



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

San Miguel de Tucumán, **15 SEP 2020**

VISTO el Expte. N° 61434-87 por el cual la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología solicita la aprobación de la reformulación de la carrera de posgrado **DOCTORADO EN INGENIERÍA**; y

CONSIDERANDO:

Que la carrera de posgrado Doctorado en Ingeniería fue creada por resolución N° 1182/88 de este Cuerpo, y sus modificatorias;

Que la misma se encuentra actualmente acreditada por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) mediante resolución N° 428/11, y cuenta con Reconocimiento Oficial y la consecuente Validez Nacional de su Título aprobada mediante resolución N° 1527/15 del Ministerio de Educación de la Nación;

Que en razón de haberse comunicado la convocatoria de CONEAU para el Área Ciencias Aplicadas durante el período 2020, corresponde la presentación de la misma para su re acreditación;

Que mediante resolución N° 1509/19 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, se solicita la reformulación de la carrera, con el aconsejamiento favorable de la Dirección de Posgrado de esa Unidad Académica, atento a lo solicitado por la Dirección de la carrera;

Por ello, teniendo en cuenta lo dictaminado por el Consejo de Posgrado y de acuerdo a la votación unánime de los consejeros;

EL HONORABLE CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

-En sesión ordinaria virtual de fecha 23 de junio de 2020-

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º - APROBAR la reformulación de la carrera de posgrado **DOCTORADO EN INGENIERÍA** de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, cuyo texto ordenado corre agregado como Anexo de las presentes actuaciones, atento a lo solicitado mediante resolución N° 1509/19 del Consejo Directivo de esa Unidad Académica, y lo expuesto en el exordio.

ARTÍCULO 2º: Hágase saber, tome razón Dirección General de Títulos y Legalizaciones, y vuelva a la Facultad de origen a sus efectos.

RESOLUCIÓN N°: **0415 2020**

s.a.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOVE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



ANEXO RESOLUCIÓN N°: 0415 2020

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE POSGRADO "DOCTORADO EN INGENIERIA"

1. Fundamentos

La formación del Ingeniero Civil apunta en general a asegurar una capacitación exclusivamente profesional de los futuros egresados. Se ha descuidado la formación de recursos humanos para integrar y mantener actualizados los cuadros de docentes e investigadores que permitan a nuestras universidades satisfacer las necesidades de investigación y desarrollo científico-tecnológico del país. La enseñanza de cuarto nivel trae aparejada una elevación de la calidad de la enseñanza de grado, seriamente resentida en los últimos años, y permite reducir la duración de la carrera de grado al mismo tiempo que formar profesionales que responden mejor a los requerimientos del mercado. De lo expuesto anteriormente, se desprende que los principales usuarios de los recursos humanos formados en el posgrado son las universidades y los centros de investigación y desarrollo. No puede ignorarse el impacto de dichos recursos en el campo profesional, especialmente en consultorías especializadas.

2. Objetivos

2.1 Objetivos Generales

Formación de recursos humanos para la investigación científica y tecnológica, y la docencia universitaria en el área de la Ingeniería Estructural. Esta formación se logra a través de la realización de cursos de estudios, trabajos de investigación, seminarios y elaboración de tesis de postgrado.

2.2 Objetivos Específicos

Perfeccionar y ampliar la formación académica del estudiante graduado, capacitándolo específicamente para la docencia universitaria a través de estudios interdisciplinarios y la intensificación de su actividad creadora mediante la realización de trabajos de investigación independientes que culminan en una tesis que constituye una contribución original en el área de la Ingeniería Estructural.

3. Perfil del Egresado

Se espera que el egresado adquiera:

- Conocimientos profundos en las disciplinas que constituyen la base científica de la Ingeniería Estructural que le permitan encarar temas de avanzada y proponer soluciones innovadoras en su especialidad.
- Dominio de las Ciencias de la Ingeniería que le permita el dictado de cursos avanzados para las carreras de posgrado.
- Experiencia en la metodología de la investigación científica que le permitan planificar y dirigir actividades de investigación independientes.
- Capacidad para formar recursos humanos.
- Capacidad para realizar trabajos profesionales de alta complejidad y asesorar en el estudio de problemas no convencionales.

4. Destinatarios

La carrera está destinada a Ingenieros Civiles, Ingenieros en Construcciones, Ingenieros Aeronáuticos, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Electromecánicos o Ingenieros en Materiales.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ag. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

5. Nombre de la Carrera

DOCTORADO EN INGENIERÍA.

6. Grado Académico

DOCTOR EN INGENIERIA

7. Sede de la Carrera

INSTITUTO DE ESTRUCTURAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
Avda. Independencia 1.800
(4.000) San Miguel de Tucumán, Tucumán
Tel./Fax.: (+054) (381) 436 4087
E-mail: labest@herrera.unt.edu.ar

8. Diseño curricular

El plan de estudios propuesto está diseñado para formar un investigador científicotecnológico en el campo de la Ingeniería. Por un lado, consiste en la adquisición de conocimientos avanzados en las disciplinas que constituyen la base científica de la Ingeniería y por otro, en la adquisición y el dominio de nuevas herramientas numéricas y experimentales para la investigación científica y tecnológica. Consiste en : a) Tres materias instrumentales obligatorias (160 horas); c) ocho materias fundamentales obligatorias (340 horas) y d) dos a cuatro materias especializadas electivas (80 horas). Las materias son preenciales.

Se exige además la realización de un mínimo de 180 horas de tutorías en proyectos de investigación del Instituto de Estructuras y la realización de un trabajo de Tesis.

9. Duración y carga horaria total

Duración total de la carrera: Mínimo 48 meses, máximo 72 meses.

Comprende 620 hs de clases presenciales y 180hs de participación en proyectos de investigación del Instituto de Estructuras

10. Estructura Curricular

10.1 Plan de Estudios y Carga Horaria

11. Actividad Curricular	Tipo de Desarrollo	Caracter	Carga Horaria (hs)	Responsable
Análisis Matricial de Estructuras	Curso Teórico-Práctico	Instrumental Obligatorio	20	Ing. S. Gutiérrez y Dr. M. Almenar
Matemática para Ingenieros	Curso Teórico-Práctico	Instrumental Obligatorio	60	Mg. Lic. A. Ramos y Dr. Lic. Silvina Real
Cálculo Numérico	Curso Teórico-Práctico	Instrumental Obligatorio	80	Mg. Lic. P. Fernández y Mg. Lic. G. Luccioni
Mecánica de los	Curso Teórico-	Fundamental	40	Dr. Ing. M. Luege y Dra.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Dr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Sólidos I	Práctico	Obligatorio		Ing. Bibiana Luccioni
Mecánica de los Sólidos II	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dra. Ing. B. Luccioni y Dra. Ing. M. Luege
Métodos Numérico-Computacionales I	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	60	Dr. Ing. G. Etse y Dra. Ing. S. Vrech.
Dinámica Estructural I	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dr. Ing J. C. Ramallo y Dr. Ing. G. Aráoz
Dinámica Estructural II	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dr. Ing J. C. Ramallo y Dr. Ing. G. Aráoz
Modelación Constitutiva I	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dra. Ing. B. Luccioni y Dr. Ing. F. Isla
Modelación Constitutiva II	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dra. Ing. B. Luccioni y y Dr. Ing. F. Isla
Mecánica Experimental	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Dr. Ing. D. Sfer e Ing. P.A. Pascual
Seguridad de las Estructuras	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. O. Möller
Diseño de Experimentos y Análisis de Datos	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dra. Lic. A. Sfer
Temas Especiales de Hormigón Armado y Pretensado	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. G. Pérez y Dr. Ing. M. A. Daziano
Dinámica Estructural III	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. D. Ambrosini
Métodos Numérico-Computacionales II	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. G. Etse


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Modelación Constitutiva III	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. S. Oller
Inestabilidad	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. L. Godoy
Temas Especiales de Mecánica de los Suelos	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. Ing. A. Jacinto
Temas Especiales de Tecnología de los Materiales	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	20	Dr. Ing. R. Zerbino e Ing. G. Giaccio

Total cursos	620 hs
Participación en proyectos de investigación	180 hs
Total	800 hs

10.2. Reconocimiento de otros cursos de posgrado

Dentro de las 620 hs del Curso de Estudios se podrán incluir, con la aprobación de Comité de Académico, cursos de posgrado aprobados en la UNT o en otras Universidades o Centros de Investigación del país o del Extranjero que resulten necesarias para completar la formación básica exigida o que, a criterio de la Comisión de Supervisión, sean indispensables para el adecuado desarrollo de la Tesis.

12. Contenidos Mínimos del Plan de Estudios y Bibliografía

ANÁLISIS MATRICIAL DE ESTRUCTURAS

Introducción de los métodos matriciales en ingeniería. Introducción al Álgebra matricial. Definiciones básicas. Operaciones fundamentales. Introducción al análisis matricial de estructuras. Análisis matricial de sistemas reticulados. Método de la rigidez directa. Sistemas apertados planos y espaciales. Condiciones de borde. Cargas por temperatura y corrimiento de apoyos. Aplicaciones con programas y programación de sistemas estructurales de barra.

Bibliografía

- Brebbia C. and Ferrante A.J.. Computational Methods for the Solution of Engineering Problems..Pentech Press Limited, 1978.
- Ern A., Guermont, J , Theory and Practice of Finite Elements. Springer USA. 2010
- Fenner, Roger T. Finite Element Methods for Engineers. Imperial College Press. 1996.
- Galíndez E.. Análisis Matricial de Estructuras de Barras. Fac. de Ciencias Exactas y Tecnología, 1988.
- Martin. Introduction to Matrix Methods of Structural Analysis. McGraw-Hill. Inc., 1966.
- Matlab para Ingenieros. Manual. 2018.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Przemieniecki. Theory of MatrixStructuralAnalysis. McGraw-Hill, Inc., 1968.
- Weaver, Jr. ComputerProgramsforStructuralAnalysis. Van Nostrand Company, 1967.

MATEMÁTICA PARA INGENIEROS

Espacios normados. Espacios con producto interno. Espacios de Banach y espacios de Hilbert. Nociones topológicas en espacios normados.

Ecuaciones diferenciales ordinarias: definición, clasificación y soluciones. Problemas de valores iniciales y problemas de contorno. Problemas bien condicionados. Teorema local de existencia de soluciones. Teorema local de existencia y unicidad de soluciones.

Métodos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden. Método de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales con coeficientes constantes homogéneas de orden superior. Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden superior inhomogénea: método de variación de los parámetros. Método de series para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de segundo orden.

