



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE PUERTO RICO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA CIVIL Y
AMBIENTAL

INVIERNO 2005-2006



EN ESTA EDICION:

CUADRO DE HONOR 2005-2006	1
MENSAJE DEL ING. JORGE HIGALGO A LOS ESTUDIANTES DEL CUADRO DE HONOR	3
PROFESORES NUEVOS	6
POLYWEATHER INFORMA	7
TRIMESTER SP-06:CURSOS ELECTIVOS Y GRADUADOS	8
¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA CIVIL?	9
¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA AMBIENTAL?	10
LOS CAPITULOS ESTUDIANTILES INFORMAN	11
SOLUCION AL CRUCIGRAMA ESTRUCTURAL DEL BOLETIN PASADO	13
CRUCIGRAMA GEOTECNICO	14
COMPETENCIA DE HORMIGON DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE	15
PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR	16
VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FAJARDO	21
AYUDAS EN PROGRAMACION	22

CUADRO DE HONOR 2005-2006 DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

El 7 de octubre 2005 se llevó a cabo la tradicional entrega anual de los Certificados de Honor de nuestro Departamento. La actividad se celebró en el Teatro de la Universidad Politécnica, donde estuvieron presentes el Prof. Ernesto Vázquez Barquet, Presidente de la Universidad, el Dr. Carlos González Miranda, Decano de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Geomáticas, profesores del Departamento y los estudiantes premiados con sus familiares y amistades. El Prof. Vázquez Barquet y el Dr. González Miranda, así como los ingenieros José Borrageros Lezama y Amado Vélez Gallego, Director y Director Asociado del Departamento, respectivamente, dirigieron breves mensajes de felicitación y motivación a los estudiantes que integran el Cuadro de Honor de este año académico.

El mensaje principal de la actividad estuvo a cargo del invitado especial, el Ing. Jorge Hidalgo Luis socio principal de la compañía de consultoría H2A Engineers, quien resaltó los méritos del grupo de estudiantes y los instó a continuar cosechando logros en su vida profesional. El emotivo mensaje del ingeniero Hidalgo aparece reproducido en la página 3 de este Boletín. Por su parte, el estudiante Alejandro J. Abrams González, seleccionado como Estudiante Distinguido del Cuadro de Honor, ofreció unas palabras de agradecimiento a la vez que relató los esfuerzos realizados por los estudiantes del Cuadro de Honor para ser escogidos al mismo.



Estudiantes del Cuadro de Honor y profesores del Departamento durante la Ceremonia

CIVILizate y AMBIENTALizate leyendo todos los trimestres el Boletín del Departamento

CUADRO DE HONOR 2005-2006 DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

El Coro de la Universidad Politécnica de Puerto Rico interpretó dos piezas musicales durante la ceremonia, las cuales fueron del agrado de todos los presentes. Al final de la actividad los estudiantes e invitados compartieron unos refrigerios con los profesores y administradores presentes. Se les hizo entrega de los Certificados de Honor a los siguientes estudiantes:

Alejandro J. Abrams González	Griselle Rivera Marty
Alejandro Pinto Flores	Ismael J. Marrero Rivera
Anamaris C. Medina Mora	Javier A. García González
Andrea A. Merejo Alejo	Josué M. Rivera Reyes
Andrés M. Nazario Vega	Karen A. Díaz Rivera
Antonio Vázquez Vélez	Lety Z. Gonell Peña
Carlos A. Cardona Millán	Luis A. De Jesús Peña
Carlos G. Cambrelen Santiago	Madeline Rivera Figueroa
Carlos J. Montenegro Matos	Manuel A. Pelayo de Góngora
Carlos M. Mateo Ortiz	Mariela T. Cepeda Hernández
Carlos R. Rivera Emmanuelli	Melvin Díaz Torres
Carlos Y. Reyes Bonilla	Miguel A. Pérez Rivera
Christian H. Coletti Van-Gelder	Noel Rivera De Jesús
Claudette M. Ortiz Avilés	Noemí Rosa Serrano
Colin C. Chan Ho	Pedro N. Matos Ortiz
Deborah Hernández Cedeño	Reinaldo J. Rivera Sanabria
Elvin R. Varela Betancourt	Reynaldo R. Font Torres
Emilda Muñoz Cruz	Sandra I. Vélez Marrero
Eric A. Irizarry Otaño	Sandy M. Ortiz Quintero
Francheska E. Seijo Montes	Shirley N. Birriel Osorio
Francheska M. Figueroa Vélez	Tomás Santiago Martínez
Francisco A. Serrano Monroig	Yomaira I. Morales Rosario
Giselle Balaguer Datiz	Yvette M. Martínez Gallo
Giselle E. Márquez Berrios	Xavier Rodríguez Burgos

Los requisitos para que los estudiantes subgraduados de Ingeniería Civil o Ingeniería Ambiental sean incluidos en el Cuadro de Honor del Departamento son los siguientes: a) haber aprobado un mínimo de 80 créditos, de los cuales un mínimo de 50 créditos deben haber sido tomados en la UPPR y b) mantener un promedio académico mínimo de 3.25.



Estudiantes del Cuadro de Honor candidatos a graduación junto a profesores del Departamento

MENSAJE DEL ING. JORGE HIDALGO A LOS ESTUDIANTES DEL CUADRO DE HONOR DEL DEPARTAMENTO

El siguiente es el mensaje que ofreció el Ing. Jorge Hidalgo Luis a los estudiantes del Cuadro de Honor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en la Actividad de Entrega de Certificados de Honor que se celebró el 7 de octubre de 2005 en el Teatro de la Universidad Politécnica.

Estimado Sr. Ernesto Vázquez Barquet, Presidente de la Universidad Politécnica de Puerto Rico, Dr. Carlos González Miranda, Decano de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Geomáticas, Director y Director Asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, profesores, estudiantes, familiares y amigos. La Administración de la Universidad Politécnica quiere, mediante esta sencilla, pero importante, ceremonia, reconocer la labor de ustedes, los estudiantes sobresalientes del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. El propósito de esta actividad es reconocer su trabajo y animarlos a continuar sus esfuerzos para que, una vez completados sus estudios, la trayectoria profesional de cada uno de ustedes sea también sobresaliente. La palabra sobresaliente indica que ustedes forman un grupo selecto que se puede identificar como especial. Es decir, se distinguen por sus notas. Aquí hay un parámetro claro y un elemento cuantificador contra el cual medirse para determinar si uno lo cumple, y por lo tanto, sobresale del grupo, o no.

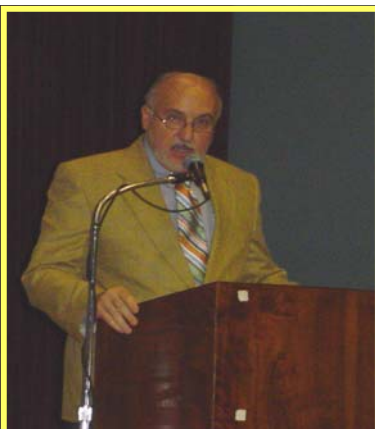
Objetivo: Sacar buenas notas

Medio Eficaz: Estudiar todo lo que sea necesario.

Si se fijan se ha comenzado por la meta deseada, el objetivo, y luego se han identificado los medios eficaces para lograr dicho objetivo. La primera observación que quiero traerles es, por lo tanto, que se ha comenzado por el final. Lo primero que se hizo es determinar cual era el resultado deseado. La segunda observación que quiero resaltar es que se escogió un método eficaz para lograr dicho objetivo. La aplicación de la metodología escogida produjo los resultados deseados.

En la vida estudiantil, las metas son sencillas, claras y escogidas por otros. En este caso, la Universidad Politécnica escogió las materias y profesores; impartió la instrucción; aplicó exámenes; definió los parámetros para asignar las notas; aplicó dichos parámetros; identificó quienes los cumplían; procedió a seleccionar los candidatos; organizó esta actividad; invitó a este servidor a ofrecerles esta charla de motivación; y la está llevando a cabo. La Universidad Politécnica lo hizo todo menos la labor que ustedes tenían que hacer, que era poner los medios eficaces para cumplir los requisitos establecidos. Durante la vida estudiantil las metas están definidas y la forma de alcanzarlas también. Aunque ustedes, los estudiantes de esta universidad, representan varios grupos de edad, y no se les aplica la próxima frase que voy a emitir, me atrevo a repetirles lo que mi padre frecuentemente me decía cuando mi esposa y yo estábamos criando a nuestros hijos: **“Niños chiquitos, problemas chiquitos. Niños grandes, problemas grandes”**. Aplicando, lo que se puede de esta frase a ustedes, les quiero decir, que pronto se les acabará la vida estudiantil y en ese momento, las cosas se complican. Tan pronto ustedes comiencen sus labores profesionales, se entra en un mundo mucho más confuso donde las metas ya no son tan claras porque **hay muchas personas definiendo objetivos y, por lo tanto, hay muchas definiciones de éxito; hay muchos métodos para lograr ese éxito señalado; y, hay muchas presiones para adoptar como correctos y válidos los objetivos y los métodos que otros han definido por ustedes.**

Va a ser muy fácil aceptar la tentación de adoptar los objetivos que otros definan por ustedes. Al fin y al cabo, como expliqué con relación a la Universidad, eso es lo que hasta ahora ustedes han estado haciendo. Otros han definido las cosas por ustedes y ustedes deciden si desean cumplir con dichos parámetros. Pero hay que tener mucho cuidado porque el ser humano está hecho para pensar por su propia cuenta y a veces cuesta evitar caer en la trampa de Vicente. **¿A dónde va Vicente? A donde va la gente.**



El Ing. Jorge Hidalgo durante la Ceremonia del Cuadro de Honor

Les propongo, por lo tanto, un reto. **El reto consiste en que cada cual, hasta donde su intelecto y madurez les permita, defina lo que significa el éxito para cada uno de ustedes. La tentación para trivializar este reto definiendo el éxito como simplemente dinero va a ser muy grande.** Les advierto, sin embargo, que definir el éxito solamente como dinero es, creo yo, una visión limitada de la vida. El dinero probablemente vendrá como consecuencia del éxito alcanzado pero el éxito en la vida es mucho más que sólo dinero. Quiero compartir con ustedes dos (tres) ejemplos que nos muestran como, con gran tesón y perseverancia, se logra un objetivo claramente definido y, por lo tanto, éxito. El primer ejemplo es la historia del simple bombillo incandescente que iluminó al mundo por las noches. La historia comienza en el 1811 cuando un científico inglés, Humphrey Davy, descubre que una corriente que pasa entre dos polos produce un arco que salta de un polo al otro. Se experimentó con esta luz en 1841 en La Plaza de la Concordia París pero la luz que producía este fenómeno era pobre, inconsistente y, debido a la estática, algo ruidosa. En el 1879, 38 años después del experimento de París, Tomás Edison en los Estados Unidos y Joseph Wilson Swan en Inglaterra simultáneamente, descubrieron que la solución consistía en pasar la corriente, no como un arco por el aire sino por un filamento específico sin la presencia del oxígeno.

