



FING UACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

Entrevista
Dr. David Romero Vargas
Investigador del Instituto de Matemáticas de la
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM)

Reactividad álcali agregado la
principal causa de deterioro en
el concreto



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA
FACULTAD DE INGENIERÍA

JUN - AGO 2018

Año 5 Núm. 16

ISSN: 2448-5489

latindex

22 al 25
agosto
2018

XXII

REUNIÓN NACIONAL DE INGENIERÍA DE
>>> **VÍAS TERRESTRES**

EXPOVÍAS 2018

- >>> Visita técnica
- >>> Premios AMIVTAC
- >>> Vinculación académica
- >>> Programa de acompañantes
- >>> XII Conferencia Rodolfo Félix V

Es **el evento más importante** que organiza la AMIVTAC y reúne a profesionistas de los sectores público, privado y social, docentes, investigadores y estudiantes de ingeniería civil y carreras afines, así como empresas y público en general interesado en la infraestructura vial, con el principal objetivo de difundir el conocimiento así como de presentar y discutir propuestas para transformar la ingeniería civil mexicana.

Tendrá lugar en el:

Centro de Exposiciones y Convenciones
de Chihuahua.



Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.



EXPO
CHIHUAHUA



SCT
SECRETARÍA DE
TRANSPORTE,
INFRAESTRUCTURA
Y TURISMO





M.I. Javier González Cantú

En mayo se conmemoran diversas fechas importantes en nuestro país, sin embargo de las que mayor relevancia tienen al interior de la Universidad son el Día del Estudiante y el Día del Maestro.

En México el Día del Estudiante se celebra el 23 de mayo y se originó en 1929 cuando un grupo de estudiantes decidieron protestar a favor de la autonomía universitaria. Desde entonces se ha celebrado a modo de recordatorio en favor de una educación abierta y participativa, así como por todos aquellos que han luchado para conseguirla y mantenerla. Por esta razón aprovecho para felicitar a los alumnos de la Facultad de Ingeniería y expresarles que continuaremos trabajando para brindarles una mejor formación integral en cada una de nuestras áreas.

Por otra parte, el Día del Maestro se conmemora el 15 de mayo, por lo que me permito felicitar a todos los maestros de la Facultad de Ingeniería por su trabajo, responsabilidad, entrega y compromiso con la formación de los futuros ingenieros, lo cual nos llena de orgullo.

De igual manera aprovecho para mencionar que durante el mes de abril se llevó a cabo la primera edición de la "Semana Cultural y Deportiva" de la Facultad de Ingeniería, en la que hubo una participación valiosa de los distintos clubes estudiantiles de la Facultad; así como la "Semana Académica de Aeroespacial e Ingeniería en Tecnología de Procesos", que vino a enriquecer el conocimiento en las áreas de investigación respectivas con ponentes de distintas universidades de México.

Finalmente agradezco al Dr. David Guillermo Romero Vargas, docente investigador del Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México por habernos concedido la entrevista central para esta edición.

Contenido

- 3 >** La conexión de las elecciones
Ing. Enrique Montes Wong, Ing. Eliana López Ortega, M. en C. Ana Virginia Contreras García, Dr. José Luis Herrera Aguilar.
- 6 >** Reactividad álcali agregado la principal causa de deterioro en el concreto
Ing. Flor Moreno Rascón, Ing. José Elías Villa Herrera y Dr. Cornelio Álvarez Herrera.
- 8 >** Entrevista con el Dr. David Romero Vargas
Investigador del Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- 10 >** Software de modelación matemática para la distribución de agua superficial en cuencas hidrológicas
M.I. Javier González La Nuez, M.I. David Maloof Flores,
Dr. Humberto Silva Hidalgo, M.I. Norma Leticia Méndez Mariscal
- 12 >** Evaluación del impacto ambiental de puentes de concreto de ultra-alto desempeño para el desarrollo sostenible (parte 1)
Dr. Jorge Márquez Balderrama
- 14 >** El sonido y la reverberancia en el desarrollo de la ejecución pianística
Dra. Ileana Guillermina Gómez Flores

FINGUACH es la edición institucional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (URCH), en la que predominan actividades de ciencia y tecnología con un sentido sustentable para impulsar el desarrollo económico y social, regional, nacional e internacional. El contenido de la publicación es principalmente desarrollado por investigadores de la URCH, así como de otras instituciones gubernamentales y privadas. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores por lo que no necesariamente refleja el punto de vista de la institución.

Es una edición trimestral gratuita con distribución estatal y nacional en otras universidades, colegios de ingenieros, abogados, arquitectos, ciencias de la información, mineros, geólogos y topógrafos; cámaras empresariales, dependencias gubernamentales, centros de investigación y en congresos tecnológicos.

FINGUACH, Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018, es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Secretaría de Extensión y Difusión por la Facultad de Ingeniería, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502, www.fing.uach.mx, finguach@uach.mx. Editor responsable: Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-071312482200-102. ISSN: 2448-6489, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 16657 otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impreso por Carmona Impresores, Blvd. Paseo del Sol #115, Jardines del Sol, 27014 Torreón, Coah. Distribuida por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502. Este número se terminó de imprimir el 28 de mayo de 2018 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Los contenidos podrán ser utilizados con fines académicos previa cita de la fuente sin excepción.

Fe de erratas:

Revista Finguach marzo-mayo, 2018.

Página 3

Referencia bibliográfica omitida del artículo "Generación de laboratorio de ciencias experimentales para reducción de residuos sólidos".

Se adiciona:

SEMARNAT (2012) Informe de la situación del medio ambiente en México. Recuperado de: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html



latindex



Av. San Felipe No. 5 Col. San Felipe
C.P. 31203 Chihuahua, Chih.
(614) 413.9779
www.roodcomunicacion.com

Directorio

M.E. Luis Alberto Fierro Ramírez
Rector

M.I. Javier González Cantú
Director

M.A. Jorge Alberto Arias Mendoza
Secretario Académico

Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos
Secretario de Investigación y Posgrado

M.I. Rodrigo De La Garza Aguilar
Secretario de Planeación

M.I. Leticia Méndez Mariscal
Secretaría Administrativa

M.I. David Maloof Flores
Secretario de Extensión y Difusión Cultural

Consejo editorial

M.I. Javier González Cantú
Presidente

Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos
Editor en jefe

M.I. Guadalupe Irma Estrada Gutiérrez
Editor adjunto

Dr. Luis Carlos González Gurrola
Editor adjunto

Dr. José Luis Herrera Aguilar
Editor adjunto

M.I. Jesús Roberto López Santillán
Editor adjunto

M.I. David Maloof Flores
Editor adjunto

Dra. Cecilia Olague Caballero
Editor adjunto

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Editor adjunto

► Ing. Enrique Montes Wong¹, Ing. Eliana López Ortega¹, M. en C. Ana Virginia Contreras García², Dr. José Luis Herrera Aguilar³.

