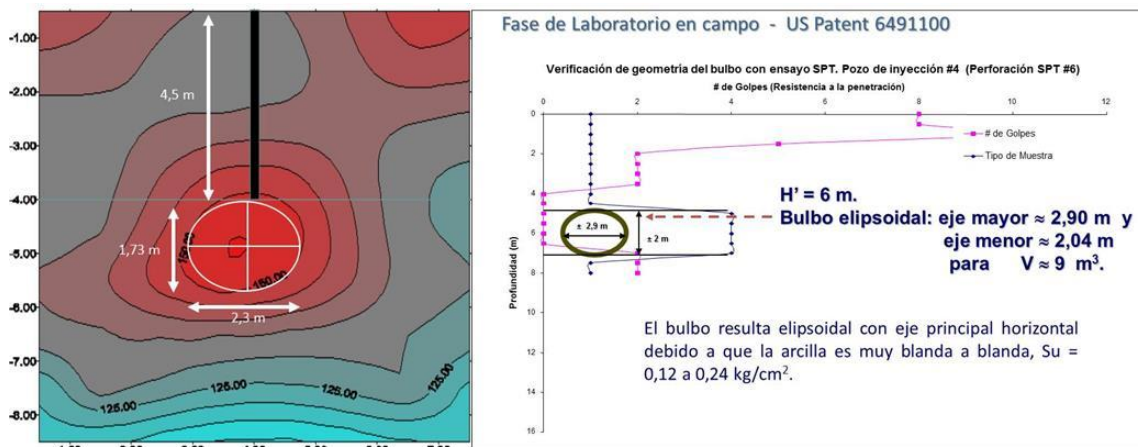


Fig. 5 Verificación de bulbos de 4,5 m³ (izquierda con tomografía) y 9 m³ (derecha con ensayo SPT), inyectados a 4,5 m y 6 m de profundidad, respectivamente

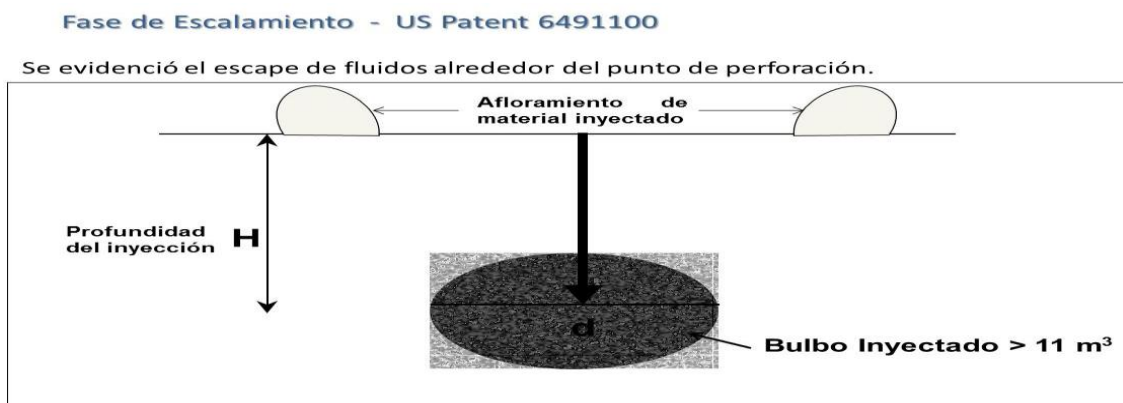


Fig. 6 Afloramientos de fluido inyectado alrededor del punto de inyección, una vez que superó los 11 m³. La profundidad de inyección fue de 9 m.

Adicionalmente, durante la inyección se notó una oscilación repetitiva de la presión de inyección lo cual no había sucedido antes durante ninguna de las inyecciones. Esto se muestra en la Fig. 7. Todos estos eventos causaron mucha confusión ya que se habían

tomado todas las previsiones con relación a la viscosidad del fluido. En particular, el registro de presión con el tiempo evidenciaba que algo más estaba pasando ya que las caídas de presión no eran normales.

