

**INVESTIGACIONES FINANCIADAS POR EL FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (FONDECYT) A TRAVÉS DE LOS SIGUIENTES PROYECTOS:**

**1130910: “Bedforms in non-Newtonian fluid flows” (Formas de fondo en flujos de fluidos no-newtonianos). Investigador Responsable: Prof. Aldo Tamburrino Tavantzis, Ph.D. atamburr@ing.uchile.cl**

**11130254: “Mechanisms controlling granular flows mobility. Experiments on the role of the ambient fluid, segregation and particle interactions.” (Mecanismos que controlan la movilidad de los flujos granulares: Experimentos sobre el rol del fluido ambiente, segregación e interacción de partículas) Investigador Responsable: Dr. Santiago Montserrat Michelini. smontser@ing.uchile.cl**

**1140767: “Gravel bed rivers contaminated by fine sediment and mining accidents. Experiments and numerical simulations.” (Ríos de grava contaminados por sedimentos finos. Experimentos y simulaciones numéricas). Investigador Responsable: Prof. Yarko Niño Campos, Ph.D. ynino@ing.uchile.cl**

**Departamento de Ingeniería Civil**

**y**

**Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC)**

**Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

## **PANTA REI - TODO FLUYE**

### **PROYECTOS FONDECYT 1130910 – 11130254 - 1140767**

Quando hablamos de escurrimiento, generalmente pensamos en el movimiento de agua. Sin embargo, los escurrimientos o flujos no están limitados al movimiento de fluidos y pueden incluir partículas sólidas o sedimentos. Dependiendo del tamaño de estos sedimentos, de su constitución mineralógica, de dónde se genera el flujo, etc., el escurrimiento puede tener características muy distintas. El flujo de agua sin sedimentos, por ejemplo en un río o canal, es



Río en Aysén

bien conocido por todos. Para ciertas condiciones, puede llevar pequeñas partículas sólidas en suspensión (ejemplo típico es el río Mapocho, cuyas aguas no son transparentes debido a la presencia de sedimento muy fino en suspensión). Si la velocidad del flujo es suficientemente alta,

incluso puede movilizar el material más grueso que constituye el lecho del cauce.

La capacidad del flujo de transportar partículas es utilizada por la industria para trasladar de manera eficiente y versátil material sólido, cuyo tamaño ha sido previamente reducido. Un ejemplo típico es el transporte de relaves en la industria minera.

Si la cantidad de partículas finas es lo suficientemente alta, la mezcla agua y sólidos aumenta su viscosidad, es decir, le cuesta más fluir. Si la concentración de partículas es muy alta, dependiendo de la fuerza aplicada, puede tener un comportamiento que se asemeja a los sólidos. Un ejemplo de estos escurrimientos son los flujos de barro o aluviones.

Podemos ahora pensar en el caso extremo en el cual existen partículas sólidas, pero no existe



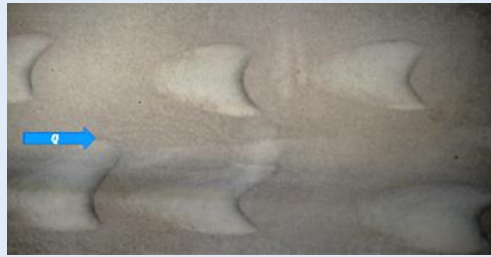
Maquinaria removiendo sedimento en el río Coya después del aluvión de 2008.

agua. Este caso corresponde al de flujos granulares. Ejemplos de ellos son las avalanchas de nieve, deslizamientos, etc. Los flujos granulares tiene algunas características similares a las de los líquidos, pero también presentan importantes diferencias. La más

evidente es la capacidad que tienen las partículas sólidas de cesar su movimiento si la pendiente del terreno no es suficiente para mantener el flujo, a diferencia de un líquido, que nunca se detendrá.

## FORMAS DE FONDO EN FLUJOS DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS

Partículas finas de sólidos en los flujos de agua hacen que la mezcla cambie su viscosidad e incluso se comporte de manera muy distinta al de un flujo de agua. Para estudiar estos flujos de manera experimental en el laboratorio, la mezcla de agua y sólidos se reemplaza por un fluido pseudoplástico o plástico.



Dunas tipo barján o medialuna generadas por un flujo con superficie libre de un fluido pseudoplástico. El flujo es de izquierda a derecha.