¹ Estudiantes de la Maestría en Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

² Profesor por horas, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

³ Profesor de tiempo completo, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018

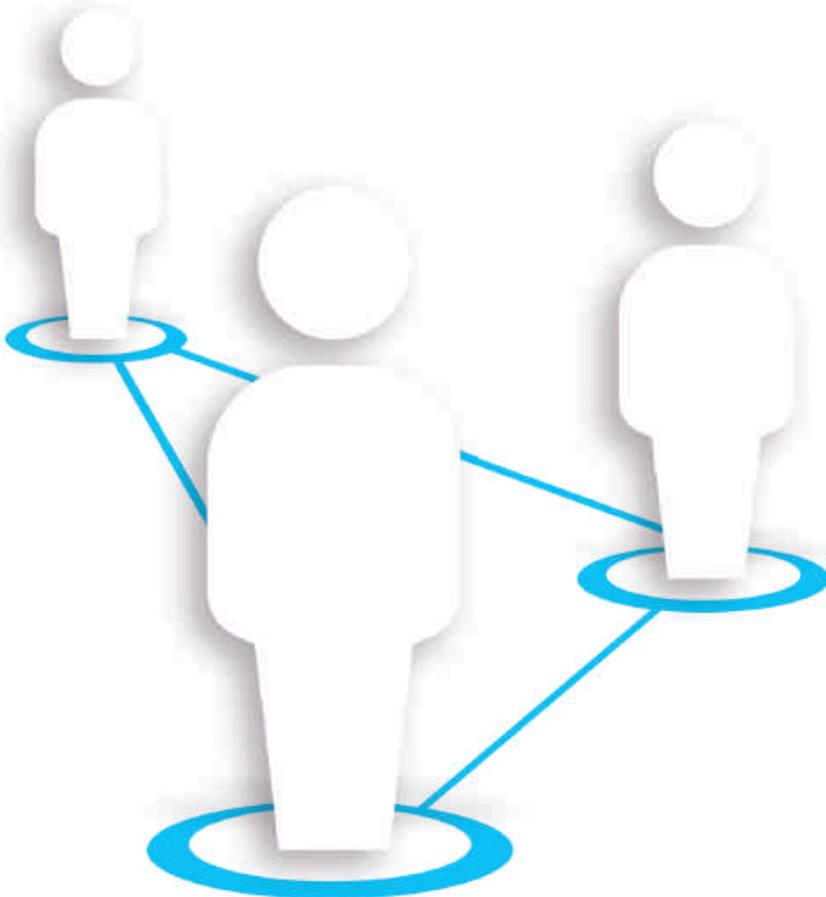


La **conexión** de las **elecciones**

Quizá en algunas ocasiones te has preguntado cómo te relacionas con las personas que te rodean, por qué con algunas personas tienes una relación tan buena y con otras prefieres evitarla. También quizá te has dado cuenta que tu familia, grupos de amigos, grupos de trabajo, entre otros, forman una especie de red en la que todos están conectados a través de la comunicación que existe entre ellos; todo esto tiene una explicación científica por medio de una rama de las matemáticas conocida como la teoría de grafos.

Los grafos son diagramas que representan las conexiones que existen en una estructura que puede ser física como la red de carreteras que conectan a las ciudades; económica como el comercio que existe entre los países o social como son las conexiones que puedes tener con tus amigos o familiares. Los grafos están compuestos por dos elementos fundamentales, los cuales son los nodos, también llamados vértices y las aristas; en términos de nuestro ejemplo, basado en las relaciones personales podemos considerar que los individuos representan los nodos o vértices y las aristas que los unen representan la relación existente entre cada persona. De esta forma podemos asignar un peso asociado a cada arista de acuerdo a la relación existente entre cada persona, ya sea basado por el tipo de relación, familia, amigos, trabajo; entre otros, asignando mayor valor a las relaciones que tienen más importancia, a este tipo de grafos se les conoce como **grafos ponderados**.

Dentro de las relaciones personales también existen aquellas donde el vínculo es unidireccional, es decir, existe jerarquía entre los nodos; un ejemplo de ello enfocado en la familia es donde los padres tienen jerarquía sobre los hijos y no de forma inversa, de igual manera pasa con el organigrama de una empresa, por lo tanto la arista que conecta a los padres con los hijos en cuanto a la autoridad de los padres es en una sola dirección; de forma equivalente pasa en las organizaciones, a este tipo de grafo se le conoce como **grafos dirigidos**.



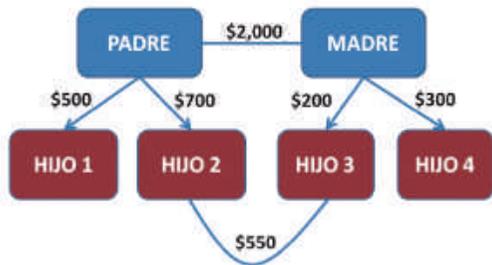


Figura 1. Distribución de dinero en una familia.

En la Figura 1 podemos ver la forma en que los padres reparten sus ingresos a los hijos, las flechas indican las aristas dirigidas con una dirección en particular, señalan que los padres proveen a los hijos y no de forma contraria. Así mismo muestra por medio de aristas ponderadas la cantidad de dinero que se proporciona entre cada par de nodos, en las cuales las no dirigidas simbolizan préstamos o flujos de dinero en ambas direcciones.

Como se puede apreciar, la estructura de un grafo nos puede dar suficiente información de la relación o relaciones de los elementos de un conjunto o varios conjuntos de una forma muy simple. Por ejemplo, cómo está constituida una familia o incluso la red hidráulica de una ciudad completa, donde cada válvula puede ser ejemplificada por un nodo y las tuberías se pueden considerar como aristas. Otro ejemplo es modelar cómo influyen las opiniones de padres, hermanos o amigos en la compra

de algún artículo o la selección de una escuela. Lo mismo pasa en distintas sociedades, donde las opiniones de los sujetos con los que se relaciona cada individuo influyen en su propias decisiones, como muestra de ello tenemos las elecciones de un país, donde la simpatía por algún candidato en particular se ve influenciada por la imagen presentada a través de los medios y las diversas opiniones que puedan tener las personas con las que convives.

Un sistema de votantes es un conjunto de ciudadanos que pueden ejercer su derecho al voto en una sociedad (en este artículo simplemente los llamaremos votantes). Estos votantes se encuentran relacionados de alguna manera entre ellos y además esta relación se da entre los candidatos a un puesto de elección popular y los votantes; todo esto con el objetivo de elegir a los gobernantes de una sociedad.

Los candidatos dan a conocer sus propuestas a los votantes por medio de la publicidad en los medios de comunicación masiva como radio y televisión; en las redes sociales electrónicas como *Facebook*, *Twitter*, entre otras y a través de sus partidos políticos. Por medio de estas propuestas los candidatos buscan ganar más simpatizantes que al momento de ejercer su voto les permitan ganar la elección. Los ciudadanos comentan entre ellos las propuestas de los candidatos e influyen unos en otros para cambiar o mantener su decisión del voto. También los electores se agrupan en "pequeñas comunidades" donde se manifiestan a favor de algún candidato. A través de estas agrupaciones buscan influir entre los electores indecisos y los votantes que forman parte de agrupaciones de otros candidatos (ver Figura 2). Esto lo podemos apreciar en nuestras familias y grupos de amigos cuando se toca el tema de las elecciones, pareciera que se forman diferentes bandos a favor de algún candidato y se busca defender las propuestas del candidato con el que se está a favor a través de debates.

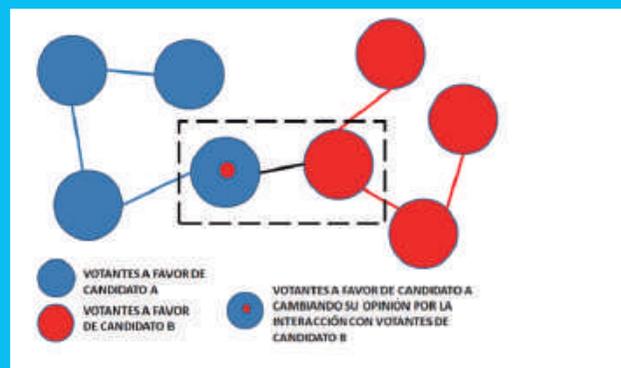


Figura 2. Modelo de votantes



Por otro lado, la intención del voto puede cambiar de un momento a otro debido a la influencia de la publicidad y opiniones sobre algún candidato que tengan las “pequeñas comunidades” en donde se desenvuelve el votante. Por lo tanto, podemos llegar a la conclusión de que la intención del voto es dinámica, ya que puede cambiar o mantenerse en un tiempo determinado. Esta situación que se da en “pequeñas comunidades” se puede transpolar a grandes masas dentro de una sociedad. Lo anterior se puede asegurar siempre y cuando existan conexiones entre esas “pequeñas comunidades” y todos los votantes de una sociedad.

