

RESEÑA DEL LIBRO:

**T. K. DATTA, SEISMIC ANALYSIS OF STRUCTURES,
JOHN WILEY AND SONS (ASIA): SINGAPORE, 2010.
ISBN: 9780470824610**

Vielma, J. C.*

En la presente revisión del libro del Profesor Tushar Kanti Datta, del Instituto Indio de Tecnología, Delhi, se recogen las apreciaciones más relevantes, de cara a proporcionar guías para aquellos interesados en el tema de la dinámica de estructuras, tanto a nivel de pregrado como de postgrado. A pesar de que el libro ha sido publicado en 2010, la temática tratada resulta de particular interés, debido a la propuesta de incorporación de la asignatura Análisis Sísmico al pensum de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) Barquisimeto, Venezuela.

La obra se presenta organizada en nueve capítulos, de los cuales los seis primeros corresponden al contenido clásico de un libro básico de dinámica estructural, mientras que los tres últimos podrían considerarse apartados enfocados a temas más especializados y de reciente desarrollo. Los capítulos van acompañados de ejemplos de aplicación de los contenidos teóricos expuestos, con un grupo de ejercicios propuestos al final de cada uno. Cabe indicar que una de las principales novedades que presenta este libro es que exhibe una serie de recomendaciones para desarrollar rutinas en MATLAB® que permitan al estudiante desarrollar los ejercicios complejos de forma sistemática (Capítulos 3, 4 y 5).

En el primer capítulo el autor aborda la definición del fenómeno de los terremotos, mediante una descripción directa y sintetizada de la *Teoría de Tectónica de Placas* y su responsabilidad en el origen de los mismos. Seguidamente define ondas sísmicas, de manera descriptiva, sin profundizar en la *Teoría de Ondas* que se puede encontrar en otros textos similares.

* Docente investigador de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela. Coordinador aula UCLA-CIMNE (Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería). Doctor per la Universitat Politècnica de Catalunya (España) Correo: jcvielma@ucla.edu.ve

De manera práctica, pasa a definir los parámetros de medición de los terremotos, a través de las diferentes magnitudes que se han definido a lo largo de la historia reciente de esta ciencia, incluida la medida a través de la intensidad. Para consolidar estos conceptos, el autor se sirve de la descripción del proceso de medición a través del sismógrafo de Wood-Anderson. El capítulo culmina con tres apartados dedicados al efecto de sitio, el análisis de peligrosidad y el estudio de microzonificación, presentados de forma simplificada, lo que pudiese producir una falsa percepción de trivialidad en el lector, sin embargo el autor es consecuente con el enfoque del libro: abordar el análisis sísmico de las estructuras, restando protagonismo a detalles de la respuesta dinámica de suelos.

Actualmente los avances de las capacidades de procesamiento y almacenamiento de información de las computadoras, han permitido realizar estudios cada vez más complejos. En el caso particular de la ingeniería sísmica, se ha reflejado en la posibilidad de efectuar análisis de historia en el tiempo utilizando registros de terremotos.

El segundo capítulo va dedicado precisamente a la definición de los terremotos como excitación dinámica. Comienza definiendo los registros de historia en el tiempo, desgranando sus características y resaltado los aspectos asociados con el contenido frecuencial de un sismo. La caracterización mediante dicho contenido frecuencial, es conducida a través del ya conocido *espectro de densidad de potencia* y del *espectro de amplitudes de Fourier*, cuyas formulaciones matemáticas son desarrolladas en el texto.

Seguidamente se muestra el tercer tipo de espectro, ya en el dominio del tiempo: el espectro de respuesta. De este, se realiza una descripción sucinta, pasando a la determinación de los espectros de diseño, que son utilizados en las normativas de diseño sismorresistente. Un aspecto reciente introducido, al tratar sobre los terremotos de diseño y su selección para el análisis. De igual manera, el autor brinda la alternativa de utilizar acelerogramas sintéticos, indicando su proceso de generación, lo que incluye los acelerogramas compatibles con el espectro de diseño. Hacia el final del capítulo se introduce un apartado novedoso que trata sobre la predicción de los parámetros de la excitación sísmica; cabe indicar que éste apartado estaría más enfocado a temas especializados aplicables a investigación.

El análisis de respuesta frente a excitaciones sísmicas se refleja en el capítulo tres. La respuesta de las estructura se estudia comenzando con el sistema de un grado de libertad, planteando su equilibrio dinámico, pero sin dedicarle demasiado espacio, como suele ocurrir en otros textos similares. Lo novedoso de este libro es que prácticamente de inmediato se asume el objetivo principal que es el análisis de estructuras usuales, esto es, se desarrollan los

procedimientos que permiten obtener la respuesta de sistemas de múltiples grados de libertad, tanto planos como tridimensionales.