Problema regular de SturmLiouville: definición y propiedades. Serie generalizada de Fourier. Ecuaciones diferenciales parciales: definición, clasificación y soluciones. Clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales lineales de segundo orden. Problema de contorno lineal: definición, propiedades. Método de separación de variables para: la ecuación de onda unidimensional, la ecuación de calor unidimensional, la ecuación de Laplace (regiones rectangulares y circulares) y la ecuación de onda amortiguada.

Bibliografía

- Weimberger, H. F.: "Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales", Editorial Reverté S.A., 1979.
- Kreider, Kuller, Ostberg: "Introducción al Análisis Lineal", Partes I-II, Fondo Educativo Interamericano S.A., 1971.
- Nagle R. K., Saff E. B., Snider A.D.: "Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera", Pearson Educación, 2001.
- Kreider, Kuller, Ostberg: "Ecuaciones Diferenciales", Fondo Educativo Interamericano S.A., 1973.
- Edwards, Penney: "Ecuaciones Diferenciales Elementales con Aplicaciones", Editorial Prentice Hall, 1986.
- Fazlollah Reza: "Los Espacios Lineales en la Ingeniería", Editorial Reverté S.A., 1977.
- Coddington: "Introducción a las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias", Editorial Continental S.A.
- Novo, Obaya, Rojo: "Ecuaciones y Sistemas Diferenciales", Editorial McGraw- Hill, 1995.
- Boyce W. E., DiPrima R. C.: "Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems". Ed. John Wiley&Sons, 7th Edition.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



CÁLCULO NUMÉRICO

Teoría de errores. Resolución de Ecuaciones no Lineales. Solución Numérica de Sistemas de ecuaciones Lineales y no Lineales. Aproximación de funciones. Cuadratura numérica. Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales. Manejo de la biblioteca IMSL de rutinas matemáticas

Bibliografía:

- Atkinson K. An introduction to Numerical Analysis. John Wiley & Sons. New York, 1978.
- Burden R. L. y Faires J. D. Análisis Numérico. 9va Ed. CENGAGE LEARNING, 2011.
- Chapra S., Canale R. Métodos Numéricos para Ingenieros. 7ma Ed. Mc. Graw Hill, 2016.
- Curtis G., Wheatley P. Análisis Numérico con Aplicaciones. Pearson Education, 2000.
- Cheney W. y Kincaid D. Métodos Numéricos y Computación, 6ta Ed. CENGAGE LEARNING, 2011.
- Gilat A., Subramaniam V. Numerical Methods for Engineers and Scientists. Wiley, 2008.
- Maron M. Numerical Analysis: A Practical Approach. Mac Millan Publishing Company N.Y, 1987.
- Nagle R. K., Saff, E. B. Snider, A. D. Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera. Pearson, 2005.

MECÁNICA DE LOS SÓLIDOS I

Análisis Tensorial. Tensiones. Deformaciones. Ecuación de continuidad. Ecuación de Movimiento. Momento de la cantidad de movimiento. Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Potenciales termodinámicos. Relación tensión-deformación para materiales elásticos isótropos. Problemas de contorno. Principio de Saint Venant. Equilibrio y unicidad de las soluciones.

Bibliografía

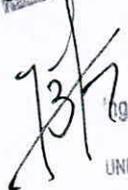
- Dym C. L., Shames I. H., "Solid Mechanics: A Variational Approach", Mc. Graw- Hill, 1973. Fung Y.C., Foundations of Solids Mechanics, Prentice Hall, 1965
- Fung Y. C., "Classical and Computational Solid Mechanics (Advanced Series in Engineering Science)", World Scientific Publishing, 2005.
- Malvern L.E., Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, Prentice Hall, USA, 1969.
- Maugin G. A., "The Thermomechanics of Plasticity and Fracture", Camb. Univ.Press, 1992.
- Shames I., "Mechanics of Deformable Solids", Prentice-Hall, Inc., 1964.

MECÁNICA DE LOS SÓLIDOS II

Problemas de Elasticidad

Cálculo variacional. Máximos y mínimos de funciones de una o más variables. Ecuación de Euler.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Lema fundamental del Cálculo Variacional. Extremos y funciones estacionarias del problema variacional. Condiciones naturales de contorno y condiciones de transición. Expresión variacional del problema de Dirichlet. Restricciones y multiplicadores de Lagrange. Puntos extremos variables. Métodos directos en los problemas variacionales.

Trabajo y energía. Principio de Deformaciones Virtuales. Principios de Fuerzas Virtuales. Potencial Total. Teorema de Castigliano. Potencial Total Complementario. Teoremas de Engesser y Castigliano II. Leyes de Betti y Maxwell. Principio de Hamilton. Funcionales cuadráticos. Métodos aproximados de Ritz y Galerkin.

Bibliografía

- Dym C. L., Shames I. H., "Solid Mechanics: A Variational Approach", Mc. Graw- Hill, 1973.
- Elsgoltz L., "Ecuaciones Diferenciales y Cálculo Variacional", Editorial MIR, Moscú, 1969.
- Fung Y.C., Foundations of Solids Mechanics, Prentice Hall, 1965
- Fung Y. C., "Classical and Computational Solid Mechanics (Advanced Series in Engineering Science)", World Scientific Publishing, 2005.
- Fox C., "An Introduction to the Calculus of Variations", Dover Publications Inc., New York, 1987.
- Gould S. H., "Variational Methods for Eigenvalue Problems" Dover Publications Inc., New York, 1995.
- Hildebrand F. R., "Métodos de la Matemática Aplicada", Editorial EUDEBA, Buenos Aires, 1973.
- Krasnov M.L: et al. "Cálculo Variacional – Ejemplos y problemas", Editorial MIR, Moscú, 1976.
- Malvern L.E., Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, Prentice Hall, USA, 1969.
- Maugin G. A., "The Thermomechanics of Plasticity and Fracture", Camb. Univ.Press, 1992.
- Sagan H., "Introduction to the Calculus of Variations", Dover Publications Inc., New York, 1992.
- Shames I., "Mechanics of Deformable Solids", Prentice-Hall, Inc., 1964.
- Weinstock R., "Calculus of Variations with Applications to Physics and Engineering", Dover Publications Inc., New York, 1995.

MÉTODOS NUMÉRICO-COMPUTACIONALES I

La mecánica del continuo. Formulaciones diferenciales. Formulaciones integrales: principios físicos globales, principios variacionales.

El método de las diferencias finitas : Propiedades generales, errores, problemas de valores de contorno, aplicaciones.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Método de los residuos ponderados y variacionales

El método de elementos finitos. Formulación de elementos finitos basada en campos de desplazamientos. Partición del dominio, interpolación local, ensamble, condiciones de contorno. Criterios de convergencia. Errores. Elementos isoparamétricos y mixtos. Implementación numérica.

Bibliografía

- Bathe, K.J., "Finite Element Procedures in Engineering Analysis". Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1982.
- Crisfield M. Finite Elements and Solution Procedures for Structural Analysis, Vol I: Linear Analysis, Pineridge Press, Swansea, U. K., 1986.
- Felippa C. Apuntes de Clases de Cursos de Postgrado "Finite Element Method. Linear Analysis" de la Universidad de Colorado en Boulder.
- Hugues T.J.R. The Finite Element Method -Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis: Prentice-Hall, 1987.
- Zienkiewicz, O.C. El Método de los Elementos Finitos Parte I y II. Mc Graw-Hill, 1980.

DINÁMICA ESTRUCTURAL I

Ecuaciones de movimiento. Sistemas de un grado de libertad: Vibraciones libres y vibraciones forzadas. Sistemas de varios grados de libertad: Vibraciones libres, modos naturales de vibración, vibraciones forzadas, método de superposición modal, integración directa de las ecuaciones de movimiento.

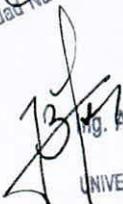
Bibliografía

- Biggs J.M. Introduction to Structural Dynamics. McGraw-Hill, Inc., 1964
- Clough R.W. and Penzien J. Dynamics of Structures. McGraw-Hill, Inc., Second Edition, 1993.
- Chopra A. Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. Pearson-Prentice Hall. Third Edition, 2007.
- Hurty W.C. and Rubinstein M.F. Dynamics of Structures. Prentice-Hall, Inc. 1964
- Meirovitch L. Elements of Vibration Analysis. McGraw-Hill, Inc., 1986
- Paz M. and Leigh W. Structural Dynamics: Theory and Computation. Kluwer Academic Publishers. Fifth Edition, 2004.
- Paz M. International Handbook of Earthquake Engineering Codes, Programs, and Examples. Chapman & Hall, Inc., 1994.

DINÁMICA ESTRUCTURAL II

Sistemas continuos: Vibraciones Libres. Método de superposición modal, método de la rigidez dinámica. Análisis sísmico determinístico: Espectros de respuesta, sistemas de n grados de libertad, análisis modal paso a paso, análisis modal espectral, análisis no-lineal. Interacción suelo-estructura,

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

modelos aproximados.

Bibliografía

- Biggs J.M. Introduction to Structural Dynamics. McGraw-Hill, Inc., 1964
- Clough R.W. and Penzien J. Dynamics of Structures. McGraw-Hill, Inc., Second Edition, 1993.
- Chopra A. Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. Pearson-Prentice Hall. Third Edition, 2007.
- Hurty W.C. and Rubinstein M.F. Dynamics of Structures. Prentice-Hall, Inc. 1964
- Meirovitch L. Elements of Vibration Analysis. McGraw-Hill, Inc., 1986
- Paz M. and Leigh W. Structural Dynamics: Theory and Computation. Kluwer Academic Publishers. Fifth Edition, 2004.
- Paz M. International Handbook of Earthquake Engineering Codes, Programs, and Examples. Chapman & Hall, Inc., 1994.

MODELACIÓN CONSTITUTIVA I

Ecuaciones Constitutivas. Materiales ideales. Clasificación general de los modelos constitutivos.

Fenomenología de las deformaciones plásticas. Teoría incremental de la plasticidad. Superficie de fluencia y superficie de carga plástica. Condiciones de carga/descarga. Regla de flujo plástico. Postulados de estabilidad de Drucker. Axioma de la Máxima Disipación Plástica. Teoremas fundamentales. Variables generalizadas.

Implementación numérica de modelos elastoplásticos.