MENSAJE DEL ING. JORGE HIDALGO A LOS ESTUDIANTES DEL CUADRO DE HONOR DEL DEPARTAMENTO

La luz que emitía el filamento correcto era producto del efecto “Joule”. El efecto Joule, en honor a James Prescott Joule, se manifiesta en la energía visible que los electrones de los átomos del filamento emiten al caer nuevamente en su orbita natural luego de haber sido desplazados a una orbita de mayor energía por la corriente que atraviesa el filamento. Joule postuló que dicha resistencia brillaría luminosamente si se eliminaba el oxígeno del medio ambiente pues de estar éste presente, el filamento se consumiría en llamas. La historia que nos interesa en el día de hoy, sin embargo, no es la física del bombillo sino el descubrimiento del filamento correcto. Edison no descubrió la física del bombillo. El se concentró en armar el rompecabezas. Tomás Edison razonó de la siguiente manera:

Problema: Iluminar la Noche

Cientes: Población

Objetivo: Descubrir el filamento correcto que brille continuamente cuando se le pase una corriente constante dentro de un recipiente transparente libre de oxígeno.

Medio Eficaz: Conseguir inversionistas para fabricar un laboratorio, perfeccionar la creación del vacío y probar todos los filamentos que se nos ocurran.

Meta: Fabricar el bombillo.

El inglés Wilson Swan, fue el primero en conseguir hacer brillar un filamento pero no tuvo éxito manteniendo el vacío necesario. Edison resolvió esta dificultad y el 21 de octubre de 1879 logró iluminar un filamento de carbono por 40 horas. Entre el 1878 y 1880, Edison trató más de 3000 materiales diferentes, realizó más de 6000 experimentos hasta que finalmente logró que un bombillo equivalente a 16 watts brillara por 1500 horas. Permítanme repetir los números porque son impresionantes: **¡3000 materiales diferentes!, ¡6000 experimentos!, ¡Miles de fracasos creando un vacío!”, ¡Observación por miles de horas, siendo la última por un período de 62 días!”**

El éxito de Tomás Edison fue en descubrir el ¿Cómo hacerlo? El perseveró. Mi padre me decía, y perdonen que le vuelva a citar: **“El NO está escrito en la pared todo el tiempo. El éxito consiste muchas veces en convertir el NO en SI”**. Edison, con una perseverancia admirable, convirtió un gran No en Sí. El segundo ejemplo que quiero ofrecerles es la historia de una compañía conocida como la empresa “Rocket Chemical Company” (Compañía Química de Cohetes). En 1953 sus tres empleados decidieron crear un producto capaz de prevenir la corrosión en el metal. Era el momento cuando se estaban lanzando los primero cohetes al espacio y la corrosión en todas las partes metálicas de los cohetes se percibía como un problema potencialmente grande en la industria aeroespacial. Los miembros de la compañía química de cohetes razonaron de esta forma:

Problema: Corrosión Metálica

Cientes: Compañías aeroespaciales

Objetivo: Prevenir la corrosión metálica

Medio Eficaz: Desplazar el agua del metal mediante un solvente químico que se aplicase con facilidad.

Meta: Crear dicho solvente.

Después de 39 intentos fracasados, dieron finalmente con la fórmula correcta. Ingenieros, al fin y al cabo con poca habilidad para ingeniarse un nombre capcioso y publicitario, identificaron esa formula como **“Water Displacement Formula #40”**. Con ese nombre comenzó la historia del producto que todos conocemos como **WD-40**. La formula funcionó perfectamente y pronto los empleados de la Compañía “CONVAIR”, fabricantes de los cohetes ATLAS, comenzaron a llevarse latas del producto para sus casas con el propósito de resolver problemas en sus hogares. Cinco años más tarde, la empresa “Rocket Chemical Company” se duplicó de tamaño al adquirir cuatro empleados adicionales. Finalmente, se les ocurrió poner el solvente en una lata presurizada y venderla al público. La empresa finalmente cambió su nombre a WD-40 y el producto se convirtió en uno de gran utilidad, inclusive para usos nunca previstos. Ejemplos de esos usos nunca anticipados son el caso de un conductor de autobuses en Asia que utilizó WD-40 para remover una serpiente que se había instalado en el motor de su guagua o el caso de unos policías que lo usaron para destrabar a un ladrón que se había escondido y atorado en un conducto de aire acondicionado. Al día de hoy, WD-40 se continúa vendiendo, con éxito, por todo el mundo.

MENSAJE DEL ING. JORGE HIDALGO A LOS ESTUDIANTES DEL CUADRO DE HONOR DEL DEPARTAMENTO

El tercer ejemplo que quiero traerles es el caso de un joven estudiante, de la Universidad de Yale en el 1965, cuando yo era también estudiante universitario. Fred Smith era el nombre de ese estudiante y escribió un ensayo para una de sus clases de negocios de la universidad sobre una posible empresa capaz de entregar paquetes en 24 horas. No recibió una nota muy alta en ese momento porque, él mismo admite, que todavía no tenía claro como iba a funcionar bien el negocio. Utilizando la terminología de los negocios, su “**modelo del negocio**” no estaba, en ese momento, bien razonado. Hasta ese momento todos los paquetes que se querían enviar iban, bien como carga por medio de las líneas aéreas existentes o por correo regular. Fred razonó de esta manera:

Problema: Transportación de documentos o cajas en 24 horas

Clientes: Gobierno, Residentes y Empresas de la nación

Objetivo: Transportar de cualquier ciudad de la nación a cualquier otra ciudad un documento o paquete en 24 horas.

Medio Eficaz: Crear un centro de distribución que reciba todos los paquetes o documentos, los identifique y los envíe a sus respectivas ciudades de destino.

Meta: Crear dicha empresa

Este joven se inspiró en una rueda de bicicleta y allí encontró la forma eficaz de mejorar el sistema que operaba hasta ese momento. De la misma manera que el aro de la goma de bicicleta tiene muchos rayos que se conectan todos en el centro y apoyan la rueda, Fred razonó que de existir un centro de distribución estratégicamente localizado, sería posible que muchos aviones llenos de paquetes y documentos provenientes de muchos sitios distintos más o menos equidistantes, localizados en el perímetro o sea en la rueda de la bicicleta, volaran todos al mismo lugar, o sea el eje de la rueda. Así un paquete enviado desde Los Angeles, California, por ejemplo, y destinado a Chicago, tomaría dos aviones. El primero lo llevaría al centro de distribución y el segundo lo llevaría del centro de distribución a su ciudad de destino. Todo lo que hacía falta era tener un centro de distribución y muchos aviones volando cada uno una ruta preestablecida de una ciudad al centro y del centro de regreso a la misma ciudad. **¡Pero que idea más loca cuando todo lo que hay que hacer es llevar un paquete a la zona de cargo de cualquier línea aérea, y el destinatario lo recoge cuando llegue allí! ¿Por qué alguien va a querer enviar un paquete en 24 horas? ¡Hacen falta muchos aviones! ¡Los costos serán inmensos!**

Sin embargo, con esa idea basada en una rueda de bicicleta y originada por un estudiante como ustedes, nació la empresa Federal Express, hoy dueña de la segunda flota de aviones más grande del mundo. Todos los compañeros y profesores de Fred le anticiparon un fracaso rotundo. Pero Fred perseveró y hoy, cuarenta años después tiene bautizado cada uno de sus 694 aviones con el nombre de algún hijo de alguno de sus millares de empleados. El dinero voló hacia Fred y hoy en día es un hombre riquísimo ya que posee un gran número de acciones de esa compañía. Les quiero señalar el detalle de bautizar cada avión con un nombre importante para uno de sus millares de empleados. La realidad es que sus empleados son la razón del éxito de Fred. Fijense que allí no se produce nada sólo se mueven paquetes. Hay muchos más ejemplos de personas que han alcanzado éxitos importantes. Esta por ejemplo, el Dr. Víctor Frankl, psiquiatra austriaco, sobreviviente de Auschwitz, que después de la Segunda Guerra Mundial viajó el mundo entero dando conferencias sobre la “Logo-terapia”. La teoría de la “logo-terapia” se originó en la mente del Dr. Frankl observando el sufrimiento de sus compañeros judíos esclavizados por los nazis. Aquellos que encontraban alguna razón por la cual su sufrimiento tenía valor, lograban sobrevivir y los que no, morían. Luego de la Segunda Guerra Mundial el Dr. Frankl viajó el mundo entero ayudando a las personas a sanar heridas y enfermedades mentales. Recuerdo haber leído como curó de depresión en una sesión a un viudo que recientemente había perdido a su esposa de muchos años. El Dr. Frankl le preguntó si estaba sufriendo mucho, a lo cual el paciente contestó que sí. Entonces le preguntó si él quería mucho a su difunta esposa. El paciente de nuevo contestó afirmativamente. Le preguntó entonces si él estaría dispuesto a hacer lo que fuese necesario para evitarle el sufrimiento a su esposa. De nuevo contestó afirmativamente. Le preguntó si él creía que se esposa hubiese estado sufriendo mucho su pérdida en caso de que él hubiese sido el difunto. El señor, sumido en la tristeza, le dijo que en efecto ella hubiese estado sufriendo mucho. Entonces, le dijo Dr. Frankl, “Usted debe de sentirse satisfecho porque con su sufrimiento le está evitando esa pena a su difunta esposa. Usted sufre para que ella no sufra.” El paciente levantó la cabeza, se sonrió, le dio las gracias y no volvió a necesitar ayuda siquiátrica. El encontró un sentido a su sufrimiento y se curó. El Dr. Frankl murió en Viena en el 1997 luego de haber escrito 32 libros, traducidos a 26 idiomas, y de haber recibido 29 doctorados honoríficos.

Vidas exitosas son también las de Mahatma Ghandi, que nunca adquirió riquezas pero revolucionó la India; la de Albert Einstein, que le auguraron, cuando pequeño, que nunca alcanzaría a ser nadie importante en su vida, y la de muchas otras personas, algunas que hicieron mucho dinero y otras que no acumularon ninguna riqueza, pero que el mundo es mejor por haber ellas vivido. Hay muchas personas anónimas como nuestras madres, padres, abuelos y abuelas, que han sabido sacrificar sus vidas para el mejoramiento nuestro. La vida de cada uno de nosotros se parece, en mi opinión, a la estela que van dejando los barcos cuando cruzan el océano. En la popa del barco las hélices se agitan afanosamente, revolviendo el mar e impulsando el trasatlántico. A medida que se aleja el buque, la agitación del mar disminuye y se marca la superficie del océano con una estela espumosa que poco a poco se disipa. Mientras vivimos nuestra agitación es grande, pero poco a poco nos damos cuenta que nuestra vida se define más por los recuerdos que dejamos que por la agitación temporera. Todos tenemos un impacto sobre nuestro entorno.

MENSAJE DEL ING. JORGE HIDALGO A LOS ESTUDIANTES DEL CUADRO DE HONOR DEL DEPARTAMENTO

Se pasa por la vida, por lo tanto, dejando una estela positiva o negativa. Yo pienso que una vida bien vivida, y por lo tanto, exitosa, es aquella que deja una estela positiva que mejora a todos. Todas esas vidas son, en mi humilde opinión, vidas exitosas. Son personas que han sabido aprovechar su tiempo para ser útiles a otros y, por lo tanto, han sabido vivir.