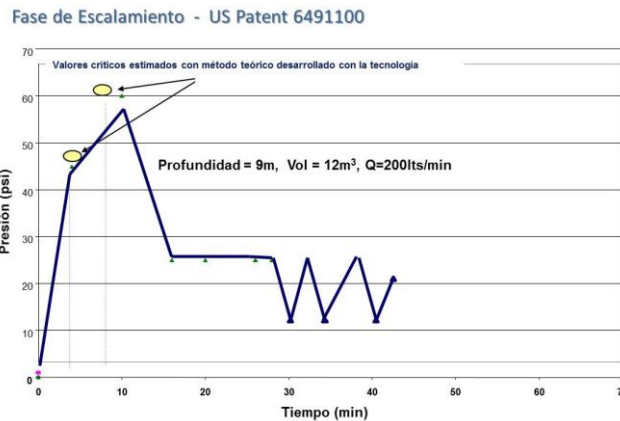


Fig. 7 Registro de presión de inyección con tiempo para la inyección de 12 m³, a 9 m de profundidad. Nótese que a partir de los 28 minutos la presión comenzó a oscilar llegando a valores muy bajos.

A raíz de estos eventos se hizo una interpretación detallada de lo que podría estar sucediendo en la inyección. Como parte de esos análisis se trató de incorporar cualesquiera otros procesos de movilización de la masa de suelo por encima del bulbo. La conclusión, después de dichas interpretaciones fue que el suelo por encima del bulbo había fallado desprendiendo un cono invertido de material asociado con un mecanismo de falla típico para anclajes.

diámetro crítico para un anclaje pues el suelo encima siempre se desprendería al alcanzar dicho valor. La solución fue incrementar la viscosidad para buscar prevenir el flujo por la superficie de falla generada al desprenderse la capa de suelo encima del bulbo.

En otras palabras, se descubrió que al crecer el bulbo, se alcanza el estado crítico de equilibrio para la profundidad a la cual queda localizado el centro del bulbo. Eso sucede ya que el mecanismo de movilización del suelo encima del bulbo es similar al de un anclaje fundado a esa profundidad. Una vez formada la superficie de falla correspondiente a un cono invertido concéntrico con el punto de inyección se genera una vía de escape para el fluido. Esto puede verse en la Fig. 8.

Lo anterior obligó a repensar en la forma en que debía maximizarse el bulbo para lograr el máximo almacenamiento de material. El riesgo era que dependiendo de la profundidad se limitaría el tamaño de los bulbos según el

Fase de Escalamiento - US Patent 6491100

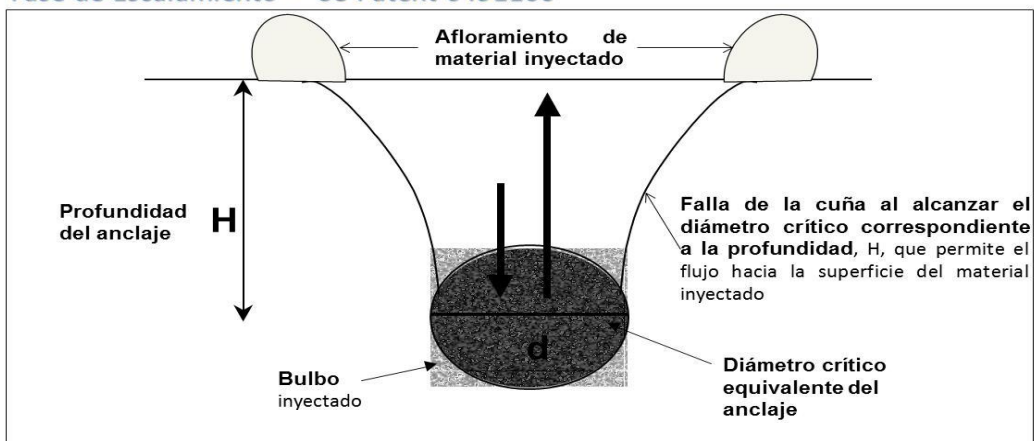


Fig. 8 Proceso de falla de la zona encima del bulbo a medida que aumenta su diámetro y alcanza el valor crítico para el equilibrio a esa profundidad.

A tal efecto, se realizaron pruebas adicionales que permitieron ajustar la viscosidad para prevenir el flujo. Eso permitió generar otra correlación que delimita la mínima viscosidad que permite el máximo crecimiento del bulbo una vez que el mismo se forma. Esto se ilustra en la Fig. 9. Nótese que hubo que cambiar la escala de las viscosidades a logarítmica.

Como parte del proceso de investigación final, es decir, una mezcla del escalamiento con ensayos de campo adicionales, se inyectaron bulbos en suelos de mayor resistencia al corte, a fin de buscar el límite superior al cual es posible realizar dichas

inyecciones. Lo que se encontró es que al estar por encima de los $0,5 \text{ kg/cm}^2$ de resistencia al corte, el eje principal de la elipse se invierte y pasa a ser vertical. Eso se ve en la Fig. 10.