Bibliografía

- Chen, W.F., Plasticity in Reinforced Concrete, Mc Graw Hill, 1982.
- Crisfield, Non Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vol. I y II, John Willey & Sons, England, 1991.
- Desai, Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis in Geological Materials, Prentice Hall, 1984.
- Fung Y.C., Foundations of Solids Mechanics, Prentice Hall, 1965
- Hill, R., The Mathematical Theory Of Plasticity, Oxford university Press, Ely House, London, 1967.
- Hinton y Owen, Finite Elements in Plasticity, Pineridge Press Limited, Swansea, 1980.
- Johnson, W. and Mellor P.B., Engineering Plasticity, Van Nostrand Reinhold London, 1973.
- Kachanov, L.M., Fundamentals of the Theory of Plasticity, Mir Publishers, 1974

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Dr. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Kojic M., Bathe k. J., Inelastic Analysis of Solids and Structures, Computational Fluid and Solid Mechanics, Springer, 2005.
- Lemaitre J., Chaboche J.L., Mechanics of Solids Materials, Cambridge University Press, 2000.
- Lubliner, J., Plasticity Theory, Mc. Millan Publishing U.S.A., 1990.
- Malvern, Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, Prentice Hall, USA, 1969.
- Maugin G.A., The Thermomechanics of Plasticity and Fracture, Cambridge University Press, 1992.
- Oller S., Fractura Mecánica. Un enfoque global, CIMNE, Barcelona, España, 2001.
- Simo and Hughes, Computational Inelasticity, Interdisciplinary Applied mathematics, Springer, 1997

MODELACIÓN CONSTITUTIVA II

Fractura. Objetividad de la respuesta.

Modelos de daño. Daño escalar. Daño anisótropo. Daño unilateral. Plasticidad y daño acoplados.

Modelos dependientes del tiempo: daño viscoso y viscoplasticidad. Modelos viscoelásticos.

Métodos numéricos de solución. Aplicaciones.

Bibliografía

- Chen, W.F., Plasticity in Reinforced Concrete, Mc Graw Hill, 1982.
- Crisfield, Non Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vol. I y II, John Willey&Sons, England, 1991.
- Desai, Constitutive Laws for Engineering Materials with Emphasis in Geological Materials, Prentice Hall, 1984.
- Fung Y.C., Foundations of Solids Mechanics, Prentice Hall, 1965
- Hill, R., The Mathematical Theory Of Plasticity, Oxford university Press, Ely House, London, 1967.
- Hinton y Owen, Finite Elements in Plasticity, Pineridge Press Limited, Swansea, 1980.
- Johnson, W. and Mellor P.B., Engineering Plasticity, Van Nostrand Reinhold London, 1973.
- Kachanov, L.M., Fundamentals of the Theory of Plasticity, Mir Publishers, 1974
- Kojic M., Bathe k. J., Inelastic Analysis of Solids and Structures, Computational Fluid and Solid Mechanics, Springer, 2005.
- Lemaitre, J., A Course on Damage Mechanics, SpingerVerlag Berlin Heidelberg, 1996.
- Lemaitre J., Chaboche J.L., Mechanics of Solids Materials, Cambridge University Press, 2000.
- Lubliner, J., Plasticity Theory, Mc. Millan Publishing U.S.A., 1990.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Luccioni B., Mecánica de Daño Continuo. Monografía CIMNE N°71, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, España, Marzo 2003. ISBN 84-95999-19-6
- Malvern, Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, Prentice Hall, USA, 1969.
- Maugin G.A., The Thermomechanics of Plasticity and Fracture, Cambridge University Press, 1992.
- Oller S., Fractura Mecánica. Un enfoque global, CIMNE, Barcelona, España, 2001.
- Simo and Hughes, Computational Inelasticity, Interdisciplinary Applied mathematics, Springer, 1997

MECÁNICA EXPERIMENTAL

Análisis Experimental de Tensiones. Conceptos Fundamentales en la Medición de Experimental: Longitud base. Sensibilidad de deformación. Sensibilidad específica de deformación. Reproducibilidad. Precisión de la medición. Exactitud. Rango. Determinaciones panorámicas o de campo y determinaciones puntuales. Errores. Extensometría. Distintos tipos de sensores. Puentes de medición. Equipos de adquisición de datos. Procesamiento, registro y graficación de señales. Control de ensayos. Ensayos de caracterización material. Diseño de ensayos. Auscultación de Obras Civiles.

Bibliografía

- Durelli, A.J. "Applied Stress Analysis". Civil Engineering and Engineering Mechanics Series. Prentice Hall, International, Inc. (1967). U.S.A.
- Sabnis, G.M., Harris, H.G., White, R.N., Mirza, M.S. "Structural Modeling and Experimental Techniques". Prentice Hall, International, Inc. (1983). U.S.A.
- Coker & Filon. "A Treatise on Photoelasticity". Cambridge University Press (1957). U.S.A.
- Doyle J. Experimental Stress Analysis, John Wiley and Sons Ltd., Inglaterra 2004.
- Dally J. and Riley W. Experimental Stress Analysis, , Mc Graw Hill, USA, 1991.
- Frocht, M.M. "Photoelasticity", Vol.I and Vol. II. John Wiley and Sons., Inc. (1954). U.S.A.
- Hossdorf, H. "Model Analysis of Structures". Van Nostrand Reinhold Company. U.S.A. (1971).
- Bridgman P. W. Dimensional Analysis, Yale University Press, (1963).
- Henry L. Langhaar , Dimensional Analysis and Theory of Models, Krieger Publishing Company, 1980.
- K. Hoffmann, An Introduction to Measurements using Strain gages, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, 1989.

SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

Evaluación de la confiabilidad de estructuras. Incertidumbres. Teoría de la confiabilidad estructural. Clasificación de métodos de confiabilidad estructural. Fundamentos de la teoría de probabilidades. Conceptos generales. Variables aleatorias. Vectores aleatorios. Procesos estocásticos.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Métodos de evaluación de la probabilidad de falla. Métodos de segundo momento y transformación. Métodos de integración y simulación. Límites de la probabilidad de falla para sistemas estructurales. Problemas dependientes del tiempo.

Aproximación de la respuesta estructural. Método de la superficie de respuesta. Método de interpolación local. Método de redes neuronales.

Probabilidad de falla de sistemas lineales bajo vibraciones aleatorias. Respuesta estocástica de sistemas lineales. Modelo de la estructura. Evaluación de la sollicitación. Evaluación de la resistencia. Cálculo de la probabilidad de falla.

Calibración de códigos. Generalidades. Formatos determinísticos de verificación de la seguridad. Relación entre los coeficientes parciales y la evaluación de la probabilidad de falla.

Procedimiento general para la determinación de los coeficientes parciales. Aplicación: calibración de código sismorresistente. Generalización del proceso de calibración. Aplicaciones. Vulnerabilidad sísmica de estructuras: una aproximación probabilística usando redes neuronales. Confiabilidad de sistemas estructurales bajo acciones sísmicas, utilizando diferentes aproximaciones de la respuesta no lineal. Confiabilidad de pórticos sismorresistentes utilizando redes neuronales con diferentes estrategias de entrenamiento

Bibliografía

- Ang, A. A-S, Tang, W.H. Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Vol.I: Basic Principles (1975), Vol.II: Decision, Risk, and Reliability. (1984) John Wiley and Sons, Inc.
- Clough, R.W, Penzien, J. (1975). Dynamics of Structures. McGraw-Hill.
- Ditlevsen, O., Madsen, H.O. (1996). Structural Reliability Methods. John Wiley & Sons.
- Foschi, R.O., Folz, B., Yao, F., Li, H. (1998). "Software RELAN: Reliability analysis". Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Grandhi, R., Canfield, R.A., Choi, S-K. (2007). Reliability-based Structural Design, SpringerVerlag.
- Hurtado, J. (2004). Structural Reliability – Statistical Learning Perspectives. Lectura Notes in Applied and Computational Mechanics, Vol.17, Springer Verlag.
- Lin, Y.K. (1967). Probabilistic Theory of Structural Dynamics. Mc Graw-Hill.
- Madsen, H.O., Krenk, S., Lind, N.C. (1986). Method of Structural Safety, Prentice-Hall, Inc.
- Melchers, R.E., Beck, A.T. (2018). Structural Reliability: Analysis and Prediction, 3rd Edition, John Wiley & Sons.
- Möller, O. (1989). "Diseño probabilístico de estructuras para depósitos de agua elevados solicitados por acción sísmica". Tesis de Magister en Ingeniería Estructural, Universidad Nacional de Rosario.
- Möller, O. (2001). "Metodología para evaluación de la probabilidad de falla de estructuras sismorresistentes y calibración de códigos". Tesis de Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario.
- Möller, O. (2012). "Seguridad de las Estructuras". Apunte para el curso de Posgrado
- Nowak, A.S., Collins, K.R. (2012). Reliability of Structures, Second Edition, CRC Press Book. Taylor & Francis Group.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



- Newland, D.E. (1975). Random Vibration and Spectral Analysis. LongmanGroup Ltd. London.
- Thoft Christensen, P., Baker, M.J. (1982). Structural Reliability Theory and Its Applications. SpringerVerlag, Berlin Heidelberg, New York.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Estadística. Etapas de un estudio estadístico. El papel del diseño experimental. Población y muestra. Sesgo de muestreo. Métodos de muestreo. Estimación, errores de estimación. Intervalos de confianza. Determinación del tamaño muestral. Contraste de hipótesis para una y dos poblaciones. Comparación de más de dos poblaciones. Comparaciones múltiples. Diseño de experimentos. Análisis de regresión.

Bibliografía

- Box, E. P., Hunter, W.G., Hunter, J.S. Estadística para Investigadores. Reverté, 2008.
- Kish, Leslie. Muestreo de encuestas. Editorial Trillas. (1979).
- Miller y Freund. Probabilidad y Estadística para ingenieros. Prentice-Hall Hispanoamericana (1997)
- Peña, Daniel. Estadística Modelos y Métodos 2. Modelos y Series Temporales. Alianza Universidad Textos (2000).
- Peña y Romo. Introducción a la Estadística para Ciencias Sociales. McGraw-Hill. Interamericana de España (1997).
- Smith, Peter. Into Statistics. Springer (1998).
- Walpole, Myers y Myers. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Prentice Hall. Hispanoamericana, S.A., 1998.

