



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

### Formulario de Aprobación Curso de Posgrado

**Asignatura: “Metaheurísticas y Optimización sobre Redes”**

**Profesor de la asignatura:**

Dr. Ing. Claudio Risso Montaldo, G°3 DT, Dpto. de Investigación Operativa, INCO (responsable).

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>:**

**Otros docentes de la Facultad:**

Dr. Ing. Pablo Rodríguez-Bocca, G°4, Dpto. de Inv. Operativa, INCO.

Dr. Ing. Antonio Mauttone, G°4 DT, Dpto. de Inv. Operativa, INCO.

Dr. Ing. Pedro Piñeyro, G°3 DT, Dpto. de Inv. Operativa, INCO.

Dr. Ing. Pablo Romero, G°3 DT, Dpto. de Inv. Operativa, INCO.

Dr. Ing. Sergio Nesmachnow, G°4 DT. CeCal, INCO.

**Docentes fuera de Facultad:**

**Instituto ó Unidad:** Instituto de Computación (InCo)

**Departamento ó Area:** Departamento de Investigación Operativa

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

---

**Horas Presenciales: 52**

**Nº de Créditos: 11**

**Público objetivo y Cupos:**

Siendo un curso de posgrado, está dirigido a estudiantes de: Maestría en Investigación de Operaciones, Maestría en Informática, Maestría en Ingeniería Eléctrica, Maestría en Ing. Matemática, Doctorado en Informática, y Doctorado en Ingeniería Eléctrica.

**No tiene cupos.**

---

**Objetivos:** El objetivo del curso es transmitir la potencia del enfoque Metaheurístico y Técnicas Aproximadas para la resolución de problemas combinatorios, en particular aquellos relacionados al diseño de redes que surgen de diferentes aplicaciones reales.

El curso se desarrolla en tres fases.

**En la primer fase** los docentes de teórico brindan una introducción general a la optimización combinatoria, la complejidad computacional, y a las metaheurísticas, como instrumento para encontrar soluciones de buena calidad para instancias de tamaño realista de problemas complejos. Luego se brindarán diferentes ejemplos específicos de la aplicación de algunas de las metaheurísticas más importantes, para encontrar soluciones a diversos problemas de optimización combinatoria asociados al diseño de redes. Los ejemplos buscan un cubrimiento de las familias de metaheurísticas, así como ejemplos representativos de las variantes en problemas de diseño de redes. Además, los docentes propondrán dos problemas de optimización en redes a ser resueltos metaheurísticamente. Cada grupo deberá resolver uno de esos problemas mediante la aplicación de alguna de las técnicas vistas en clase, lo que constituirá el objeto del obligatorio final del curso.

**En una segunda fase**, los docentes orientarán a los estudiantes en el diseño de las heurísticas a utilizar, distribuirán material relacionado al problema concreto, y de ser posible, a la aplicación de la metaheurística elegida por cada grupo para resolverlo.

El análisis del material entregado, la contextualización del mismo en el marco del problema a resolver, el diseño de los algoritmos a implementar, e idealmente la implementación de algún prototipo, serán responsabilidad de cada grupo. Se entregará un documento describiendo el análisis realizado, así como el diseño y las definiciones



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

adoptadas, que deberá ser aprobado por los docentes previo a la implementación. Este documento deberá incluir un detalle de las instancias de prueba que se busca resolver y por qué se eligieron.

**En la tercer fase** se concentra el desarrollo e implementación de los algoritmos a usar, los que también serán responsabilidad de cada grupo. Se deberán hacer pruebas experimentales y un análisis de los resultados obtenidos, para las instancias acordadas en la segunda fase. Se deberá elaborar otro informe complementario, con los detalles de implementación, los resultados experimentales, y las conclusiones correspondientes.

Como cierre se coordinará una defensa oral del trabajo.

---

### Conocimientos previos exigidos:

Investigación Operativa.

### Conocimientos previos recomendados:

Probabilidad y Estadística. Optimización Combinatoria, Programación orientada a objetos.