Me atrevo a decirles que, por lo menos para este servidor, una vida útil es una vida exitosa. Uno se siente útil cuando aporta a la sociedad, es decir, cuando da más de lo que recibe. Muchas personas se creen "listas" cuando encuentran la forma de manipular los sistemas sociales para exprimirlos. En mi opinión, esta es una visión limitada de ver la vida porque, a la larga, disminuye nuestro propio valor como persona. **"A mi me tienen que ayudar"** es la conclusión más auto-destructiva a la cual cada uno de nosotros puede llegar sobre si mismo. Para mí, el listo es el que aporta a la sociedad, el que provee empleos, el que mejora el sistema, el que no necesita del sistema para sobrevivir pero ayuda a sostenerlo, etc. Recuerdo haber leído que los países bajos de Europa fueron los primeros en establecer un sistema de seguridad social. Las primeras generaciones que se acogieron a las ayudas gubernamentales estaban abochornadas de tener que recurrir a la ayuda de otros para subsistir. La segunda generación ya esperaba la ayuda y la tercera generación exigía, como derecho, que le ayudaran. Esos mismos países tienen hoy en día una de las tasas más altas, en el mundo, de suicidio y alcoholismo. Esos mismos países están hoy tratando de limitar los beneficios y reducir la dependencia social. La autoestima de nosotros como seres humanos aumenta a medida que disminuimos la dependencia y nos sentimos capaces de aportar.

En resumen, les quiero invitar a tres cosas: **Primero, a vivir soñando sin olvidar que hay que aterrizar con algo concreto de cada uno de sus sueños. La vida no es una fantasía hay que lograr cosas concretas. Segundo, a considerar que la historia recuerda a las personas no por lo que alcanzaron para ellas mismas, sino por lo que hicieron por los demás; Tercero, a perseverar hasta convertir el sueño de cada uno en una realidad. El desánimo es muchas veces, nuestro peor enemigo. El éxito está siempre a la vuelta de la próxima esquina. Hay que convertir "El NO en SI".**

Una vida exitosa se compone de múltiples logros y de múltiples pequeños éxitos. Estos no tienen que ser grandes pero deben de ser frecuentes, si es posible, diarios. Un logro diario puede ser algo tan sencillo como leer un poquito todos los días de algo que nos interesa; comenzar a pintar un cuadro; comenzar a aprender a tocar el piano o la guitarra; aprender a cocinar; ayudar a otra persona; escribir un poema; ofrecer una sonrisa; resolver un problema a un amigo; hacer un favor sin esperar nada a cambio; sobreponer la voluntad al deseo; tolerar a otra persona; no contestar un insulto; decir algo agradable de otro; aprender de otros reconociendo sus talentos; o, transmitir tus conocimientos gratuitamente, etc. Cada éxito es como un granito de arena que poco a poco se convierte en una montaña y después en el edificio de nuestra vida. Confiando en Dios siempre, no hay, en mi opinión, refrán más edificante que aquél que nos asegura que en la vida hay que estar con, **"el mazo dando y a Dios rogando"**. Mucho éxito y muchas gracias por su atención.

PROFESORES NUEVOS EN EL DEPARTAMENTO

Dos profesores se han incorporado a la Facultad de nuestro Departamento durante este trimestre WI-05. El profesor Jorge Hidalgo Luis, especializado en el Area de Ingeniería Estructural, está ofreciendo el curso CE 5902 "Civil Engineering Capstone Design I" y el profesor Carlos Piñero Rivera, quien tiene un doctorado en Ingeniería Geotécnica, está ofreciendo el curso CE 5208 "Soil Improvement". Actualmente, la Facultad del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental la componen 27 profesores a tarea completa, dos de los cuales están haciendo sus estudios doctorales fuera de Puerto Rico, y 22 profesores a tarea parcial.

POLYWEATHER INFORMA: EL CLIMA EN LA POLI EN EL OTOÑO DE 2005



De acuerdo a los datos recopilados por la Estación Meteorológica del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, localizada en el techo del Edificio de Laboratorios, el clima en la Universidad Politécnica durante los meses de septiembre a diciembre de 2005 fue uno típico para la temporada de otoño en el Area Metropolitana de San Juan: variable y húmedo. La temperatura máxima durante este período de cuatro meses fue de 91.8°F (registrada en la tarde del 7 de septiembre de 2005) y la temperatura mínima fue de 69.6°F (registrada en la madrugada del 3 de diciembre de 2005). Las temperaturas máximas, mínimas y promedio en cada uno de los cuatro meses fueron las siguientes:

Mes	T (máxima)	T (mínima)	T (promedio)
Septiembre 2005	91.8 °F	75.1 °F	83.2 °F
Octubre 2005	90.5 °F	73.0 °F	81.1 °F
Noviembre 2005	88.4 °F	71.1 °F	79.9 °F
Diciembre 2005	85.1 °F	69.6 °F	77.0 °F

Durante el período hubo tres días en que se midieron temperaturas por debajo de los 70 °F (en diciembre 2005) y diez días en que se midió una temperatura sobre los 90 °F (nueve días en septiembre 2005 y un día en octubre 2005).

Por otro lado, durante el período se registró lluvia (0.01 pulgadas o más) durante 85 días (17 días en septiembre 2005, 24 días en octubre 2005, 25 días en noviembre 2005 y 19 días en diciembre 2005). El día de mayor precipitación pluvial lo fue el 10 de octubre de 2005 con 3.61 pulgadas de lluvia, mientras que el período más seco fue de seis días (entre el 25 y el 30 de diciembre de 2005) cuando no se registró lluvia. Las cantidades de lluvia registradas en cada uno de los cuatro meses fueron las siguientes:

Mes	Lluvia registrada
Septiembre 2005	5.01"
Octubre 2005	10.52"
Noviembre 2005	4.95"
Diciembre 2005	3.41"



La velocidad del viento más fuerte registrada durante estos meses fue una ráfaga de 32 millas por hora, medida el 18 de octubre de 2005, a la que siguieron ráfagas de 30 millas por hora, medidas los días 4 y 22 de octubre, 13 de noviembre, así como los días 8 y 9 de diciembre de 2005.

Si necesitan tener información al instante de los datos que genera continuamente la Estación Meteorológica del Departamento pueden obtenerlos en la dirección de Internet <http://www.pupr.edu/offices.asp?ID=111>.

TRIMESTRE SP-06: CURSOS ELECTIVOS Y GRADUADOS

Los siguientes cursos subgraduados han sido programados para ser ofrecidos como Cursos Electivos en el Trimestre de Primavera (marzo a mayo de 2006):

CODIGO	TITULO	SECCION	PROFESOR
CE 4307	Highway and Transportation Engineering Laboratory	29	Francisco Reyes
CE 5002 y ENVE 5600	Civil Engineering Practice and Environmental Engineering Practice	30	José Borrageros
CE 5052	Civil Engineering Undergraduate Research II	30	Amado Vélez
CE 5118	Construction Documents for Civil Engineering	20	Reinaldo Torres
CE 5204	Design with Geosynthetics	21	Carlos Piñero
CE 5406	Open Channel Engineering	21	Mario Castañeda
CE 5512	Construction Methods and Productivity Improvement	20	Juan C. Piñero
ENVE 5630	Environmental Laws and Regulations	09	Pedro Modesto
ENVE 5670 y ENVE 5680	Environmental Engineering Undergraduate Research I and II	05	Edbertho Leal

Los siguientes cursos graduados han sido programados para ser ofrecidos en el Trimestre de Primavera (marzo a mayo de 2006):

CODIGO	TITULO	SECCION	PROFESOR
CE 6100	Soil Shear Strength	31	Ricardo Romero
CE 6210	Probability and Statistics in Water Resources Engineering	26	Miriam Pabón
CE 6335	Advanced Foundations	25	Leonel Almanzar
CE 6345	Design of Reinforced Masonry Structures	21	Balhan Alsaadi
CE 6350	Dynamics of Structures	26	Alberto Guzmán
CE 6375	Advanced Finite Element Methods in Engineering	31	Bernardo Deschapelles
CE 6410	Water and Wastewater Treatment Applications	25	Aluisio Pimenta

Se exhorta a los estudiantes del Departamento que al hacer la Matrícula Adelantada (Pre-matrícula) o la Matrícula cotejen con sus mentores si cumplen con los requisitos para tomar alguno de estos cursos.

¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA CIVIL? VILLA CENTROAMERICANA EN MAYAGUEZ

Los estudiantes que están tomando el curso Civil Engineering Capstone Design, ofrecido por los profesores Reinaldo Torres Rivera y Amado Vélez Gallego, están trabajando en el diseño de las villas a ser construidas para alojar a los atletas participantes en los XXI Juegos Centroamericanos y del Caribe a ser celebrados en el Municipio de Mayagüez en el año 2010. Las villas además de servir de alojamiento a los atletas durante dicho evento deportivo están siendo diseñadas en lugares estratégicos del municipio con el fin de que una vez culminen los Juegos puedan ser vendidas a precio de mercado. Con esto se espera que la inversión sea netamente de capital privado con incentivos gubernamentales. El proyecto debe ser uno auto-sustentable desde el punto de vista de inversión capital.

Durante el curso Civil Engineering Capstone Design I los estudiantes hicieron un estudio exhaustivo de la región para determinar la ubicación óptima de las villas. Como parte del proceso de evaluación ambiental y ubicación de proyecto se levantó un inventario de propiedad y de infraestructura en el área comprendida entre el Río Guanajibo y el sector El Maní desde la carretera PR-2 hasta la costa. El área de estudio se subdividió en seis regiones que fueron distribuidas entre los nueve grupos de estudiantes del curso. Como resultado del estudio se determinaron cuatro ubicaciones potenciales para la localización de las villas. El estudio en su totalidad fue presentado a la directiva a cargo del desarrollo de infraestructura para los Juegos Centroamericanos y del Caribe 2010 representada por el Dr. Fernando Facundo, el Arq. Miguel Acarón y el Arq. Virgilio Gil. La directiva quedó sumamente complacida elogiando el esfuerzo gigantesco de los estudiantes al levantar un inventario de tal envergadura y con el que el Municipio no contaba.

Durante las primeras semanas del curso Civil Engineering Capstone Design II los estudiantes trabajaron en el análisis comprensivo del sitio en las cuatro ubicaciones propuestas y en el diseño preliminar de las villas. Actualmente los grupos se encuentran en la fase del diseño detallado en la que se están considerando mejoras al terreno, entendiéndose nivelación, geometría y diseño de infraestructura vial, sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, sistemas de acueductos y la estructura para las villas. Se están atendiendo varias alternativas entre las que se encuentran una para la renovación urbana del sector entre las calles McKinley y Méndez Vigo, delimitado por la carretera PR-2 al este y por la carretera PR-102 al oeste y otra en el área conocida como El Seco. En ésta se desarrollará una estructura multipisos con facilidades de estacionamiento y áreas recreativas además de las mejoras urbanas propuestas para el área circundante, entre ellas desarrollo de infraestructura peatonal, ensanche de calles, rotulación, marcado, y optimización de la operación de las intersecciones semaforizadas existentes mediante rediseño de fases, largo de ciclo y geometría de las mismas.

A pesar de que hay varios modelos de villas de acuerdo a la ubicación de las mismas en los cuatro lugares escogidos, en términos generales son edificios de tres a cuatro pisos con áreas recreacionales comunes y apartamentos que fluctúan entre 900 y 1,800 pies cuadrados. El número de unidades de vivienda requerido para las villas para cumplir con las necesidades de alojamiento estimadas durante el evento es 485.

¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA AMBIENTAL? MANEJO DE LOS VERTEDEROS CLANDESTINOS EN LOS MUNICIPIOS DE DORADO Y MANATÍ Y REDISEÑO DE LOS VERTEDEROS DE DORADO Y FLORIDA

En Puerto Rico son alarmantes los diversos problemas de contaminación ambiental tales como la contaminación atmosférica, de los abastos y recursos de agua superficiales y subterráneos y la contaminación del suelo. Desafortunadamente el puertorriqueño promedio vive despreocupado de estos asuntos debido principalmente al desinterés, falta de información y la dejadez institucional de las agencias gubernamentales que tienen el deber ministerial de informar a la ciudadanía sobre sus gestiones para proteger, preservar, y fiscalizar las actividades que impactan el medio ambiente. Una de las causas principales de contaminación de nuestros recursos ambientales lo es la disposición inadecuada de los desperdicios sólidos. Esta constituye una causa real de contaminación en Puerto Rico. Estudios realizados revelan que el país produce alrededor de 3.9 libras de desperdicios sólidos por habitante diariamente. La producción de desperdicios mantiene una tasa de crecimiento de un uno por ciento (1%) aproximadamente desde el 1994. Como en toda sociedad moderna en desarrollo, los desperdicios producidos por la actividad humana continúan a un paso que reta la habilidad para encontrar métodos viables para disponer de los mismos con el menor daño posible al ambiente. En Puerto Rico existen al momento un total de 32 vertederos que han sido cerrados por no cumplir con las exigencias contenidas en el 40 CFR Parte 271 Subtítulo D de la Agencia Federal de Protección Ambiental Federal. De los 28 vertederos que se mantienen activos, sólo seis de ellos cumplen marginalmente con algunos de los requisitos mínimos, los demás no cumplen a cabalidad con las normas establecidas en la reglamentación y nueve de ellos tienen que cerrar en o antes del año 2009, por lo que la disposición de los desperdicios se ha convertido en un grave problema, y el mismo aumenta a medida que la generación de éstos continúa creciendo. Por otro lado, la Resolución número 9 del Senado de Puerto Rico con fecha de el 5 de febrero de 2001 rechaza la incineración y la Resolución conjunta de Cámara y Senado con fecha del 28 de Diciembre de 2000 prohíbe a la Autoridad de Desperdicios Sólidos apoyar o fomentar tecnologías que tengan que ver con la conversión termal de los desperdicios. Si a esto le sumamos el problema de la proliferación de los vertederos clandestinos el problema se agrava y se convierte en uno más difícil de solucionar. Un vertedero clandestino es cualquier lugar que no cumpla con las disposiciones del reglamento o que cree riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA AMBIENTAL?



Vertedero clandestino ubicado en el Barrio Coto Sur de Manatí

Durante el curso Environmental Engineering Capstone Design I, dirigido por el profesor Pedro Modesto, los estudiantes, divididos en dos equipos, evaluaron y escogieron un municipio de la Isla cada grupo. El municipio escogido se utilizó como área de estudio y base para el proyecto. El proyecto enfatizó la interacción de los estudiantes con las autoridades municipales en la evaluación de las áreas en diferentes barrios utilizadas como vertederos clandestinos, el programa de manejo de desperdicios sólidos no peligrosos y el impacto que el municipio tiene en el vertedero que utiliza para disponer finalmente estos desperdicios. De acuerdo al impacto que la composición de los desperdicios sólidos no peligrosos y los vertederos clandestinos de dicho municipio puedan tener en el vertedero existente y las evaluaciones económicas a realizarse de acuerdo a los hallazgos encontrados van a ser las determinaciones que se van a considerar para el rediseño del vertedero que recibirá eventualmente todos estos desperdicios.

Uno de los grupos seleccionó al Municipio de Dorado como piloto para el estudio, junto con el vertedero del Municipio de Toa Baja, el cual es utilizado por el de Dorado para la disposición final de sus desperdicios. Durante la evaluación de datos se identificaron vertederos clandestinos en los tres barrios más grandes de Dorado: Maguayo, Higuillar y Espinosa. El estudio se llevó a cabo realizando visitas de campo verificando personalmente los vertederos clandestinos localizados en los tres barrios anteriormente mencionados y tomando fotos de cada uno de los vertederos clandestinos encontrados. La determinación de su posición fue tomada haciendo uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El vertedero de Toa Baja, que está ubicado en una propiedad de 106 acres en el Barrio Candelaria de ese municipio, se encuentra operando deficientemente, lo que significa que no cumple con los requerimientos mínimos establecidos en la reglamentación.

Luego del análisis de información, datos, viabilidad y estudios económicos el grupo trabaja actualmente en el diseño de los siguientes elementos para optimizar la operación del vertedero y para tratar los desperdicios sólidos encontrados en los vertederos clandestinos: instalación de una planta de composta, instalación de facilidad de triturado de neumáticos, instalación de una facilidad de recobro de materiales y reciclaje, instalación de un sistema de control de olores e instalación de un sistema de control de lixiviados.

El otro grupo de estudiantes del curso trabajaron en como disponer de los desperdicios de los vertederos clandestinos ubicados en el Municipio de Manatí. Este grupo identificó que el desperdicio que existe en mayor cantidad en los vertederos clandestinos lo son los neumáticos descartados. En este renglón le siguen los autos o piezas de autos y por último la materia orgánica. Esta caracterización se pudo observar mediante la localización de los vertederos clandestinos de tres barrios del Municipio de Manatí: Tierras Nuevas Poniente, Tierras Nuevas Saliente y Coto Sur. Además, el servicio de recogido actual de desperdicios sólidos por parte del Municipio fue analizado. Esto fue realizado para identificar las posibles mejoras a realizarse en el servicio de recogido existente. Una vez analizado esto se seleccionó el vertedero a ser utilizado para disponer los desperdicios sólidos de los vertederos clandestinos, además de los desperdicios del Municipio.

Debido a la problemática actual del manejo inadecuado de los desperdicios sólidos, los vertederos que actualmente están en operación tienen poca vida útil por lo que el cierre de los mismos está cerca. Debido a esta situación este grupo de diseño se enfocó en buscar los fondos necesarios para el cierre y las actividades post-cierre del Vertedero del Municipio de Florida. Este es uno de los problemas que enfrentan los municipios que actualmente poseen un vertedero, debido a que no cuentan con los fondos necesarios para costear los gastos del cierre y el post-cierre. Luego del post-cierre es requerido que se realicen una serie de pruebas y monitoreo por un mínimo de 30 años. Para lograr esto el grupo trabaja en la creación de nuevas instalaciones para lograr que el área actualmente ocupada por el vertedero sea autosuficiente. Al área ocupada por el vertedero se le crearán canales para el control de escorrentías y a su vez se crearán lagunas de detención para almacenar estas aguas.



Vertedero clandestino localizado en el Municipio de Dorado

Entre las instalaciones que serán creadas se incluyen una planta de composta, la cual utilizará como material para compostar los desperdicios de comida y los desperdicios de jardinería. Estos desperdicios hacen que la vida útil de los vertederos disminuya, debido al gran espacio que ocupan y constituyen sobre un cincuenta por ciento del material recibido por el vertedero. A la misma vez es un desperdicio al cual se le puede sacar provecho debido a que el mismo puede ser reciclado. El producto final obtenido del proceso de composta podrá ser utilizado para fines de jardinería. Una de las fuentes de desperdicios orgánicos lo serán los desperdicios de comida en las escuelas del Municipio de Florida. Actualmente este municipio cuenta con seis escuelas que generan aproximadamente 6,000 libras de desperdicios de comida al mes. Las fuentes para los desperdicios de jardinería serán de los trabajos de Obras Públicas Municipal además de las entregas hechas por la población adyacente que desee depositar los desperdicios de jardinería. Otra de las instalaciones a realizarse será una planta triturador de gomas en

¿QUE SE ESTA HACIENDO EN CAPSTONE DE INGENIERIA AMBIENTAL?



Entrada al Vertedero de Florida

Las recomendaciones de diseño, construcción de facilidades en el área de los vertederos de Toa Baja y Florida, las fuentes de financiamiento, modificaciones en los patrones de recogido y planes de cierre desarrolladas por los estudiantes del curso serán finalmente presentadas a los representantes municipales que han colaborado en este esfuerzo y a grupos comunitarios interesados como COTICAM (Comité Timón de Calidad Ambiental), organización sin fines de lucro que reúne grupos comunitarios, representantes municipales, agencias estatales y federales atendiendo los problemas de contaminación en el Area Norte-Central de Puerto Rico.

LOS CAPITULOS ESTUDIANTILES INFORMAN:



AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

El Capítulo Estudiantil de la Universidad Politécnica de la American Society of Civil Engineers (ASCE) informa que el 18 de noviembre de 2005 los miembros del Capítulo visitaron la fase de excavación del Túnel de Mariani en Maunabo, el cual formará parte de la carretera PR-53. En la fase actual del ambicioso proyecto, se construyen además una serie de puentes que formarán parte de la nueva vía. El túnel, con una longitud de 600 metros, es el primero de dos a ser excavados. El segundo, con una longitud de 1,300 metros, será excavado durante la segunda fase del proyecto. Se estima que ambas fases estén finalizadas para el año 2015. El contratista a cargo del proyecto lo es la compañía española Ferrovial Agroman, la cual tiene una vasta experiencia en este tipo de proyectos. El grupo de trabajo a cargo del proyecto incluye ingenieros de mina extranjeros debido a que en Puerto Rico no hay personal con experiencia en este campo de la ingeniería.



Las próximas actividades a ser realizadas por el Capítulo incluyen un seminario de *Introducción a la Programación en EXCEL usando Visual Basic for Applications*, a ser ofrecido por el profesor Gustavo Pacheco Crosetti. El mismo requiere la participación de alrededor de 20 estudiantes, por lo que aquellos estudiantes del Departamento que estén interesados en participar en el mismo deben comunicarse con la directiva del Capítulo escribiendo a la dirección electrónica asce_poli@yahoo.com. Además, se planifica para este año una visita a otro proyecto a cargo de Ferrovial Agroman. El mismo incluye la construcción de una serie de puentes que formarán parte de la carretera PR-10 en Utuado. Los estudiantes deben prestar atención al tablón de edictos de los Capítulos Estudiantiles del Departamento y a sus correos electrónicos para conocer sobre estas actividades.



Excavación del Túnel de Mariani en Maunabo

LOS CAPITULOS ESTUDIANTILES INFORMAN:



COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO

El 1 de diciembre de 2005 se llevó a cabo la Fiesta de Navidad y Toma de Posesión de la Directiva del Capítulo Estudiantil de la Universidad Politécnica del Instituto de Ingenieros Civiles del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico (CIAPR). Esta actividad fue dedicada al profesor Gustavo Pacheco Crosetti por ser él un gran ejemplo a seguir del mejoramiento profesional del ser humano. En la misma estuvieron presentes varios profesores del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Politécnica, así como un nutrido grupo de estudiantes y profesores de Ingeniería Civil de la Caribbean University, Recinto de Ponce, que pronto formarán un capítulo estudiantil en su Universidad.

También estuvieron presentes varios miembros de la Directiva del Capítulo Profesional del Instituto de Ingenieros Civiles y el Ing. Roberto L. Rexach, Presidente del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico. La actividad se llevó a cabo en un ambiente de armonía y confraternización entre estudiantes, profesores e invitados.



De izquierda a derecha: Ing. Antonio D. Cordero, Presidente IIC, Srta. Glorynel Ojeda, Secretaria CEIIC, Srta. Arlene Morales, Presidenta, CEIIC, Ing. Roberto Rexach, Presidente CIAPR, Srta. Enid M. Rodríguez, Vicepresidenta CEIIC, Srta. Yvette M. Martínez, Vocal CEIIC, Sr. Ismael J. Marrero, Vocal CEIIC y Srta. Anamaris Medina, Tesorera CEIIC.