Las pruebas realizadas durante la fase de escalamiento permitieron entonces realizar inyecciones de bulbos de gran volumen a distintas profundidades. Durante las mismas también se evidenció que existe una elevación del terreno debido a que el proceso es sin compensación de masa. La Fig. 11 ilustra dicha condición referida a la profundidad del centro del bulbo y el volumen del mismo.

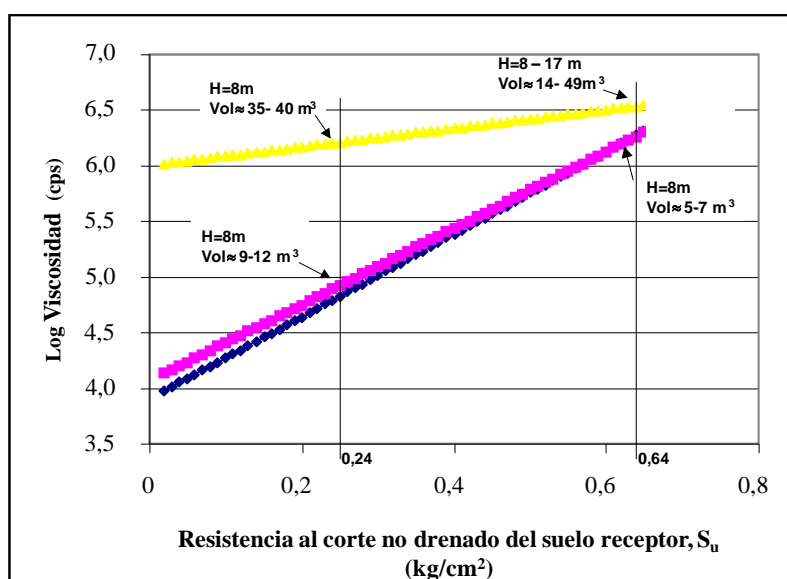


Fig. 9 Correlación entre el logaritmo de la viscosidad del fluido inyectado y la resistencia al corte no drenado de la arcilla receptora indicando la diferencia entre los umbrales para formación del bulbo y para el máximo crecimiento del mismo en forma elipsoidal.

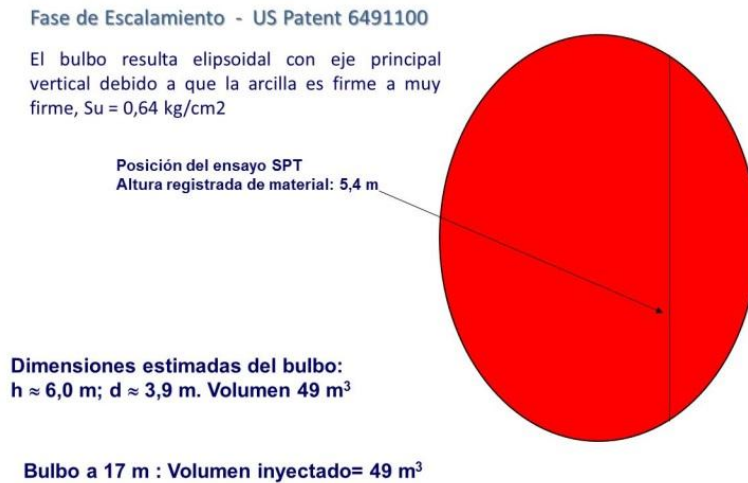


Fig. 10 Bulbo inyectado y verificado en arcilla con resistencia al corte de $0,64 \text{ kg/cm}^2$.

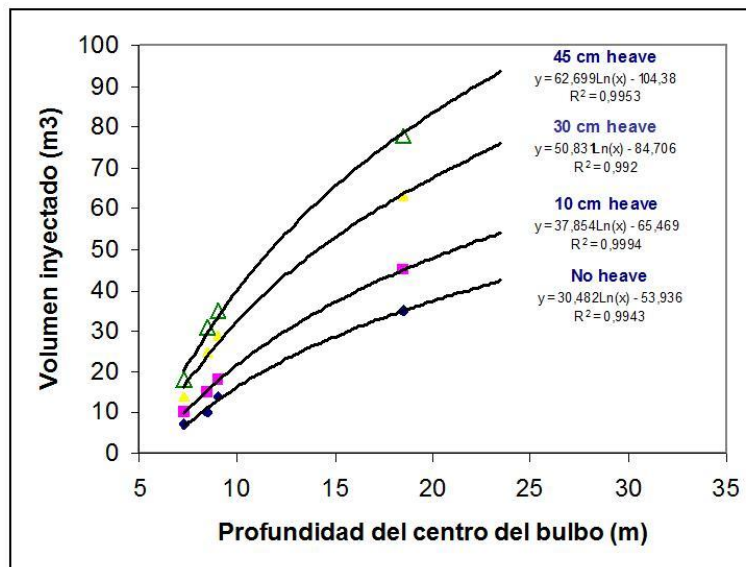


Fig. 11. Correlación entre la profundidad de inyección y el volumen de fluido con el desplazamiento vertical de la superficie del terreno, preparada con los datos de este trabajo.