TEMAS ESPECIALES DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

Introducción al Problema no lineal. No linealidad material. No linealidad física. Comportamiento instantáneo y diferido de los materiales. Fluencia lenta y retracción del hormigón. Relajación del acero de pretensado. Modelos reológicos. Análisis seccional. Diagramas momento-curvatura Estrategias de análisis no lineal. Análisis de estructuras de barras: Método de los elementos finitos. Implementación computacional. Método matricial generalizado Análisis en el tiempo. Procesos constructivos evolutivos

Bibliografía

- Chen, W.F., Plasticity in Reinforced Concrete, Mc Graw Hill, 1982.
- ClimentMolins "Un model per l'anàlisi del comportamentresistent de construccions de maçoneria", Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería de la Construcción, E.T.S.I.C.C.P.B., Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.
- Crisfield, Non Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, John Willey & Sons, England, 1991.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Dr. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Cruz P., Marí A., Roca P. "Nonlinear Time-Dependent Analysis of Segmentally Constructed Structures", Structural Engineering Journal, ASCE, Vol. 124, no.3, March, pp. 278-287, 1988.
- Cruz, P. "Un modelo para el análisis no lineal y diferido de estructuras de hormigón y acero construidas evolutivamente", Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería de la Construcción, E.T.S.I.C.C.P.B., Universidad Politécnica de Cataluña, 1994.
- Marí, A.R. "Numerical Simulation of the Segmental Construction of Three Dimensional Concrete Frames". Engineeringstructures, Vol. 22, Issue 6; Págs. 585-596, 2000.
- Marí. A.R. "Manual del usuario del Programa CONS". Comunicación personal. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Universitat Politécnica de Catalunya, 1996.
- Murcia J. "Análisis Aproximado en el Tiempo de Secciones de Hormigón Armado en Servicio. Propuesta de un Nuevo Factor de Cálculo de Flechas Diferidas", Hormigón y Acero, no. 181, pág. 9-17, 1991.
- Pérez G.A., Bellomo F., Marí A.R., "Refuerzo de Pórticos de Hormigón Armado para mejorar su Capacidad Sismorresistente", VII Encuentro de Investigadores y Profesionales Argentinos de la Construcción EIPAC 2007, 15 al 18 de Mayo de 2007 – Salta.
- Pérez G.A., Marí A.R., Danesi R.F. "Estudio experimental y numérico del comportamiento de puentes prefabricados monoviga bajo cargas de servicio", ATEP, Hormigón y Acero, nº211, pp 97-108, 1999.

DISEÑO SISMORRESISTENTE

Introducción: Conceptos de Diseño Sísmico y Recomendaciones para el Diseño Estructural. Causas y Efectos de los terremotos: Sismicidad. Conceptos de Sismología. Respuesta Estructural, Acción Sísmica. Principios del Diseño por Capacidad. Análisis Seccional de Elementos. Relaciones de Ductilidad. Aspectos de Detallado. Pórticos de Hormigón Armado Ductiles. Tabiques Sismorresistentes de Hormigón Armado. Sistema Pórtico Tabique. Estructuras de Hormigón Armado con Ductilidad Limitada. Fundaciones. Evaluación y Rehabilitación de Edificios de Hormigón y Mampostería

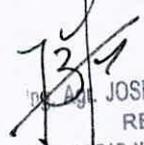
Bibliografía

- Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Vol.1 and Vol.2., 1996.
- Federal Emergency Management Agency, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings . FEMA-273, 1997.
- Park R., Paulay T. Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons; 1975.
- Paulay T. and Priestly M.J.N., Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley&Sons; 1992.
- Penelis G. G. and Kappos A. J. E &FnSpon. Earthquake-Resistant Concrete Structures, Imprint of Chapman & Hall. Great Britain, 1997.

DINÁMICA ESTRUCTURAL III

Sistemas continuos. Métodos avanzados: Introducción. Método de matrices de transferencia.


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Dr. J. RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Método de variables de estado. Método de elementos finitos. Método de transferencia de ecuación de rigidez (SET).

Dinámica experimental: Introducción. Sensores. Equipo de adquisición de datos. Programas de adquisición de datos. Programa VEE. Proyecto experimental

Control de vibraciones en máquinas: criterios de falla, métodos de aislación. Control de vibraciones. Objetivo y definición del problema. Sistemas de control pasivo. Amortiguadores de masa sintonizados. AMS – TMD. Amortiguadores de líquido sintonizados. ALS – TLD. Amortiguadores de columna de líquido sintonizados. TLCD.

Otras acciones dinámicas. Acciones de viento. Acciones impulsivas: impacto y explosiones.

Bibliografía

- Den Hartog J.P. Mechanical Vibrations. McGraw-Hill, Inc, 1985.
- Ewins D. Modal Testing - Theory, Practice and Application. ReserchStudiesPress Ltd. 2000.
- Helsel R. Visual Programming with HP VEE. Prentice Hall, Inc. Third Edition, 1998.
- Kinney GF and Graham KJ. Explosive shocks in air. Springer Verlag, Berlin. 2nd Edition, 1985.
- MeirovitchL..Elements of Vibration Analysis. McGraw-Hill, Inc., 1986.
- Simiu E., Scanlan R.H. Wind Effects on Structures. John Wiley & Sons, Third Edition, 1996.
- Soong &Dargush. Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering. John Wiley&Sons, 1997.
- The Fundamentals of Modal Testing: Application Note 243-3. Agilent Technologies, 1998.

MÉTODOS NUMÉRICO-COMPUTACIONALES II

Tratamiento de problemas estáticos no-lineales con el Método de Elementos Finitos. No linealidad constitutiva y geométrica. Métodos de solución. Criterios de convergencia. Estructura de un programa no lineal de elementos finitos. Integración de la ecuación constitutiva. Formulaciones para Grandes deformaciones y su implementación en el Método de Elementos Finitos.

Solución de problemas dinámicos no-lineales con el método de elementos finitos. Integración en el tiempo de la ecuación diferencial del movimiento. Estabilidad en la solución.

Análisis de Transferencia de Calor: Ecuaciones fundamentales del problema. Ecuaciones incrementales. Discretización de elementos finitos y ecuaciones de transferencia de calor.

Bibliografía

- Bathe, K.J., "Finite Element Procedures in Engineering Analysis". Prentice Hall, EngelwoodsCliffs, N.J., 1982.
- Crisfield, M. "Non linear Finite Element Analysis of Solids and Structures". Vol. 2. AdvancedTopics. Wiley. 1997.
- Hughes, T. "The Finite Element Method". Linear Static and Dynamic. Prentice-Hall. 1987.
- Zienkiewicz, O., R. Taylor. "El Método de los Elementos Finitos". Mecánica de Sólidos y Fluidos. Dinámica y No linealidad. Vol. 2. CIMNE. Barcelona. España. 1994.


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Felippa, C. Apuntes de Clases de Cursos de Postgrado "FiniteElementMethod. Linear Analysis" de la Universidad de Colorado en Boulder.
- Hinton y Owen, Finite Elements in Plasticity, Pineridge Press Limited, Swansea, 1980.
- Simo and Hughes, Computational Inelasticity, Interdisciplinary Applied mathematics, Springer, 1997.
- Lewis R.W., Morgan K., Thomas H.R., Seetharamu, The Finite Element Method in Heat transfer Analysis, John Wiley & sons, England, 1996.

TEMAS ESPECIALES DE TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

Avances en tecnología del hormigón. Estructura, propiedades y comportamiento del hormigón. Hormigones de alta resistencia Hormigones reforzados con fibras. Hormigones autocompactables. Nuevos compuestos reforzados con fibras.

Bibliografía

- S. Mindess y J.F. Young. "Concrete". Prentice- Hall Inc. Englewood. Cliffs. New Jersey 007632. 1981.
- S. Mindess, J.F. Young y D. Darwin. "Concrete", Prentice- Hall Inc. 2003
- K. Mehta y P. Monteiro. "Concreto Estructura, propiedades y Materiales". IMCYC. Avda. Insurgentes Sur 1846. Col. Florida, México. DF Cp 01030. 1998.
- P. Kumar Mehta, Paulo J. M. Monteiro "Concrete: Microstructure, Properties, and Materials" Department of Civil and Environmental Engineering Univ. of California at Berkeley, Third Edition, McGraw-Hill. 2006.
- Giovambattista, A.: HORMIGON materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el reglamento CIRSOC 201-2005, Ed. INTI CIRSOC, Buenos Aires, 2011, ISBN 978-950-532-153-7, p 386
- Portland Cement Association "Diseño y control de mezclas de concreto".
- Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón "Hormigones Especiales" Ed. E. Irassar, AATH, Argentina. ISBN 987-21660-0-5.
- J.G.M. van Mier "Fracture processes of concrete" CRC Press, Inc. 2000 Corporate Blvd. NW, Boca Raton, Florida. ISBN: 0-8493-9123-7

MODELACIÓN CONSTITUTIVA III

Conceptos Básicos de Fractura Frágil. Tipos de fallas. Modos de propagación de fisuras. Factor de concentración de tensiones. Factor de intensidad de tensiones. Principios de la Mecánica de Fractura.

Tratamiento de la anisotropía inicial e inducida.

Modelos para materiales compuestos. Macro-modelos y Micro-modelos. Teoría de Mezclas. Teoría de Homogeneización. Deslizamiento de fibras, delaminación e inestabilidad de fibras a compresión.. Modelos para mampostería. Modelos para materiales porosos considerando el efecto de la

Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

humedad y la temperatura. Tratamiento del fenómeno de fatiga

Bibliografía

- Barbero E., Finite Element Análisis of Composite Materials, CRC Press, 2008.
- Crisfield, Non Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vol. I y II, John Willey&Sons, England, 1991.
- Holzapfel, G. Nonlinear Solid Mechanics. A continuum Approach for Engineering. John Wiley&Sons, Ltd., 1988.
- Hull D. Materiales compuestos 1987, Editorial Reverté, España
- Jayatilaka, A.S., Fracture of engineering brittle materials. 1979: AppliedSciencePublishers.
- Lemaitre, J., A course on damage mechanics. 1992: SpringerVerlag.
- Lubliner, J., Plasticity Theory. 1990: Macmillan Publishing, U.S.A.
- Malvern, L.E., Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium. 1969: Prentice-Hall.
- Maugin, G.A., The thermomechanics of plasticity and fracture. 1992: Cambridge UniversityPress.
- Oller, S., Análisis y cálculo de estructuras de materiales compuestos, Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería. CIMNE, 2002.
- Trusdell, C. and R. Toupin, The Classical Field Theories. 1960: Handbuch der Physik III/I -- Springer Verlag, Berlin.

INESTABILIDAD

Conceptos fundamentales de equilibrio y estabilidad de sistemas. Energía potencial en sistemas con no linealidad geométrica.

Técnicas de perturbación en sistemas no lineales. Perturbaciones regulares, degeneradas y singulares, técnicas de sustitución explícita, técnicas de diferenciación implícita.

Estudio de la estabilidad de sistemas: Definición de estabilidad, estabilidad de estados críticos, estados postcríticos, condiciones de bifurcación, sensibilidad a imperfecciones.

Bibliografía

- Godoy, L. (1999) Theory of Elastic Stability: Analysis and Sensitivity, Taylor and Francis, Philadelphia, PA.
- Thompson, J. M. T. & Hunt, G. W. (1973) A General Theory of Elastic Stability, Wiley, London.
- Croll, J. G. A. & Walker, A. C. (1972) Elements of Structural Stability, Macmillan, London.
- El Naschie, M. S. (1990) Stress, Stability and Chaos: An Energy Approach, McGraw-Hill, London.