---

### Metodología de enseñanza:

- Horas clase (teórico): 26
  - Horas clase (práctico):
  - Horas clase (laboratorio):
  - Horas consulta: 22
  - Horas evaluación: 4
    - Subtotal horas presenciales: 52
  - Horas estudio: 20
  - Horas resolución ejercicios/prácticos:
  - Horas proyecto final/monografía: 100
    - **Total de horas de dedicación del estudiante: 172**
- 

### Forma de evaluación:

Para la evaluación final se tendrá en cuenta:

- 35% por el contenido del primer informe, que incluye: el análisis del material entregado, la contextualización correspondiente al problema, y el diseño elegido para resolverlo.
- 40% por el correcto funcionamiento y documentación del obligatorio final (entrega de los fuentes y ejecutables para la resolución del problema de estudio abordado), y el informe que lo acompaña, donde se deberán incluir las pruebas experimentales y el análisis de los resultados obtenidos.
- 25% por el resultado de la presentación y defensa oral del trabajo realizado.

La evaluación tiene carácter individual, y se basará en el desempeño mostrado por los estudiantes durante las clases de consulta y seguimiento, así como durante las defensas.

Quien no realice la presentación o algunos de los dos informes escritos será reprobado.

### El curso está estructurado en tres fases:

- La exposición por parte de los docentes sobre diferentes metaheurísticas y técnicas aproximadas, y su aplicación a problemas NP-Hard que surgen de la modelización de aplicaciones reales de optimización sobre redes. Se incluye la presentación de dos problemas, uno de los cuales deberá ser



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

resuelto como obligatorio final. Está previsto que esta fase demande unas **26 horas** presenciales (13 clases de dos horas cada una).

La distribución de clases por docentes en esta fase es la siguiente:

- o Claudio Riso, 5 clases.
  - o Pablo Rodríguez-Bocca, 2 clases.
  - o Antonio Mauttone, 1 clase.
  - o Pedro Piñeyro, 2 clases.
  - o Pablo Romero, 2 clases.
  - o Sergio Nesmachnow, 1 clase.
- En la fase 2, los docentes orientarán a los estudiantes en el diseño de las heurísticas a utilizar, distribuirán material relacionado al problema concreto, y a la aplicación de la metaheurística elegida por cada grupo para resolverlo. Está previsto que esta fase demande **16 horas** presenciales (8 clases de 2 horas cada una), por concepto de consultas y análisis de conceptos.

La fase prevé otras **20 horas** para el estudio del problema y la aplicación de la metaheurística elegida por parte del estudiante, a las que se suman **20 horas** más, por concepto de diseño de los algoritmos a ser implementados, y la confección de la documentación correspondiente. Se ha previsto **1 hora** de presentación de esos documentos.

- La fase 3 comprende la implementación de los algoritmos (**50 horas**), las pruebas experimentales y el análisis de los resultados obtenidos (**15 horas**). Se deberá elaborar un informe con los detalles de implementación, los resultados experimentales, y las conclusiones correspondientes (**15 horas**). Se han previsto **6 horas** presenciales (3 clases de 2 horas cada una) para consultas.

Como cierre se coordinará una defensa oral del trabajo ante un tribunal, acompañada de una demostración de las ejecuciones realizadas (**3 horas**).

---

### Temario:

- i) Problemas NP-Hard. Optimización combinatoria. Complejidad. Clases de algoritmos. Búsqueda global vs. búsqueda local.
- ii) Taxonomía de metaheurísticas (técnicas determinísticas y probabilísticas; trayectorias y poblaciones).
- iii) Metaheurísticas más empleadas: Simulated Annealing (SA); Tabu Search (TS); Variable Neighborhood Search (VNS); Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP); Trayectorias múltiples, multi-arranque (Iterated LS, Variable LS); Algoritmos Genéticos (AG); Ant Systems (AS); Scatter Search (SS); Algoritmos Meméticos.
- iv) Estrategias: intensificación y diversificación. Elección de parámetros. Análisis de resultados.
- v) Modelo RNN (Random Neural Network) y su aplicación como técnica de optimización.
- vi) Presentación (por parte de los docentes) de diversas aplicaciones reales de problemas de optimización sobre redes que han sido resueltos eficientemente mediante un enfoque metaheurístico. Estas ponencias buscarán cubrir las metodologías más empleadas y diferentes formas de customización a problemas de optimización relevantes. En particular algunos de los trabajos a presentar son publicaciones realizadas por los docentes en sus diferentes tareas de investigación.

