

El pasado 17 de noviembre, Ana Lilia Piña Salazar obtuvo el título de química, con la tesis *Remoción de Cu (II) presente en agua, aplicando escorias de cobre*, dirigida por la doctora Rosa María Ramírez Zamora, investigadora de la Coordinación de Ingeniería Ambiental del II UNAM.

El objetivo de este trabajo fue evaluar en laboratorio la factibilidad técnica de remover Cu^{2+} presente en agua residual sintética, a un límite máximo permisible de 6 mg/L para descarga en aguas y bienes nacionales (NOM-001-SEMARNAT-1996), aplicando escorias de cobre generadas en un complejo metalúrgico localizado en el norte de México.

La metodología consistió en dos etapas experimentales, la primera fue el muestreo y la caracterización de las escorias de cobre para evaluar su potencial teórico de utilización para remover Cu (II) presente en agua. Para la caracterización se emplearon las técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (MEB), adsorción física de nitrógeno (BET) y espectroscopía atómica de emisión con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES). La segunda etapa consistió en realizar las pruebas de remoción en laboratorio para evaluar a las escorias como adsorbentes, a partir de un diseño experimental factorial general 2^k . Los factores de influencia por evaluar fueron: tamaño de partícula de la escoria (0.075 y 2.0 mm), pH del medio (3 y 5), tiempo de contacto (1 y 8 h) y dosis de escoria (1 y 10 g/L). Para cuantificar el cobre presente en las disoluciones, se empleó un método espectrofotométrico, consistente en la formación de un complejo azul entre el cobre (II) y la cuprizona.

A partir de los resultados de caracterización, se determinó que se cuenta con una escoria que presenta varias fases mineralógicas, entre ellas la montmorilonita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), que pudiera contribuir al proceso de adsorción; aunque su morfología no es porosa y cuenta

con un área superficial baja comparada con materiales adsorbentes comerciales. También se pudo determinar que no es clasificada la escoria como un residuo peligroso, de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005, en cuanto a contenido de metales tóxicos lixiviables.

En las pruebas de remoción de cobre, se determinó que el comportamiento de la respuesta, capacidad de adsorción, fue muy variable de acuerdo con las diferentes condiciones de los cuatro factores empleados; sin embargo en ninguno de los casos se obtuvo una remoción mayor del 30%. Con base en los resultados de estas pruebas, se determinó que las mejores condiciones encontradas para este proceso fueron: pH 3, tamaño de partícula de 2 mm, dosis de 1 g/L, con un tiempo de contacto de 8 h, para una capacidad de adsorción de 10.74 mg/g.

Comparando este valor con el de materiales semejantes, se determinó que la escoria de cobre empleada en este estudio presentó capacidades de adsorción intermedias.

Por último, se concluyó que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, el proceso de remoción de cobre con las escorias de cobre aplicadas no presentó una factibilidad técnica aceptable debido a que estos materiales no permitieron reducir la concentración inicial de 50 mg de cobre/L al límite permisible de 6 mg/L establecido por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga en cuerpos naturales. Sin embargo, la capacidad de adsorción de las escorias de cobre, comparada con otros materiales, es aceptable. Por ello, se recomienda realizar nuevos estudios en los que se amplíe el intervalo de los parámetros investigados. También pueden realizarse estudios con otros iones metálicos que sean clasificados como tóxicos, ya que el comportamiento de cada sistema es diferente. Se recomienda, además, aplicar a la salida del tratamiento con escorias otro proceso complementario para alcanzar la concentración final de cobre deseada en el efluente. Lo anterior permitiría disminuir los costos de tratamiento.

El 17 de noviembre, Xóchitl Soto Villanueva se tituló de ingeniera química con el trabajo *Espesamiento de seis tipos de lodos generados por coagulación-floculación del agua cruda de una planta potabilizadora* dirigido por la doctora Rosa María Ramírez Zamora.

Actualmente, el coagulante más utilizado en el proceso de clarificación en las plantas potabilizadoras es el sulfato de aluminio, el cual genera grandes cantidades de lodo con propiedades bajas de deshidratación, lo cual influye de manera significativa en los costos de transporte y almace-

namiento (hasta en una tercera parte de los costos totales de una planta potabilizadora). Esto puede ser amortiguado mediante un proceso de espesamiento, removiendo una parte del agua remanente en los residuos y reduciendo así el volumen de líquido de lodo que será manejado.

Este estudio seleccionó, con base en pruebas de laboratorio, las seis mejores combinaciones de coagulante-floculante, de las cuales se obtienen distintos volúmenes de lodo, cada uno de ellos con distintas características de espesamiento y deshidratación. El objetivo del trabajo de tesis fue determinar cuál de estas combinaciones genera el mejor tipo de lodo y de espesante respectivamente, para su manejo y aplicación en una planta potabilizadora.