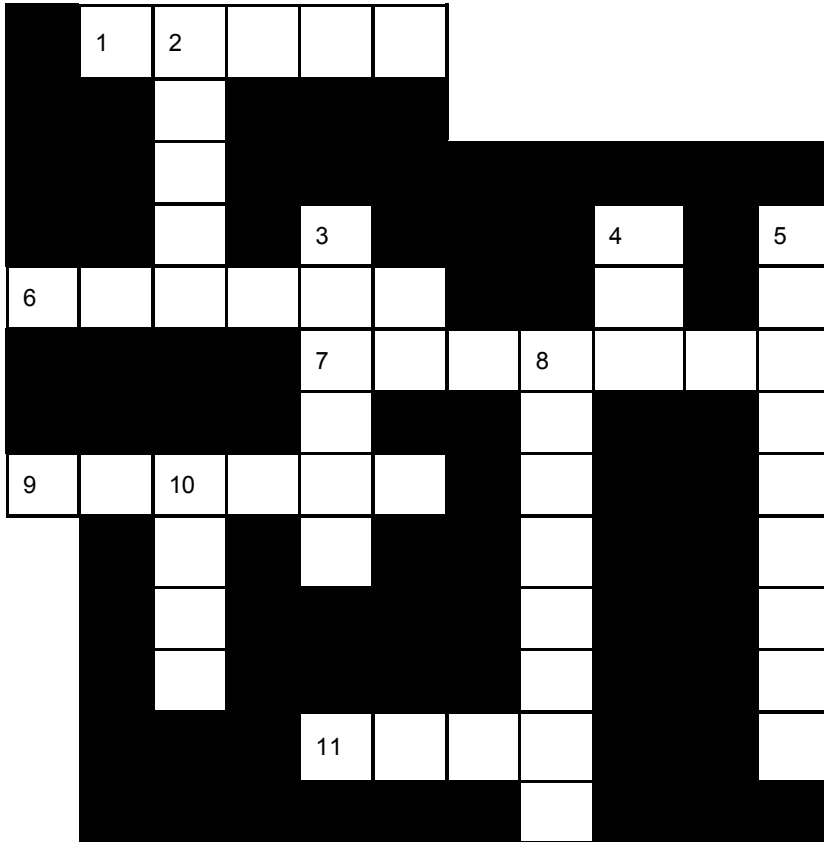
De izquierda a derecha: Ing. Rafael A. Pozo, Tesoro del IIC, Ing. Miguel A. Torres, Vicepresidente IIC, Srta. Arlene Morales, Presidenta CEIIC, Ing. Antonio D. Cordero, Presidente IIC, Srta. Enid M. Rodríguez, Vicepresidenta CEIIC, Srta. Yvette M. Martínez, Vocal CEIIC, Prof. Gustavo Pacheco, Sr. Ismael J. Marrero, Vocal CEIIC, Srta. Anamaris Medina, Tesorera CEIIC y Srta. Glorynel Ojeda, Secretaria CEIIC.



Algunos de los miembros del Capítulo Estudiantil y sus invitados junto con los profesores José Borrageros y Amado Vélez, Director y Director Asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

El 8 de diciembre de 2005, varios miembros del Capítulo Estudiantil asistieron a la sede del Capítulo de Caguas del CIAPR para participar del seminario *Muros de Contención con Geosintéticos*, ofrecido por el Ing. Juan B. Bernal, profesor de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. El seminario fue muy interesante ya que trató de una tecnología nueva que comienza a utilizarse con más frecuencia en Puerto Rico. El Ing. José M. Ramírez Casellas, Presidente del Capítulo de Caguas del CIAPR, extendió cordialmente su invitación para que los miembros del Capítulo Estudiantil de la Universidad Politécnica puedan asistir a los seminarios que ofrezca el Capítulo y muy cordialmente abrió las puertas de su Capítulo a nuestro Capítulo Estudiantil.

CRUCIGRAMA GEOTECNICO



HORIZONTAL

1. Superficie inclinada que conecta terrenos con diferente elevación
6. Suelo de tamaño mayor que el tamiz No. 4
7. Ingeniero que diseñó prueba de compactación
9. Fundación profunda
11. Estructura de retención

VERTICAL

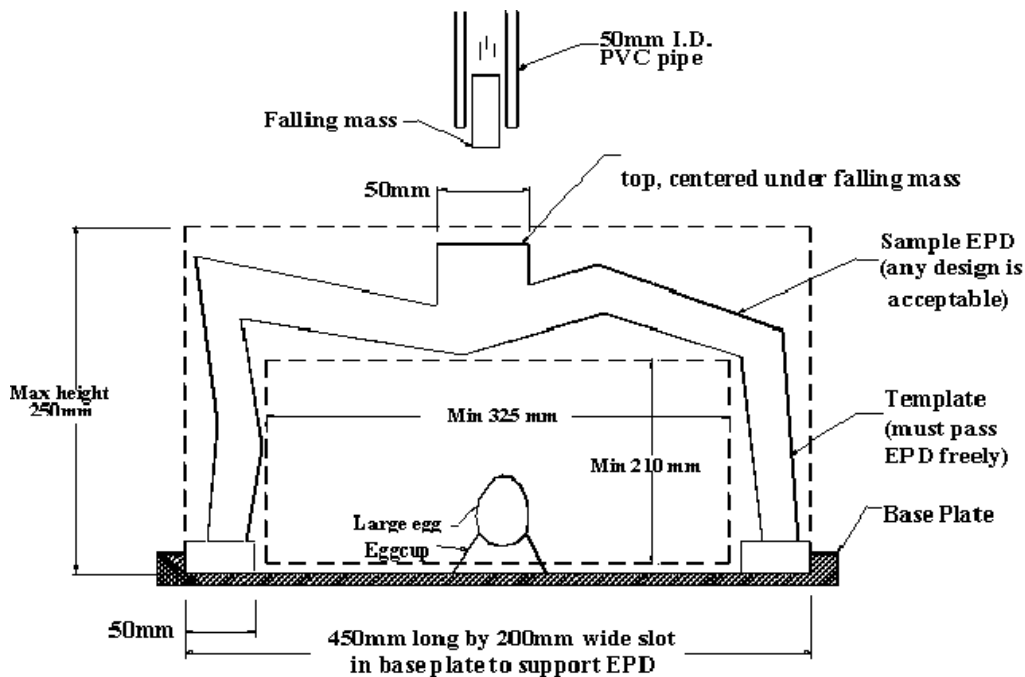
2. Suelo grueso de tamaño menor que el tamiz No. 4
3. Fundación superficial
4. Siglas en inglés de la prueba de penetración
5. Relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de una muestra de suelo
8. Propiedad de los suelos que hace que endurezcan al disminuir la humedad
10. Suelo fino de tamaño mayor que las arcillas

(La respuesta al Crucigrama Geotécnico aparecerá en el próximo Boletín)

COMPETENCIA DE HORMIGÓN DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

Estudiantes del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Politécnica de Puerto Rico se preparan para participar de una competencia auspiciada por el American Concrete Institute en la cual deben diseñar una estructura en hormigón para proteger un huevo colocado bajo la misma. La competencia se ha celebrado por más de diez años durante la Convención Anual del American Concrete Institute, la cual este año tendrá como sede el Centro de Convenciones de la ciudad de Charlotte en Carolina del Norte durante la última semana de marzo de 2006.

Esta competencia tiene como propósito probar el ingenio de los estudiantes ya que pueden diseñar el aparato en cualquier forma geométrica que deseen siempre y cuando se cumpla con los requisitos de dimensiones según se presenta en la siguiente figura y que no pese más de 3,500 gramos. La estructura puede tener refuerzos pero éstos no pueden tener un diámetro de más de 1.6 milímetros y no pueden ser amarrados. Se pueden utilizar aditivos para el hormigón, pero los mismos tienen que cumplir con las reglamentaciones ASTM C 494 ó 1017.



Dimensiones del *Egg Protection Device*

(Tomada de la página de Internet del American Concrete Institute, <http://www.concrete.org/students>)

La competencia está abierta para cualquier grupo de estudiantes a nivel subgraduado. Cada grupo de estudiantes debe tener entre dos a cinco estudiantes y tienen que ser supervisados por un miembro de la facultad. Un miembro de la facultad puede supervisar varios grupos de estudiantes. Los primeros tres lugares de la competencia recibirán un premio en efectivo, sus logros serán publicados en la revista *Concrete International* y en la página de Internet de la ACI, y recibirán una membresía por un año a la asociación.

Debido a que la competencia será celebrada durante la última semana de marzo de 2006, se les recuerda a todos los grupos interesados en participar que deben preparar sus muestras durante el mes de febrero para asegurar así que el hormigón se cure por aproximadamente 28 días para que adquiera la mayor resistencia posible antes de la competencia. Para más información pueden visitar la página de Internet <http://www.concrete.org/students>, o contactar a la profesora Ginger M. Rossy en el correo electrónico grossy@hotmail.com.

PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR

El siguiente artículo fue escrito por el Ing. Pedro A. Modesto, profesor de Ingeniería Ambiental de nuestro Departamento y quien también labora en la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

La población de nuestro globo terráqueo sigue aumentando considerablemente. Los abastos de agua a nivel mundial sufren las consecuencias de las diferencias sociales, económicas y políticas. La cantidad de agua potable que disponemos es un poco menos de 1% (un uno por ciento) para una población de seis billones doscientos mil habitantes. Estos a su vez satisfacen sus necesidades físico-biológicas. La investigación científica y su tecnología han permitido el desarrollo de un sinnúmero de técnicas viables a la elaboración de nuevas ideas para la solución del problema del agua potable. El alto grado de contaminación ha creado que nuestro ciclo de agua haya sido afectado a tal magnitud que hoy día estemos buscando alternativas para mejorar la calidad de agua para cumplir con los parámetros establecidos por la Ley de Agua Potable Segura "Safe Drinking Water Act 1974, 1996; et all".

La necesidad de agua potable aumenta debido al crecimiento de la población, las necesidades de las industrias y la agricultura. Las consecuencias de esta necesidad tan alta del agua son los precios más elevados para el agua potable así como los precios crecientes en el mantenimiento de las plantas para las aguas usadas. Las normas establecidas por la ley de agua potable segura, pone límites o parámetros en los niveles de sustancias presentes en el agua. Los límites reflejan el nivel que protege la salud humana y el grado de tratamiento utilizando la mejor tecnología disponible en que los sistemas de agua puedan lograr producirla usando la tecnología que tengamos. Mientras haya seres vivos en la tierra siempre se va a crear contaminación, la cual va a permitir que el satisfacer sus necesidades altere el ambiente. Por tal razón tendremos agencias regulando los recursos. Aunque el agua existe desde los comienzos de la Tierra, las reglas que regulan el recurso del agua podemos señalar que son recientes tan recientes como un nano-deca-micro-segundo en comparación al período de tiempo.

En 1890 se establece el primer estatuto federal sobre la contaminación del agua para crear un sistema de permisos que regulan las descargas de desperdicios a las aguas. En 1948 el Congreso promulgo el Federal Water Pollution Control Act que entonces era administrado por el Departamento del Interior de los Estados Unidos. Para 1972 esta responsabilidad con sus enmiendas autoriza al gobierno federal control sobre la calidad de las aguas superficiales en los Estados Unidos bajo la EPA que fue creada en el 1970 por el presidente Richard M. Nixon.