TEMAS ESPECIALES DE MECÁNICA DE LOS SUELOS

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

Tensiones. Tensiones efectivas. Deformaciones. Invariantes. Trayectoria de tensiones. Análisis drenados y no-drenados. Análisis en tensiones efectivas y totales.

Ensayos de laboratorios básicos en mecánica de suelos: edométricos, triaxiales, corte directo y corte simple.

Introducción al comportamiento mecánico de suelos granulares y suelos finos bajo carga monótona y cíclica (compresión, corte drenado y no-drenado, influencia de la velocidad de carga y fluencia lenta). Estado crítico.

Introducción a la modelación del comportamiento de suelos. Elasticidad. Elastoplasticidad. Deformaciones elásticas. Deformaciones plásticas. Deformaciones de corte y volumétricas plásticas. Potencial plástico. Regla de flujo. Modelos elasto-perfectamente plásticos con criterio de rotura según Tresca, Von Mises, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager.

Modelos elasto-plásticos con endurecimiento y ablandamiento. Modelo Cam-Clay.

Aplicación de modelos elasto-plásticos a suelos granulares y finos. Determinación de los parámetros de los modelos. Teoría de la hipoplasticidad y de la visco-hipoplasticidad. Aplicación al comportamiento de suelos granulares y finos. Determinación de los parámetros de los modelos.

Integración de las ecuaciones constitutivas y simulación de ensayos de laboratorio con los modelos presentados usando el programa (open-source) "incremental driver".

Ejemplos de aplicación de leyes constitutivas avanzadas para la solución de problemas geotécnicos.

Bibliografía

- Atkinson J.H. (2007). The Mechanics of Soils and Foundations. Second Edition. CRC Press.
- Atkinson J.H., Bransby P.L. (1978). The Mechanics of Soils. An Introduction to Critical State Soil Mechanics. McGraw-Hill.
- Bear, J. "Dynamics of fluids in porous media". Dover Edit (1977) Crisfield, M. "Non-linear finite element analysis of solids and structures Vol 1". John Wiles&Sons Edit. (1991).
- Fredlund, D. & Rahardjo, A. "Soils mechanics for unsaturated soils". Wiley Interscience (1993).
- Gens, A. "Constitutive Laws". In Modern issues in non-saturated soils, A. Gens P. Jouanna & B. Schrefler (ed.): Wien New York: Springer-Verlag. pp. 129-158, (1995).
- Mitchell J.K., Soga K. (2005). Fundamentals of Soil Behavior. Third Edition. John Wiley&Sons.
- Niemunis A. (2002). Extended hypoplastic models for soils. 192 pp.
- Schofield A., Wroth P. (1968). Critical State Soil Mechanics. McGraw-Hill.
- Wood D.M. (1990). Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics. Cambridge University Press.

13. Cuerpo Docente

13.1 Profesores Estables

1. Dr. Ing. ALMENAR, Martín (Universidad nacional de Tucumán)
2. Dr. ARAOZ, Gabriel (Universidad Nacional de Tucumán)
3. Dr. DANESI, Rodolfo (Profesor Honorario) (Universidad Nacional de Tucumán)
4. Dr. DAZIANO, María Alejandra (Universidad Nacional de Tucumán)
5. Dr. Ing. ETSE, Guillermo (Universidad Nacional de Tucumán)
6. Mg. Lic. FERNÁNDEZ, Patricia (Universidad Nacional de Tucumán)
7. Ing. GIACCIO, Graciela (Universidad Nacional de La Plata)
8. Dr. Ing. GUENNAM, Ahmad Eduardo (Universidad Nacional de Tucumán)
9. Mg. Ing. GUTIÉRREZ, Sergio (Universidad Nacional de Tucumán)

Dr. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

10. Dr. Ing. ISLA, Facundo (Universidad Nacional de Tucumán)
11. Dr. Ing. JACINTO, Abel (Universidad Nacional de Tucumán)
12. Dr. Ing. LUCCIONI, Bibiana (Universidad Nacional de Tucumán)
13. Mg. Lic. LUCCIONI, Griselda (Universidad Nacional de Tucumán)
14. Dr. Ing. LUEGE, Mariela (Universidad Nacional de Tucumán)
15. Dr. Ing. MOLLER, Oscar (Universidad Nacional de Rosario)
16. Dr. Ing. NALLIM, Liz (Universidad Nacional de Salta)
17. Ing. PASCUAL, Pedro Alberto (Universidad Nacional de Tucumán)
18. Dr. Ing. PÉREZ, Gustavo (Universidad Nacional de Tucumán)
19. Dr. Ing. RAMALLO, Juan Carlos (Universidad Nacional de Tucumán)
20. Mg. Lic. RAMOS, Adriana (Universidad Nacional de Tucumán)
21. Dr. Lic. REAL, Silvina (Universidad Nacional de Tucumán)
22. Dr. Lic. SFER, Ana María (Universidad Nacional de Tucumán)
23. Dr. Ing. SFER, Domingo (Universidad Nacional de Tucumán)
24. Dr. Ing. VRECH, Sonia (Universidad Nacional de Tucumán)
25. Dr. Ing. ZERBINO, Raúl (Universidad Nacional de La Plata)

13.2 Profesores Invitados

1. Dr. Ing. AMBROSINI, Daniel (Universidad Nacional de Cuyo)
2. Dr. Ing. CUDMANI, Roberto (Universidad de Munich, Alemania)
3. Dr. Ing. GIUSTI, Sebastián (UTN Regional Córdoba)
4. Dr. Ing. GODOY, Luis (Universidad Nacional de Córdoba)
5. Dr. Ing. HUESPE, Alfredo (Universidad Nacional de Santa Fé)
6. Dr. Ing. MARTÍN, Pablo (UTN Regional Mendoza)
7. Dr. Ing. OLLER, Sergio (Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Nacional de Salta)
8. Dr. Ing. PALAZZO, Gustavo (UTN Regional Mendoza)

14. Curricula Vitae de los Profesores a cargo de los cursos

Ver Anexo 1

15. Infraestructura y Equipamiento

Infraestructura edilicia:

1 (una) Biblioteca. 1 (una) Sala de Reuniones. 1 (una) Oficina para Director de Instituto. 1 (una) Oficina para Director de Posgrado. 4 (cuatro) Oficinas para investigadores con capacidad para 2 personas. 1 (una) Oficina para investigadores con capacidad para 6 personas. 1 (una) Oficina para becarios con capacidad para 6 personas. 2 (dos) Oficinas para becarios con capacidad para 4 personas. 2 (dos) Aulas para 30 y 70 alumnos. 1 (un) Laboratorio de carga, con subsuelo y pasarela perimetral. 1 (un) Taller de electrónica y sala de instrumental. 1 (una) Sala de control y de máquinas. 1 (un) Taller.

Laboratorio de carga:

Losa reactiva de 10x15 m y 0.60m de espesor, con puntos de anclaje cada 50 cm en dos direcciones.

Puente grúa de 7 tn de capacidad.

Equipos de aplicación de cargas:

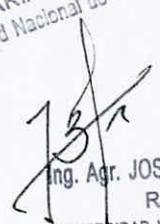
1 (una) prensa servo-controlada INSTRON, subestación hidráulica 3411, pórtico 8504, consola 8800, control carga/desp, mordazas de tracción hidráulicas y neumáticas, cabezales de compresión, LVDT y extensómetros externos para control y medición estática y dinámica. Gestión asistida por workstation DELL y software WaveMatrix, UPS de 20.000VA.

1 (uno) equipo AMSLER, aplicación y medición de cargas estáticas.

1 (uno) equipo AMSLER, aplicación y medición de carga dinámicas, compuesto por pulsador modelo P-960.

1 (uno) equipo IBERTEST, aplicación y medición de cargas estáticas.


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

2 (dos) actuadores hidráulicos AMSLER de 20 tn en régimen estático y 10 tn en régimen dinámico.
2 (dos) actuadores hidráulicos IBERTEST-GIB de 20 tn y 60 tn cada uno en régimen estático y 10 tn y 30 tn en régimen dinámico.

2 (dos) actuadores hidráulicos SIMPLEX de 60 tn.

1 (uno) actuador hidráulico SIMPLEX de 100 tn.

2 (dos) bombas hidráulicas manuales SIMPLEX.

1 (uno) bomba hidráulica eléctrica con regulación manual.

1 (uno) Equipo de martillo de caída libre para ensayos de impacto a baja velocidad, con sistema de seguro y liberación operado desde software y en sincronía con sistema de adquisición.

Sistema de fijación y dispositivos de carga:

2 (dos) pórticos de carga de 100 tn en régimen estático y 50 t. en régimen dinámico. 2 (dos) pórticos de carga de 25 t. en régimen estático. 1 (uno) pórtico de carga para acciones horizontales, de 50 tn en régimen estático y 25tn en régimen dinámico. 1 (uno) pórtico de carga de 100 tn en régimen dinámico.

1 (uno) dispositivo para arrancamiento de fibras a baja velocidad.

1 (uno) dispositivo para aplicación de cargas reversibles en ensayos de flexión con acople a prensa INSTRON.

Equipamiento de medición:

1 (uno) equipo KYOWA para registros dinámicos, compuesto por : 1 (uno) oscilógrafo registrador de 6 canales, 5 (cinco) acelerómetros AS-5GB, 5 (cinco) acelerómetros AS-10B, 1 (uno) acelerómetro triaxial AS-10TB, 2 (dos) celdas de carga tracción/compresión LU20Te para 20 tn, 2 (dos) celdas de cargas de compresión LC100TYE para 100 tn, 1 (uno) módulo amplificador de 8 canales DPM612B, y 1 (uno) caja convertidora de puente DPB120A.

1 (uno) Osciloscopio Modelo DS5042m.

1 (una) Fuente de alimentación regulable Modelo HY3003D.

4 (cuatro) Celdas de carga BSL con panel de control y fuente, dos de 20 tn, una de 2 tn y una de 0.5 tn.

Placas de adquisición de datos: 1 (una) USB-1616FS, 3 (tres) USB-1608FS, ambas con máxima frecuencia de muestreo de 50kHz. 1 (una) USB-1604HS con máxima frecuencia de muestreo de 1.33MHz.

Transductores de desplazamiento LVDT: 6 (seis) AX/2.5/S, 4 (cuatro) AS/25/U, 3 (tres) AS/50/U.

Transductores de desplazamiento Potenciométricos: 10 (diez) 50mm, 6 (seis) 100 y 6 (seis) 200mm.