La metodología experimental del trabajo se dividió en cuatro etapas principales: 1) Selección de los reactivos químicos para ser empleados en las pruebas de espesamiento de lodos; 2) Realización de pruebas para la generación del volumen de lodos necesario para las pruebas de espesamiento de los seis lodos por evaluar; 3) Realización de pruebas de espesamiento de los seis lodos y 4) Carac-

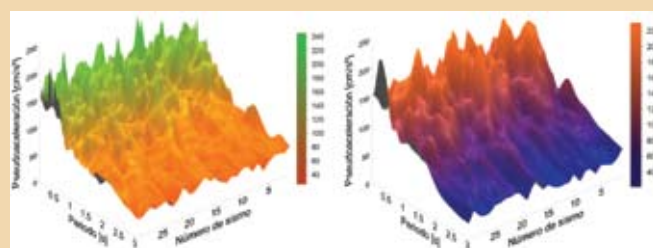
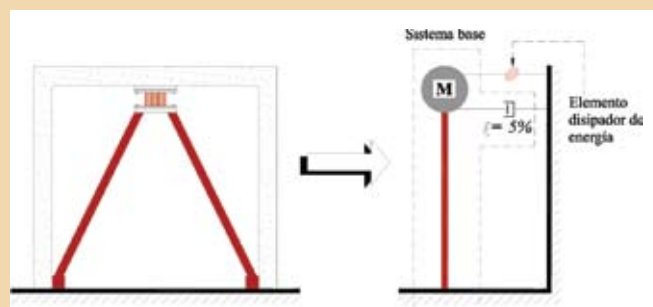
terización de los lodos antes y después del espesamiento (determinación de humedad (H), sólidos totales (ST) y Resistencia Específica a la Filtración (REF)). Los lodos utilizados en este trabajo se produjeron a partir del agua cruda de la PPLB, aplicando por separado seis combinaciones de coagulante/floculante: 1) clorhidrato-Al-poliDADMAC/poliamina; 2) policloruro de aluminio/copolímero de acrilamida-ácido acrílico; 3) clorhidróxido-Al-poliDADMAC/PoliDADMAC; 4) Polihidróxi-cloruro de aluminio/poliamina; 5) $Al_2(SO_4)_3$ libre de Fe /PoliDADMAC y 6) $Al_2(SO_4)_3$ estándar/poliamina.

Se concluyó que los lodos que presentaron menor valor de REF (lo cual indica mayor facilidad de espesamiento) fueron los generados a partir de la combinación coagulante-floculante-espesante formada por el clorhidrato de aluminio poliDADMAC/poliamina/copolimero de acrilamida-cloruro de metilo (55 % de carga catiónica) con una dosis de espesante de 0.3 kg de polielectrolito espesante por tonelada de lodo (base seca). La aplicación de estos resultados permitirá obtener un ahorro económico y de área de disposición muy importante, en comparación con los lodos generados por sulfato de aluminio.

Tomás Castillo Cruz recibió el grado de maestro en ingeniería, con mención honorífica, el 16 de octubre de 2009. Su tesis *Amortiguamiento equivalente en sistemas estructurales desplantados sobre terreno duro e intermedio* fue dirigida por Sonia Elda Ruiz Gómez, investigadora de la Coordinación de Mecánica Aplicada.

La tesis presenta una expresión para encontrar el porcentaje de amortiguamiento crítico viscoso equivalente al que proporciona un sistema con disipadores histeréticos. El criterio se basa en la relación entre las ordenadas espectrales con tasa anual de falla uniforme para sistemas con disipadores histeréticos y las correspondientes a sistemas con disipadores viscosos, para un periodo de retorno de 125 años.

Se analizan estructuras desplantadas en dos tipos de terreno: duro e intermedio. Para cada tipo de terreno se encuentran y se verifican los parámetros de la expresión propuesta. Se comparan los valores medios de espectros de respuesta correspondientes a sistemas con disipadores histeréticos con los correspondientes a sistemas con amortiguamiento equivalente.