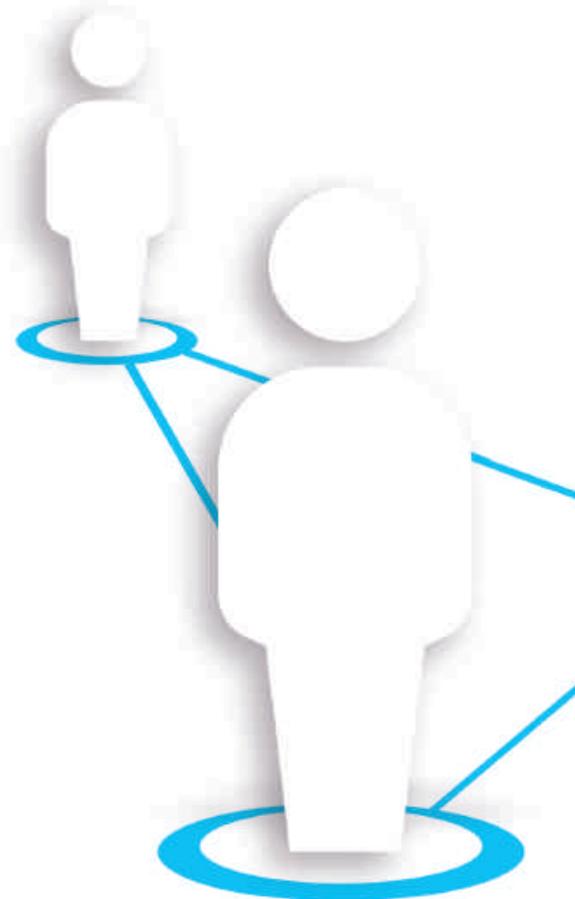
Entonces ¿cómo saber si existe alguna conexión entre esas “pequeñas comunidades” y toda una sociedad? y ¿Cómo influyen la publicidad de un candidato y “las pequeñas comunidades” en la decisión de un votante? Todo esto puede ser explicado al utilizar la teoría de grafos que mencionamos previamente. Por medio de ella podemos analizar si existen conexiones entre “las pequeñas comunidades” (las cuales serán los nodos de nuestro grafo). En caso de que existieran conexiones podemos asignarle alguna arista ya sea con algún peso o con alguna dirección, según sea el caso. También por medio de la teoría de grafos se puede simular cómo cambia la decisión de los votantes a través del tiempo a causa de la influencia de la publicidad y las agrupaciones de los votantes a favor de algún candidato. Los asesores en publicidad y estrategia de algún candidato seguramente conocen bien de esto y por eso buscan a través de la publicidad y la opinión de líderes influir sobre la decisión de los votantes.



Como te habrás dado cuenta vivimos en una sociedad interconectada a la cual afectamos y nos afecta (positivamente o negativamente) a través de las decisiones que tomamos en un momento determinado. Estas conexiones no son visibles a través de nuestros ojos, pero si realizas un ejercicio de introspección te darás cuenta que existen un sinnúmero de “hilos” que te conectan con otras personas y estas conexiones conectan con más y más personas, dando forma a nuestra sociedad. Es interesante como una sola persona con sus decisiones, como en el caso de elegir un candidato por quien votar, puede afectar a toda una sociedad a través de estas conexiones y todo esto es estudiado y explicado por la ciencia.

Referencias

- Gibbons, A. (1985). *Algorithmic graph theory*. New York NY: Cambridge University Press.
- Kenneth A. Ross, C. R. (1988). *Matemáticas Discretas*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Prentice-Hall Inc.
- Sayama, H. (2015). *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems*. Geneseo, NY: Open SUNY Textbooks, Milne Library.
- Vázquez Rodríguez, B. (2012). *Condiciones para la emergencia de orden colectivo en el modelo de votantes*. Cuernavaca, Morelos: UNAM.



Reactividad álcali agregado

la principal causa de deterioro en el concreto

➤ Ing. Flor Moreno Rascón, Ing. José Elías Villa Herrera y Dr. Cornelio Álvarez Herrera

Universidad Autónoma de Chihuahua / Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción (Golmakani, 2013) algunos daños observados en él son agrietamientos ya sea por exceso de carga, congelamiento por agua absorbida o la reactividad álcali agregado (RAA) y se pueden presentar una combinación de ellos mismos agravando su condición (Owsiak *et al.*, 2015). La RAA es considerada la principal causa de deterioro del concreto (Rajabipour *et al.*, 2015) mucho se ha estudiado en las últimas décadas (Lindgård *et al.*, 2012) pero todavía no existe una solución duradera a este problema (Golmakani, 2013 y Rajabipour *et al.*, 2015). De manera general la RAA se presenta en un tiempo de 1 a 12 años (Hooton *et al.*, 2013) debido a la interacción de agregados inestables con el álcali (Na y K) proveniente principalmente del cemento, en un ambiente alcalino con agua o suficiente humedad (Afshinnia y Poursaee, 2015) formandose un gel producto de la reacción, que es el responsable de agrietamientos en el concreto, el cual disminuye su resistencia (Hasdemir *et al.*, 2012). En la Figura 1 se muestra el típico agrietamiento del concreto por RAA y evidencia del gel indicado por flecha.



Figura 1. Agrietamientos en el concreto y evidencia del gel producto de la RAA.

Agregados reactivos

La RAA se puede dividir en dos partes, la reacción álcali carbonato (RCA) que no es tan común y la reacción álcali sílice (RAS) esta última es la más estudiada por la gran diversidad de agregados que contienen este elemento (Lindgård *et al.*, 2012). Hasdemir y colaboradores (2012) hi-

cieron relevancia sobre la sílice inestable (SiO₂) de los numerosos agregados que generan la RAS como: trídimita, cristobalita, calcedonia, ópalo, vidrio volcánico y otras formas más complejas como las grauvacas y filitas. Locati y colaboradores (2014) comentaron acerca de los agregados que generan la RAC y contienen carbonato (CO₃²⁻) que son calizas dolomíticas y mencionan que la reacción en algunos casos puede deberse a la combinación de ambas (RAS y RAC) dependiendo de la roca de origen. Alaejos, Lanza y colaboradores (2014) hablan de los agregados de reacción lenta, que son granitos y otros que contengan sílice que se encuentre deformado, micro fracturado o tensionado, donde los resultados finales serán igual a los de reacción rápida, por lo que se debe tener esto muy en cuenta en la caracterización de materiales.

Álcali en el cemento

El efecto pésimo del contenido de álcali se encuentra entre 0.6 y 1.25 % (Smaoui *et al.*, 2005). Cementos con porcentajes mayores a 1.0 % de álcali son los que generarán expansiones considerables (Halaweh, 2007) por lo que se debe tener esto en consideración. Se ha recomendado utilizar cementos bajos en álcali como medida de mitigación, pero el potencial de reacción que puede tener el agregado ha demostrado que no es suficiente (Golmakani, 2013).

Caracterización de los materiales

La recomendación principal para conocer las características del potencial de reacción de un agregado es el estudio petrográfico (Godart *et al.*, 2013) complementado por la difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y análisis químico al cemento para obtener su porcentaje de álcali (Hasdemir, 2012).