Equipo para medición de vibraciones e impacto PCB Piezotronics: 2 (dos) acondicionadores de señal de 4 canales, 1 (uno) acelerómetro de 50g, 3 (tres) acelerómetro de 500g, 2 (dos) acelerómetro de 10.000g, 1 (uno) celda de carga dinámica.

Equipos para ensayos no destructivos:

1 (uno) Extractor de testigos de Hormigón a combustión. 1 (uno) Extractor de testigos de Hormigón eléctrico. 1 (uno) COVERMASTER, Palpador o sensor, central de medición. 1 (uno) Medidor Resistividad RMMK II. 1 (uno) PUNDIT. 1 (uno) Medidor de Ultrasonido MASTRAD. 1(uno) Esclerómetro SCHMIDT. 1 (uno) Equipo Capo-Test MASTRAD. 1 (uno) Media Celda HALF-CELL P/ Medir capacidad Distribuida en el Hormigón.

Equipamiento informático:

12 (doce) PCs de escritorio Proc i7 3.4-4.0 GHz, 8-16 GB RAM y disco HDD 1TB. 8 (ocho) PCs de escritorio Proc 2.5-3.0 GHz, 4-8 GB RAM y disco HDD 1TB.

1 (uno) Notebook Proc Intel i7 8GB RAM.

1 (uno) Cluster formado por 4 (cuatro) PCs de escritorio dedicadas exclusivamente a HPC, frontend PC Intel i5 2.85 GHz, 8 GB RAM, disco HDD 1TB, SSD 120GB y nodos de calculo 3 (tres) PCs Proc i7 3.4-4.0 GHz, 16-32 GB RAM, disco HDD 1TB y SSD 120GB, sistema de administración Rocks 7 con sistema operativo centOS 7.4 y gestor de cola SGE. Switch Gigabit de 8 canales.

Impresoras laser y Escaner. 1 (uno) Plotter Hewlett Packard DesignJet 2500 CP con resolución fotográfica. 3 (TRES) Proyectoros.

Licencia perpetua Abaqus Estándar/Explicit. Licencia académica ANSYS.

Acceso a cluster HPC de la FACET-UNT (www.facet.unt.edu.ar/scad-cti/, <http://clustertucu.facet.unt.edu.ar:8911/ganglia/>), con 80 cores y 512GB de RAM.


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Además, se cuenta con acceso a Internet y biblioteca electrónica de la SECyT.

Observaciones:

La biblioteca funciona en el mismo edificio del Instituto de Estructuras (Av. Roca 1800) donde se dicta la carrera de Maestría en Ingeniería Estructural y donde tienen sus estudios los alumnos. La Biblioteca está disponible todos los días del año las 24 hs. y los alumnos pueden sacar en préstamo los libros por una semana y las revistas por el día. Está registrada en la FACET

16. Actividades de Investigación Vinculadas con los Objetivos del Posgrado

En el Instituto de Estructuras, se desarrollan actualmente los siguientes programas y proyectos de investigación en el marco de los cuales se encuadran las Tesis de Doctorado.

16.1. MATERIALES COMPUESTOS BAJO ACCIONES DINÁMICAS(PIUNT E623)

Resumen:

Los elementos estructurales contruidos con compuestos de matriz reforzada con fibras resultan la base de muchas de las estructuras que se están utilizando en la actualidad y de otras que se quieren incorporar como piezas fundamentales en aeronaves y otras aplicaciones. Para la adecuada utilización de nuevos materiales estructurales se requiere conocer con precisión el comportamiento de los mismos fundamentalmente bajo acciones dinámicas, que incluyen procesos de falla que no son habituales en materiales tradicionales. La modelación precisa de los mecanismos de falla dinámica en este tipo de materiales compuestos es todavía un tema de mucha actualidad en investigación ya que no se han logrado proponer modelos que reproduzcan eficientemente los distintos fenómenos físicos que tienen lugar y que, a la vez, puedan ser utilizados en análisis estructural con un costo computacional razonable. Este proyecto tiene por objetivo general el análisis del comportamiento de estructuras de materiales compuestos que se usan en la actualidad: hormigones de altas y ultra altas prestaciones reforzados con fibras, compuestos livianos y laminados con fibras sometidos a acciones extremas que involucren acciones dinámicas (impacto, explosiones), con la finalidad de crear una herramienta computacional fiable y de bajo costo de ejecución que pueda tratar diferentes fenómenos no lineales, aplicable al diseño de elementos contruidos y reforzados con dichos materiales. En el marco del proyecto se validará esta herramienta para resolver estructuras y partes estructurales de automóviles, civiles y aeronáuticas y se verificará su eficiencia, confiabilidad y capacidad para resolver estos problemas. Como objetivos específicos se prevé la propuesta de modelos constitutivos para compuestos con fibras cortas, particularmente hormigones de alta y ultra alta resistencia reforzados con fibras bajo impacto y explosiones y modelos para otros materiales compuestos con otros tipos de fibras largas y laminados bajo cargas dinámicas en general y particularmente cargas de impacto. Dentro de cada uno de los temas anteriores se realizarán ensayos de caracterización del comportamiento mecánico dinámico, tanto a nivel material como de elemento estructural y la propuesta e implementación numérica en programas de elementos finitos de los modelos desarrollados, así como la validación de los modelos desarrollados con los ensayos de laboratorio desarrollados.

16.2 Estudio Experimental y Numérico de la Reparación Estructural con Hormigón Reforzado con Fibras(PIUNT E636)

Resumen:

En la actualidad el hormigón reforzado con fibras (HRF) constituye un compuesto de gran difusión, en particular ha logrado un gran desarrollo en nuevas técnicas constructivas que se aplican en diversos países. A través del uso de las fibras se logra un incremento sensible de la ductilidad en el hormigón. Por otro lado, la incorporación de fibras disminuye y redistribuye la formación de fisuras de tracción en el hormigón introduciendo así una sustancial mejora en su durabilidad. Desde el punto de vista estructural las fibras complementan el trabajo de las armaduras en elementos de hormigón armado, adquiriéndose un mejor comportamiento frente a sollicitaciones de tracción y flexión. Es indudable que frente a acciones dinámicas la adición de fibras cumple uno de sus mejores aportes, pues preserva integridad y evita la concentración de fisuras. Estas propiedades

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



francas enunciadas han permitido probar la efectividad del HRF en el refuerzo de elementos estructurales encamisados, abriendo camino a un sinnúmero de posibilidades de refuerzo en estructuras. La exposición de las estructuras de hormigón al medio ambiente, al paso del tiempo y a eventuales cargas o incrementos de cargas, como por ejemplo cargas dinámicas, sísmicas o cambios de destino, producen un deterioro tal en el material que necesitan ser reparadas y/o reacondicionadas para conservar su capacidad de servicio. Una alternativa válida para resolver estos problemas planteados resulta ser el HRF. Su utilización permite reemplazar el uso de costosos compuestos con fibras de carbono y epoxi. Como ventaja del HRF se puede mencionar que el material base es el hormigón, el cual es un material muy difundido, fácil de elaborar, no requiere de herramientas especiales para su colocación y los trabajos pueden hacerse rápida y fácilmente, con la particularidad de presentar un costo razonablemente menor que otros materiales alternativos. El desarrollo de nuevas técnicas de reparación es un tema de gran actualidad en Ingeniería Civil. Continuando la línea iniciada por el Proyecto de Investigación ESTUDIO EXPERIMENTAL Y NUMERICO DE LA REPARACION ESTRUCTURAL CON HORMIGON REFORZADO CON FIBRAS, Código 26/E545/4, financiado por el CIUNT (2014-2017) este proyecto tiene por objetivo general estudiar la reparación y refuerzo de elementos estructurales lineales como vigas y columnas, y planos como pavimentos y losas con HRF.

16.3 Vulnerabilidad y Riesgo de Grandes Obras de Ingeniería: Aplicación a Presas de Embalse y Puentes (PIUNT E622)

Resumen:

El diseño, construcción y aprovechamiento de las infraestructuras consideradas esenciales debería integrarse en un marco de gestión de riesgo que permita de manera efectiva mitigar las amenazas tanto naturales como antrópicas. El análisis de riesgo constituye un cambio de paradigma que ha permitido avanzar en la evaluación y gestión de todos aquellos peligros que puedan afectar a los ciudadanos y al medio ambiente. En el campo específico de presas y puentes, es necesario entender y reconocer los distintos factores de riesgo para generar sistemas lógicos o modelos orientados a definir la toma de decisiones respecto a la seguridad de estas obras. En regiones sísmicamente activas se reconoce la necesidad de investigar cómo se comportarían las estructuras, diseñadas con anterioridad a los códigos vigentes, durante la ocurrencia de un terremoto de magnitud importante. Los daños sobre una presa de embalse o un puente pueden afectar una gran zona de influencia. En el caso de las presas las consecuencias pueden variar desde pérdidas económicas hasta la pérdida de vidas humanas mientras que en el caso de puentes es fundamental que continúen operativos después del sismo para poder asegurar el acceso de los equipos de emergencia a las zonas afectadas. Por ello imponen la necesidad de evaluar su vulnerabilidad sísmica con el objeto de contar con propuestas específicas para adecuarlos en función de su nivel de importancia. El objetivo principal de esta investigación es generar herramientas que permitan realizar una adecuada evaluación del comportamiento de estas estructuras, pero sin aumentar innecesariamente los costos de construcción y mantenimiento de las mismas. Aunque se han logrado mejoras en los métodos de diseño, construcción y monitoreo en las últimas décadas, las condiciones encontradas en la práctica cambian continuamente, creando nuevas preguntas y desafíos de investigación. Esta propuesta tiene por finalidad dar continuidad al Proyecto PIUNT 26/E545/3. Por ello, en la presente investigación y en base a la experiencia adquirida, se avanzará en el estudio no solo de la Vulnerabilidad sino también del Riesgo de obras de gran magnitud e importancia crítica dentro de la Ingeniería Civil como son los puentes y las presas de embalse.