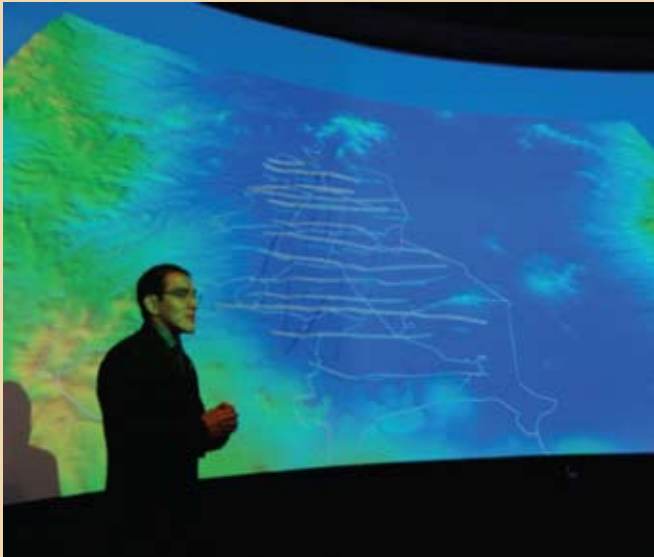


a) Sistemas con disipadores histeréticos
b) Sistemas con amortiguamiento equivalente

Para obtener el título de ingeniero geofísico, Orlado Fabela Rodríguez defendió la tesis *Modelado tridimensional de las estructuras geológicas de la cuenca de México y su influencia en la propagación de ondas sísmicas usando el método de las diferencias finita*, el pasado 14 de octubre en el observatorio de visualización Ixtli de la UNAM.

El objetivo principal del trabajo fue obtener un modelo de velocidad de propagación de ondas sísmicas empleando información litológica y estructural de la zona. Para desarrollar el proyecto, se utilizaron veinte secciones geológicas del ingeniero Federico Mooser, información de levantamientos sísmicos de PEMEX e información gravimétrica. Dirigido por el doctor Jorge Aguirre González, Orlando desarrolló un algoritmo para imponer apropiadamente los desplazamientos de las fallas geológicas del modelo y lo montó en software especializado para inmersiones virtuales. El trabajo desarrollado durante dos años por Orlando obtuvo una mención especial y, no menos importante, la alegría de todos los asistentes a su exposición. Además de ser una herramienta didáctica, el modelo se creó para

ser empleado en la simulación numérica de propagación de ondas sísmicas. La simulación del movimiento sísmico permite disminuir el riesgo sísmico al que estamos expuestos todos los habitantes de la ciudad de México.

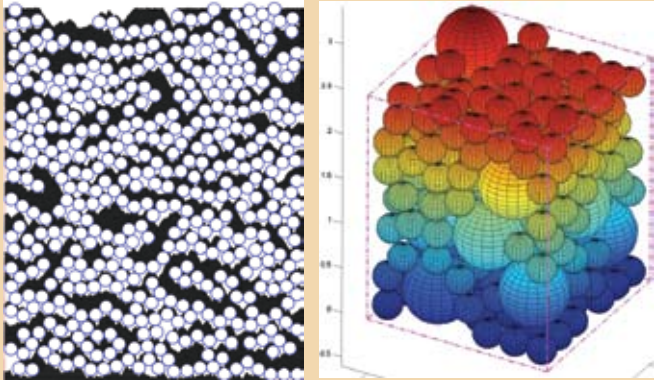


Jesús Sánchez Guzmán, becario de geotecnia, obtuvo el 27 de agosto pasado el grado de maestro en ingeniería, con mención honorífica. Su tesis se titula *Contribución al estudio de la segregación de los medios granulares* y fue dirigida por Gabriel Auvinet, investigador de la Coordinación de Geotecnia.

Los materiales granulares se encuentran presentes en un sin número de procesos productivos, fenómenos de interés científico o técnico y, en particular, de la geotecnia. La segregación es la separación de los constituyentes de la mezcla en grupos de partículas con características similares. El tamaño, forma, densidad y rugosidad de la superficie de las partículas son considerados como las principales propiedades del material que causan la segregación. Por otra parte, el manejo del material también tiene una influencia importante sobre el fenómeno.

Este estudio presenta la segregación inherente que surge en la formación de medios granulares. Utiliza un modelo numérico desarrollado en el Instituto de Ingeniería para la simulación geométrica de la estructura granular. Las partículas se idealizaron con círculos (modelo 2 D) y esferas (modelo 3 D). Se simulan materiales estrictamente uniformes, bimodales (dos tamaños) y de granulometría

continua. Tanto para la simulación como para el estudio de las estructuras granulares se hace amplio uso de la teoría de probabilidad. Se definen dos variables para medir la segregación, que permiten apreciar el efecto de las variables granulométricas. En estructuras uniformes se observa la presencia de una estructuración espontánea. En las bimodales y continuas, la segregación depende principalmente de la relación entre el diámetro máximo y mínimo de las partículas. Se señalan distintas implicaciones prácticas que la segregación puede tener en los problemas de la geotecnia y otras disciplinas.



Estudio de la segregación en medios bi- y tridimensionales