Métodos para la evaluación de la RAA

El CPT (*Concrete Prims Test*) ha sido considerado el mejor estimador de alta confiabilidad con todo tipo de agrega-



Referencias

- Afshinnia, K., and A. Poursaee, (2015), The potential of ground clay brick to mitigate Alkali-Silica Reaction in mortar prepared with highly reactive aggregate: *Construction and Building Materials*, v. 95, p. 164-170.
- Alaejos, P., V. Lanza, M. A. Bermúdez, and A. Velasco, (2014), Effectiveness of the accelerated mortar bar test to detect rapid reactive aggregates (including their pessimum content) and slowly reactive aggregates: *Cement and Concrete Research*, v. 58, p. 13-19.
- Godart, B., M. de Rooij, and J. G. M. Wood, (2013), Guide to Diagnosis and Appraisal of AAR Damage to Concrete in Structures: *Part 1, Diagnosis (AAR 6.1)*, v. 2013;1; DE, Springer Verlag.
- Golmakani, F., (2013), Possible Modifications to the Accelerated Mortar Bar Test (ASTM C1260), ProQuest Dissertations Publishing.
- Halaweh, M. A., (2007), Effect of alkalis and sulfate on Portland cementsystems, ProQuest Dissertations Publishing.
- Hasdemir, S., A. Tugrul, and M. Yilmaz, (2012), Evaluation of alkali reactivity of natural sands: *Construction and Building Materials*, v. 29, p. 378-385.
- Hooton, R. D., C. Rogers, C. A. MacDonald, and T. Ramlochan, (2013), Twenty-Year Field Evaluation of Alkali-Silica Reaction Mitigation: *Aci Materials Journal*, v. 110, p. 539-548.
- Latifee, E. R., and P. R. Rangaraju, (2015), Miniature Concrete Prism Test: Rapid Test Method for Evaluating Alkali-Silica Reactivity of Aggregates: *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 27.
- Lindgård, J., Ö. Andıç-Çakır, I. Fernandes, T. F. Rønning, and M. D. A. Thomas, (2012), Alkali-silica reactions (ASR): Literature review on parameters influencing laboratory performance testing: *Cement and Concrete Research*, v. 42, p. 223-243.
- Liu, K.-W., and A. K. Mukhopadhyay, (2016), Accelerated Concrete-Cylinder Test for Alkali-Silica Reaction: *Journal of Testing and Evaluation*, v. 44, p. 20140334.
- Locati, F., F. Dario, and M. Silvina, (2014), Dedolomitization and alkali-silica reactions in low-expansive marbles from the province of Cordoba, Argentina. A microstructural and chemical study: *Construction and Building Materials*, v. 58, p. 171-181.
- Marinoni, N., M. Voltolini, L. Mancini, and F. Cella, (2012), Influence of aggregate mineralogy on alkali-silica reaction studied by X-ray powder diffraction and imaging techniques: *Journal of Materials Science*, v. 47, p. 2845-2855.
- Owsiak, Z., J. Zapala-Slaweta, and P. Czapiak, (2015), Diagnosis of concrete structures distress due to alkali-aggregate reaction: *Bulletin of the Polish Academy of Sciences-Technical Sciences*, v. 63, p. 23-29.
- Rajabipour, F., E. Giannini, C. Dunant, J. H. Ideker, and M. D. A. Thomas, (2015), Alkali-silica reaction: Current understanding of the reaction mechanisms and the knowledge gaps: *Cement and Concrete Research*, v. 76, p. 130-146.
- Smaoui, N., M. A. Bérubé, B. Fournier, B. Bissonnette, and B. Durand, (2005), Effects of alkali addition on the mechanical properties and durability of concrete: *Cement and Concrete Research*, v. 35, p. 203-212.

dos, también conocido como ASTM-C 1293, solo que tiene un tiempo de duración de dos años (Liu y Mukhopadhyay, 2016) por lo que Latifee y Rangaraju desarrollaron en 2015, el MCPT (*Miniature Concrete Prisms Test*) para brindar una alternativa en la solución a este problema, principalmente para agregados de reacción lenta con una duración de 84 días. La mejor forma de evaluación es a través de pruebas de campo utilizando bloques de concreto con una duración de varios años (hasta décadas) donde se puede establecer el comportamiento reactivo de un agregado (Hooton *et al.*, 2013). La prevención es la mejor solución a este problema (Marinoni *et al.*, 2012). En la Figura 2 se muestra la barra de prueba del método MCPT para la detección de la RAA.



Figura 2. Se muestra barra de prueba del método MCPT 50 x 50 x 285mm.

Recomendaciones

Limitar el contenido de álcali en la mezcla de concreto. Conocer el ambiente al que estará expuesto el concreto. Si existe la posibilidad, utilizar agregados no reactivos. Conocer la permeabilidad del concreto. Utilizar adiciones puzolánicas.

Dr. David Romero Vargas

Investigador del Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)



Durante la visita que realizó el Dr. David Romero Vargas a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, concedió una entrevista para la revista FINGUACH y en ella comentó sus líneas de investigación, así como la importancia que en general revisten las matemáticas y en particular los modelos matemáticos de optimización para el desarrollo del país.

Desde joven, el Dr. David Romero se interesó por las matemáticas y cursó la carrera de ingeniería civil en la Universidad Nacional Autónoma de México. Posteriormente realizó un posgrado de computación en la Universidad de Lieja, Bélgica y un doctorado en matemáticas aplicadas con especialidad en investigación de operaciones en la Universidad de Grenoble, Francia. Actualmente se desempeña como profesor investigador de tiempo completo en la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas de la UNAM y tiene nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt.

Sus áreas de interés se han centrado en los aspectos teóricos y aplicados de la investigación de operaciones y particularmente de la optimización combinatoria, sobre ello comentó: *"Tengo espíritu matemático, soy idealista; hago investigación en matemáticas por amor al arte, porque disfruto mucho las actividades creativas y el desarrollo de la imaginación para enfrentar problemas matemáticos retadores. Por otra parte me gusta ayudar a resolver problemas reales en la ciencia, en la industria, en los servicios, empresas públicas y privadas; por ejemplo, en físico-química, en el área financiera, en logística, en producción, entre otros."*

Aunque su vocación siempre fue la investigación, el Dr. Romero tiene una larga trayectoria en el sector productivo: *"Trabajé en*

Celanese Mexicana desarrollando modelos y métodos matemáticos; después estuve en Fertilizantes Mexicanos (Fertimex) como jefe del departamento de investigación y operaciones; en el Instituto de Investigaciones Eléctricas colaboré en varios proyectos, principalmente en el denominado Despacho Económico Restringido, el cual consiste en determinar en tiempo real cuánto debe generar cada planta de energía eléctrica del país para satisfacer la demanda nacional al mínimo costo; también fui Director General en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI) y pasé un año sabático en el Banco de México".

La línea de investigación que trabaja actualmente el Dr. Romero es la optimización combinatoria, rama de las matemáticas aplicadas y de las ciencias de la computación relacionadas con la investigación de operaciones, con la teoría de algoritmos y la complejidad computacional. Estados Unidos es el país donde más se aplican los modelos y métodos de la investigación de operaciones, sin embargo estas temáticas también se han desarrollado -además de la inmensa mayoría de los países europeos- en el Lejano Oriente, Australia y en América Latina: *"En México también ha habido grandes avances en la investigación de operaciones y eso me satisface mucho porque fui de los pioneros. A la fecha se realiza anualmente un Congreso Nacional de Investigación de Operaciones y otros eventos relacionados. Creo que se requiere sensibilizar más a los responsables*

de la toma de decisiones importantes en nuestro país, porque la investigación de operaciones y la optimización combinatoria se pueden aplicar prácticamente en cualquier contexto; por ejemplo, en el sector transporte, para movimiento a costo mínimo de pasajeros y carga por vía terrestre, aérea, marítima: definición de vehículos, horarios, rutas, o bien procurar una coordinación de semáforos que minimice el congestionamiento vial”.