Por último, durante las pruebas realizadas como parte de la fase de escalamiento de midieron las presiones de poros en el subsuelo para establecer el patrón de flujo después de la inyección. Los resultados indican que al finalizar la inyección el bulbo queda con presión atmosférica y las presiones alrededor del mismo son superiores debido al proceso de desplazamiento de la arcilla. De manera que el flujo generado es desde el terreno circundante hacia el bulbo.

Ese fue un hallazgo muy importante durante la fase de escalamiento que le aporta un valor importante a lo relacionado con el ambiente ya que es muy poco probable que exista lixiviación desde el bulbo hacia la arcilla. La variación de las presiones de poros en el subsuelo se aprecia en la Fig. 12 para tres momentos específicos, a la izquierda las condiciones iniciales antes de iniciar la inyección, al centro, inmediatamente después de la inyección y a la derecha, tres meses después de la inyección.

Una vez finalizada esta fase, se pudieron establecer todas las diferencias con los otros procesos disponibles en el mercado para someter la aplicación por la patente. Una vez

evaluados los mismos y aclaradas las dudas al evaluador de la patente, la misma fue otorgada.

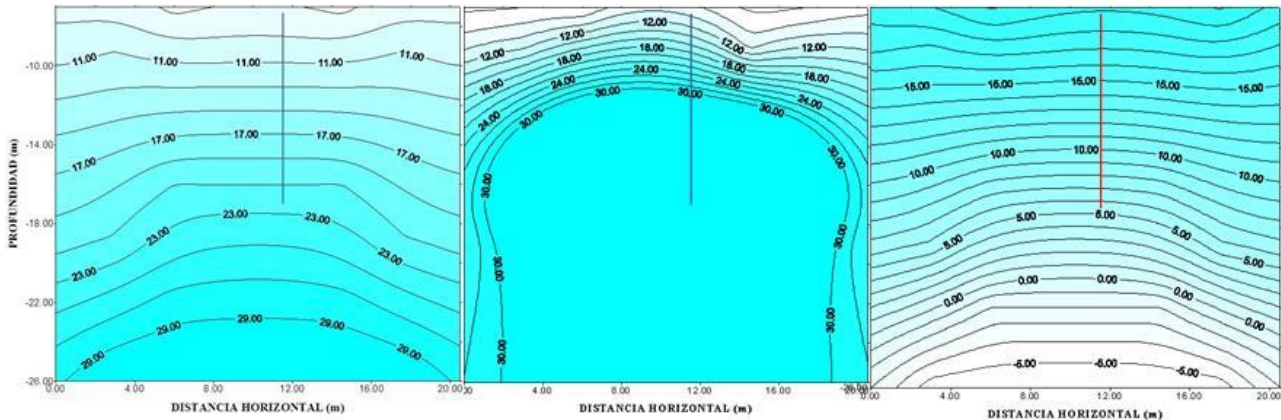


Fig.12 Distribución de presiones de poros (kg/cm^2) en el perfil geotécnico en tres momentos, izquierda, antes de inyectar el bulbo de 49 m^3 , centro, inmediatamente después de inyectar e izquierda, tres meses después de la inyección

Fase de aplicación o incorporación al proceso real.

Una vez concluida la fase de escalamiento, con toda la información valiosa que la misma aportó se llevó adelante una aplicación en taladro. En la misma se tomó todo el ripio de perforación base en agua, el cual no es nocivo para el ambiente y se inyectó el mismo a una profundidad de 5 m. El volumen de ripio inyectado fue de 25 m^3 .

Luego del proceso, se realizaron medidas de tomografía para verificar la forma y localización del mismo. La Fig. 13 muestra las dimensiones y la localización del bulbo en profundidad. El mismo quedó ligeramente inclinado y con eje principal horizontal.