De manera consecuente con el enfoque aplicado en el capítulo anterior, el autor se lanza directamente a formular la solución de la respuesta de sistemas estructurales frente a excitación en la base, realizando un recorrido lógico desde el ya citado sistema de un grado de libertad, hasta los sistemas más complejos, aplicando cuatro métodos de resolución: el *método de la integral de Duhamel*, el *método beta de Newmark*, el *método de espacio de estado* y el *método de transformada de Fourier*. Al final del capítulo se presenta un tema destinado al análisis modal, que aparece quizá desconectado del último apartado, puesto que su naturaleza lo vincula más a los primeros contenidos del capítulo, pero que sin embargo es fundamental para poder afrontar los de los capítulos siguientes. En este capítulo se comienza a hacer uso de MATLAB® como herramienta de apoyo, sobre todo en los procedimientos que se resuelven mediante integración numérica.

En el cuarto capítulo se trata el tema del análisis espectral en el dominio de la frecuencia. En este, se estudia la respuesta de sistemas elásticos sometidos a excitaciones aleatorias o estocásticas, aplicando técnicas con base en el dominio de la frecuencia. Lo expuesto en este capítulo es de especial interés, ya que no es usual su abordaje en otros libros de dinámica de estructuras. El autor realiza una definición pormenorizada de las herramientas necesarias para procesar excitaciones aleatorias, donde el apartado central es la matriz de la función espectral de densidad de potencia. El capítulo contiene una propuesta para desarrollar un programa en MATLAB® para el análisis espectral de estructuras bajo excitación múltiple de sus apoyos.

Uno de los temas que podría considerarse de mayor interés práctico se encuentra en el capítulo cinco, ya que se desarrollan procedimientos que son de aplicación directa al análisis estructural convencional. El autor realiza una cuidadosa exposición de las bases en las que se fundamenta la determinación de las fuerzas sísmicas equivalentes a partir de la aceleración de la base, y como los diferentes resultados se combinan para producir el valor máximo probable.

Este desarrollo conduce a la definición del espectro de respuesta como sumario de las respuestas máximas de sistemas de un grado de libertad frente a un acelerograma específico y que da a su vez permite definir el espectro de diseño, que se utiliza tanto para obtener las fuerzas equivalentes por análisis modal o por el simple método del coeficiente sísmico. Finaliza el capítulo con un resumen de los espectros elásticos e inelásticos de diseño tipificados en algunas de las normas internacionales más relevantes: a) norma internacional de

construcción (IBC-2000), b) norma nacional de construcción de Canadá (NBCC-1995), c) norma europea (Eurocode 8-2005), d) la norma de Nueva Zelanda (NZ 4203:1992), y la norma de la India (IS 1893-2002).

En el sexto capítulo se estudia la respuesta inelástica de las estructuras. El tema es abordado de forma progresiva, comenzando con los sistemas de un grado de libertad con diferentes tipos de leyes de comportamiento histerético, que permiten entender conceptos que luego son ampliados a sistemas planos de múltiples grados de libertad y sistemas tridimensionales de múltiples grados de libertad. Los procedimientos de aplicación son ilustrados con ejemplos prácticos, con el objetivo de guiar al lector por el procedimiento de análisis no lineal de edificios aportcados, una de las tipologías estructurales que reciben especial atención dentro de la ingeniería sísmica.

El análisis no lineal tiene una expresión muy popular en el conocido método de análisis con empuje incremental (*Pushover analysis*) que es expuesto en este libro de forma simplificada y directa e ilustrado mediante un ejemplo. A raíz de los resultados obtenidos el autor ve la necesidad de introducir un concepto fundamental dentro de la ingeniería sísmica, que es aplicado para evaluar la respuesta de las estructuras: la ductilidad. Finalmente, este concepto es aplicado a la obtención del espectro inelástico de diseño, en formato tri-partito.