“Otro ejemplo de aplicabilidad de la optimización matemática que puedo dar fue un experimento computacional con algoritmos de diseño propio para minimizar la longitud de recorridos de viviendas en zonas urbanas. Para el experimento su utilizó información del Estado de Chihuahua. Como es bien sabido en el INEGI se cuenta con encuestadores para levantar los censos, debiendo cada uno recorrer todas las viviendas de una zona urbana pre-asignada. Como resultado experimental, se encontró que de haber aplicado este algoritmo a todo el país los encuestadores se hubieran ahorrado una distancia equivalente a siete vueltas a la Tierra sobre el Ecuador”.

El Dr. Romero agregó: *“Creo que aún falta mucho por hacer, tenemos que difundir la importancia de la optimización matemática en el país y para ello debemos trabajar con ejemplos claros de empresas reales; gracias a estos métodos se puede esperar –aunque no asegurar– entre 5 % y 10 % de reducción de costos en las empresas. Considero que para que haya éxito en proyectos de este tipo es fundamental que los responsables de la toma las decisiones en empresas públicas y privadas tengan conocimiento de los beneficios potenciales que provienen de aplicar enfoques matemáticos y computacionales para dar sustento científico a la toma de decisiones en problemas relevantes”.*

Finalmente el Dr. Romero recomendó a los estudiantes que están por egresar de la Facultad de Ingeniería que procuren siempre trabajar en lo que les guste y les apasione, ya sea la docencia, la investigación o colaborando en la resolución de problemas reales en ámbitos diversos; para esto último, tiene que haber disposición a aprender de otras disciplinas, porque para un matemático es más fácil aprender el lenguaje, la jerga, el punto de vista de otras áreas del conocimiento que al revés.



Software de modelación matemática para la distribución de agua superficial en cuencas hidrológicas

> M.I. Javier González La Nuez, M.I. David Maloof Flores, Dr. Humberto Silva Hidalgo, M.I. Norma Leticia Méndez Mariscal

Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018

El agua es el recurso natural de mayor valor vital después del oxígeno, cuya escasez podría ser motivo de grandes conflictos entre personas e incluso entre naciones. De ahí la importancia de hacer tantas investigaciones como sean posibles con el fin de aprovechar las cuencas hidrológicas de cada territorio. Alrededor del mundo existen países que dedican recursos considerables a este aspecto. En el caso de México también es una prioridad nacional, tanto así que existen organizaciones gubernamentales dedicadas al uso racional del agua. También se cuenta con mucho apoyo financiero por parte de CONACYT para proyectos científicos de esta índole.

Bajo este contexto, se realizó un proyecto científico en la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), donde se diseñó un modelo matemático para la determinación conjunta de escurrimientos naturales, retornos de irrigación y volúmenes de pérdidas y ganancias de agua en cuencas (Silva-Hidalgo, 2010).

Con esta modelación son corregidos muchos errores de estudios anteriores y también se tienen en cuenta los diferentes casos que pudieran afectar el resultado volumétrico real de la cuenca en cuestión, ya que arrojan valores que se pueden considerar como óptimos. Este trabajo ha tenido gran aceptación por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y ha influido positivamente en el trabajo hidrológico en México, lo cual se referencia en el informe técnico "Determinación conjunta de escurrimientos naturales restituidos, retornos de irrigación y volumen neto de pérdidas y ganancias en la cuenca del río Bravo (parte mexicana) para el periodo de 1950 al año 2008" (Silva Hidalgo, López Corzo, García Servín, & Verduzco Cedeño, 2014) se realizaba el control de los datos históricos de medición de aguas sobre documentos de *Microsoft Excel*, lo que constituía un trabajo muy tedioso para las personas que se relacionan con lo mismo: errores de entrada de datos, demasiada complejidad para el entendimiento por parte del personal que los trabaja y numerosas hojas de cálculo sobre las cuales hay que trabajar para obtener el resultado requerido; son de las causas que provocaban que la solución informática que existía en el momento fuera poco funcional para usuarios no expertos.

De las dificultades anteriormente expuestas surgió la necesidad de la existencia de un *software* para llevar el control de los datos necesarios y la realización de los cálculos propuestos por la modelación matemática previamente mencionada. Este *software* debe presentar una interfaz gráfica basada en SIG (Sistemas de Información Geográfica) que permita el diseño de cuencas hidrográficas a partir de los elementos que las componen y sus respectivas relaciones e información.

Al tomar como referencia las soluciones informáticas existentes relacionadas a esta temática como el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua o WEAP (*Water Evaluation and Planning*) (B.J.M Goes, S.E. Howarth, R.B. Wardlaw, I.R. Hancock, & U.N. Parajuli, 2015), así como el Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS, *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) las cuales son utilizadas en diferentes investigaciones para la planificación y distribución de agua y simulación de los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas dendríticas (Ashok, Chandranath, Prachi Pratyasha, R, & Arun, 2015), se procedió al desarrollo del *Software* de Modelación Matemática para la Distribución de Aguas (SMMDA).

Se realizó un minucioso análisis del estado del arte de *software* existente en el contexto de la problemática (NA, Shah Alam, PM, ARA, & ZM, 2014) y fueron identificados los problemas existentes. Se identificaron de igual manera los requisitos que debía cumplir el *software*, así como la propuesta inicial de prototipo de interfaz no funcional principal. Se garantizó la persistencia en el tiempo de los proyectos realizados en el *software*, que permita guardarlos en archivos XML, los cuales son portables y de fácil distribución. También se logró la generación de gráficas dinámicas para el análisis estadístico de los escurrimientos naturales calculados, así como su internacionalización, logrando la robustez y amigabilidad esperada.

El *software* permite importar registros históricos en formato XLS y permite que opcionalmente el usuario cargue una imagen de fondo satelital o mapa que muestre la sub-cuenca en análisis, para que el diseño se traslape sobre ella y se logre una representación fidedigna y amigable, como se muestra en la Figura 1. Al finalizar, el *software* genera gráficas o hidrogramas donde se muestra el comportamiento del escurrimiento natural a lo largo del espacio de tiempo de los registros de entrada, como resultado final del proceso de cálculo, para que el usuario lo analice y pueda tomar decisiones o llegar a conclusiones, como se muestra en la Figura 2, permitiendo también guardar el proyecto en formato XML.

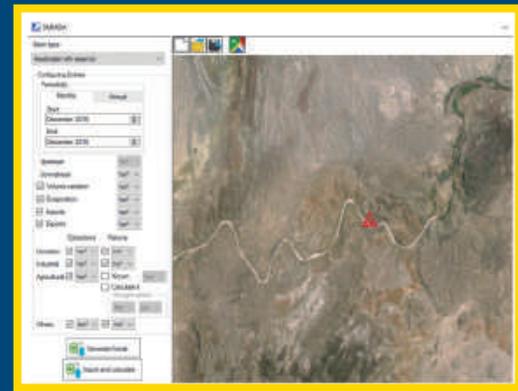


Figura 1. Interfaz gráfica amigable para el análisis.