---

### Bibliografía:

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

---

### Bibliografía a brindar:

- Las transparencias de las clases teóricas.
- Una carpeta con los artículos en los que apoyarse para el diseño.



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

- Referencias bibliográficas adicionales de referencia que tendrán los diferentes grupos según la metodología que emplearán para resolver el caso de estudio que les toque. Dichas referencias se les otorgará en forma oportuna.

### Bibliografía general:

- Essays and surveys in metaheuristics. C.C. Ribeiro, P. Hansen. Kluwer, 2001.
- Meta-heuristics: advances and trends in local search paradigms for optimization. Stefan Voss, Silvano Martello, Ibrahim H. Osman and Catherine Roucairol (eds.). Kluwer Academic Publishers, 1999. ISBN: 0-7923-8369-9.
- Local Search in Combinatorial Optimization (Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization)". E. Aarts and J.K. Lenstra (eds.), John Wiley and Sons, 1997. ISBN: 0471948225.
- Meta-heuristics : theory and applications. Osman, Ibrahim H.; Kelly, James P. eds.. Kluwer, 1996. ISBN: 0-792397-002.
- Facts, conjectures, and improvements for simulated annealing. Salamon, Peter; Sibani, Paolo; Frost, Richard. Siam, 2002. ISBN: 0898715083 .
- Genetic Algorithms in search, optimization, and machine learning. David E. Goldberg. Addison-Wesley, 1989. ISBN 0201157675.
- Swarm intelligence: from natural to artificial systems - Eric Bonabeau and Marco Dorigo and Buy Theraulaz - Oxford University Press - 1999 - ISBN 019513159 2.
- Surveys in combinatorial optimization. Martello, Silvano ed. North-Holland, 1987. ISBN: 0-444-70136-2.
- Integer programming and combinatorial optimization . Proceedings of the 6th International IPCO Conference. Bixby, Robert E.; Boyd, Andrew E.; Ríos Mercado, Roger Z., eds. Springer 1998. Lecture Notes in Computer Science; 1412. ISBN: 354064590X .
- T.A. Feo and M.G.C. Resende (1995) Greedy randomized adaptive search procedures. *J. of Global Optimization*, 6:109–133, 1995.
- L. Pitsoulis and M.G.C. Resende (2002) [Greedy randomized adaptive search procedures](#). In P.M.Pardalos and M.G.C.Resende, editors, *Handbook of Applied Optimization*, pp. 168–181, Oxford University Press.
- M.G.C. Resende and C.C. Ribeiro (2003) [Greedy randomized adaptive search procedures](#). In F. Glover and G. Kochenberger, editors, *Handbook of Metaheuristics*, pp. 219–249, Kluwer Academic Publishers, 2003.
- P. Festa and M.G.C. Resende (2002) [GRASP: An annotated bibliography](#). In C.C. Ribeiro and P. Hansen, editors, *Essays and Surveys on Metaheuristics*, pp. 325–367, Kluwer Academic Publishers, 2002
- Glover, F. and M. Laguna. (1997). *Tabu Search*. Kluwer, Norwell, MA.
- Glover, F. "Tabu Search — Part I", *ORSA Journal on Computing* **1989** 1: 3, 190-206.
- Glover, F. "Tabu Search — Part II", *ORSA Journal on Computing* **1990** 2: 1, 4-32.
- J. De Vicente, J. Lanchares, R. Hermida, "Placement by Thermodynamic Simulated Annealing", *Physics Letters A*, Vol. 317, Issue 5-6, pp.415-423, 2003.
- V. Cerny, "A thermodynamical approach to the travelling salesman problem: an efficient simulation algorithm". *Journal of Optimization Theory and Applications*, 45:41-51, 1985.
- E. Gelenbe. Stability of the random neural network model. *Neural Computation*, 2(2):239–247, 1990.
- E. Gelenbe and F. Batty. Minimum cost graph covering with the Random Neural Network. *Computer Science and Operations Research. (New York: Pergamon)*, pages 139–147, 1992.
- E. Gelenbe, V. Koubi, and F. Pekergin. Dynamical Random Neural Network approach to the Traveling Salesman Problem. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Systems Engineering in the Service of Humans*, pages 630–635. Systems, Man and Cybernetics, 1993.



