

---

**Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura:** ESTRUCTURAS LAMINARES

(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Modalidad:**

(posgrado, educación permanente o ambas)

**Posgrado**

**Educación permanente**

---

**Profesor de la asignatura 1:** Dr.Ing. Berardi Sensale, Profesor Titular (grado 5), Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.  
(título, nombre, grado o cargo, instituto o institución)

**Profesor Responsable Local 1**

(título, nombre, grado, instituto)

**Otros docentes de la Facultad:**

(título, nombre, grado, instituto)

**Docentes fuera de Facultad:**

(título, nombre, cargo, institución, país)

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.

(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

[Si es curso de posgrado]

**Programa(s) de posgrado:** Maestría en Ingeniería Estructural, Doctorado en Ingeniería Estructural.

**Instituto o unidad:** Instituto de Estructuras y Transporte (IET)

**Departamento o área:** Departamento de Estructuras

---

**Horas Presenciales:** 65

(se deberán discriminar las horas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Nº de Créditos:** 9

[Exclusivamente para curso de posgrado]

(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem Metodología de enseñanza)

**Público objetivo:** Ingenieros Civiles (perfil estructural)

**Cupos:** sin cupo

(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

---

**Objetivos:** Preparar al Ingeniero Estructural para manejar adecuadamente los proyectos donde intervengan estructuras laminaras.

---

**Conocimientos previos exigidos:** Hormigón Estructural, Hormigón Pretensado, Mecánica Estructural.

---

**Conocimientos previos recomendados:** Método de los Elementos Finitos.

---

### Metodología de enseñanza

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

Descripción de la metodología: : Curso semestral de cinco horas presenciales semanales, distribuidas en: dos clases teóricas de una hora y media de duración y un laboratorio de proyecto de dos horas de duración. Los estudiantes deberán realizar dos proyectos de estructuras laminares en forma individual, donde deberán aplicar los conocimientos adquiridos para el diseño de una estructura real

[Obligatorio]

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 39
- Horas de clase (práctico): 13
- Horas de clase (laboratorio): 13
- Horas de consulta:
- Horas de evaluación:
  - Subtotal de horas presenciales: 65
- Horas de estudio: 20
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos:
- Horas proyecto final/monografía: 50
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 135

---

**Forma de evaluación:** Los estudiantes deberán realizar proyectos de estructuras laminares en forma individual, donde deberán aplicar los conocimientos adquiridos para el diseño de una estructura real.

De dichos proyectos se deberán hacer entregas parciales semanales.

Si dichos proyectos son entregados a satisfacción el estudiante aprueba el curso.

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de posgrado, si corresponde]

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de educación permanente, si corresponde]

---

### Temario:

1. Losas sobre fundación elástica: Teorías de Losas: Teorías de Kirchhoff, Mindlin y Winklen Hipótesis, ecuaciones y soluciones analíticas.
2. Teoría de cáscaras de pared delgada: Teoría de Love. Hipótesis. Ecuaciones que gobiernan el problema. Aproximación membranar. Cáscaras rebajadas.
3. Cubiertas paraboloides: Definición de la superficie, paraboloides hiperbólico (hyper) y paraboloides elíptico (elpar). Determinación de esfuerzos de membrana. Fuerzas en las vigas de borde. Resoluciones analíticas y numéricas. Diseño de una cubierta paraboloides en hormigón armado.

4. Bóvedas por arista. Definición de la superficie. Determinación de esfuerzos de membrana. Borde libre. Fuerzas en los nervios. Resoluciones analíticas y numéricas. Diseño de una bóveda por arista en hormigón armado reforzado con fibras.
5. Cáscaras cilíndricas para cubiertas: Clasificación de cáscaras cilíndricas. Ecuaciones de equilibrio en la aproximación membranar. Comportamiento según la forma de la directriz. Aplicación a cáscaras cilíndricas cortas.
6. Aproximación de la viga arco para bóvedas cilíndricas: Análisis de cubiertas de cáscaras cilíndricas largas por la aproximación de la viga-arco. Viga de borde. Diseño de baterías de cáscaras. Detalle del armado. Cáscaras de directriz north-light. Resoluciones analíticas y numéricas. Diseño de una batería de bóvedas cilíndricas en cerámica armada.
7. Láminas plegadas: Aproximaciones al estudio de láminas plegadas. Resoluciones analíticas y numéricas. Elementos de apoyo. Diseño de láminas plegadas en hormigón armado.
8. Aproximación de la viga sobre fundación elástica para recipientes cilíndricos de pared delgada: Ecuaciones que gobiernan la solución flexional. Diseño de tanques de agua cilíndricos en hormigón armado. Diseño de tanques de agua cilíndricos en hormigón pretensado.
9. Aproximación de la viga sobre fundación elástica para recipientes cónicos de pared delgada: Ecuaciones que gobiernan la solución flexional. Diseño de silos, presión de los granos.
10. Teoría flexional de cáscaras de revolución: Aproximación de Geckeler. Anillo de borde. Diseño de cúpulas esféricas en hormigón armado. Empleo de hiperboloides de revolución en el diseño de torres de enfriamiento.
11. Teoría flexional de cáscaras conoides: Ecuaciones que gobiernan el problema. Comportamiento según la forma de la directriz. Resoluciones analíticas y numéricas
12. Inestabilidad de losas y cáscaras: Pandeo de losas y pandeo de cáscaras. Aplicaciones.