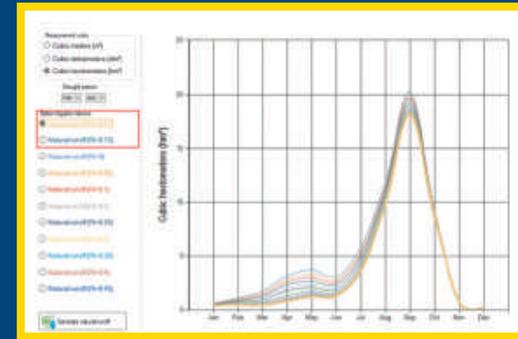


Figura 2. Hidrograma de salida. Esta gráfica contiene en el eje horizontal los 12 meses del año y en el eje vertical de manera dinámica un rango de valores en hectómetros cúbicos (hm^3), que abarca todos los promedios mensuales obtenidos de la aplicación del modelo matemático del Dr. Silva. Claramente son apreciables las temporadas de estiaje y de lluvia en este ejemplo. Se le brinda la posibilidad al usuario de cambiar la unidad de media de hm^3 a dm^3 o m^3 según sea su preferencia.

Se recomienda hacer uso de este *software* para el cálculo de escurrimientos naturales en cuencas superficiales, fundamentalmente en las que cuentan con extracciones para actividades agrícolas, ya que es en este tipo de casos donde existe la tendencia a ser imposible de calcular resultados infalibles, debido a la dificultad de medir el retorno de irrigación al cauce.

Es trascendental mencionar que en aquellas cuencas donde existan pocos registros o no se realicen extracciones, este producto no será de gran utilidad, por lo que se aconseja hacer uso del mismo en cuencas de las cuales se cuente con registros que daten con más de 20 años, ya que a mayor cantidad de históricos, más preciso es el modelo matemático en obtener un resultado.

Referencias

- Ashok, M., Chandranath, C., Prachi Pratyasha, J., R, S., & Arun, K. (2015). Identification of the best multi-model combination for simulating river discharge. *ScienceDirect*, 313-325.
- B.J.M Goes, S.E. Howarth, R.B. Wardlaw, I.R. Hancock, & U.N. Parajuli. (2015). Integrated Water Resources Management in an Insecure River Basin: *A case study of Helmand River Basin, Afghanistan*. *International Journal of Water Resources Development*, doi:10.1080/07900627.2015.1012661.
- NA, A., Shah Alam, M., PM, A., ARA, R., & ZM, Y. (2014). Climate variability and anthropogenic impacts on a semi-distributed monsoon catchment runoff simulations. *IEEE Explorer*, 178-183.
- Silva Hidalgo, D., López Corzo, M., García Servín, M., & Verduzco Cedeño, M. (2014). Determinación conjunta de escurrimientos naturales restituidos, retornos de irrigación y volumen neto de pérdidas y ganancias en la cuenca del río Bravo (parte mexicana), para el periodo de 1950 al año 2008. Nuevo León

Evaluación del impacto ambiental de puentes de concreto de ultra-alto desempeño para el desarrollo sostenible (parte 1)

➤ Dr. Jorge Márquez Balderrama
 Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería
 FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018



En 2015 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó 17 objetivos de aplicación universal para lograr un mundo sostenible en el año 2030 que permita mejorar y proteger la vida en nuestro planeta (www.un.org). Estos objetivos incluyen entre otros: combatir el cambio climático, la defensa del medio ambiente, la eliminación de la pobreza, salud y bienestar, así como una educación de calidad.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, el desarrollo sostenible se ha definido como “el desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. Para alcanzar el desarrollo sostenible es fundamental desarrollar y equilibrar tres elementos básicos: crecimiento económico, bienestar social y protección ambiental. La infraestructura es un medio contundente para contribuir al crecimiento económico y mejorar el bienestar social. Así mismo, el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan crear una infraestructura sin deterioro a largo plazo y con un mínimo mantenimiento garantiza la protección y preservación del medio ambiente así como la contribución al combate contra el cambio climático. El crecimiento demográfico, el calentamiento global y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) representan grandes desafíos para el desarrollo sostenible de la infraestructura de un país. Nuestra infraestructura actual se deteriora más rápido de lo que nosotros la reparamos (*American Society of Civil Engineers, ASCE 2009*).

La ASCE calificó como deficiente la infraestructura de Norteamérica, estimando una inversión de 2.2 trillones de dólares para llevarla a un nivel aceptable. Actualmente en Norteamérica existen más de 150 000 puentes que se encuentran estructuralmente deficientes (Bhide, Shri, 2008) y más del 50 % de los puentes construidos cada año son de concreto presforzado (*National Bridge Inventory, NBI 2010*).

Se han desarrollado nuevos materiales y soluciones que prometen reducir el impacto ambiental global y mejorar la sostenibilidad de la infraestructura de un país. Los puentes hechos a base de concreto de ultra-alto desempeño (*Ultra-High Performance Concrete, UHPC*) es uno de estos prometedores proyectos. El concreto de ultra-alto desempeño (UHPC) es una nueva clase de concreto que tiene una alta resistencia a la compresión igual o mayor que 1 500 kg/cm² (21Kip/in²) (Russell and Graybeal, 2013) cuenta con una alta resistencia a la tensión debido a la adición de fibras de acero (con un módulo de ruptura que varía entre 92 y 102 kg/cm²) y con propiedades excepcionales de durabilidad que permiten un incremento significativo en la vida útil de una estructura y un bajo costo de mantenimiento.

El uso de UHPC en puentes de concreto presforzado no sólo proporciona soluciones más duraderas y de bajo mantenimiento, sino que permite una reducción significativa en la cantidad de materiales resultando así un desarrollo sostenible tanto al principio como a lo largo del ciclo de vida del puente. Para evaluar el desarrollo sostenible de puentes UHPC se realizó un estudio para evaluar el impacto

ambiental entre un puente hecho a base de estructura de acero convencional y un puente de concreto presforzado a base de vigas tipo Pi (π) utilizando concreto de ultra-alto desempeño (UHPC). Cada puente fue diseñado para soportar una carga de camión tipo HS20 con un claro de 30 m. La Figura 1 muestra los elementos estructurales del diseño de ambos puentes. Es importante mencionar que en el puente de acero se utilizó una losa de concreto reforzado de 20 cm de espesor como superficie de rodamiento, mientras que para el puente UHPC no fue necesario el suministro de ningún tipo de losa ya que los patines de las vigas tipo π reciben y soportan el tránsito vehicular. Así mismo en la Figura 1 también se muestran únicamente aquellos elementos que causan impacto en el estudio comparativo de ambos puentes. El resto de los elementos o conceptos que conforman la construcción de ambos puentes se consideran similares entre sí y consecuentemente no afectan su estudio comparativo. La evaluación del impacto ambiental debido a la construcción de ambos puentes con los materiales

descritos en la Figura 1 se llevó a cabo calculando el volumen empleado de materiales, energía primaria, emisiones de CO_2 y el potencial del calentamiento global (*Global Warming Potential, GWP*).

La energía primaria se puede definir como toda aquella energía necesaria para la transportación y producción de todos los materiales necesarios para la construcción de una edificación, incluyendo la extracción de las materias primas, manufactura y montaje, así como toda aquella energía relacionada con los equipos y maquinaria necesarios para estos procesos, incluye energía eléctrica, gasolina y aceites combustibles.