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

### Datos del curso

**Fecha de inicio y finalización:** 15/8/2016 al 22/12/2016

**Horario y Salón:** Lunes y Jueves de 17:30 a 19:30

**Salones:** Los días lunes se usará el “Salón Gris” (727).  
 Los días jueves, entre el 18/8 y el 22/9, se usará el “Salón Rojo” (703).  
 Los días jueves, entre el 29/9 y el 20/10, se usará el “Salón Azul” (502).  
 Los días jueves, entre el 27/10 y el 24/11 se usará el “Salón Gris” (727).  
 Los días jueves, entre el 1/12 y el 22/12 se usará el “Salón Beige” (725)

El cronograma de clases teóricas es el siguiente:

Semana	1		2		3		4		5		6		7	
Clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Fecha	Aug 15	Aug 18	Aug 22	Aug 25	Aug 29	Sep 01	Sep 05	Sep 08	Sep 12	Sep 15	Sep 19	Sep 22	Sep 26	Sep 29
C. Risso							EA(AP)	GR(AP)			VNS(AP)		OBLIG	OBLIG
P. Rodríguez	INTRO	INTRO												
A. Mauttone			GR(AP)											
P. Piñeyro									TS(AP)	TS(AP)				
P. Romero					AC(AP)	GR(AP)								
S. Nemachnow											EA(AP)			

En las clases 1 y 2, Pablo Rodríguez-Bocca, da la introducción al curso, los desafíos de los problemas combinatorios, y algunas de las técnicas que existen para atacarlos, antes de pasar al enfoque metaheurístico y las principales características de las MH a ver en el curso.

En la clase 3, Antonio Mauttone explica cómo usar GRASP en un problema de redes de transporte.

Pablo Romero se encargará del dictado de las clases 4 y 5. En la primera explica cómo usar Ant Colony Algorithms para resolver un problema de redes P2P, y en la otra ve cómo usar GRASP para resolver el Ring-Star Problem.

En las clases 6 y 7, Claudio Risso explica dos modelos complementarios para el diseño de redes de telecomunicaciones resilientes, concretamente, el diseño de una red IP/MPLS sobre infraestructura óptica. Ambos modelos van acompañados de sendas heurísticas para la resolución de instancias representativas del mundo real. GRASP y Algoritmos Evolutivos (EA).

En las clases 8 y 9, Pedro Piñeyro presenta un problema de planificación logística y explica cómo usar Tabu-Search para su resolución.

En la clase 10, Claudio Risso explica otro problema de redes de telecomunicaciones. En este caso, el diseño de una red SDH, a ser desplegada sobre infraestructura óptica. La metaheurística aplicada en este caso será Variable Neighborhood Search (VNS).

En la clase 11, Sergio Nsmachnow presenta un modelo para la sincronización de semáforos en el Corredor Garzón y red de calles aledañas. Posteriormente explica cómo se usaron algoritmos evolutivos para resolver instancias reales de problema.

En las clases 12 y 13, Claudio Risso presentará los problemas propuestos por los docentes para resolución de los estudiantes. Se formarán grupos, y cada grupo debe elegir un problema y un metaheurística a aplicar.

Las dos clases de octubre se destinarán a apoyo y seguimiento de los grupos por parte de los docentes. Durante este mes, los estudiantes deben definir un diseño del algoritmo a implementar.

Durante noviembre y parte de diciembre se realizará la implementación de las propuestas de diseño presentadas, la ejecución de las instancias de prueba acordadas, su análisis, el documento de cierre, y la presentación final.