Es significativo destacar que de acuerdo con las dimensiones del mismo el eje mayor es de unos 5 m, mientras que el menor de unos 2,7 m. El hecho de que se haya podido inyectar fluido en un bulbo con esas dimensiones a esa profundidad tan baja es muy significativo. Recuérdese que para 17 m se lograron inyectar 49 m^3 , casi el doble. En este último caso el eje principal fue de 6 m y el menor de 4 m.

Lo anterior permite establecer que se lograron los objetivos de la investigación y que la fase de escalamiento fue fundamental para alcanzar la misma. Por una parte, se evidenciaron fenómenos que no se esperaba que ocurrieran en la masa de suelos, lo cual soporta muy firmemente lo mencionado antes con relación a la importancia de dicha fase.

Por otro lado, durante esa misma fase de escalamiento se pudo evidenciar que los procesos de drenaje después de la inyección ocurren desde el terreno hacia el bulbo. Todos estos aspectos fueron verificados también en la fase de aplicación en el proceso real.

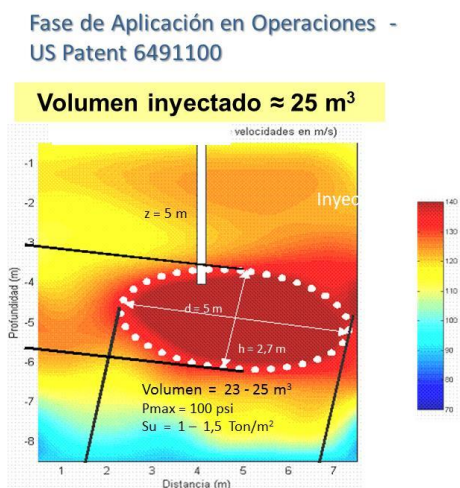


Fig. 13 Verificación de almacenamiento de fluido viscoso a 5 m de profundidad en un suelo con resistencia al corte, $S_u=0,10$ a $0,12 \text{ kg/cm}^2$. La forma de un bulbo elipsoidal de unos 25 m^3 coincide bastante bien con la zona de máximas velocidades lo cual permite inferir el almacenamiento del fluido.

IV. CONCLUSIONES

Durante el proceso de investigación para desarrollar un procedimiento que permitiera almacenar fluidos con contaminantes tratados en perfiles de arcillas se evidenció la importancia de la fase de escalamiento para completar dicho desarrollo. El manejo de las variables secundarias o de ingeniería durante esta fase permitieron completar la información necesaria para contrarrestar aspectos contrarios al desarrollo del procedimiento relacionados que no resultaron evidentes durante las etapas de experimentación realizadas tanto en el laboratorio como en el campo.

La fase de escalamiento permitió evidenciar que existía una condición de ingeniería inesperada la cual limitaba el tamaño de los bulbos e impedía alcanzar los objetivos de la investigación. Se logró establecer en esa fase que la movilización de la masa de suelo

produce un efecto similar al experimentado por un anclaje a la misma profundidad. Adicionalmente, se pudo establecer la viscosidad mínima que permite maximizar el tamaño del bulbo la cual es distinta a la que permite la formación del bulbo.

Por otra parte, en esa misma fase de escalamiento se logró establecer la correlación entre la elevación del terreno, debido a que el proceso es sin compensación de masa, con la profundidad del centro del bulbo y el volumen inyectado. Esto permite planificar la profundidad de inyección a distintas profundidades y minimizar el efecto de elevación del terreno.

Todos estos detalles permitieron diferenciar este proceso de otros existentes en el mercado y permitir el otorgamiento de la patente US PATENT 6491100.

REFERENCIAS

- [1] Echezuría, Notas personales sobre investigación y desarrollo de productos tecnológicos.
- [2] Echezuría, H., P. Vasquez; J. De Aguiar and J. Urich; US Patent 6491100, Dec. 2002
- [3] Echezuría, "Generación de grandes cavidades en arcillas para almacenar materiales", Revista Tekhné, N° 16, 2016
- [4] Velázquez-Pompeyo, R. I y R. L. Salazar, "Industria electrónica, investigación y desarrollo (I+D) y competencias profesionales. Estrategias para el escalamiento industrial. Estudio de caso en Mérida, Yucatán, TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, UNIVERSIDAD Rafael Belloso Chacín, Vol. 17 (3): 377 - 397, 2015.
- [5] Orozco C., S. García, O. Cruz y E. Hernández, "Filtración tangencial de caldos de microalgas, Escalamiento", Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Vol. 1, No. 2 111-116, 2016.
- [6] PAZ, A., Experiencias del programa de investigación sobre escalamiento de innovaciones rurales, Seminario Internacional sobre escalamiento de innovaciones rurales, Lima, enero de 2013