---

#### Bibliografía:

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

1. M.Farshad. Design and analysis of shell structures. Springer ( 1992) ISBN 978-90-4814200-2
2. Eduard Ventse, Theodor Krauthammer. Thin Plates and Shells: Theory, Analysis and Applications. CRC. (2001) ISBN 0824705750
3. Johan Blaauwendraad , Jeroen H. Hoefakker. Structural Shell Analysis. Understanding and Applications. Springer (2014) ISBN 978-94-007\$700-3
4. Ansel C. Ugural, Plates and shells theory and analysis. CRC Press, (2018), ISBN 13: 978-1-138-03245-3
5. Francois Frey, Marc-André Studer. Analyse des structures et mileux continus. Coques. Presses Polytechniques et universitaires romandes. (2003) ISBN 2-88074-516-0
6. P.C Varghese. Design of Reinforced concrete shell and folded plates, PHI Learning Pvt.
7. Maan H. Jawad, Design of plate and shell structures, The American Society of Mechanical Engineers, 2004, ISBN:
8. A. Zingoni, Shell Structures in Civil and Mechanics Engineering. ICE Publishing (2017), ISBN 978-0-7277-6028-9
9. K. Chandrashekhara, Analysis of Thin Concrete Shells, New Age International Publisher (1995), ISBN 978-8122407976
10. J.N. Bandyopadhyay, Thin Shell Structures Classical and Modern Analysis, , New Age International Publisher (1998), ISBN 978-8122406399
11. A. Ghali, Circular storage Tanks and Silos. Taylor & Francis (2000) ISBN 9780419235606

#### Bibliografía complementaria

12. Marti, Peter (2013). Theory of structures. Fundamentals Framed Structures Plates and Shells. Wilhelm Ernst & sohn 2013, ISBN 978-3433-02991-6
13. Iakov Iskhakov , Yuri Ribakov Design Principles and Analysis of Thin Concrete Shells, Domes and Folders, CRC Press, 2016, ISBN: 13:

14. S.Timoshenko, S.Voinowsky-Krieger — Teoria de placas y láminas. Ediciones Urmo, (1990) ISBN 978-0070858206
  15. Ramaswamy G.S. Design and Construction of Concrete Shell Roofs. CBS PUBLISHERS AND DISTRIBUTORS PVT LTD; (2005) ISBN 9789388902588
  16. Billington D. P, Thin Shell Concrete Structures, McGraw-Hill (1982), ISBN 9780070052796
  - 17, Wilhelm Flugge. Stresses in Shells. Springer (1973). ISBN 978-3\$42-88293-7
  18. E. Dieste, Cascaras autoportantes de directriz catenaria sin timpanos. Ediciones de la banda oriental (1985).
  19. Sukhvarsh Jerath, Structural Stability Theory and Practice . Buckling of Columns, Beams, Plates, and Shells. John Wiley & Sons (2021). ISBN 9781119694526
-

**Datos del curso**

---

**Fecha de inicio y finalización:** inicio: 1 de marzo de 2023, finalización: 12 de junio de 2023.

**Horario y Salón:**

Teórico: Miércoles 17:00 a 18:30, Viernes 16:30 a 18:00

Práctico: Lunes 17:30 a 19:30.

Salón Posgrado IET

**Arancel:** no corresponde

[Si la modalidad no corresponde indique "no corresponde". Si el curso contempla otorgar becas, indíquelo]

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado:**

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente:**

---