60

En el capítulo siete comienzan a tratarse temas avanzados, comenzando con la interacción suelo-estructura. Este capítulo, a pesar de ser uno de los más extensos, intenta cubrir un tópico que ha generado diversas investigaciones durante las dos décadas pasadas. El autor comienza exponiendo la propagación de ondas sísmicas dentro del suelo, con la finalidad de comprender cómo se alteran las propiedades dinámicas del mismo cuando no son muy firmes. El suelo es modelado como un sistema de múltiples grados de libertad, para pasar luego al modelado en dos y tres dimensiones aplicando técnicas de elementos finitos. La resolución se centra entonces en dos tipos de problemas de interacción suelo y estructura: donde esta última se encuentra apoyada sobre el suelo, y donde la estructura se encuentra embebida en el suelo.

En el primer tipo de problemas se recurre a la determinación de las características modales del suelo con la finalidad de obtener el amortiguamiento modal equivalente, como aspecto más interesante entre los expuestos por el autor. Finalmente, los últimos apartados del capítulo son dedicados al análisis de estructuras embebidas en el suelo, teniendo como aplicaciones directas el estudio de la interacción en túneles y tuberías enterradas, de especial interés para ingenieros que diseñan la protección sísmica de este tipo de estructuras tan particulares.

El análisis de confiabilidad estructural se desarrolla en el capítulo ocho. Este tampoco es un tópico muy usual en los libros reconocidos sobre dinámica estructural. Se fundamenta en la tendencia actual que presentan los enfoques de diseño sismorresistente: el estudio de la respuesta mediante estados límite. El autor profundiza en el terreno de las incertidumbres que pueden conducir al fallo de una estructura durante un evento sísmico, para lo que es necesario utilizar herramientas diferentes a las usadas hasta este punto: la probabilística. De acuerdo con esto último, el autor define los métodos probabilistas que permiten, de forma general, determinar la probabilidad del fallo estructural: el *Método de Primer Orden y Segundo Momento*, el *Método de Hasofer-Lindt*, el *Método de Confiabilidad de Segundo Orden* y el *Método de Confiabilidad* con base en simulaciones.

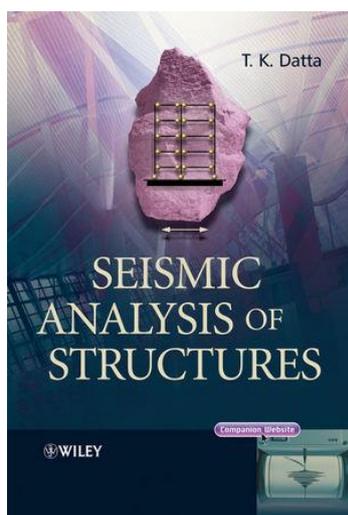
Seguidamente pasa a describir el análisis de confiabilidad sísmica. Una de las fuentes principales de incertidumbre que el autor aborda es la referente a los movimientos sísmicos utilizados en dicho análisis. Así, trata el tema en cuanto a la señal sísmica en sí, y en cuanto a la alteración de la misma por el efecto de sitio. Finalmente, muestra métodos analíticos de la confiabilidad sísmica, dentro de los cuales destaca el de confiabilidad sísmica usando matrices de probabilidad de daño, que a pesar de su popularidad, no recibe la atención y desarrollo que merece.

Finalmente, en el capítulo nueve se expone el control sísmico de las estructuras. A pesar de ser un tópico que por su extensión amerita, y de hecho ha sido desarrollado por notables autores, para el desarrollo de una obra exclusivamente dedicada al tema, el autor procura introducir al lector, al menos de una forma general, en este mundo relativamente nuevo: el control de las estructuras pasivo y activo. Dentro de los métodos de control pasivo, se describe los sistemas de aislamiento de base más conocidos, presentando un ejemplo de diseño de aislador de base para luego mostrar la aplicación al diseño de la estructura aislada. Pasa luego al otro tipo de control pasivo: el de los disipadores de energía a través de los amortiguadores visco-elásticos.

El control activo, desarrollado más recientemente, es introducido de forma directa, mostrando sus aspectos esenciales, dentro de los cuales destaca el algoritmo de control y su desarrollo. Cierra este capítulo un apartado dedicado a los sistemas semi-activos de control.

Una vez analizado el contenido del libro, puede concluirse que el mismo presenta interesantes innovaciones que permiten complementar, sin llegar a sustituir, la bibliografía básica utilizada en un curso de dinámica estructural para estudiantes de pregrado en el área de ingeniería civil, logrando inclusive aportar temas de interés a estudiantes de postgrado, que deseen incorporar

procedimientos específicos de análisis dentro de sus proyectos de investigación.



T. K. DATTA, SEISMIC ANALYSIS OF STRUCTURES,
JOHN WILEY AND SONS (ASIA): SINGAPORE, 2010.
ISBN: 9780470824610