Cuando estos flujos se desarrollan sobre lechos de material granular, la interacción entre el flujo y el lecho hace que éste se deforme y se generen formas de fondo como rizos o dunas. La condición para la cual empieza el movimiento de las partículas que forman el lecho, así como la generación de estas formas de fondo y su evolución, tanto en flujos con superficie libre como en tuberías, ha sido objeto de estudio de uno de los proyectos de investigación financiados por Fondecyt.



Formas de fondo en una tubería generadas por un flujo de un fluido pseudoplástico. El flujo es de izquierda a derecha..

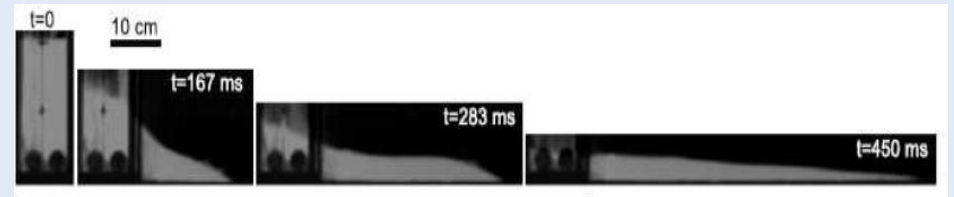
## MECANISMOS QUE CONTROLAN LA MOVILIDAD DE LOS FLUJOS GRANULARES: EXPERIMENTOS SOBRE EL ROL DEL FLUIDO AMBIENTE, SEGREGACIÓN E INTERACCIÓN DE PARTÍCULAS

Los flujos granulares a escalas geofísicas (aluviones, avalanchas, flujos piroclásticos) pueden recorrer grandes distancias, incluso en terrenos de baja pendiente. La fricción aparente de los flujos resulta significativamente menor a los valores normalmente utilizados en la mecánica de suelos. La reducción de la fricción se ha atribuido a distintos mecanismos, muchos de ellos relacionados con la naturaleza del



fluido intersticial y su interacción con las partículas sólidas. En la Tierra, el fluido intersticial está conformado por aire o agua y las partículas sólidas por sedimentos de distintos tamaño o partículas de hielos (ej. avalanchas). Grandes depósitos de flujos granulares no sólo han sido observado en la Tierra, sino en otros cuerpos celestes como en el planeta Marte y en Iapetus, un satélite natural formado por hielo y desprovisto de atmósfera que gira alrededor de

Saturno. Estas observaciones han permitido comparar el alcance de los depósitos de flujos granulares para distintas composiciones del fluido intersticial (otros gases o vacío) y de las partículas sólidas. El objeto de estudio de uno de los proyectos de investigación financiado por Fondecyt consiste en estudiar el alcance de flujos granulares a escala de laboratorio aislando el efecto del fluido intersticial. Para ello se realizan experimentos en condiciones de vacío en una instalación que fue especialmente diseñada y construida como parte del proyecto.



Evolución de un colapso granular a escala de laboratorio. La mezcla granular está constituida por aire y partículas finas.

## RÍOS DE GRAVA CONTAMINADOS POR SEDIMENTOS FINOS. EXPERIMENTOS Y SIMULACIONES NUMÉRICA

Los ríos de grava son cauces donde la pendiente es alta, las alturas de agua pequeñas y las velocidades elevadas. Los ríos Mapocho, Maipo, Aconcagua y muchos más en Chile, son ríos de grava. Grandes volúmenes de sedimento fino se pueden introducir en estos ríos por cambios en el uso del suelo en la cuenca, eliminación de sedimentos finos en embalses, eliminación de presas, depósitos de relaves en accidentes mineros, o afluentes aguas abajo de embalses. Procesos como éstos son perjudiciales para los ecosistemas fluviales. Las partículas de sedimento fino pueden obstruir los poros intersticiales de los sedimentos de grano más grueso en los lechos de grava y, en consecuencia, impiden el intercambio de agua, componentes disueltos y material particulado con los consiguientes impactos ecológicos. Entender y predecir el movimiento y el depósito de finos en lechos de grava es parte de los objetivos otro de los proyectos de investigación financiados por Fondecyt.



Río Aconcagua



Experimento en un canal de laboratorio. Material fino irrumpiendo en un lecho de grava. El flujo es de izquierda a derecha.