Matemáticas en Arquitectura y en Ingeniería civil.

Coordinadora: Francisca Cánovas

Participantes:

Vera Martha Winitzky de Spinadel: *E-mail: vspinade@fibertel.com.ar*

Rafael Pérez Gómez: *E-mail: rperez@ugr.es*

Santiago Perez-Fadon Martinez: *E-mail: sp.fadon@ferrovial.es*

José Rojo Montijano: *E-mail: jrojo.eps@ceu.es*

Ramón J. Zoido Zamora: *E-mail: rj.zoido@upm.es*

Miguel de Unamuno Adarraga:

En esta mesa redonda se pretenden abordar temas de interés para los profesionales de la enseñanza de las matemáticas en una Escuela de Arquitectura o de Ingeniería de Caminos. ¿Qué señas de identidad deben mostrar las matemáticas que aparecen en la formación cultural y científica y en el aprendizaje técnico y artístico de un estudiante de Arquitectura o de Ingeniería Civil?

RAFAEL PÉREZ GÓMEZ:

Hace algún tiempo ya, pude comprobar con mis estudiantes de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, en la Universidad de Granada, cómo mis explicaciones sobre diversos aspectos de Teoría de Curvas no resolvían los problemas que en dicha ingeniería se plantean sobre algo tan necesario en ella como el trazado de una carretera. Eran explicaciones propias de un matemático hechas desde las Matemáticas. En concreto, me llevó algo más de un mes de clases llegar al hecho de que la curvatura y la torsión de una curva permiten determinarla de modo única, salvo posición en el espacio, y obtener sus ecuaciones paramétricas. A partir de ahí, tras varios ejercicios de aplicación, daba por concluido el paseo por dicho tema. La clotoide, auténtica estrella en el trazado de curvas, pasaba desapercibida. ¿Qué son curvas de transición?, ¿cuál es el problema a resolver cuando la intercalamos entre las alineaciones recta y circular?, ¿cómo resolver las integrales resultantes? Dando respuesta a estas preguntas me di cuenta de que el problema que interesaría a mis estudiantes estaba aún por resolver.

Este es sólo un ejemplo de los muchos que podríamos aludir. Somos matemáticos y explicamos como tales. Y está bien hacerlo, pero sin olvidar el contexto en el que nos encontramos en cada momento. Es decir, si pertenecemos a un departamento de Matemática Aplicada debemos hacer eso: Matemática Aplicada. ¿Qué supone hacer Matemática Aplicada a la Arquitectura y a la Ingeniería Civil? Aún a riesgo de caer en simplificaciones que puedan hacer creer que trivializo los contenidos matemáticos de mis explicaciones, creo que debemos acercarnos a los problemas propios de estas áreas y no plantear otros que en ellas resultan ser meros filtros de selección social por su carácter tan maravilloso como inútil.

Por ejemplo, nadie pone en duda en Arquitectura la solidez de nuestras estructuras numéricas, por lo que no creo necesario insistir en ningún aspecto relativo a ello; sin embargo, tienen especial interés los números que pueden ser dibujados con "regla y compás" y que dan lugar a determinadas estéticas. Así, pierden fuerza los números reales y la cobran los metálicos, los de plástico, los mórficos.

De todos estos aspectos trataré en mi intervención.

Rafael Pérez Gómez

Departamento de Matemática Aplicada

Coordinador del Máster Oficial SEGURIDAD INTEGRAL EN EDIFICACIÓN

Universidad de Granada

Teléfonos: 34958240042, 659578806 (7831)

e-mail: rperez@ugr.es

VERA MARTHA WINITZKY DE SPINADEL:

Discutirá sobre los temas siguientes:

1) INTRODUCCION DE LOS NUMEROS IRRACIONALES POR SU DESCOMPOSICION EN FRACCIONES CONTINUAS

2) LA FAMILIA DE NUMEROS METALICOS (FNM) Y SU APLICACION AL DISEÑO DE FORMAS:

EL NUMERO DE ORO

EL NUMERO DE PLATA

EL NUMERO DE BRONCE

ETC.

SANTIAGO PEREZ-FADÓN MARTÍNEZ

Los Modelos de ordenador para el cálculo de las estructuras, mediante modelos físicos que utilizan las matemáticas para reproducir el comportamiento, han avanzado extraordinariamente en los últimos 30 años. Aproximadamente es en los años setenta cuando se introducen los ordenadores en España y desde entonces hasta ahora el cambio ha sido espectacular. Los programas matriciales originales ver figura 1 que calculaban solo en primer orden, con ecuaciones lineales. Se han convertido en programas de elementos finitos con un grado de complejidad inimaginable entonces. De aquella época datan también los cálculos matriciales de optimización de estructuras que a diferencia de los modelos generales no han avanzado mucho.

Estos modelos manejados por Ingenieros "senior" tienen enormes posibilidades hasta el punto que se podría decir que sin ellos no se podían construir algunos de los puentes singulares que hoy se construyen. Pero en manos de Ingenieros inexpertos son una bomba de relojería pues dan la sensación de que ya no hace falta saber resistencia de materiales para calcular una estructura complicada. El programa, sobre todo los programas expertos lo hacen todo.