16.4 Tomografía de Impedancia Eléctrica en la identificación de defectos en el hormigón(PIUNT E625)

Resumen:

El desarrollo de un dispositivo basado en TIE para la localización e identificación de defectos y fisuras en materiales ingenieriles en general, y en el hormigón en particular, es la principal meta del presente proyecto. Para ello se requiere: (i) desarrollar algoritmos de reconstrucción robustos y precisos que utilicen las mediciones de corriente y diferencia de potencial medidas y (ii) diseñar el instrumental de medición específico para este problema. Esta técnica no destructiva de testeo es

Dra. NORMA DEBOLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



muy útil para evaluar a tiempo la gravedad del problema y planificar, consecuentemente, la secuencia de reparación y refuerzo estructural. Consiste en reconstruir, a partir de las mediciones de corriente y diferencia de potencial medidas en los electrodos aplicados en el contorno del objeto, la distribución de propiedades eléctricas de la admitividad (conductividad y permitividad), en el material e interpretar las singularidades obtenidas en la variación espacial de estas propiedades como defectos. La reconstrucción de las propiedades eléctricas por medio de la TIE es un problema inverso no-lineal mal puesto. El carácter del problema mal puesto se relaciona con el hecho de que un cambio localizado en la distribución de la admitividad, aunque sea relativamente grande en magnitud, pueda tener un efecto pequeño indetectable en los voltajes en la superficie. Errores en la modelación y errores numéricos, que puedan derivar de la modelación de la difusión de corriente eléctrica dentro del cuerpo, de la impedancia entre la superficie del cuerpo y los electrodos, de los sistemas usados para las mediciones de corriente y voltaje, del número de electrodos y su configuración, y de los algoritmos de reconstrucción, pueden amplificarse e influir en la calidad de las imágenes producidas por TIE. Por esta razón, particular énfasis se dará al diseño del instrumental de medición específico para este problema investigando experimentalmente el alcance de las medidas de impedancia para la caracterización geométrica de defectos. Se empezará por lo tanto usando defectos predefinidos y de distintos tamaños para evaluar la sensibilidad de las medidas que se pueden realizar. Luego se procederá a validar los modelos numéricos usando medidas de corriente y de diferencia de potencial a electrodos distribuidos en el contorno de probetas de hormigón, para finalizar con aplicaciones en elementos estructurales en servicio.

16.5. Evaluación y Rehabilitación de Estructuras de Puentes y Edificios(PIUNT E605)

Resumen

Por su importancia las estructuras de puentes y de edificios deben satisfacer niveles de seguridad, tanto en tiempos normales, como por razones de seguridad ante la ocurrencia de catástrofes. Sin embargo, en las últimas décadas se ha podido observar un alto grado de deterioro en estructuras. Las causas de tal degradación estructural se pueden encontrar en: diseños no adecuados a la durabilidad esperada, falta de control de calidad durante la construcción, aumento de niveles de contaminación, falta de mantenimiento, imprevisiones de acciones tales como sismos, riadas, etc. Además, muchas de dichas construcciones actualmente en servicio se construyeron con anterioridad a la aparición de la normativa sismo resistente, o en base a prescripciones de normas caducas. Pese a este creciente deterioro y a la importancia estratégica de este tipo de estructuras, los presupuestos para mantener, reparar y/o rehabilitarlas son limitados. Un uso eficiente de los recursos, requiere de estudios previos tales como inspección, evaluación de daño estructural y aptitud sísmica, en base a los cuales se han de desarrollar proyectos de rehabilitación integrales y por ultimo de un análisis económico comparativo entre las opciones rehabilitación vs. construcción nueva. En la actualidad hay una tendencia consistente en la priorización de recursos basada únicamente en la condición de la estructura. Sin embargo y aunque el deterioro constituye un factor importante en relación a la política de acción, también se imponen consideraciones de riesgo y confiabilidad. Es decir que el objetivo básico es identificar las estructuras y mantener la confiabilidad de las mismas en un nivel óptimo. Cabe destacar la importancia que tiene este tema, que dio origen a Convenios de Asistencia Técnica entre este grupo de investigación y algunos Organismos Oficiales en lo referente a Evaluación y Rehabilitación de Estructuras. Se espera que los resultados de este proyecto continúen siendo transferidos a profesionales, Organismos Públicos y Privados interesados en esta temática. Para este proyecto se plantean dos líneas de investigación. La primera concerniente al control pasivo de vibraciones en estructuras de puentes y edificios; y la segunda que trata la evaluación de pilotes con cabezal que en la actualidad son el tipo de cimentaciones casi excluyente tanto para puentes como para edificios en altura.

16.6 Refuerzo de Estructuras frente a Cargas Extremas con Hormigones de Alta y Ultra Altas Prestaciones Reforzados con Fibras (PICT-2017-1313)

Dra. NORMA CAROLINA APARICIO
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Resumen

Comparados con el hormigón convencional, los Hormigones de Alta o Ultra Altas Prestaciones Reforzados con Fibras (HAPRF/HUAPRF) presentan grandes ventajas para soportar acciones extremas y constituyen alternativas promisorias para reforzar estructuras y mejorar la durabilidad de edificios e infraestructura bajo cargas extremas. Estos materiales a base de cemento portland no sólo poseen resistencias a compresión mucho más elevadas (HAPRF > 100 MPa, HUAPRF > 150 MPa) que el hormigón normal o el hormigón reforzado con fibras convencional sino que se caracterizan por una muy baja porosidad y una capacidad de fisuración múltiple bajo carga que garantizan baja permeabilidad y alta durabilidad. El agregado de fibras dúctiles de alta resistencia permite reducir la naturaleza frágil del hormigón y conduce a un aumento notable en la capacidad absorción de energía lo que resulta de particular interés frente a acciones extremas. La técnica de refuerzo de estructuras de hormigón armado con HAPRF/HUAPRF evita algunos problemas que presentan otros sistemas como la falla frágil de la interfaz entre la estructura y la capa de refuerzo. Comparados con los polímeros reforzados con fibras, los HAPRF/HUAPRF presentan mayor resistencia a altas temperaturas y radiación ultravioleta, mayor duración a largo plazo y compatibilidad con el sustrato. Las fibras ayudan a controlar la fisuración por retracción de las capas de refuerzo. A pesar de que se conocen algunas de sus potencialidades como material de refuerzo, se requiere mayor investigación para entender su comportamiento frente a cargas extremas y optimizar el diseño del material y las técnicas de refuerzo. El objetivo final de este proyecto es el desarrollo de criterios de diseño y aplicación de HAPRF/HUAPRF para para un mejor aprovechamiento de las ventajas y alternativas que ofrece este material para el refuerzo de estructuras de hormigón armado. El proyecto se desarrolla dentro de un grupo formado por investigadores altamente calificados que se complementan en los dos aspectos requeridos para abordar el tema. Parte de ellos pertenecen al LEMIT-CIC y poseen antecedentes en tecnología del hormigón y en particular en el desarrollo de Hormigones de Alta Resistencia y hormigones reforzados con fibras, consignando contribuciones destacadas a nivel internacional. El resto de los investigadores pertenecen al Instituto de Estructuras de la UNT que es un referente en el análisis y evaluación de estructuras de hormigón y reparación y/o refuerzo de estructuras de hormigón con contribuciones relevantes en la modelación teórico, numérica y experimental del problema y una destacadísima labor en la formación de recursos humanos. Debe remarcar, además, que existen antecedentes de trabajo conjunto, tanto a nivel de proyectos de investigación sobre temas vinculados a la presente propuesta como a nivel de formación de recursos humanos.

16.7 Modelos materiales y estructurales para estructuras de material compuesto (PIP-2017-2020)

Resumen

Actualmente el verdadero desafío para las construcciones y materiales lo constituyen las cargas extremas provenientes de accidentes, desastres naturales y ataques terroristas. Se busca lograr estructuras y piezas muy resistentes para reducir el daño y aumentar la protección. Esto ha llevado a desarrollar nuevos materiales estructurales. Para su adecuada utilización se requiere conocer y poder modelar con precisión su comportamiento, que incluye procesos de falla que no son habituales en materiales tradicionales, como la pérdida de adherencia entre las diferentes componentes del compuesto, que conduce a una reducción local de resistencia y rigidez y puede inducir a una falla estructural global. Este proyecto tiene por objetivo general el análisis del comportamiento de estructuras de materiales compuestos que se usan en la actualidad: hormigones de alta y ultra alta resistencia con fibras, laminados y compuestos en general. Se espera contar con modelos numéricos que permitan simular el comportamiento de materiales compuestos laminados con fibras, hormigones reforzados con fibras y compuestos piezoeléctricos que permitan diseñar adecuadamente estos materiales compuestos. Se pretende desarrollar herramientas numéricas que sean eficientes y que incluyan de manera adecuada la cinemática de laminados de material compuesto, así como los diferentes grados de acoplamiento y fenómenos no lineales, considerando la respuesta estructural a cargas estáticas, dinámicas, acciones térmicas y, en particular, acciones extremas. Las herramientas de cálculo desarrolladas serán útiles para el análisis, diseño, optimización de estructuras o elementos contruidos con estos materiales, así como para la

Dra. NORMA CAROLINA ABDALLA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



propuesta de refuerzo, reparación y protección de estructuras ante acciones extremas.

17. Financiamiento

17.1 Fuentes principales

La mayoría de los docentes estables son Profesores de la UNT. Los gastos de viajes y viáticos de docentes, tanto estables como invitados, de otras Universidades del país o del extranjero son cubiertos con fondos propios del Instituto de Estructuras.

17.2 Fuentes complementarias (Ultimos 5 años)

En los últimos años se dispuso de las siguientes fuentes complementarias de Financiamiento:

Año	Fuente	Monto
2014	CIUNT, CONICET, FONCyT, Servicios	\$ 1200000
2015	CIUNT, CONICET, FONCyT, Servicios	\$ 1300000
2016	CIUNT, FONCyT, Servicios	\$ 1400000
2017	CIUNT, CONICET, FONCyT, Servicios	\$ 1500000
2018	CIUNT, CONICET, Servicios	\$1690000

18. Mecanismos de evaluación y seguimiento de la carrera por parte del Comité académico.

Antes de empezar el dictado de las asignaturas del plan de estudio se realizan reuniones con los profesores de las mismas para actualizar el programa de las materias, bibliografía e inclusive mejorar metodología y técnicas de aprendizaje.

El director y el coordinador se mantienen informados permanentemente del desarrollo de las tareas docentes y de investigación mediante reuniones con cada uno de los docentes. Los docentes estables que no son docentes de la UNT se mantienen en continuo contacto con la Dirección Académica y el Comité Académico ya que comparten proyectos de investigación con docentes estables de la carrera y periódicamente realizan estadias de investigación en el Instituto de Estructuras.

Se realizan reuniones regulares del Director y el Coordinador con los alumnos y, a su vez, reuniones a pedido de los estudiantes cuando existen dificultades con el ritmo, metodología o requerimientos de los docentes. El Coordinador Académico realiza el seguimiento del rendimiento académico de cada uno de los alumnos. Cuando presentan inconvenientes o demoras se informa a la dirección y se organiza entrevista con ellos a los fines de garantizar su graduación en tiempo y forma.

El Comité Académico realiza una evaluación de la Carrera cada dos años y vuelca el resultado en un informe.

La Dirección Académica eleva el resultado de esta evaluación junto con la propuestas de modificación del reglamento y planes de estudio.