Cualquier fuente de agua contiene impurezas. Estas impurezas están compuestas por partículas suspendidas y disueltas. Las partículas suspendidas representadas por sus siglas SST (sólidos suspendidos totales) pueden ser eliminadas con una simple filtración equivalente a los filtros caseros (de sedimentos), pero las segundas SDT (sólidos disueltos totales) deben ser eliminadas por otro tipo de tecnologías, una de ellas es la utilización de la osmosis inversa. El agua de mar es salada, esto se debe a la gran cantidad de sólidos disueltos en el mar (SDT) en forma de sales, estas sales impiden que el agua de mar sea potable, en estricto sentido si reducimos mas del 95% de estas sales o solo parte de ellas contenidas en el agua sería parecida a la que conocemos en nuestras casas como potable.

La osmosis inversa es un proceso creado por el hombre que invierte el fenómeno de la osmosis, en donde el agua concentrada en sales pasa a través de una membrana semipermeable, las sales quedan retenidas en la superficie de la membrana y se obtiene agua baja en sales. Este fue desarrollado hace unos 40 años como proceso industrial y en grandes plantas de desalación. El proceso de OI trabaja a nivel de las moléculas de la solución, el peso molecular del agua es menor, por lo tanto eliminaría la mayor parte de los contaminantes orgánicos e inorgánicos, biológicos, y químicos. Al agua salada de mar se le aplica una presión para pasarla a través de una membrana y esta comienza a ser potabilizada, eliminando parte de las impurezas, el agua queda con mucho menos cantidad de sales disueltas (STD) cuando esta pasa a través de una membrana sintética, el proceso es: que el agua se disuelve en la membrana y pasa por difusión a través de está, se le llama agua permeada o permeado, este flujo de agua deja del otro lado de la membrana a las impurezas que son: sales disueltas y materia orgánica.

La presión osmótica del agua de mar es de aproximadamente 400 PSI, esto significa que una planta de agua de mar tiene que operar a una presión mínima de 600 PSI para vencer la presión osmótica, y tener una adecuada productividad. Normalmente las plantas de agua de mar operan entre: 800 - 1000 PSI para aumentar su rentabilidad, aunque sabemos que es ya estándar operarlas a presiones de 1200 PSI. Desde 1988 la aplicación para desalación y potabilización de agua de mar va en aumento. Este proceso ha tomado auge con las nuevas membranas de ósmosis inversa, que pueden producir agua con una calidad de: 300 - 600 ppm de STD, partiendo del contenido en el agua de mar, que está en un rango de 33,000 a 35,000 ppm o mg/L. El sistema de osmosis inversa no sólo es el más efectivo para potabilizar el agua de mar sino que permite tener la certeza de que el agua no contiene bacterias, virus, pirógenos, patógenos, larvas, quistes, algas y

PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR

La congelación del agua del mar (-1.9° C) suministra cristales de hielo puro que se separan de la solución, la cual, a su vez, se concentra en sales. Cuando el agua salada se congela, el hielo prácticamente no contiene nada de sal. Puede entonces obtenerse agua dulce a partir del congelamiento parcial del agua de mar, separando el hielo y luego derritiéndolo. La congelación supera a la destilación ya que se necesita menos energía para congelar el agua que para evaporarla, y en que no hay formación de depósitos minerales en las máquinas, como ocurre cuando se debe llegar a altas temperaturas. La mayor desventaja de este proceso consiste en la dificultad de eliminar la salmuera que tiende a adherirse a los cristales de agua dulce congelada. Existen dos procedimientos de congelación directa:

a) Por expansión del agua (congelación en vacío). El agua de mar se congela parcialmente a una presión absoluta de 3mm de mercurio, a -4° C. A esta presión se produce una evaporación, acompañada del enfriamiento correspondiente, que es el que provoca la congelación. Para mantener el vacío necesario es preciso aspirar de continuo el vapor de agua formado, pudiendo realizarse esta operación bien por un compresor mecánico, o por absorción en una solución higroscópica. En la práctica, los problemas de compresión del gran volumen de vapor producido a baja presión son considerables.

b) Congelación con ayuda de un agente refrigerante. Se utiliza un refrigerante auxiliar cuya tensión de vapor sea netamente superior a la del agua y que no sea miscible con ella. El butano satisface estas condiciones. El agua de mar se congela parcialmente por la expansión del butano. Este procedimiento evita los problemas de compresión de la congelación del vacío.

El remolque de icebergs de las regiones polares a lugares que requieren agua dulce se relaciona con este proceso. Esta experiencia se realizó en 1890 y en 1900, cuando varios barcos arrastraron pequeños icebergs hasta Valparaíso, Chile, y el Callao, Perú, cubriendo una distancia de casi 4,000 km. Sin embargo, hay aún muchos problemas técnicos por resolver, como la ruptura del iceberg durante el viaje y la distribución del agua en el lugar requerido. Para terminar con el método de congelación, un detalle curioso. Hace unos 10,000 años, al término de la última glaciación en los glaciares de Groenlandia y la Antártida, se encontraba 80% del agua dulce del planeta en estado sólido. Una sociedad danesa está lanzando al mercado cubos de hielo cortados directamente de los icebergs. Al fundirse el hielo, las microscópicas burbujas de aire en él atrapadas hace miles de años, dan la efervescencia del agua gaseosa a las bebidas donde se colocan dichos cubos. **(Gomilla, C. 1973)**

Las técnicas para desalar el agua de mar están bien establecidas. No obstante, el precio del metro cúbico de agua dulce producido es todavía muy alto, lo que las limita a los países ricos o a los que tienen energéticos baratos, como los países productores de petróleo.

La energía solar es el método ideal para producir agua en zonas áridas y muy aisladas del resto de poblaciones. A pesar de tener un coste energético nulo y escasa inversión necesaria, su baja rentabilidad reside en su escasa producción por metro cuadrado de colector al destilarse tan sólo unos litros al día en el caso de condiciones climatológicas favorables. Por lo tanto no se han desarrollado a gran escala en lugares con un consumo elevado de agua dulce. El principio básico es el del efecto invernadero: el sol calienta una cámara de aire a través de un cristal transparente, en cuyo fondo tenemos agua salada en reposo. Dependiendo de la radiación solar y otros factores como la velocidad del viento (que enfría el vidrio exterior), una fracción de esta agua salada se evapora y se condensa en la cara interior del vidrio. Como dicho vidrio está colocado inclinado, las gotas caen en un canal que va recogiendo dicho condensado evitando que vuelvan a caer en el proceso de condensación a la lámina inferior de salmuera. Aunque pueden utilizarse técnicas de concentración de los rayos solares apoyándose en lentes ó espejos (parabólicos ó lisos), no suelen compensar las mayores pérdidas de calor que ello acarrea y su mayor coste económico. Pero la energía solar también puede ser la fuente de energía de un proceso de destilación, incluso de producción eléctrica para pequeñas instalaciones de ósmosis inversa. Por ejemplo, el uso de colectores de concentración parabólicos puede usarse en procesos MSF ó MED dependiendo del coste de los colectores, que son los que determinan la producción de agua por metro cuadrado (de media producen 10 m³ de agua dulce por m² de colector) y factores climáticos tales como el porcentaje del día en que la planta consume energía solar. **(Gomilla, C. 1973)**

PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR

La desalación obtenida por destilación consiste en evaporar agua para conseguir vapor que no contiene sales (éstas son volátiles a partir de 300° C): el vapor se condensa posteriormente en el interior ó exterior de los tubos de la instalación. Los sistemas desaladores suelen funcionar por debajo de la presión atmosférica, por lo que necesitan un sistema de vacío (bombas ó eyectores), además de extracción del aire y gases no condensables. La utilización de una cámara flash permite una evaporación súbita (y por lo tanto de carácter irreversible) previa a su posterior condensación. Generalmente, la cámara flash se sitúa en la parte baja de un condensador de dicho vapor generado en la cámara inferior. Por lo tanto, la recuperación de calor necesario para la evaporación se obtiene gracias a la unión sucesiva de etapas en cascada a diferente presión, y es necesario el aporte mínimo de la condensación de un vapor de baja o media calidad proveniente de una planta de generación eléctrica. Este es el proceso evaporativo más ampliamente utilizado en el mundo, de implantación masiva sobre todo en Oriente Medio. Ello se debe a varias razones:

- a) Es especialmente válido cuando la calidad del agua bruta no es buena (alta salinidad, temperatura y contaminación del agua aportada).
- b) Su acoplamiento con plantas de potencia para formar sistemas de cogeneración es muy fácil y permite una gran variabilidad de rangos de operación en ambas plantas.
- c) Su robustez en la operación diaria frente a otros procesos de destilación es notoria.
- d) La capacidad de las plantas MSF es mucho mayor que otras plantas destiladoras en virtud a la cantidad de etapas conectadas en cascada sin problemas de operación. Sin embargo, las plantas MSF tienen un grave inconveniente. Su consumo específico, definido como la cantidad de energía consumida para producir 1 m³ de agua desalada, es de los más altos de los procesos estudiados. A este consumo contribuyen el consumo térmico proveniente de la planta productora de electricidad, más alto que otros procesos de destilación debido al efecto flash; y el consumo eléctrico debido al gran número de bombas necesarias para la circulación de los flujos de planta. Además de su alto coste de operación, su coste de instalación no es más bajo que otros procesos de desalación. **(Gomilla, C. 1973)**

Al contrario que en el proceso MSF por efecto flash, en la destilación por múltiple efecto (MED) la evaporación se produce de forma natural en una cara de los tubos de un intercambiador aprovechando el calor latente desprendido por la condensación del vapor en la otra cara del mismo. Una planta MED (Multi-Effect Distillation) tiene varias etapas conectadas en serie a diferentes presiones de operación, dichos efectos sucesivos tienen cada vez un punto de ebullición más bajo por el efectos de dicha presión. Esto permite que el agua de alimentación experimente múltiples ebulliciones, en los sucesivos efectos, sin necesidad de recurrir a calor adicional a partir del primer efecto. El agua salada se transfiere luego al efecto siguiente para sufrir una evaporación y el ciclo se repite, utilizando el vapor generado en cada efecto. Normalmente también existen cámaras flash para evaporar una porción del agua salada que pasa al siguiente efecto, gracias a su menor presión de operación. La primera etapa se nutre de vapor externo de un sistema recuperativo, una turbina de contrapresión (ó extracción de una de condensación). Un condensador final recoge el agua dulce en la última etapa precalentando el agua de aportación al sistema. Por lo tanto las plantas MED también conforman sistemas de cogeneración al igual que las MSF consumiendo una porción de energía destinada a la producción eléctrica. La destilación por múltiple efecto no es un proceso solamente utilizado para la desalación. La capacidad de este tipo de plantas suele ser más reducida que las MSF (nunca suele superar los 15.000 m³/día) aunque ello se debe más a razones de índole política que operativa: las MSF más grandes se instalan en Oriente Medio y las mayores MED están instaladas en las islas del Caribe para abastecer de agua estas zonas de gran presión turística. También es verdad que el número máximo de efectos conectados en serie raramente es mayor de 15, a excepción de las MED con múltiples efectos integrados en cada uno de ellos, llegando en este caso a un número total de más de 50. Sin embargo, tienen un mejor rendimiento global con respecto a una MSF: la razón de ganancia en los destiladores de este tipo de plantas puede llegar a 15 sin ningún problema, reduciendo por lo tanto el consumo específico de este proceso respecto de una planta MSF con idénticas capacidades. Ello se debe principalmente a la irreversibilidad asociada al proceso de separación flash que aparece en los procesos MSF. Además el consumo eléctrico es menor que la MSF ya que necesita menos bombas de circulación al no existir recirculación de salmuera. **(Gomilla, C. 1973)**

PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR

El proceso de electrodiálisis permite la desmineralización de aguas salobres haciendo que los iones de diferente signo se muevan hacia zonas diferentes aplicando campos eléctricos con diferencias de potencial aplicados sobre electrodos, y utilizando membranas selectivas que permitan sólo el paso de los iones en una solución electrolítica como es el agua salada. Los iones van a los compartimentos atraídos por los electrodos del signo contrario, dejando en cubas paralelas el agua pura y en el resto el agua salada más concentrada. Es un proceso que sólo puede separar sustancias que están ionizadas y por lo tanto su utilidad y rentabilidad está sólo especialmente indicada en el tratamiento de aguas salobres ó reutilización de aguas residuales, con un consumo específico y de mantenimiento comparable en muchos casos a la ósmosis inversa. En algunas ocasiones, la polaridad de los ánodos y cátodos se invierte alternativamente para evitar el ensuciamiento de las membranas selectivas al paso de dichos iones. En este caso se habla de electrodiálisis reversible (EDR).

La destilación por membranas es un proceso combinado de evaporación y filtración. El agua salada bruta se calienta para mejorar la producción de vapor, que se expone a una membrana que permite el paso de vapor pero no del agua (membrana hidrófoba). Después de atravesar la membrana el vapor se condensa, sobre una superficie más fría, para producir agua desalada. En estado líquido, esta agua no puede retroceder atravesando la membrana por lo que es recogida y conducida hacia la salida. **(Conlon, W.)**

En la compresión mecánica de vapor (CV) evapora un líquido, en este caso el agua salada, en un lado de la superficie de intercambio, y se comprime lo suficiente para que condense en el otro lado y pueda mantenerse el ciclo de destilación de agua salvando las pérdidas del proceso y la elevación de la temperatura de ebullición del agua salada respecto a la pura. Simplificando todos los elementos auxiliares podemos ver que el vapor interior de los tubos es comprimido a presión atmosférica en torno a 0.2 baras en un compresor volumétrico especial para trasegar vapor. El vapor ligeramente sobrecalentado se condensa en el exterior de los tubos del intercambiador, siendo recogido por una bomba en su parte inferior. Como puede observarse, si el proceso fuera ideal sólo deberíamos vencer la elevación del punto de ebullición del agua salada para mantener el proceso, aunque no es posible realmente; en todo caso el consumo específico de estas instalaciones es el más bajo de los procesos de destilación: normalmente el consumo eléctrico equivalente está sobre los 10 Kwh/m³ (la mitad que una planta MSF). Aunque su consumo específico es con mucho el menor de las instalaciones de destilación, tiene un gran inconveniente: la inexistencia de compresores volumétricos de vapor de baja presión de tamaño suficiente para una producción considerable. Así no se conocen unidades CV mayores de 5.000 m³/día, y estos compresores sólo permiten un máximo de 3 etapas a diferentes presiones conectadas en cascada. Normalmente existen intercambiadores de precalentamiento del agua de aporte con el destilado y la salmuera tirada al mar (como el número de etapas es reducido hay que recuperar la energía de salida de la salmuera), ayudados por una resistencia eléctrica en los arranques, así como todos los dispositivos de tratamiento de agua anteriores y posteriores al proceso de destilación. **(Gomilla, C. 1973)**

La compresión térmica de vapor (TVC, Thermal Vapor Compression) obtiene el agua destilada con el mismo proceso que una destilación por múltiple efecto (MED), pero utiliza una fuente de energía térmica diferente: son los llamados compresores térmicos (o termocompresores), que consumen vapor de media presión proveniente de la planta de producción eléctrica (si tenemos una planta dual, sino sería de un vapor de proceso obtenido expresamente para ello) y que succiona parte del vapor generado en la última etapa a muy baja presión, comprimiéndose y dando lugar a un vapor de presión intermedia a las anteriores adecuado para aportarse a la 1ª etapa, que es la única que consume energía en el proceso. El rendimiento de este tipo de plantas es similar a las de las plantas MED, sin embargo su capacidad desaladora puede ser mucho mayor al permitirse una mayor adaptabilidad de toma de vapor de las plantas productoras del mismo. Muchas veces se las considera el mismo proceso, pero aquí se tratarán individualmente ya que el consumo de energía de la planta se realiza por un equipo diferente. **(Gomilla, C. 1973)**

PROCESOS PARA DESALINAR EL AGUA DE MAR

La comparación de las técnicas de la desalinización existentes hoy día encontramos sólo algunos procesos viables actualmente en la industria. El costo por la desalinización de agua de mar de las diferentes tecnologías es: **(Ettouney, H. 2002)**

CV: \$0.46/m³ por 20,000m³/día

OI: \$0.55/m³ por 113,652m³/día

MSF: \$1.49/m³ por 45,460m³/día

MED: \$1.08/m³ por 37,850m³/día

MED-TVC: \$1.31/m³ por 22,166m³/día

MED-VS: \$0.48/m³ por 340,956m³/día

Se debe entender que el costo por metro cúbico de agua desalinizada depende de la cantidad de agua que se vaya a producir. La más económica y de mayor producción es la MED-VS. Esta sería ideal para Puerto Rico ya que tenemos una escasez de agua en algunos meses del año. En el Caribe existen varias plantas desalinizadoras, pero la que llama la atención es la del Marriott St. Kitts Royal Beach Resort que tiene un proyecto para desalinizar el agua a una capacidad de 1.25 millones de galones al día usando una planta de osmosis inversa donde tiene un costo de \$3.90/1,000 galones. **(TSG, 2004)**

Conociendo la cantidad de agua potable con la cual cuenta el ser humano para su sustento y quehaceres del diario vivir posiblemente para generaciones futuras no tengamos suficiente agua para la vida. A pesar de que llueve en nuestro planeta Tierra, la mayor parte de esta agua dulce va a los mares. Tomando de ejemplo a Puerto Rico, para no irnos lejos, el exceso de las aguas de escorrentía va a los ríos y estos desembocan al mar. No tenemos unos medios aptos para el almacenaje de toda esta agua de lluvia y su tratamiento. Si la mayor parte del agua va a los mares y su disolución la hace ser salobre entonces el trabajo consistirá en la desalinización como medio de obtención de agua potable. Las diferentes técnicas existen, tal vez, aun precio alto, pero se puede trabajar para obtener una agua potable desalinizada y que cumpla con los parámetros del Acta de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act).

VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FAJARDO

Un grupo de estudiantes de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental visitaron el 20 de enero de 2006 junto al profesor José Borrageros la nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Fajardo. La planta, que tiene un caudal de diseño de 6 millones de galones por día (MGD), está en servicio desde mayo de 2005 y tiene la tecnología de tratamiento más moderna de la Isla. Actualmente recibe un caudal de 1.8 MGD ya que sirve solamente a la zona urbana del municipio de Fajardo, pero en los próximos meses comenzará a recibir las aguas usadas de Ceiba y en un futuro recibirá las de Luquillo y de la zona oriental del municipio de Río Grande, de forma que puedan eliminarse las plantas existentes en dichos pueblos.

La planta tiene como tratamiento preliminar un sistema de parrillas de limpieza automática y dos desarenadores para la remoción de los sólidos grandes y la arenilla que llegan con el afluente. El sistema biológico que le sigue consiste de un proceso anaeróbico-anóxico y aeróbico (lodos activados) para remover materia orgánica biodegradable y los nutrientes. El efluente de los tanques de sedimentación secundarios pasa por un sistema de filtros de membrana para remover sólidos suspendidos, por un sistema de desinfección con radiación ultravioleta (el primero en una planta de aguas residuales en Puerto Rico) y un proceso de post-aireación para aumentar la concentración de oxígeno disuelto del efluente final. Este es descargado a corta distancia en el Río Fajardo. Al grupo de estudiantes le sorprendió la buena calidad del efluente que se estaba produciendo en la planta, el cual era totalmente cristalino y libre de sólidos visibles. El personal de la planta informó que la facilidad está cumpliendo con los parámetros de calidad que la Agencia de Protección Ambiental le requiere en el Permiso de Descarga N.P.D.E.S., ya que el efluente tiene una Demanda Bioquímica de Oxígeno despreciable, una concentración de Sólidos Suspendidos de menos de 2 mg/l, una Turbidez de menos de 5 NTU y unas concentraciones de Fósforo y Nitrógeno de menos de 1 mg/l.

Los estudiantes pudieron ver el sistema de bombas de recirculación y desecho de cieno secundario, ubicado a unos 18 pies de profundidad. El lodo de desecho es llevado a un tanque de almacenamiento, donde se digiere parcialmente, y después es estabilizado con cal y desaguado en dos filtros-prensa de correa. El bizcocho de cieno es finalmente transportado al vertedero de Ponce. Entre las innovaciones de la planta se destaca un efectivo sistema biológico de control de olores que hace olvidar a los visitantes y empleados que se encuentran en una facilidad de tratamiento de aguas usadas. Los estudiantes pudieron observar también los generadores de emergencia que se activan automáticamente en caso de una falla en el sistema de energía eléctrica, así como el laboratorio y el cuarto de controles, donde desde los operadores monitorean toda la operación de la planta con computadoras y pantallas de televisión. El grupo de estudiantes del Departamento fue atendido muy gentilmente por el gerente, el supervisor, el operador y otros empleados de esta planta que es operada por la compañía privada OMI, Inc.



El grupo de la Poli junto a empleados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Fajardo

AYUDAS EN PROGRAMACIÓN

Esta sección del Boletín se desarrolló para presentar algunos consejos de cómo programar aplicaciones sencillas en Excel, usando *Visual Basic para Aplicaciones (VBA)*.

En esta séptima entrega se continuará con la implementación del programa para el análisis estructural de vigas continuas sometidas a cargas estáticas comenzado en el Boletín anterior. En dicho número se presentaron el modelo analítico, la definición de variables y la entrada de datos. En esta edición se presentará el ensamblaje de la matriz de rigidez de la estructura.

La matriz de rigidez de un elemento de viga continua se puede simplificar entrando las condiciones de borde a nivel del elemento. Considerando que los grados de libertad de traslación están restringidos por los soportes, la matriz de rigidez del elemento $[K_e]$ se reduce a un tamaño de $[2 \times 2]$, y solo quedan los grados de libertad de rotación $\{U_e\}$ asociados a los momentos de extremo del elemento $\{F_e\}$, como muestra la Figura 1.

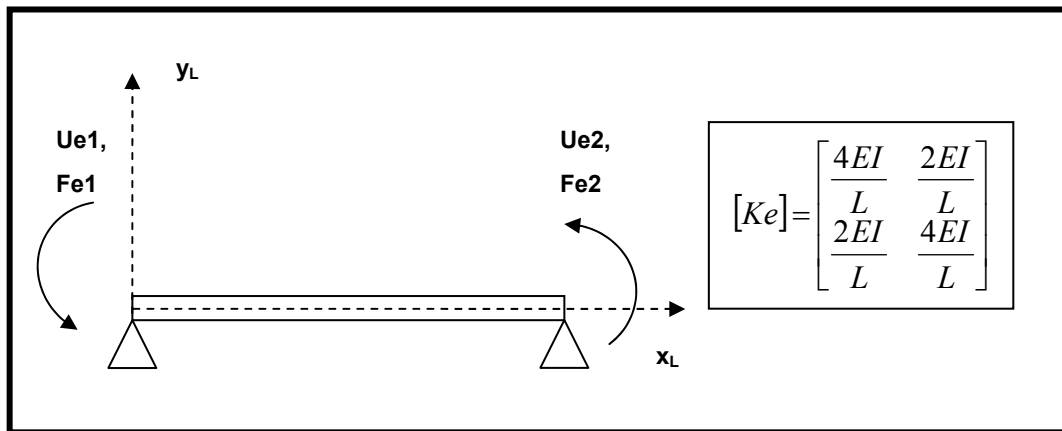


Figura 1: Grados de Libertad y Matriz de Rigidez del Elemento Viga

La matriz de rigidez de la estructura se obtiene sumando (ensamblando) la matriz de rigidez de cada elemento en los DOF de la estructura a los cuales el mismo está conectado. Como el sistema de referencia local del elemento viga coincide con el sistema de referencia global de la viga continua, no hay que rotar la matriz de rigidez del elemento previo a su ensamblaje.

El modelo analítico de la viga continua está formado por n elementos, $n+1$ juntas, y $n+1$ DOF, de manera que la matriz de rigidez $[K]$ de la viga es de tamaño $[n+1 \times n+1]$.

Los DOF se numeraron en secuencia, desde la junta "1" con DOF U_1 , a la junta " $n+1$ " con DOF U_{n+1} (ver Figura 1 de la entrega anterior). Cada elemento está comprendido entre números de junta consecutivos, de manera que el elemento "1" está conectado a los nodos "1" y "2" (y por lo tanto a los DOF U_1 y U_2): en general, el elemento " i " estará conectado a las juntas " i " e " $i+1$ ", de manera que su matriz de rigidez debe contribuir a los DOF U_i y U_{i+1} , o sea en las filas " i " e " $i+1$ " de la matriz de rigidez de la estructura. La Figura 2 presenta de manera esquemática la contribución del elemento 3 a la matriz $[K]$. Se asume que el lector está familiarizado con el Método de Rigidez para análisis de estructuras, y por lo tanto solo se da esta breve explicación del proceso de ensamblaje, pasando a su programación.

AYUDAS EN PROGRAMACIÓN

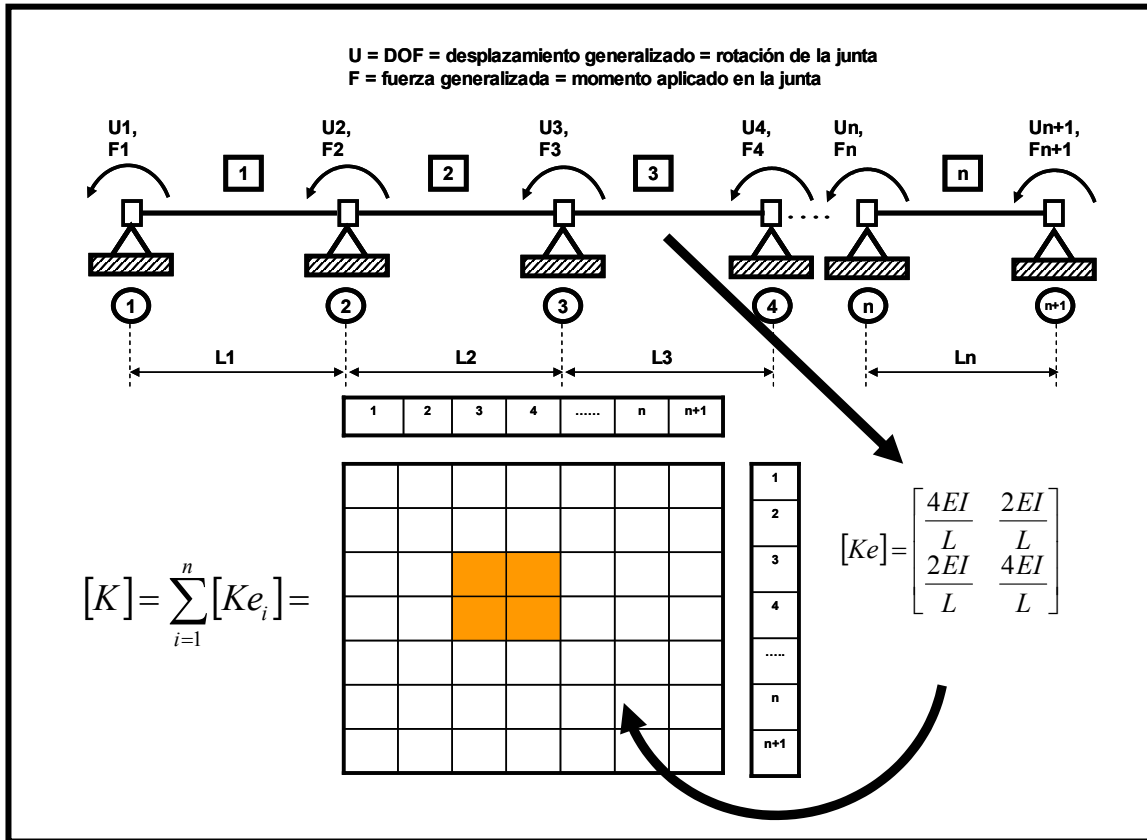
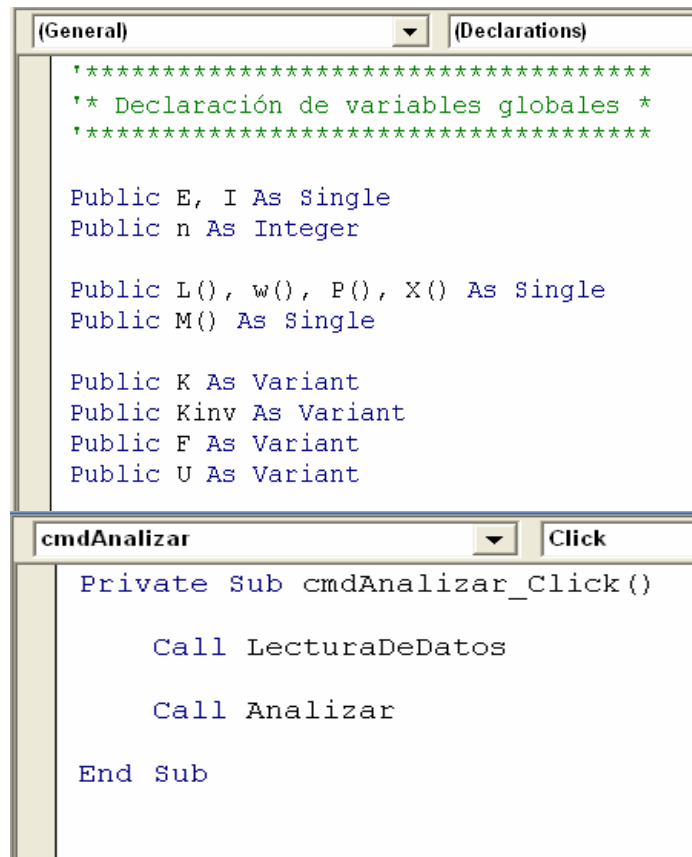


Figura 2: Esquema de Ensamblaje del Elemento 3

Se debe agregar un "Command button" a la planilla de datos, y darle como "caption" la palabra Analizar, y el nombre de cmdAnalizar. La Figura 3 muestra el evento "clic" de este botón, en el que se llama a la rutina de lectura de datos y a la rutina de análisis. También se muestra el módulo de definición de variables, que ahora incluye a la matriz [K], la matriz [K inversa], el vector {F} de fuerzas nodales y el vector {U} de desplazamientos nodales, todos definidos como variables de tipo "variant" (para poder usar las rutinas intrínsecas de Excel para operar con arreglos).

AYUDAS EN PROGRAMACIÓN



The image shows a screenshot of a Visual Basic IDE. The top window is titled '(General)' and '(Declarations)'. It contains the following code:

```
'*****  
'* Declaración de variables globales *  
'*****  
  
Public E, I As Single  
Public n As Integer  
  
Public L(), w(), P(), X() As Single  
Public M() As Single  
  
Public K As Variant  
Public Kinv As Variant  
Public F As Variant  
Public U As Variant
```

The bottom window is titled 'cmdAnalizar' and 'Click'. It contains the following code:

```
Private Sub cmdAnalizar_Click()  
  
    Call LecturaDeDatos  
  
    Call Analizar  
  
End Sub
```

Figura 3: Definición de Variables y Llamado a Subrutinas

La Figura 4 muestra la subrutina de análisis, en la cual se desarrolla (en esta primera etapa) el ensamblaje de la matriz de rigidez de la viga. La matriz resultante [K], a fin de poder verificarle, se escribe en la planilla de cálculo 2 (Sheet2) al final del proceso de ensamblaje, y este resultado se muestra en la Figura 5.

AYUDAS EN PROGRAMACIÓN

```

Sub Analizar()

'*****
'* Ensamble de [K]
'*****

'variables auxiliares locales
Dim j, jj As Integer
Dim Ke As Double

'dimensionamiento y llenado de ceros
ReDim K(1 To n + 1, 1 To n + 1)
For j = 1 To n + 1
    For jj = 1 To n + 1
        K(j, jj) = 0
    Next jj
Next j

'ensamblaje de la contrib. de cada elemento
For j = 1 To n

    Ke = E * I / L(j)

    K(j, j) = K(j, j) + 4 * Ke
    K(j, j + 1) = K(j, j + 1) + 2 * Ke
    K(j + 1, j) = K(j + 1, j) + 2 * Ke
    K(j + 1, j + 1) = K(j + 1, j + 1) + 4 * Ke

Next j

'impresión de [K] en la hoja 2
Sheet2.Range(Sheet2.Cells(1, 1), Sheet2.Cells(n + 1, n + 1)) = K

End Sub
    
```

Figura 4: Rutina de Análisis, con el Ensamblaje de [K]

	A	B	C	D
1	966666.7	483333.3	0.0	0.0
2	483333.3	1772222.2	402777.8	0.0
3	0.0	402777.8	1496031.7	345238.1
4	0.0	0.0	345238.1	690476.2
5				

Figura 5: Resultado de Ensamblar [K]

En próximos números continuaremos con el desarrollo de este programa, en su fase de análisis (vector de carga, solución del sistema de ecuaciones, y obtención de las fuerzas de extremo de cada elemento), e impresión de resultados. Si tiene comentarios, sugerencias, inquietudes y aportaciones para esta sección del boletín, todas son muy bienvenidas. Puede hacerlas por e-mail a gpacheco@pupr.edu

Este boletín es el órgano oficial del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Se publica con una periodicidad trimestral. Solicitamos colaboraciones, en especial de nuestros estudiantes. Nos reservamos el derecho a publicar, a editar los textos y hacerles las debidas correcciones de estilo que entendamos necesarias.



JUNTA EDITORA

Ing. José Borrageros
Sra. Carmen Rodríguez

COLABORADORES EN ESTA
EDICION:

Ing. Jorge Hidalgo
Ing. José A. Martínez
Ing. Pedro Modesto
Ing. Gustavo Pacheco
Prof. Ginger Rossy
Ing. Amado Vélez
Capítulos Estudiantiles
(ASCE, CIAPR y ACI)