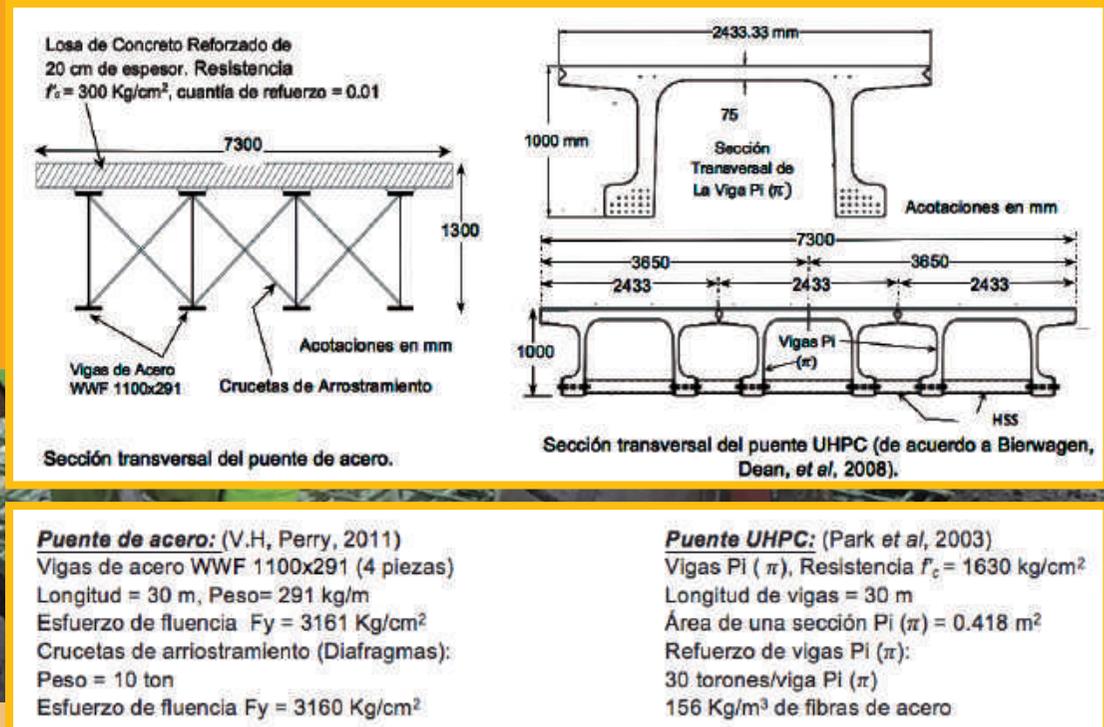


Figura 1. Sección transversal de puente de acero con losa in situ de concreto reforzado contra puente de concreto presforzado con vigas prefabricadas tipo Pi (π) utilizando UHPC.

Referencias

- 1) American Society of Civil Engineers (ASCE), "2009 Report Card for American Infrastructure", ASCE, Reston, VA, USA 2009.
- 2) Athena Sustainable Materials Institute Report (ASMI) "Life Cycle Embodied Energy & Global Emissions for Concrete & Asphalt Roadways", Canada, May 1999.
- 3) Bhide, Shri, "Material Usage and Condition of Existing Bridges in the US", PCA, Skokie, IL, USA, 2008.
- 4) Bierwagen, Dean, et al, "Design of Buchanan County, IA, Bridge, Using UHPC and Pi-girder Cross Section". 2008 PCI National Bridge Conference, USA, 2008.

El sonido y la reverberancia en el desarrollo de la ejecución pianística

> Dra. Ileana Guillermina Gómez Flores
 Universidad Autónoma de Chihuahua / Facultad de Artes
 FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018

Algunos autores sugieren que el aprendizaje en la ejecución musical no se consigue únicamente al utilizar libros, sino que además se debe contar con una práctica diaria y con un conocimiento amplio de sí mismo. La ejecución se divide en: interpretación, que es la capacidad que tiene el ejecutante de transmitir un mensaje musical de una partitura; y técnica, que son las destrezas que brindan un acomodo de los medios físicos, un conjunto de acciones que tienen como finalidad obtener el control del sonido.

El control del sonido puede tener lugar con resultados sonoros y estéticos diferentes, con una serie de acciones voluntarias producidas para lograr el sonido deseado. Como se requiere que estas acciones deban ser repetibles, es necesario mantener las combinaciones de sonidos, ritmos y articulaciones, prestando especial atención al toque y duración correcta de notas correctas, silencios, intensidad, articulaciones, entre otros, buscando así la calidad de sonido.

El piano ha sido catalogado como el instrumento más intelectual al producir una diversidad de sonidos, con la capacidad de imitar el sonido de otros instrumentos como la flauta, violín, violoncello, entre otros. La mayor parte de las personas que se dedican a su ejecución buscan como prioridad la obtención de un sonido específico. No obstante, en ocasiones pasan por alto los eventos físicos que suceden en su producción.

El timbre del sonido se ha considerado una cualidad perceptual, es el matiz que nos permite diferenciar dos sonidos de igual frecuencia fundamental e intensidad. El timbre mantiene una serie de parámetros físicos, como el parámetro temporal que es el tiempo que pasa desde que se produce la perturbación física producida por la onda sonora en el medio (en este caso en el aire) hasta el momento en el que es percibido por el oyente. Así mismo, los parámetros espectrales del timbre se basan en el estudio de las componentes frecuenciales de la señal (armónicos) y en cierta medida, en su relación con la frecuencia fundamental de la onda sonora.

Desde la perspectiva de la interpretación musical la palabra dinámica, que proviene del griego que significa fuerza, son los grados de intensidad ya sea fuerte o suave de la sonoridad de la música. Esta intensidad se relaciona con la amplitud de la vibración que produce el sonido; a mayor fuerza, mayor sonido. La dinámica en la ejecución musical puede sufrir cambios repentinos o puede cambiar gradualmente de intensidad. Si se alcanza mayor intensidad y tonos más agudos, se obtendrá un pasaje de excitación, de lo contrario, si se tiene una dinámica con menor intensidad y un registro bajo, se obtendrán pasajes emulando calma.

Para ejecutar en el piano los *fortes* (sonidos fuertes) por ejemplo, se requiere del uso del peso de todo el brazo y de la máxima velocidad al efectuarlo, pero se debe tener cuidado al tratar de obtener ese toque, pues si se inicia tocando (ataque) desde un punto alto o se golpea la tecla, la producción será defectuosa, pues producirá un sonido áspero, metálico, ríspido, nada acercado a lo bello. La mayor o menor fuerza con que se pulsa la tecla no sólo modificará la potencia sonora, sino también el contenido tímbrico. Cuanta más velocidad adquiera el martinete (martillo percutor de la cuerda en el piano) al momento de accionarlo, mayor será la excitación. Por esta razón, las notas *fortissimo* (muy fuerte) son mucho más ricas en la parte alta del espectro que las *pianissimo* (muy suave).

El piano es un elemento generador del sonido, es decir, una fuente sonora. Cuando una fuente sonora entra en vibración, ésta es

transmitida a las partículas del aire o medio material adyacente, que a su vez la transmiten a nuevas partículas contiguas (reverberación). En otras palabras, el sonido es una perturbación que se propaga a través de un medio material elástico. Todas las teclas del piano, con excepción de las más agudas, cuentan con una pequeña almohadilla de fieltro llamada apagador (ver Figura 1) que está en contacto con cada cuerda impidiéndole vibrar. Cuando se pulsa una tecla del piano, un mecanismo interno hace que un martinete golpee una cuerda, a la vez que eleva el apagador permitiéndole vibrar. En el momento en el que se suelta la cuerda, el martinete y el apagador vuelven a su posición inicial, eliminando toda vibración de la misma y por tanto, el sonido que ésta emite. En el momento que se activa el mecanismo del pedal derecho del piano, también llamado Pedal de Resonancia, los apagadores de todas las cuerdas se levantan mediante palancas permitiendo que las cuerdas vibren con total libertad. En el momento que devolvemos el pedal a su posición inicial los apagadores vuelven a caer sobre las cuerdas impidiendo cualquier vibración. En otras palabras, el Pedal de Resonancia al momento de retirar los apagadores de las cuerdas, después de ser percutidas, provoca que se liberen los armónicos y con esto, que las cuerdas que no fueron percutidas comiencen a vibrar por simpatía (reverberación).