Los contenidos de las materias del curso de estudio se mantienen actualizados, teniendo en cuenta el resultado de estas evaluaciones, las sugerencias de profesores y alumnos y los avances de las distintas disciplinas y herramientas disponibles.

La evaluación de los docentes es tenida en cuenta en la propuesta de los docentes responsables de las distintas asignaturas que se eleva para cada ciclo.

La difusión del nuevo ciclo de la carrera se realiza por mail, en la web, a través de posters y folletos que se distribuyen en las universidades e instituciones de todo el país relacionadas con la Ingeniería y mediante reuniones informativas a las que se invita a los egresados de

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



las carreras de Ingeniería de la FACET con promedio mayor o igual a 7 (siete).

19. Reglamento de Funcionamiento de Carrera

19.1 Requisitos de Admisión

- Título previo exigido: Ingeniero (por lo menos 5 años de carrera).
- Promedio general no menor de 7 (siete) en escala 1-10 en los últimos tres años.
- Presentar constancia de conocimientos de Inglés Técnico.
- Presentar solicitud y formulario de admisión acompañados de la documentación pertinente.
- Mantener una entrevista con la Comisión de Admisión.

19.2 Comisión de Admisión

La Comisión de Admisión está integrada por los miembros del Comité Académico.

La Comisión de Admisión realiza una lista por orden de mérito de los candidatos que reúnen las condiciones para ser admitidos

19.3 Director Académico

La dirección académica del Doctorado en Ingeniería está a cargo del Instituto de Estructuras a través de un profesor, miembro del Comité Académico, quien es designado a tal efecto por el Honorable Consejo Superior de la UNT, a propuesta del Comité Académico.

19.3.1 Funciones

El Director Académico del Doctorado en Ingeniería tiene las siguientes obligaciones y facultades:

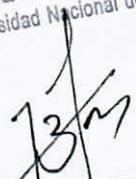
- Hacer cumplir las disposiciones reglamentarias.
- Informar al Departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, normas complementarias de los reglamentos vigentes para el Maestría.
- Proponer a la dependencia de posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, el personal docente que participará en el Maestría en Ingeniería Estructural y la constitución del Comité Académico.
- Integrar las dependencias de Posgrado Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología que se establezcan.
- Realizar gestiones ante organismos nacionales y extranjeros relacionados con el funcionamiento de la Maestría en Ingeniería Estructural.
- Asistir a actos relacionados con la Maestría en Ingeniería Estructural.
- Presidir el Comité Académico y la Comisión de Admisión.
- Elevar a las autoridades correspondientes los pedidos de inscripción, constitución de Comisiones de Supervisión y Jurados de Tesis, cambio en las condiciones de inscripción y expedición de diplomas.
- Elevar periódicamente los informes académicos de los ciclos de dictado y solicitar autorización para la re-edición de la carrera
- Elevar a las autoridades correspondientes las modificaciones reglamentarias y del plan de estudios correspondiente.
- Elaborar el presupuesto anual de funcionamiento de la carrera.
- Elaborar un plan estratégico a futuro.

19.4 Coordinador

La coordinación académica del Doctorado en Ingeniería está a cargo del Instituto de Estructuras a través de un profesor, miembro del Comité Académico, quien es designado a tal efecto por el Honorable Consejo Directivo de la FACET a propuesta del Comité Académico.

19.4.1 Funciones

Dra.  NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



El Coordinador Académico tiene las siguientes funciones:

- Secundar al Director Académico y reemplazarlo en caso de ausencia.
- Coordinar el cronograma de actividades (cursos, exámenes, seminarios, presentación de tesis).
- Supervisar el rendimiento y avance de los alumnos (calificaciones, informes de tesis, seminarios).
- Llevar el registro de las distintas actividades académicas y del cumplimiento de los requisitos de graduación de los alumnos.
- Servir de nexo entre los alumnos y el Comité Académico y entre los Profesores y el Comité Académico.

19.5 Comité Académico

El Comité Académico estará integrado por el Director Académico y tres miembros.

Requisitos para su integración: ser Profesor Titular o Asociado, o Doctor de la especialidad estructuras y ser Profesor Estable de la Carrera.

Los miembros del Comité Académico son designados por el Honorable Consejo Directivo de la FACET a propuesta del Director Académico y del Coordinador Académico.

La duración del Comité Académico en sus funciones es de 4 años.

19.5.1 Funciones

El Comité Académico debe reunirse periódicamente y realizar un acta con los resultados de dicha reunión. Sus funciones son las siguientes.

- Supervisar y aconsejar al Director Académico en su gestión.
- Asesorar al Director Académico en temas especializados de la disciplina.
- Realizar una evaluación de la carrera al terminar cada ciclo y volcarlo en un informe.
- Proponer la actualización o modificación de los planes de estudio y programas de las asignaturas.
- Proponer las estrategias de mejoramiento de la carrera.
- Proponer modificaciones al reglamento de funcionamiento.
- Asesorar al Director Académico en cuestiones presupuestarias.
- Promover actividades de intercambio con otras instituciones de investigación y desarrollo.
- Proponer los nombres del Director Académico al HCS y del Coordinador al HCD de la Facultad.
- Proponer la integración de los tribunales de examen y de tesis, de las Comisiones de Supervisión de Tesis.
- Avalar el reconocimiento de equivalencias de créditos.
- Aconsejar a la Dirección en temas de excepción.
- Integrar la Comisión de Admisión.

19.6 Funciones del Cuerpo Docente

- Dictar las clases de las materias asignadas
- Realizar las evaluaciones y exámenes correspondientes
- Integrar tribunales de exámenes de otras materias
- Dirigir y codirigir tesis
- Integrar Comisiones de Supervisión de tesis
- Proponer actualizaciones o modificaciones de programas de las asignaturas.

19.7 Método de Evaluación

La evaluación de cada materia del Plan de Estudios considera los siguientes aspectos:

1. Evaluaciones regulares que permitan seguir de cerca el progreso del estudiante en la asimilación de los conceptos fundamentales de la materia correspondiente.
2. Presentaciones escritas (monografías) sobre temas específicos con intenso trabajo

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



- bibliográfico.
3. Presentaciones orales (seminarios) sobre temas específicos con la correspondiente discusión en conjunto con los demás estudiantes, dirigido por el Profesor de la materia correspondiente.
 4. Examen Final. Las materias del Curso de Estudios se rinden inmediatamente después de terminado el dictado de las mismas.
 5. Las materias se clasifican en escala 1-10. La calificación mínima para aprobar y acreditar las horas es 6 (seis).
 6. Las materias pueden rendirse una sola vez.

19.8 Presentación del tema y plan de tesis

Completado satisfactoriamente el 70% del Plan de Estudios el alumno podrá elevar a la Dirección Académica una solicitud comunicando la elección del Director de Tesis y pidiendo la aceptación del Tema de Tesis y su respectivo Plan de Trabajo.

19.9 Reconocimiento de Estudios

El plan de estudios de la carrera de "Doctorado en Ingeniería" tiene una estructura curricular que se articula perfectamente con la de la carrera de "Maestría en Ingeniería Estructural". Los cursos de la Maestría tienen nivel de Doctorado. Si el aspirante hubiera realizado ya su Maestría en Ingeniería Estructural en la Universidad Nacional de Tucumán, la Comisión de Supervisión podrá recomendar el reconocimiento de las horas correspondientes cuando, a su criterio, su antigüedad no las invalide. Cuando el posgraduado hubiera realizado estudios de posgrado en la Universidad Nacional de Tucumán o en otras universidades, la Comisión de Supervisión podrá proponer su reconocimiento con el aval del Comité Académico que establecerá la equivalencia de las mismas teniendo en cuenta el Reglamento de Posgrado vigente.

19.10 Condiciones de permanencia

- Se admitirá solamente una materia desaprobada.
- Se admitirá solamente un informe considerado NO ACEPTABLE por la Comisión de Supervisión de Tesis.

Las condiciones de permanencia serán conocidas por los alumnos desde el momento de su admisión. A tal fin, se les entregará copia de las mismas junto con la resolución de admisión.

19.11 Promoción y Graduación

Para la promoción y graduación los alumnos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Curso de Estudio: Implica cursar las materias obligatorias (fundamentales) del Plan de Estudio y materias electivas (especializadas) recomendadas para cada postulante por la Comisión de Supervisión. Comprenderá no menos de 620 horas de clase teórico prácticas.
- Tareas de Investigación: Implica la participación en Proyectos de Investigación que se desarrollan en el Instituto de Estructuras durante por lo menos 180 horas sin incluir las horas dedicadas al desarrollo de la tesis.
- Tesis de Doctoral: Implica realizar trabajos de investigación y/o desarrollo en el área de su especialidad, bajo la supervisión de un Director, durante por lo menos cuatro semestres académicos y presentar los resultados en un informe escrito (tesis) que deberá:
 - i) Constituir una contribución significativa al conocimiento existente en el área de la Ingeniería.
 - ii) Evidenciar originalidad ya sea por el descubrimiento de nuevos hechos o el ejercicio de capacidad crítica independiente.
- Examen de Tesis: Implica obtener la aceptación de la Tesis y satisfacer las pruebas orales, escritas o prácticas sobre el tema de la misma y otros temas relevantes de dicha tesis ante el correspondiente Tribunal Examinador.

Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARÍA ACADÉMICA
Universidad Nacional de Tucumán

Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN



Universidad Nacional de Tucumán

Rectorado

"2020- AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO"

- Entrega de versión corregida de la Tesis: Para poder iniciar el trámite de expedición de diploma, el Doctor deberá entregar previamente a la Dirección Académica una copia impresa y una versión digital de la Tesis en la que se incorporen las modificaciones y/o correcciones indicadas por los miembros del Tribunal Examinador.

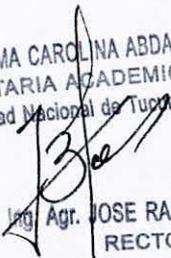
19.12 Aranceles y Becas

Para los Argentinos el arancel por cursos y tutorías es \$ 30000 y \$35000 por la Tesis. Los 5 (cinco) alumnos argentinos que resultan primeros en el orden de méritos establecido por la Comisión de Admisión son eximidos del pago de aranceles. No se dispone de becas propias para el doctorado, pero los alumnos tienen la posibilidad de solicitar becas de formación de posgrado del CONICET y asociadas a los proyectos PICT u otras instituciones para realizar el Doctorado en Ingeniería de la UNT.

19.13 Cupo

15 (quince).


Dra. NORMA CAROLINA ABDALA
SECRETARIA ACADEMICA
Universidad Nacional de Tucumán


Ing. Agr. JOSE RAMON GARCIA
RECTOR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN