

Carrera de Posgrado

Doctorado en Ingeniería

a. 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.

b. Objetivos

b.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.

b.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.

c. 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.

d. Destinatarios

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

e. Nombre de la Carrera
DOCTORADO EN INGENIERÍA.

f. Grado Académico
DOCTOR EN INGENIERIA

g. 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

h. Director
Dr. BIBIANA LUCCIONI
Ver Curriculum en Anexo 1

i. Coordinador
Dr. DOMINGO SFER
Ver Curriculum en Anexo 2

j. 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) Un curso prerequisite que no da créditos; b) dos materias instrumentales obligatorias (140 horas); c) cinco materias fundamentales obligatorias (360 horas) y d) cinco ó seis materias especializadas electivas (200 horas). Se exige además la realización de un mínimo de 200 horas de tutorías en proyectos de investigación del Instituto de Estructuras y la realización de un trabajo de Tesis.

k. Duración y carga horaria total
Duración total de la carrera: Mínimo 48 meses, máximo 72 meses.
Comprende 700 hs de clases presenciales y 200hs de participación en proyectos de investigación del Instituto de Estructuras, independientemente de la tesis.

I. Estructura Curricular [\(Ver actualización 2015\)](#)

I.1 Plan de Estudios y Carga Horaria

Actividad Curricular	Tipo de Desarrollo	Carácter	Carga horaria total [hs]	Responsable
Análisis Matricial de Estructuras	Curso Teórico- Práctico	Nivelación sin crédito	30	Mg. Ing. S. Gutiérrez
Matemática para Ingenieros	Curso Teórico- Práctico	Instrumental Obligatorio	60	Lic. M. I. de Lencina
Cálculo Numérico	Curso Teórico- Práctico	Instrumental Obligatorio	80	Mg.Lic. P. Fernández y Mg.Lic. G. Luccioni
Mecánica de los Sólidos	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	80	Dr. B. Luccioni
Métodos Numérico-Computacionales I	Curso Teórico-Práctico	Fundamental Obligatorio	80	Dr. G. Etse
Dinámica Estructural I	Curso Teórico- Práctico	Fundamental Obligatorio	80	Mg. Ing. E. Galíndez
Modelación Constitutiva I	Curso Teórico- Práctico	Fundamental Obligatorio	80	Dr. B. Luccioni
Mecánica Experimental	Curso Teórico- Práctico	Fundamental Obligatorio	40	Ing. R. Benito
Seguridad de las Estructuras	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. O. Möller
Diseño de Experimentos y Análisis de Datos	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. A. Sfer
Temas Especiales de Hormigón Armado y Pretensado	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. G. Pérez
Diseño Sismorresistente	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Mg. Ing E. Galíndez
Dinámica Estructural II	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. D. Ambrosini
Métodos Numérico-Computacionales II	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. G. Etse
Temas Especiales de	Curso Teórico- Práctico	Especializado	20	Dr. R. Zerbino

Tecnología de los Materiales		Electivo		
Patología de Estructuras	Seminarios	Especializado Electivo	20	Ing. R. Benito
Metodología de la Investigación Científica	Seminarios	Completentario Electivo	20	Dr. R. Danesi
Modelación Constitutiva II	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. S. Oller
Inestabilidad	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. L. Godoy
Temas Especiales de Mecánica de los Suelos	Curso Teórico- Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. M. Sánchez
Estructuras Especiales	Curso Teórico-Práctico	Especializado Electivo	40	Dr. D. Sfer
Epistemología	Curso Teórico- Práctico	Completentario Electivo	40	Dr. R. Danesi
Teoría de la Técnica	Curso Teórico- Práctico	Completentario Electivo	40	Dr. R. Danesi
Teoría de la decisión	Curso Teórico- Práctico	Completentario Electivo	40	Dr. R. Danesi

Total cursos (mínimo)	700
Participación en proyectos de investigación	200
Total	900

I.2. Reconocimiento de otros cursos de posgrado

Dentro de las 700hs 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.

m. 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 aporricados planos y espaciales. Condiciones de borde.

Cargas por temperatura y corrimiento de apoyos. Aplicaciones con programa ED-TRIDIM

Bibliografía

- Brebbia C. and Ferrante A.J.. Computational Methods for the Solution of Engineering Problems.. Pentech Press Limited, 1978.
- Fenves. Computer Methods in Civil Engineering: Prentice-Hall, Inc., 1967.
- 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.
- Przemieniecki. Theory of Matrix Structural Analysis. McGraw-Hill, Inc., 1968.
- Soft Educativo: Manual del Usuario. CIMNE, Barcelona, 1994
- Weaver, Jr. Computer Programs for Structural Analysis. Van Nostrand Company, 1967.

MATEMÁTICA PARA INGENIEROS

Espacios vectoriales reales. Transformaciones lineales y matrices. Ecuaciones lineales. Teoría general de ecuaciones diferenciales. Transformada de Laplace. Espacios Euclidianos. Convergencia de los Espacios Euclidianos. Aplicación a las ecuaciones diferenciales lineales. Series ortogonales de polinomios. Polinomios de Legendre y de Hermite. Problemas de contorno para ecuaciones diferenciales ordinarias. Problemas de contorno para ecuaciones diferenciales parciales: ecuaciones de la onda y del calor.

Bibliografía

- Ben Noble. Applied Linear Algebra. Prentice Hall, 1965.
- Gilbert Strang. Algebra Lineal y sus Aplicaciones, Fondo Educativo Interamericano, 1982.
- Kreider, Kuller, Ostberg. Introducción al Análisis Lineal. Perkins. Fondo Educativo Interamericano, S.A., Mexico, 1971.
- Kreyszig E. Advanced Engineering Mathematics. John Wiley & Sons; 1998.
- Reza, Fazlollah. Los espacios lineales en la Ingeniería. Reverté, 1977.
- Weinberger, H. F. Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales. Reverté (1979)
- Novo, Rojo, Ecuaciones y Sistemas Diferenciales. McGraw- Hill (1995).
- Figueiredo, D.G, Analise de Fourier e Equacoes Diferenciais Parciais. Projeto Euclides (2000).

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.
- Acton F. Numerical Methods that work. 1990. New York.
- Burden y Faires. Análisis Numérico. Iberoamérica, 2002.
- Chapra S., Canale R. Métodos numéricos para ingenieros. Mc. Graw Hill, 2000.
- Curtis G., Wheatley P. Análisis Numérico con Aplicaciones. Pearson Education, 2000.
- Forsythe G., Malcolm M., Moler C.. Computer Methods for Mathematical Computations. Prentice Hall, 1977.
- Gilat A., Subramaniam V. Numerical Methods for Engineers and Scientists, Wiley, 2008.
- Kincaid, Cheney, Martínez Enriquez. Análisis Numérico: Las matemáticas del Cálculo Científico. Wilmington (U.S.A.) : Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- 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

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. Elasticidad plana.

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

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 de continuidad C^0 y C^1 . Elementos semianalíticos. Implementación numérica.

El método de los elementos de contorno. Comparación con el método de elementos finitos y aplicaciones. Conceptos básicos. Aplicación del método de los elementos de contornos a la solución de problemas de elasticidad. 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. 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, 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. Métodos analíticos y numéricos para solución de problemas elastoplásticos. Aplicaciones. Teoremas fundamentales. Variables generalizadas.

Otros modelos constitutivos: Viscoelasticidad, Viscoplasticidad, Daño.

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, Spinger Verlag 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.
- 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

Conceptos fundamentales en la medición de esfuerzos: Extensometría mecánica. Extensometría eléctrica. Equipos de adquisición de datos. Procesamiento, registro y graficación de señales. Control de ensayos.

Análisis Dimensional. Teoría de Modelos. Detección de variables fundamentales. Teoremas. Similitud estructural.

Fotoelasticidad. Fundamentos ópticos. Equipos y modelos.

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.

- Hosdorf, 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.

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 sismorresistentes. Definición de funciones de falla. Superficies de respuesta estructural. Superficies de índices de confiabilidad. Proceso de optimización: cálculo de factores parciales. Análisis con el código INPRES-CIRSOC 103. Generalización del proceso de calibración.

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. Mc Graw-Hill.
- Foschi, R.O., Folz, B., Yao, F., Li, H. (1998). "Software RELAN: Reliability analysis". Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- 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. (1987). Structural Reliability: Analysis and Prediction – Ed. Ellis Horwood Limited – Halsted Press: a division of 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. (2008). “Seguridad de las Estructuras”. Apunte para el curso de Posgrado
- Newland, D.E. (1975). Random Vibration and Spectral Analysis. Longman Group Ltd. London.
- Thoft Christensen, P., Baker, M.J. (1982). Structural Reliability Theory and Its Applications. Springer Verlag, 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.
- Climent Molins “Un model per l'anàlisi del comportament resistent 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.
- 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”. Engineering structures, Vol. 22, Issue 6; Pàgs. 585-596, 2000.
- Marí. A.R. “Manual del usuario del Programa CONS”. Comunicación personal. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Universitat Politècnica 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 & Fn Spon. Earthquake-Resistant Concrete Structures, Imprint of Chapman & Hall. Great Britain, 1997.

DINÁMICA ESTRUCTURAL II

Sistemas continuos. Métodos avanzados: Introducción. Método de matrices de transferencia. 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. Reserch Studies Press 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.
- Meirovitch L. 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, Englewood Cliffs, N.J., 1982.
- Crisfield, M. "Non linear Finite Element Analysis of Solids and Structures". Vol. 2. Advanced Topics. 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.
- Felippa, C. Apuntes de Clases de Cursos de Postgrado "Finite Element Method. 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

Metales: Constitución – Cristales planos y direcciones cristalográficas – Propiedades mecánicas. Deformabilidad y tenacidad. Rotura. Proceso de deformación y rotura en sollicitación por tracción. Fenómeno de fatiga.

Avances en tecnología del hormigón. Estructura, propiedades y comportamiento del hormigón. Hormigones reforzados con fibras. Hormigones autocompactables.

Nuevos materiales estructurales. Compuestos reforzados con fibras.

Bibliografía

- Calvo Rodes R. "Metales y Aleaciones. Tomo I: Constitución y estructura.- Tomo II: Propiedades y tratamiento". Madrid, Instituto Nacional de Técnica Aeronautica Esteban Terradas, 1948-1957.
- Flinn R.A. y Trojan P.K.. "Materiales de ingeniería y sus aplicaciones". Ed. McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. (Bogotá, 1979),
- Reglamento INPRES CIRSOC
- Ciencia y Tecnología del Hormigón – Publicaciones del LEMIT
- Di Prisco M. Fibre-reinforced concrete for strong, durable and cost-saving structures and infrastructures. Starrylink Editrice, Contrada S. Urbano, Brescia, Italy, 2007.
- 5th Int. RILEM Symposium on SCC, Ghent, Belgium, ISBN: 978-2-35158-050-9, Vol. 1, 2007.
- ACI 7th International Symposium on High Strength / High Performance Concrete. 2005, Washington D.C., USA. ACI International, SP-228-9, Vol 1
- Giaccio, G. y Zerbino, R. “Hormigones de alta resistencia reforzados con fibras”, II Simpósio Internacional sobre Concretos Especiais, Sobral, Brasil, 2004, en CD. Conferencia Invitada. www.Sobral.org/concretosespeciais.
- Hormigones Especiales, Ed. E. Irassar, AATH, Argentina. ISBN 987-21660-0-5.
- Mehta, P. K. y Monteiro, P. “Concreto: Estructura, propiedades y materiales”, IMCYC, México, 381p, 1998.
- Mindess, S. and Young, F. J. “Concrete”, Ed. Prentice Hall, NJ, 671 p, 1981. Concrete / Sidney Mindess, J. Francis Young, David Darwin.

- Zerbino, R. “Caracterización reológica de hormigones autocompactables”, III Simposio Internacional sobre Concretos Especiales, Sobral, Brasil, 2006, en CD. Conferencia Invitada. www.sobral.org/sinco2006.

MODELACIÓN CONSTITUTIVA II

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 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: Applied Science Publishers.
- Lemaitre, J., A course on damage mechanics. 1992: Springer Verlag.
- 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 University Press.
- 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

Aproximación del medio poroso como un continuo. Procesos físicos en un medio poroso no-saturado. Medio poroso deformable. Leyes constitutivas. Propiedades físicas del sólido y fluidos. Formulación global acoplada. Análisis de los principales acoplamientos en problemas de ingeniería. Solución acoplada del problema de flujo y deformación en un medio poroso. Introducción a la modelación numérica de problemas acoplados en medios porosos. Fenomenología del comportamiento de suelos. Suelos saturados. Elasticidad lineal y no-lineal. Modelos de estado crítico. Modelos elasto-plástico avanzados. Suelos no-saturados. Modelo elasto-plástico BBM (Modelo Básico de Barcelona) para suelos no-saturados. Modelación avanzada de medios porosos. Modelación del comportamiento de suelos complejos. Modelo para suelos expansivos. Problemas no-isotermos. Efectos químicos en el comportamiento de suelos. Ejemplos y casos prácticos de aplicación.

Bibliografía

- Alonso, E.E., Gens, A. and Hight, D.W.. “Special problem soils. General report. Proc”. 9th Eur. Conf. SMFE, 3, pp. 1987-1146 (1987).
- Alonso, E., Gens, A. & Josa, A. “A constitutive model for partially saturated soils”. Géotechnique, 40, 3, pp. 405-430 (1990).
- Bear, J. “Dynamics of fluids in porous media”. Dover Edit (1972).
- Carrera, J. “Hidrogeología de medios pocos permeables”. Memoria XXV Aniversario CIHS, pp. 47-67 (1991).
- 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).
- Gens, A. & Alonso, E.E. "A framework for the behaviour of unsaturated expansive clays". Can. Geotech. Jnl., 29, pp. 1013-1032 (1992).
- Guimaraes L., Gens A., Sánchez M., Olivella S. "Chemo-mechanical modelling of expansive materials". 6th International Workshop on Key Issues in Waste Isolation Research. Paris (2001).
- Hueckel, T., & Borsetto, M. "Thermoplasticity of saturated soils and shales: constitutive equations". Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol 116 N° 12, pp. 1765-1777 (1990).
- Huyakorn, B. & Pinder. G. "Computational methods in subsurface flow". Academic Press Inc. (1983).
- Khalili, N., Valliappan, S. & Wan, C. "Consolidation of fissured clays". Géotechnique, 49, N° 1, pp. 75-89 (1999).
- Lloret, A., Villar, M.V., Sánchez, M., Gens, A., Pintado, X., & Alonso, E. "Mechanical behaviour of heavily compacted bentonite under high suction changes". Géotechnique, 53(1): 27-40 (2003).
- Mitchell, J. "Fundamentals of soil behaviour". 2nd ed. John Wiley & Sons (1993).
- Oldecop, L. y E.E. Alonso A model for rockfill compressibility. Géotechnique, vol 51, No. 2, 127-139 (2001).
- Olivella, S., Carrera J., Gens, A. & Alonso, E.E. "Non-isothermal multiphase flow of brine and gas through saline media". Transport in porous media, 15, pp. 271-293 (1994).
- Olivella, S., Gens, A., Carrera, J. & Alonso, E.E. "Numerical formulation for a simulator (CODE-BRIGHT) for the coupled analysis of saline media". Engineering Computations, 13, 7, pp. 87-112 (1996).
- Pastor, M., Zienkiewics, O., & Chan, A. "Generalized plasticity and the modelling of soil behaviour". International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics Vol. 14, pp. 151-190 (1990).
- Potts, D. & Zdravković, L. "Finite Element analysis in geotechnical engineering. Theory". Thomas Telford Edit. (1999).
- Romero, E., Gens, A. & Lloret, A. "Suction effects on a compacted clay under non-isothermal conditions". Géotechnique, 53, N° 1, pp. 65-81 (2003).
- Sánchez, M. "Thermo-hydro-mechanical coupled analysis in low permeability media". Ph. D. Thesis, Technical University of Catalonia. Barcelona (2004).

- Sánchez M., Gens A., Guimarães L. & Olivella S. “A double structure generalized plasticity model for expansive materials”. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics (in press) (2004).
- Simo, J, & Hughes, T. “Computational Inelasticity”. Springer-Verlag (1998).
- Sloan, S. Abbo, A. & Sheng, D. “Refined explicit integration of elastoplastic models with automatic error control”. Engineering Computation, Vol 18 N° 1/2, pp. 121-154 (2001).
- van Genuchten, R. “Calculating the unsaturated hydraulic permeability conductivity with a new closed-form analytical model”. Water Resource Research. 37(11), pp. 21-28 (1978).
- Wilson, R. & Aifantis, E. “On the theory of consolidation with double porosity. Int. J. Engng Sci. Vol. 20, N° 9, pp. 1019-1035 (1982).
- Zienkiewicz, O.C. & Taylor, R.L. “El método de elementos finitos Vol. 1 y 2”. Mc Graw Hill – CIMNE (1994)..

ESTRUCTURAS ESPECIALES

Estructuras en contacto con fluidos y materiales granulares. Interacción fluido-estructura. Interacción suelo-estructura. Diques, silos, túneles, estructuras off-shore, estructuras enterradas.

Estructuras membranales. Tenso- Estructuras. Estructuras sometidas a impacto. Estructuras sometidas a explosiones

Bibliografía

- Heki K., Shell, Membranes and Space Frames (Developments in Civil Engineering, Volume 14), Elsevier Science Ltd.
- Leonard J.W. Tension Structures: Behavior and Analysis, Mc. Graw Hill.
- Majowiecki M. Tensostrutture: Progetto e verifica, Ed. Crea, 1994.
- Paidoussis M. P., Fluid-Structure Interactions: Slender Structures and Axial Flow. Academic Press, 1998.
- Roger Ohayon, Henri J. P. Morand. Fluid-Structure Interaction: Applied Numerical Methods. John Wiley & Sons, 1995.
- 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.

PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS

Información estadística sobre daños. Daños típicos en las fases de: proyecto, ejecución, uso y mantenimiento. Consideraciones especiales sobre la durabilidad. Daños debidos a fallas en los materiales. Mecanismos de daño del hormigón.

Fisuración del hormigón. Tipos de fisuras, sus causas e identificación. Corrosión de aceros. Planificación de una investigación. Prospección de armaduras. Determinación de las características del hormigón. Ensayo de probetas para resistencias actuales y potenciales. Rango y precisión de los ensayos. Ensayos no destructivos: esclerómetro, ultrasonido, CAPO test, covermeter, half cell. Extracción de testigos. Técnicas de muestreo. Ensayos de vigas de hormigón armado.

Bibliografía

- ATC 3-06 “Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings”. US Government Printing Office, Washington D.C.
- BS 1881:Part 203 Non destructive methods of test for concrete, measurement of the velocity of ultrasonic pulses in concrete.
- Cook G.K., Hinks A.J. Appraising Building Defects: Perspectives on Stability and Hygrothermal Performance, Longman Scientific and Technical 1992.
- Hobbs, D.W., Alkali-silica Reaction in Concrete, Thomas Telford Publications, 1988.
- Kscully, J.C., The Fundamentals of Corrosion, Pergamon Press, 1990.
- Priestley y Calvi G.M. Towards A Capacity-Design Assessment Procedure For Reinforced Concrete Frames.
- Rodríguez M. y Park R. Repair And Strengthening of Reinforced Concrete Buildings For Seismic Resistance. Earthquake spectra, 1991, vol.7,no3, pp.439-459.
- Tomsett, H.N., The practical use of ultrasonic pulse velocity measurements in the assessment of concrete quality. Magazine of Concrete Research ,Vol. 32 No. 110, pp. 7-16, March 1980
- UNIDO/UNDP PR. RER/79/015 “Post Earthquake Damage Evaluation and Strength Assesment of Buildings under Seismic Conditions, Vienna. 1985.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Planteamiento e instrumentos. El planteamiento científico. Concepto. Dilucidación:

Las ideas científicas. Problema. Hipótesis. Ley. Teoría estática. Teoría dinámica

La aplicación de las ideas científicas. De la explicación a la acción. Explicación. Predicción. Acción.

La contrastación de las ideas científicas. De la observación a la inferencia.

Observación. Medición. Experimento. La inferencia científica.

Bibliografía

- Bragg G. M. Principles of Experimentation and Measurement, Prentice-Hall, New Jersey, 1974.
- Braithwaite R. B. Scientific Explanation, Cambridge, University Press, 1960 Traducción Española, Madrid, 1965.
- Bunge M., La Investigación Científica. Su estrategia y su filosofía. Editorial ARIEL, Barcelona 1976.
- Bunge M. The Myth of Simplicity, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1963.
- Dally J. W., Riley W. F. and Mc Connell K. G. Instrumentation for Engineering Measurements, J. Wiley, New York, 1984.
- Holman J. P. and Gajda W. J. Experimental Methods for Engineers, Mc Graw-Hill, New York 1989.
- Nagel E., Supper P. and Tarski A. Logic, Methodology and Philosophy of Science, Stanford University Press, 1962.
- Nagel E. The Structure of Science, New York and Burlingane, Traducción Española, Buenos Aires, 1968.
- Nash L.K. The Nature of the Natural Sciences, Boston, Little, Brown and Co., 1963.
- Schenk H. Theories of Engineering Experimentation, Mc Graw Hill, New York, 1968.
- Wilson E.B. An Introduction to Scientific Research, New York, Mc Graw-Hill, 1952.

EPISTEMOLOGÍA

Fundamentos de la lógica. Semiótica: Sintaxis, semiótica, semántica y pragmática. Lógica de enunciados. Conectivas. Funciones de verdad. La prueba en el cálculo de enunciados. Validez de los argumentos. Métodos de decisión.. Cálculo cuantificacional

uniforme. Cálculo cuantificacional múltiple.

Epistemología: Ciencia, epistemología y filosofía de la ciencia. Clasificación de las ciencias. Tipos de enunciados. Hipótesis y Leyes. La Teoría Los sistemas deductivos: definibilidad y deducibilidad. La geometría euclidiana. Elementos de los sistemas deductivos. Sistemas formales y no formales. Propiedades de los sistemas. Particularidades de los sistemas lógicos. La interpretación de los modelos. La explicación científica. El esquema lógico de la investigación científica.

Bibliografía

- Introducción a la Lógica: Copi, I. Eudeba, Buenos Aires, varias ediciones. (Caps 1, 8, 9, 10 y 13).

- □ Lógica Simbólica: Copi, I. Cecsá, México, 1979. (Caps. 1, 2, 3,4 y 6).
- □ Introducción a la Lógica Simbólica: Sthal, Gerold. De. Universitaria, Santiago de Chile, 1962. (Caps. 2, 3 y 4).
- □ La Ciencia, su método, su filosofía: Bunge, M. Siglo XX, Buenos Aires, varias ediciones. (Caps. 1 y 3).
- □ Fundamentos de la filosofía de la Ciencia: Asti Vera, A. Nova, Buenos Aires.
- □ La filosofía de la Ciencia Física: Eddington. Sudamericana, Buenos Aires, varias ediciones.
- □ Epistemología: Qué es y para qué sirve la epistemología?. Bunge, M. Ariel, Barcelona, 1980.
- □ Lógica y conocimiento científico I: Naturaleza y métodos de la epistemología. Piaget, Jean. Proteo, Buenos Aires, 1970.
- □ La lógica de la investigación científica: Popper, K. Tecnos, Madrid, 1962. (Caps.1, 2 , 3 4 y 5).
- □ El desarrollo del conocimiento científico: Conjeturas y refutaciones. Popper, K. Paidós, Buenos Aires, 1967.
- □ Epistemología de las ciencias físicas: Prelat, Carlos. Espasa Caloe Argentina, Buenos Aires, 1948. (Cap 1).
- □ Qué es la ciencia?: Szilasi, Wilhem. Breviarios, Fdo. De Cultura Económica, México, varias ediciones.
- □ “Ciencia formal y ciencia fáctica”: traducción inglesa incluida en Feigl y Brodbeck: Reading in Philosophy of Science. Carnap. Appleton-Century-Crofts, New York, 1953.
- □ Tratado de lógica y conocimiento científico VII: Clasificación de las ciencias y principales corrientes de la epistemología contemporánea. Piaget, J. Paidós, Buenos Aires, 1979 (pp 15 a 76).
- □ Ciencia cultural y ciencia natural: Rickert. Espasa Calpe, Buenos Aires, varias ediciones. (Especialmente caps 3 y 4).
- □ El sistema de las ciencias: Goblot, E. El Atneo, Buenos Aires, 1946.
- □ La casualidad: Bunge, M. Eudeba, Buenos Aires, 1961 (Cap 10).
- □ Filosofía de las leyes naturales: Papp, Desiderio. Espasa Calpe, Argentina, Buenos Aires, varias ediciones. (Cap.2y3).
- □ Inducción e hipótesis: Barker. Eudeba, Buenos Aires, 1963.
- □ La filosofía de la ciencia: Toulmin, Stephen. Los libros del mirasol, Cía Gral.Fabril Editos, Buenos Aires, 1964.
- □ El pensamiento científico moderno: Ullmo, Jean. Teurus Ediciones, Madrid, 1959.(Cap. 1y2).

- □The Art of Science Investigation: La hipótesis, traducción del cap. IV. Beveridge, W. I. Norton & CompNY, New York, 1957.
- La estructura de la ciencia: Nagel. 3ª. Edición, Paidós, Buenos Aires, 1978. (Cap 4,5 y 6).
- □La axiomática: Blanché. Cuaderno 21, Univ. Nac. Autónoma de México, 1965.
- □Introducción a la filosofía de la ciencia: Wartofsky. Alianza Editorial, Madrid, 1976 (Cap 10).
- □Introducción a la lógica de las ciencias: Hempel. Paidós, Buenos Aires, 1979 (Cuarta parte).
- □Foundations of Interference in natural Science: La explicación hipotéticodeductiva, traducción del cap. VI. Wisdom, J. O. Methuen, London, 1952.
- □La estructura de las revoluciones científicas: Kuhn. Breviarios, Fdo de Cultura económica, México, varias ediciones.
- □Historia y elementos de la sociología del conocimiento: Posibles interpretaciones de la historia de la ciencia, selección de I. Cohen, R. Horowitz, Eudeba, Buenos Aires, 1964 (Tomo Y: pp. 277-288).
- □Introducción histórica a la filosofía de la ciencia: Losse, J. Alianza universidad, Madrid, 1981 (Caps. 13 y 14).
- □Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento: Feyerabend. Ediciones Orbis, Buenos Aires, 1984.
- □Progress and its Problems: Laudan. University of California Press, Berkeley, 1977.
- □La crítica y el desarrollo del conocimiento: Lakatos y Musgrave (eds). Grijalbo, Barcelona, 1975.

TEORÍA DE LA TÉCNICA

Del homo faber al homo technicus.

El animal laborans: Técnica y poder.

Técnica, política y ética. El homo technicus vs. el zoon politikón.

Las revoluciones industriales y los países en vías de desarrollo. El caso de América (Latina). Necesidad de contar con una apreciación y orientación filosófica desde la perspectiva (latino americana).

Bibliografía

- □El trabajo y el hombre: Borne Et Henry. Descleé de \brouwer, Buenos aires 1944)

- □ La industria y el progreso técnico: Carter, C. F., y Williams, B. R. Ediciones Rialp, Madrid 1962.
- □ La ciencia, la investigación y la técnica ante el desarrollo económico y el progreso social: Centro de Estudios Sociales del Valle de los Caídos. Aguilar, S. A. Ediciones, Madrid 1964.
- □ Educación técnica y cambio social: Cotgrove, Stephen, E. Ediciones Rialp, Madrid 1963.
- □ La tecnificación del mundo: Meyer Hermann. Gredos, Madrid 1966.
- □ Filosofía del trabajo: Todolí, José. Instituto Social León XIII, Madrid 1954.
- □ Estudio de la Historia: Toynbee, Arnold. Emecé, Buenos Aires 1959.

TEORÍA DE LA DECISIÓN

El Determinismo: Análisis de los hechos científicos de los siglos XVIII y XIX – El demonio de Laplace – La prospectiva. El Indeterminismo: La estructura electrónica del átomo – Meditación sobre la Cuántica – La Termodinámica Estadística. Lo aleatorio: Azar y Necesidad – La Cibernética – El paradigma Cibernético – La aparición del “computador”- 3ª, 4ª, 5ª Generación. La Teoría de la Autonomía: Del lenguaje como teoría determinista a los lenguajes artificiales – Semiología y cultura La Modernidad. La Teoría de la Decisión: El enfoque Sistémico – La Creación Intelectual – La relación Hombre – Máquina “inteligente”.

Bibliografía

- □ Fuzzy and Multiobjective Games for Conflict Resolution (Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 64), Ichiro Nishizaki, Masatoshi Sakawa, Physica Verlag; 2001
- □ Empirical Bayes and Likelihood Inference S. E. Ahmed(Editor), N. Reid(Editor), Springer Verlag; 2000.
- □ Multicriteria Optimization, Matthias Ehrgott, Springer Verlag; 2000
- □ Multi-Criteria Decision Making Methods: A comparative Study (Applied Optimization, Volume 44) Evangelos Triantaphyllou , Kluwer Academic Pub; 2000.
- □ Systems Thinking, Systems Practice: Includes a 30-Year Retrospective, Peter Checkland, John Wiley & Sons, 1999.
- □ Modeling Bounded Rationality (Zeuthen Lecture Books), Ariel Rubinstein, MIT Press, 1998.

n. Cuerpo Docente ([Ver actualización 2015](#))

n.1 Profesores Estables

1. Dr. AMBROSINI, Daniel (Universidad Nacional de Cuyo)
2. Dr. BARLEK, Rodolfo (Universidad Nacional de Tucumán)
3. Ing. BENITO, Raúl (Universidad Nacional de Tucumán)
4. Dr. DANESI, Rodolfo (Universidad Nacional de Tucumán)
5. Lic. ESTRADA, Graciela (Universidad Nacional de Tucumán)
6. Dr. ETSE, Guillermo (Universidad Nacional de Tucumán)
7. Mg. Lic FERNÁNDEZ, Patricia (Universidad Nacional de Tucumán)
8. Mg. Ing. GALÍNDEZ, Enrique (Universidad Nacional de Tucumán)
9. Mg. Ing. GUTIÉRREZ, Sergio (Universidad Nacional de Tucumán)
10. Lic. LENCINA, María Isabel de (Universidad Nacional de Tucumán)
11. Dr. LUCCIONI, Bibiana (Universidad Nacional de Tucumán)
12. Mg. Lic. LUCCIONI, Griselda (Universidad Nacional de Tucumán)
13. Dr. MOLLER, Oscar (Universidad Nacional de Rosario)
14. Dr. NALLIM, Liz (Universidad Nacional de Salta)
15. Ing. PASCUAL, Alberto (Universidad Nacional de Tucumán)
16. Dr. PÉREZ, Gustavo (Universidad Nacional de Tucumán)
17. Dr. RAMALLO, Juan Carlos (Universidad Nacional de Tucumán)
18. Ing. RODRÍGUEZ, Carlos (Universidad Nacional de Tucumán)
19. Dr. SANCHEZ Marcelo (Univ. of Strathclyde, Glasgow, UK)
20. Dr. SFER, Ana María (Universidad Nacional de Tucumán)
21. Dr. SFER, Domingo (Universidad Nacional de Tucumán)
22. Dr. ZERBINO, Raúl (Universidad Nacional de La Plata)

n.2 Profesores Invitados

1. Dr. CRISAFULLI, Francisco (Universidad Nacional de Cuyo)
2. Dr. GARCÍA GARINO, Carlos (Universidad Nacional de Cuyo)
3. Dr. GODOY, Luis (Universidad Nacional de Córdoba)
4. Dr. INAUDI, José (Universidad Nacional de Córdoba)
5. Dr. MARTÍN Pablo (Universidad Nacional de Cuyo)
6. Dr. MIRASSO, Aníbal (Universidad Nacional de Cuyo)
7. Dr. OLLER, Sergio (Universidad Politécnica de Cataluña)
8. Dr. RIERA, Jorge (Universidad Federal de Rio Grande do Sul)

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

Ver Anexo 3

p. Infraestructura y Equipamiento ([Ver actualización 2015](#))

Infraestructura edilicia:

1 (una) Biblioteca, 1(una) Sala de Reuniones, 3 (tres) Oficinas para investigadores. Capacidad 4 personas cada una, 1 (una) Oficina para Director, 4 (cuatro)

Estudios para becarios y alumnos de posgrado, 2 (dos) Aulas para 30 alumnos, 1 (un) taller, 1(un) depósito, 1 (una) nave de ensayos de modelos grandes y prototipos, 1 (una) sala de

fotoelasticidad, 1 (una) sala de ensayos de modelos reducidos

Equipamiento de ensayos:

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

Puente grúa de 7 t. de capacidad

1 (un) pórtico de carga de 100 t. en régimen dinámico.

2 (dos) pórticos de carga de 100 t. en régimen estático y 50 t. en régimen dinámico.

2 (dos) pórticos de carga de 25 t. en régimen estático.

Equipamiento especial

1 equipo KYOWA para registros dinámicos, compuesto por :

1 oscilógrafo registrador de 6 canales,

5 acelerómetros AS-5GB,

5 acelerómetros AS-10B,

1 acelerómetro triaxial AS-10TB,

2 celdas de carga tracción/compresión LU20Te para 20 t.,

2 celdas de cargas de compresión LC100TYE para 100 t.,

1 módulo amplificador de 8 canales DPM612B, y

1 caja convertidora de puente DPB120A.

10 sensores de presión marca Honeywell de capacidad máxima 35 KPa.

1 equipo AMSLER, aplicación y medición de cargas estáticas, compuesto por dinamómetro a resorte modelo FM 1033 de escala variable, cabezal distribuidor y bomba de recuperación.

1 equipo AMSLER, aplicación y medición de carga dinámicas, compuesto por pulsador modelo P-960, pupitre de control, tubería de presión y medición, acumulador.

1 equipo IBERTEST-GIB aplicación y medición de cargas estát. y dinám., compuesto por un pupitre de 4 vías, electrónico, con lectura analógica de fuerza y digital de la información.

2 gatos hidráulicos AMSLER de 20 t. en régimen estático y 10 t. en régimen dinámico, con placas de vinculación a pórticos de cargas.

2 gatos hidráulicos IBERTEST-GIB de 20 t y 60 t. cada uno en régimen estático y 10 t. y 30 t. en régimen dinámico.

2 gatos hidráulicos SIMPLEX de 60 t. con placas de vinculación a pórticos de carga.

1 gato hidráulico SIMPLEX de 100 t. con placas de vinculación a pórticos de carga.

2 bombas manuales SIMPLEX .

3.cilindros hidráulicos 5.10x25 t. de capacidad.

1 equipo INSTRON para aplicación de cargas estáticas, variables y con control de deformaciones con gestión asistida mediante computadora y software al efecto, compuesto por: una consola de control serie 2180, una celda de carga serie 2518-100, un actuador hidráulico serie 3375 y una subestación hidráulica serie 3460.1 central extensométrica automática HBM de 20 canales para el registro de deformaciones estáticas y dinámicas.

Un Extractor de testigos de Hormigón a combustión

Un Extractor de testigos de Hormigón eléctrico

COVERMASTER, Palpador o sensor , central de medición

Medidor Resistividad RMMK II C/ Manual, Puntas de Pruebas, Cargador de Baterías

PUNDIT C/ Manual
Medidor de Ultrasonido MASTRAD
Esclerómetro SCHMIDT
Equipo Capo – Test MASTRAD
Media Celda HALF-CELL P/ Medir capacidad Distribuida en el Hormigón

Equipamiento de cómputos:

3 Notebooks C2 Duo con 2Gb de Memoria, 4(cuatro) computadoras core 2 Duo con 2 Gb de memoria y 320 Gb de disco, 5(cinco) computadoras Dual core con 1Gb de memoria y 160 Gb de disco, 12 (doce) computadoras Pentium IV 3.2 GHz 512Mb de Memoria y 150Gb de Disco;3 (tres) Impresoras Hewlet packard Laserjet 1160; 1 (uno) scanner Hewlett Packard Scanjet 5100C; 1 (uno) Scanner OPTIC PRO; 1 (uno) Plotter Hewlett Packard DesignJet 2500 CP con resolución fotográfica.
Licencia perpetua Abaqus Estándar/Explicit en una máquina V.6.6.
Licencia anual ANSYS AUTODYN Versión 11.0
Licencia SAP 2000.

Observaciones:

Cabe destacar que 24 PCs se encuentran conectadas en red interna y cuentan con acceso a Internet provisto por la Facultad, incluyendo correo electrónico.
La biblioteca funciona en el mismo edificio del Instituto de Estructuras (Av. Roca 1800) donde se dicta la carrera de Doctorado en Ingeniería 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.

q. 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.

q.1. Evaluación y rehabilitación de puentes (CIUNT 26/E404)

Resumen:

Actualmente se reconoce la necesidad de mantener operativas las vías de comunicaciones, tanto por cuestiones económico-sociales en tiempos normales, como por razones de seguridad ante ocurrencia de catástrofes. Sin embargo, en las últimas décadas se ha podido observar un alto grado de deterioro en estructuras de puentes. 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 muchos de los puentes actualmente en servicio se construyeron con anterioridad a la aparición de la normativa sismorresistente, o en base a prescripciones de normas caducas anteriores a las vigentes. Pese a este creciente deterioro y a la importancia estratégica de este tipo de estructuras, los presupuestos para mantener, reparar y/o rehabilitar puentes existentes son siempre 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 último de un análisis económico comparativo entre las opciones: rehabilitación vs. construcción de puentes nuevos. 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 críticas de la red de puentes y mantener la confiabilidad de las mismas en un nivel óptimo.

Cabe destacar la importancia que este tema tiene para Organismos Nacionales y Provinciales responsables de Puentes: Interés que dio origen a Convenios de Asistencia Técnica con este proyecto y que conciernen a Evaluación y Rehabilitación de Puentes (ver antecedentes del grupo). Se espera que los resultados de este proyecto continúen siendo transferidos a profesionales, Organismos Públicos y Privados e interesados en el tema.

El objetivo general es: proponer metodologías para la evaluación estructural y sísmica de puentes de hormigón y técnicas de rehabilitación integrales que puedan ser aplicadas en nuestro país e incorporadas como prácticas usuales.

Son objetivos específicos:

- 1.- Optimizar metodologías experimentales para la obtención de datos representativos de las características mecánicas de los materiales constitutivos de puentes.
- 2.- Desarrollar e implementar modelos capaces de predecir la evolución de daños en el tiempo.
- 3.- Elaborar una propuesta de manual de inspección y evaluación de puentes de la región.
- 4.- Elaborar un índice de condición de puentes que refleje el cambio de condiciones entre las sucesivas inspecciones.
- 5.- Proponer y verificar el comportamiento estructural de reparaciones y/o refuerzos adoptados para puentes tipos de la región.
- 6.- Evaluar posibles daños debidos a acciones sísmicas en puentes de la red vial primaria y proponer metodologías tipos de rehabilitación sísmica de puentes en servicio.
- 7.- Proponer cambios en diseños que ayuden a mitigar patologías frecuentes de puentes de la región.

q.2 Evaluación y Rehabilitación de Estructuras de Hormigón y Mampostería (CIUNT 26/E414)

Resumen:

El hormigón y la mampostería son actualmente los materiales mas usados para la construcción de las estructuras de edificios. A lo largo de los años, el tipo y calidad de los materiales y la tecnología de la construcción han cambiado considerablemente, pero también ha ido aumentando el conocimiento de su comportamiento y con ello el desempeño de las estructuras. Sin embargo, todas las construcciones experimentan deterioro a lo largo del tiempo, afectando su desempeño estructural y su comportamiento bajo condiciones normales de servicio. En algunos casos este deterioro puede ser tan severo que la estructura o componente afectado no pueda ser reparado, pero en otros casos, es posible formular estrategias de protección y

reparación que puedan extender su vida útil incluso más allá de la que fuera proyectada originalmente. Las medidas de protección y reparación proyectadas para este fin, deben ser seleccionadas cuidadosamente a partir de los resultados de la evaluación y el diagnóstico de la estructura y sus costos deben ser estimados en relación al valor de la estructura para el resto de su vida útil versus el costo de demolerla y reemplazarla.

Todo este proceso debe ser necesariamente abordado por profesionales especializados en la disciplina de Patología de las Construcciones, a través de una metodología que contemple las tareas de estudio, auscultación, evaluación, rehabilitación y refuerzo de las estructuras.

Por otro lado, en los últimos años también ha crecido el interés por la evaluación del riesgo sísmico potencial de edificios construidos antes del advenimiento de los códigos de diseño sismorresistente y el de la evaluación de daños en las construcciones por la ocurrencia de sismos, donde surge la necesidad de evaluar y cuantificar el daño producido, para lo cual es de suma importancia, disponer de guías rápidas de evaluación de daños para poder tomar decisiones correctas luego de la ocurrencia de un terremoto.

Cabe destacar que en este grupo de construcciones se encuentran las de alto valor histórico, arquitectónico y patrimonial.

Los objetivos generales de este proyecto son los de estudiar distintas metodologías para la evaluación de estructuras dañadas por diferentes causas y proponer técnicas de rehabilitación adecuadas que garanticen su durabilidad, un comportamiento apropiado y una solución económicamente viable.

Los objetivos específicos que se plantean son los de redactar guías de evaluación y rehabilitación para construcciones de hormigón y mampostería utilizando materiales y tecnologías disponibles en nuestro medio.

Se espera que los resultados que se obtengan sean útiles para profesionales de la Ingeniería Civil y Arquitectura interesados en la recuperación de edificios públicos y privados, como así también de las Municipalidades y Órganos de Gobierno vinculados con la preservación del Patrimonio Histórico como ser la Dirección de Arquitectura de la Nación.

q.3 Estudio teórico experimental y numérico del comportamiento de falla de hormigones reforzados con fibras (CIUNT 26/E449)

Resumen:

En la actualidad existe un gran desarrollo en la utilización del hormigón como material constitutivo para la construcción de diferentes elementos estructurales, es por ello que el estudio de su comportamiento en régimen de falla resulta de gran importancia en el presente, en particular se debe considerar que los resultados de estos estudios conducen a la optimización de las estructuras con beneficios directos en su seguridad y costos. Estas estructuras y elementos estructurales bajo cargas críticas incurren en la falla y por lo tanto es relevante conocer el comportamiento de los mismos bajo diferentes condiciones de carga.

Si bien no existen dudas de que la incorporación de fibras cortas dispersas en una matriz frágil como la que posee el hormigón le confiere una mayor capacidad para controlar el desarrollo de la fisuración, con beneficios directos en las propiedades en estado endurecido, particularmente en la tenacidad, aumento de la capacidad de

absorción de energía, aumento de la ductilidad antes de la falla última y mejoras en la durabilidad, entre otras contribuciones, a pesar de la gran cantidad de resultados experimentales obtenidos, el empleo a nivel estructural de hormigones reforzados con fibras es aún algo limitado. Aún cuando se conocen las ventajas que confieren las fibras, los procedimientos de análisis no valoran adecuadamente su aporte y se continúa diseñando en forma tradicional.

El presente proyecto tiene como objetivo general desarrollar criterios para el diseño estructural de hormigones reforzados con fibras bajo solicitaciones de corte, de forma tal de lograr bases para una mejor aplicación y mayor aprovechamiento de las ventajas y alternativas que brinda este nuevo material.

Para ello se propone el desarrollo de un estudio experimental que provea información de relevancia con respecto al comportamiento de falla bajo solicitación de corte. Se pretende implementar la realización de ensayos a nivel material en probetas tipo Luong y a nivel estructural en elementos típicos sometidos a corte, que constituirán antecedentes experimentales válidos para desarrollar una herramienta de análisis, cálculo y/o verificación de propuestas de procedimientos de diseño.

Los resultados de este proyecto se podrán utilizar para una mejor comprensión de la falla del hormigón desde una visión mecánica que ha de permitir el desarrollo de modelos y formulaciones constitutivas más realistas y eficientes, y por otro lado caracterizar al material y poder calificar al mismo según este comportamiento.

q.4 Comportamiento de nuevos materiales estructurales (CIUNT 26/E427)

Resumen:

La industria de la construcción moderna, requiere cada vez más exigencias de los materiales, que son usados bajo condiciones más severas, como acciones dinámicas con fuertes velocidades de carga. Dichas acciones pueden ser de origen accidental o producidas por las mismas condiciones de servicio de las estructuras. Por otro lado, durante su vida útil las estructuras de hormigón y mampostería ya existentes pueden resultar expuestas a cargas mecánicas, como así también a agentes agresivos químicos o térmicos que produzcan la degradación de sus propiedades mecánicas dando lugar a una consiguiente pérdida de seguridad que haga necesaria su reparación y o refuerzo.

Estos hechos han dado lugar, por un lado, al desarrollo de nuevos materiales como, por ejemplo, los materiales compuestos reforzados con fibras para cumplir con fines específicos y, por otro lado, han creado la necesidad de desarrollar programas de simulación estructural con el objeto optimizar dimensiones, reducir los márgenes de seguridad o simplemente bajar costos y, a su vez, poder diseñar adecuadamente los nuevos materiales y los sistemas de refuerzo y reparación.

El objetivo principal de este proyecto es la definición de modelos materiales realistas que permitan simular adecuadamente nuevos materiales estructurales, fundamentalmente materiales compuestos, que se utilizan en sistemas de reparación, refuerzo y control, o materiales tradicionales como el hormigón y la mampostería bajo acciones no convencionales como explosiones e impacto. Dichos modelos serán implementados en un programa de elementos finitos y en un hidrocódigo que permitirán predecir el comportamiento dinámico no lineal y la degradación y falla de

elementos estructurales y no estructurales, reparados y o reforzados, bajo solicitaciones de típico mecánico y explosiones respectivamente.

Los objetivos específicos planteados son:

- a) Desarrollo de herramientas numéricas para el diseño y verificación de elementos estructurales frente a a cargas explosivas
- b) Desarrollo de herramientas numéricas para la evaluación de la eficiencia de sistemas de reparación y/o refuerzo con láminas de material compuesto con fibras, que tengan en cuenta los fenómenos de delaminación y despegue
- c) Evaluación de experimental y numérica de la eficiencia del refuerzo a corte con hormigones con fibras. Desarrollo de herramientas numéricas para la evaluación de la eficiencia de sistemas de reparación y/o refuerzo con materiales hormigones con fibras.
- d) Desarrollo de una herramienta computacional que permita evaluar la eficiencia de sistemas basados en la utilización de compuestos con fibras piezoeléctricas, para el control activo de vibraciones en estructuras esbeltas.

Se espera que los resultados del proyecto contribuyan al avance del conocimiento en el área de la mecánica de materiales y a la formación de recursos humanos. A su vez, los mismos pueden ser transferidos a la industria de la construcción a través de recomendaciones sobre la utilización de materiales compuestos para reparación, refuerzo y control de estructuras. Por otro lado, los modelos constitutivos y programas a desarrollar en el marco del proyecto no se restringen a materiales usados en construcción sino que pueden ser aplicados, sin mayores modificaciones, para tratar numerosos problemas de otros tipos de industrias entre las que merecen destacarse la industria metal-mecánica y aeronáutica.

q.5. Diseño y aplicación estructural de hormigones con fibras (PICT 2006-01231)

Resumen

El hormigón estructural es el material de construcción más ampliamente utilizado debido a su baja relación costo/resistencia en comparación con otros materiales. En la actualidad no existen dudas de que la incorporación de fibras cortas dispersas en una matriz frágil como la que posee el hormigón le confiere una mayor capacidad al mismo para controlar el desarrollo de la fisuración, con beneficios directos en las propiedades en estado endurecido, particularmente en la tenacidad, aumento de la capacidad de absorción de energía, aumento de la ductilidad antes de la falla última y mejoras en la durabilidad, entre otras contribuciones.

Su campo de aplicación ha crecido notablemente y existen en la actualidad diversos ejemplos de uso de fibras en hormigón como revestimientos de túneles, elementos premoldeados, construcción y reparación de pavimentos o tableros de puentes. Inicialmente las principales aplicaciones se realizaron con fibras de acero, pero recientemente han aparecido en el mercado fibras sintéticas estructurales que pueden competir en varios casos con las primeras. Además de las mejoras en las fibras disponibles, se ha avanzado en el desarrollo del Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) como material, se han obtenido HRF de alta resistencia y en los últimos años Hormigones Autocompactables Reforzados con Fibras (HACRF). El HACRF posee

una fluidez muy elevada sin riesgos de segregación y permite la construcción de estructuras en menos tiempo y fundamentalmente libres de defectos (oquedades, terminación superficial, etc.).

Dadas las probadas ventajas que confieren las fibras a los elementos estructurales de hormigón, cabe preguntarse por qué su utilización está restringida a aplicaciones no estructurales o estructuras especiales. Parte de la respuesta reside en el hecho de que las pautas de diseño para HRF no han acompañado el desarrollo del material. Los procedimientos de diseño existentes no valoran adecuadamente el aporte de las fibras. Ante esta situación hace unos pocos años se desarrolló el proyecto europeo Brite-Euram BRPR-CT98-08013 "Test and Design Methods for Steel Fiber Reinforced Concrete" (1999-2002), donde además de avanzar en la caracterización del HRF a nivel de propiedades constitutivas se propuso un procedimiento de diseño estructural para hormigones con fibras de acero.

Considerando lo expuesto, el presente proyecto tiene como objetivo general desarrollar criterios para el diseño estructural de hormigones reforzados con fibras, de forma tal de lograr bases para una mejor aplicación y mayor aprovechamiento de las ventajas y alternativas que brinda este nuevo material.

El desarrollo del conocimiento propuesto en el proyecto tendrá un impacto directo tanto en la construcción de estructuras civiles nuevas como en la realización de reparaciones en estructuras existentes, dando lugar a una mayor vida en servicio de las mismas. Las construcciones civiles constituyen un porcentaje significativo del patrimonio de un país, tanto las tareas de mantenimiento como la reconstrucción implican la disponibilidad de recursos importantes, que no hay dudas deben ser optimizados. Desde este punto de vista, el proyecto posee un impacto directo ya que procura contribuir al desarrollo sustentable realizando un aporte concreto para el mejor uso y conservación de las obras de infraestructura.

El proyecto será llevado a cabo por un grupo formado por investigadores altamente calificados a nivel nacional e internacional que se complementan en los dos aspectos requeridos para abordar el tema. Una parte de ellos pertenecen al LEMIT-CIC y poseen numerosos antecedentes en el desarrollo de hormigones especiales. Son referentes en el tema de HRF con contribuciones destacadas a nivel internacional. A su vez, los investigadores pertenecientes 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 y ha llevado a cabo una destacadísima labor en la formación de recursos humanos, cuentan con contribuciones relevantes en la modelación teórico, numérica y experimental del problema. Debe remarcarse, además, que existen antecedentes de trabajo conjunto, tanto a nivel de proyectos de investigación como a nivel de formación de recursos humanos. En este sentido, el proyecto procura fortalecer el vínculo existente, favoreciendo el intercambio científico y contribuyendo a la formación de recursos humanos.

q.6 Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Vitales de la Red de Emergencias (PME-2006-01344)

Resumen

Los desastres naturales, como terremotos, inundaciones, huracanes y erupciones volcánicas, causan anualmente una gran cantidad de muertes, daños y pérdidas de infraestructura económica y social en diversos países del mundo.

En nuestro país, existe una vasta región que ha sido afectada por la ocurrencia de terremotos. El más reciente, ocurrido el 7 de septiembre de 2004 en la Provincia de Catamarca, ha dejado en evidencia el nivel de vulnerabilidad de edificaciones consideradas vitales para la red de emergencia, como ser hospitales y escuelas.

En este sentido, es necesario establecer el riesgo sísmico imperante en una región, entendiéndose como tal a la probabilidad de pérdida (económica o humana) causada por un sismo, dentro de un período de tiempo determinado. Este parámetro depende, a su vez, de dos factores: la peligrosidad sísmica como factor natural y la vulnerabilidad que refleja las características de la intervención humana.

La peligrosidad está relacionada con la probabilidad de que ocurran movimientos sísmicos en una zona determinada, lo que refleja características de la naturaleza que no pueden cambiarse. Por el contrario, la vulnerabilidad o capacidad de resistencia de las estructuras expuestas a estos movimientos, que refleja la intervención humana, puede ser modificada. De esta manera, para disminuir el riesgo es necesario el conocimiento de la peligrosidad, a través de la evaluación del fenómeno natural, y la identificación y disminución de las vulnerabilidades.

La exposición y vulnerabilidad existentes en nuestro país al mencionado peligro sísmico, tanto de pequeñas comunidades como de grandes núcleos urbanos y de sus economías, urge a que se reduzca la brecha entre lo que se conoce y lo que se debería conocer acerca del fenómeno sísmico, y sus consecuencias en lo físico, económico, social y ambiental. Esto es dramáticamente cierto si se tienen en cuenta los costos de vidas y las inversiones económicas necesarias para recuperar bienes y servicios después de cada catástrofe.

En términos generales, la vulnerabilidad puede entenderse como la predisposición intrínseca de una edificación a sufrir daño debido a posibles acciones sísmicas y, por lo tanto, su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo.

Debido a que muchas edificaciones hospitalarias y de escuelas fueron construidas hace mucho tiempo y otras no han sido diseñadas ni construidas con normas sismorresistentes, surgen dudas con respecto a la seguridad que dichas edificaciones ofrecen para cumplir adecuadamente su función en caso de un sismo, principalmente cuando éstas son necesarias para la atención de una emergencia. En estos casos, se hace imperativa una revisión lo más detallada posible de la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes, esto es, la evaluación de la vulnerabilidad. A partir de estas evaluaciones, se determinan los niveles de vulnerabilidad y la necesidad o no de intervención para la disminución del riesgo. El tipo de intervención depende del nivel de vulnerabilidad, yendo desde adecuaciones de tipo funcional hasta refuerzos estructurales.

La dificultad para construir nuevas instalaciones hospitalarias y educativas en zonas sísmicas, debido a su alto costo, hace imperativo intervenir reforzando aquellas existentes. Estas intervenciones, que se deben llevar a cabo para reducir el riesgo y garantizar un comportamiento adecuado, deben estar basadas en conocimientos científicos y ser consistentes con los requisitos ingenieriles actuales y los códigos de diseño de cada país.

En nuestro país, no existe un programa sistemático con el fin de mitigar el riesgo sísmico de las construcciones existentes de la red de emergencia y son escasos los aportes al desarrollo de programas de investigación relacionados con el estudio del desempeño de nuevos materiales, componentes estructurales y sistemas constructivos.

no tradicionales orientados al refuerzo sísmico. Más aún, a nivel reglamentario no existe en el país ningún lineamiento que permita evaluar la vulnerabilidad de las construcciones en detalle, ni las medidas de readecuación sísmica consecuentes.

En base a lo antes expuesto, se propone llevar adelante un proyecto de investigación con el objetivo final de mejorar el conocimiento del riesgo sísmico, así como las medidas de rehabilitación sísmica para las construcciones vulnerables de la red de emergencia.

Objetivos Generales

- a) Proponer procedimientos y guías de inspección visual para realizar un inventario, que permitan evaluar, desde un enfoque multidisciplinario, la vulnerabilidad sísmica de construcciones, en particular, de los edificios considerados claves en la red de emergencia (salud, educación, etc.).
- b) Proponer lineamientos para la reducción de la vulnerabilidad de las construcciones.
- c) Desarrollar sistemas innovadores para edificios sismorresistentes (tales como aisladores sísmicos, disipadores de energía de distinto tipo, etc), y proponer especificaciones y recomendaciones para su diseño.

Objetivos Específicos

- a) Analizar procedimientos y metodologías existentes para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica a fin de seleccionar las más apropiadas a la realidad de nuestro país.
 - b) Analizar guías de inspección visual y fichas de inventario de edificios construidos en zonas sísmicas.
 - c) Proveer información numérica para la formulación de modelos computacionales que simulen el comportamiento de los elementos estructurales, necesarios para la metodología de evaluación propuesta.
 - d) Seleccionar instrumentos y metodologías para la evaluación del comportamiento de los elementos no estructurales, la aptitud funcional y la continuidad de funcionamiento post terremoto de los elementos mínimos de infraestructura de servicios (energía eléctrica, agua, gas, evacuación de efluentes) de aquellos edificios considerados claves en la red esencial.
 - e) Crear una red nacional de evaluadores calificados en vulnerabilidad sísmica de edificios (homogenización de criterios de evaluación).
 - f) Proponer lineamientos de diseño que contribuyan a la reducción de la vulnerabilidad edilicia.
 - g) Analizar y calibrar las técnicas existentes para la rehabilitación de estructuras y confección de guías que permitan la adopción de distintas técnicas adecuadas a la tecnología disponible en nuestro medio.
 - h) Proveer información experimental para la formulación de modelos computacionales que simulen el comportamiento de nuevos materiales, componentes estructurales y sistemas constructivos no tradicionales orientados al refuerzo sísmico.
- Para alcanzar estos objetivos se considera necesario aunar esfuerzos entre distintos centros de I&D que vienen realizando trabajos de investigación en esta área del conocimiento, de tal manera de compartir los recursos físicos y humanos disponibles para alcanzar resultados concretos que puedan ser transferidos en forma inmediata a la comunidad científica y profesional. Para ello se propone crear una red conformada por el Instituto de Ingeniería Civil y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Salta, el Instituto de Estructuras #Arturo M. Guzmán# de la Universidad Nacional de

Tucumán y el Instituto de Investigaciones Antisísmicas #Aldo Bruschi# de la Universidad Nacional de San Juan.

El propósito para los dos años a que se limita el proyecto se circunscribe a la evaluación y propuesta de rehabilitación de estructuras de edificios de hospitales y escuelas que forman parte de la red vital de emergencia.

r. Financiamiento ([Ver actualización 2015](#))

r.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.

r.2 Fuentes complementarias (Ultimos 5 años)

En los últimos años se dispuso de las siguientes fuentes complementarias de financiamiento

Año	Fuente	Monto
2004	CIUNT, CONICET (Becas), Trabajos de Extensión	\$ 75.000
2005	CIUNT, CONICET (Becas, Equipamiento), Trabajos de Extensión	\$82.000
2006	CIUNT, CONICET (Becas, Equipamiento), Trabajos de Extensión	\$90.000
2007	CIUNT, CONICET (Becas, Equipamiento), Trabajos de Extensión	\$100.000
2008	CIUNT, CONICET (Becas, Equipamiento), Agencia, Trabajos de Extensión	\$166.000

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

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 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 asignaturas 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.

t. Reglamento de Funcionamiento de Carrera

t.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.

t.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

t.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.

t.3.1 Funciones

- El Director Académico del Doctorado en Ingeniería debe tener una dedicación semanal de 12hs y 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 Doctorado.
- Proponer al Departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, el personal docente que participará en el Doctorado.
- Integrar el Consejo de Directores de Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.
- Realizar gestiones ante organismos nacionales y extranjeros relacionados con el funcionamiento del Doctorado en Ingeniería.
- Asistir a actos relacionados con el Doctorado en Ingeniería.
- 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.
- 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.

t.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.

t.4.1 Funciones

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.

t.5 Comité Académico

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

Requisitos para su integración: ser Profesor Titular o Asociado, o Magíster o Doctor de la especialidad estructuras y ser Profesor Estable de la Carrera. Por lo menos un 20% de los miembros del Comité Académico está constituido por Profesores Estables de otras Universidades.

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.

t.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.

t.6 Método de Evaluación

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

1. Pruebas escritas regulares (dos por materia como mínimo) 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 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 Escrito. Las materias del Curso de Estudios se rinden inmediatamente después de terminado el dictado de las mismas en fechas que están dentro de los quince (15) días de la finalización de las clases.
5. Las materias se clasifican en escala 1-10. La calificación mínima para acreditar las horas es 6 (seis). La calificación mínima para aprobar una materia es 4 (cuatro).
6. Las materias pueden rendirse una sola vez.

t.7 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 de inscripción, comunicando la elección del Director de Tesis y pidiendo la aceptación del Tema de Tesis y su respectivo Plan de Trabajo.

t.8 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 posgraduando 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 la Res. 728/99 del H.C.S y el Art. 30 del Reglamento de Posgrado vigente.

t.9 Condiciones de permanencia

- Deberá realizar estudios con dedicación exclusiva durante por lo menos 24 meses.
- Terminados los cursos, deberá realizar la Tesis con media dedicación como mínimo

- Se admitirá solamente una materia desaprobada.
- Se admitirán hasta dos materias no acreditadas.
- 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.

t.10 Promoción y Graduación

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

- Residencia: Implica realizar estudios y trabajos de investigación en la unidad académica pertinente durante por lo menos doce (24) meses con dedicación exclusiva.
- 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 700 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 200 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.
- 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.

t.11 Aranceles y Becas ([Ver actualización 2015](#))

Para los Argentinos el arancel por cursos y tutorías es \$ 4.500 y \$3.000 por la Tesis

Para alumnos extranjeros el arancel por cursos y tutorías es U\$S 4.500 y U\$S3.000 por la Tesis

Existe además un arancel por curso en el caso de alumnos no inscriptos en la carrera.

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 u otras instituciones para realizar el Doctorado en Ingeniería de la UNT.

t.12 Cupo

15 (quince).