Alguno de estos programas que consideran el comportamiento en segundo orden, para lo cual equilibra las fuerzas en la estructura deformada, han perdido generalidad. Es como si a medida que hemos introducido mayor potencia de cálculo los modelos tienen que ser especificados para el caso concreto que tenemos entre manos. Incluso hay que llegar a definir las áreas y otras propiedades geomecánicas de los elementos. Cuando los problemas se resolvían a mano había una serie de ecuaciones de carácter general que nos permitían resolver un abanico de casos muy amplios, que servían para todas las vigas de un vano, para todas las vigas continuas de infinitos vanos, para todos lo pórticos, etc. Ahora los modelos permiten calcular el pandeo o las inestabilidades por grandes deformaciones; pero solo a cambio de que especifiquemos el área de los pilares, su Inercia, y su radio de Giro en cada uno de sus planos. Es la misma distancia que hay entre un modelo generado como un campo de de vectores y los campos de Elementos Finitos.

Los modelos actuales son tan perfectos que surge la discusión de la comparación entre proyectar con esos modelos o proyectar mediante ensayo en maqueta. Los proyectos con ensayo en modelo físico son muy antiguos podemos remontarnos al Renacimiento para constatar como se proyectaba la forma de una cúpula dejando colgar una cadena `para obtener la directriz y luego darle la vuelta. De modo más complejo las cúpulas de Gaudí se obtenían mediante sabanas colgadas de sus puntos de apoyo y enyesadas para fijar su forma.

Es más potente un ensayo en túnel de viento para conocer la respuesta de un puente colgante al temporal que un modelo de cálculo basado en la mecánica computacional de fluidos y más exactamente en los programas de cálculo aeroelásticos que a su vez se basan en 18 coeficientes de comportamiento obtenidos en un ensayo físico seccional. Hay quien defiende que son más exactos los modelos y no solo más exactos si no que permiten mediante cambios sencillos abarcar una gran cantidad de casos cosa que los ensayos físicos no permiten.

JOSÉ ROJO MONTIJANO. RAMÓN J. ZOIDO ZAMORA. MIGUEL DE UNAMUNO ADARRAGA:

Resumen:

Nuestra intervención destacaría el campo de las "**Curvas y superficies en la Arquitectura**".

Planteamiento:

Las invenciones de muchos grandes arquitectos e ingenieros están implícitamente reguladas por la geometría pero en las obras de algunos de ellos el predominio de ésta es muy explícito y notorio. ¿Qué es lo que la Matemática puede ofrecer como fundamento para reconocer, analizar o facilitar la innovación de algunas de estas invenciones? Queremos referirnos aquí particularmente al estudio de las curvas y de las superficies dentro del ámbito de la Geometría Diferencial, estudio que nos puede facilitar la comprensión de algunos elementos singulares en la arquitectura y también en las artes aplicadas o los oficios artísticos, y que nos puede servir no solo para entender y analizar estos elementos sino también para poder generalizarlos, estableciendo modelos que pueden ser utilizados como nuevos objetos arquitectónicos o que pueden despertar nuestra imaginación para explorar modelos semejantes. Es el campo de lo que denominaríamos "curvas y superficies en la Arquitectura y en las Artes Aplicadas y los Oficios Artísticos".

Sin perder de vista en ningún caso el aspecto docente, en este contexto se proponen como temas de exploración y debate los siguientes:

- La existencia y descripción de algunos de estos objetos arquitectónicos o artísticos en la obra de algunos arquitectos e ingenieros y si estos ejemplos pueden ser significativos para una generalización o deben permanecer como singularidades más allá de cualquier análisis.
- Cómo de entre la amplia gama de formas posibles, las superficies y las curvas utilizadas quedan condicionadas, en cualquier caso, a otros factores (económicos, medios técnicos o constructivos).
- De qué manera, en el campo arquitectónico de las superficies de cubrición de grandes espacios, los condicionantes anteriores nos llevan a la obligación de distinguir, en primer lugar, los tipos de superficies desde el punto de vista constructivo y, por otro lado, separar aquellas condicionadas por su comportamiento estructural, consecuencia, por ejemplo, de su deformabilidad conceptual.
- Valorar la observación y el estudio de las formas naturales biológicas. Desde los caparazones de las tortugas a los esqueletos de los radiolarios, pasando por las conchas de algunos moluscos y cefalópodos, algunos huevos de insectos o conglomerados coralinos etc., existe una variedad enorme de formas naturales superficiales que han sido y pueden ser objeto de interés puramente geométrico o estructural. Como se sabe, las superficies mínimas están muy relacionadas con las formas naturales ya que la Naturaleza tiende a minimizar su trabajo de cubrición.
- Alternativamente a la observación, pueden plantearse superficies generadas “desde la matemática”. La búsqueda, por ejemplo, de soluciones de diferentes ecuaciones que satisfacen diferentes condiciones

adecuadas impuestas al contorno, puede constituir una fuente de formas "teóricas" y, en general, sugerir diferentes formas curvadas.

- Poner sobre la mesa el tema de las variantes clásicas y las "modernas" de algunos tipos de superficies como manantial generador de formas espaciales muy sugerentes desde el punto de vista constructivo. Plantear la interpretación del atractivo visual y el interés estético de estos objetos geométricos y la descripción de sus propiedades matemáticas en el ámbito creativo.
- Finalmente y con fines estrictamente docentes, cómo depurar y deslindar la enseñanza de las características matemáticas de las líneas y de las superficies con vistas a los estudios de esta materia dentro de la ingeniería y la arquitectura creativas. En este ámbito, separar los conceptos heredados por la "inercia docente", distinguir lo necesario de lo ornamental y poner de manifiesto las distinciones que trasciendan el ámbito de lo puramente académico.