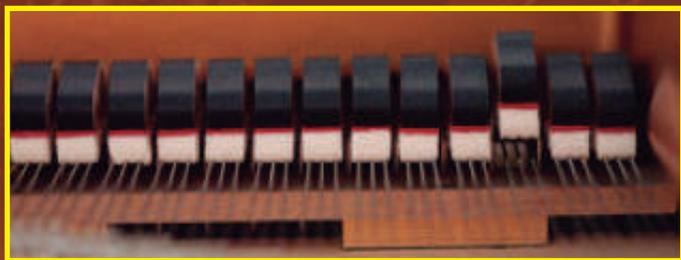


Figura 1. Apagadores del piano tomado de *Dreamstime* (Ver más en página Web <https://es.dreamstime.com/photos-images/apagadores-de-piano-vertical.html>).

La ejecución del pedal de resonancia tendrá que cambiar dependiendo de la ubicación o el instrumento, ya que ni la reverberación de la sala, ni el timbre del instrumento serán los mismos en cada situación; debido a que uno de los parámetros más importantes que determina la calidad acústica de los recintos, es precisamente el tiempo de reverberación.

Este pedal es una valiosa herramienta para la interpretación musical, sirve para enriquecer la interpretación al producir una gama amplia de armónicos, además de que remedia la sequedad y brevedad del sonido del piano, produciendo un *cantabile* (término musical que significa cantable como una canción) con un mejor timbre. Sin embargo, su uso ha sido por mucho tiempo olvidada en la pedagogía del piano.

Estudios científicos han demostrado que los patrones musicales son secuencias auditivas complejas y estructuradas, su ejecución involucra un gran número de conocimientos perceptuales y habilidades motoras, debido al uso de variaciones de tiempo, articulaciones (*Legato*, *Staccato*) sincronizaciones de acordes; además del manejo de la dinámica y de estar íntimamente relacionada con las emociones. El resultado de la ejecución pianística en sus diferentes toques, ornamentaciones, el uso de los pedales y el desarrollo de la dinámica musical son la consecuencia de la unión de movimientos bien estructurados y conscientes del estudiante en su desarrollo como ejecutante. Todo esto, nos remite a reflexionar como docentes de música, que no solamente los estudios alrededor de la música nos

son útiles en nuestro quehacer educativo, sino que sería de gran ayuda realizar y promover investigaciones con otras áreas como la física; para contar con información acerca del funcionamiento del instrumento, conocer ¿cómo se genera el sonido? ¿Cómo se propaga? ¿Qué es la reverberancia? ¿Qué son los armónicos? Esto, con la finalidad de ofrecer a los estudiantes herramientas para comprender más de cerca cómo es que se pueden utilizar los recursos del instrumento como pedal de resonancia y encontrar los movimientos adecuados para la ejecución de la dinámica, entre otras cosas.

Referencias

- Casella, A. (1985). *El Piano (Il Pianoforte)*. Buenos Aires: Ricordi Americana.
- Curbelo, E. (2016). *Estudio de la reverberación en las aulas y zonas comunes de la Etsav*. Tesis inédita, Universidad de Valladolid, España.
- Curbelo, E. (2013). *Estudio de la enseñanza del pedal de resonancia del piano a través del análisis de las obras pedagógicas*. Tesis inédita. Universidad de las Palmas de Gran Canarias. Recuperado de: https://acceda.ulpgc.es:8443/xmlui/bitstream/10553/.../3/0694100_00000_0000.pdf
- Fernández, E. (2016). Estudio de la Reverberación en las aulas y Zonas Comunes de la ETSAV. Tesis inédita. Universidad de Valladolid. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/19982/1/TFG-A-046.pdf>
- Gómez, I. G. & Hernández J. A. (2015). El estrés en la ejecución del piano. Estudio experimental con estudiantes de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México. En ECCoM (Eds.). *La Experiencia Musical: Cuerpo, Tiempo Sonido En el Escenario de Nuestra Mente*. , Vol. 2 N° 1, 115-130. Recuperado de: http://.saccom.org.ar/actas_eccom/vol2-1_contenido/GOMEZ_FLORES_HERNANDEZ_HOLGUIN_12ECCoM.pdf
- Jorquera, C. (2002). ¿Existe una didáctica del instrumento musical? *LEEME, Revista de la Lista Electrónica Europea de Música en la Educación*, 9. Recuperado de <http://musica.rediris.es/leeme/revista/jorquera02a.pdf>
- Kamien, R. (2002). *Destrezas de Apreciación*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Leimer-Gieseck, K. (1995). *Rítmica, Dinámica, Pedal*. Buenos Aires: Ricordi Americana.
- Moctezuma, L. (1945). *El Arte de Tocar el Piano*. México: Editorial Stylo.
- Mora, J. (2012). *Caracterización acústica del piano de cola*. Tesis de grado inédita. Universidad Politécnica de Valencia.

- Narejos, A. (1998). Teoría Práctica de la Ejecución Pianística. *LEEME Revista de la Lista Electrónica Europea Musical en la Educación*, 1. Recuperado de: <http://musica.rediris.es/leeme/revista/narejos98.pdf>
- Neuhaus, . (2001). *El Arte del Piano*. Madrid: Real Musical.
- Palacios, A. (1998). Didáctica aplicada a la enseñanza del instrumento. *LEEME. Revista de la Lista Electrónica Europea Musical en la Educación*, 2. Recuperado de <http://musicarediris.es/leeme/revista/palacios98.pdf>
- Penel, A. & Drake, C. (2004). Timing Variations in Music Performance: Musical Communication, Perceptual Compensation and/or Motor Control? *Attention, Perception & Psychophysics*, 66, 545-562.
- Peretz, I. & Zatorre, R. J. (2004). Brain Organization for Music Processing. *Annual Review of Psychology*, 56, 89-114.
- Trehub, S. E. (1990). La percepción de los sonidos musicales en niños. En M. A. Berkley. C. Stebbins. (Eds.), *Comparative perception: Basic mechanisms*. Nueva York: Wiley.

Latindex



FING UACH



Te invitamos a participar en **nuestra revista**



Publica artículos

de interés sobre los siguientes temas:

- Ciencias de la tierra (Geología, Minas y Metalurgia).
- Ingeniería Civil (Topografía, Hidrología Subterránea e Infraestructura para el Transporte).
- Tecnología (Ciencias Computacionales, Tecnologías de Información, Aeroespacial y Tecnología de Procesos).
- Ciencias Básicas (Física, Química y Matemáticas).

La revista tiene difusión en:

- Asociaciones civiles.
- Centros de investigación y academia.
- Tres órdenes de gobierno.
- Sector empresarial.
- Estudiantado.
- Público en general.
- Así como las instituciones con las que tiene convenio la Facultad.

Revista con registro:

ISSN

Indexada en:

latindex

En caso de estar interesado en participar favor de enviarnos un correo electrónico a las siguientes cuentas: f.astorga@uach.mx y/o dmaloof@uach.mx y se le harán llegar las características para edición de un artículo. Una vez que el Comité autorice su colaboración se le enviará la fecha de publicación.

Contáctanos:

● Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos
Tel. (614) 442-9502 Ext. 2502
f.astorga@uach.mx

● M.I. David Maloof Flores
Tel. (614) 442-9502 Ext. 2545
dmaloof@uach.mx

- *International Standard Serial Number* [ISSN: 2448-5489].

- Reserva de Derechos al Uso Exclusivo ante el Instituto Nacional del Derecho del Autor [INDAUTOR].

- Certificado de Licitud de Título y Contenido otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.



Tel. (614) 413.9779
www.roodcomunicacion.com

**“PORQUE QUIERO
SENTIRME CON
CONFIANZA”**



NUESTRO FUERTE ES LA CALIDAD

☎ 442-7577

Tú tienes el motivo, nosotros el concreto.

www.gcc.com