

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

**Asignatura: Enfoque de Pulsos para solución de problemas de caminos más cortos con restricciones**

(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Modalidad:**

(posgrado, educación permanente o ambas)

**Posgrado**

**Educación permanente**

**Profesor de la asignatura <sup>1</sup>: Dr. Andrés L. Medaglia, Universidad de los Andes, Colombia.**

(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>: Dr. Héctor Cancela, Gr. 5, InCo.**

(título, nombre, grado, Instituto)

**Programa(s): Maestría en Informática PEDECIBA, Doctorado en Informática PEDECIBA.**

**Maestría en Investigación de Operaciones. Maestría en Ingeniería Matemática. Maestría en Ingeniería Eléctrica. Doctorado en Ingeniería Eléctrica. Maestría en Energía.**

**Instituto o Unidad: InCo**

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

<sup>1</sup> Se adjunta CV dado que 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)

**Horas Presenciales: 10 (diez).**

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

**Nº de Créditos: 3 (tres).**

[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 la enseñanza)

**Público objetivo: Estudiantes de programas de posgrado de la Universidad de la República. El curso no tiene cupos.**

**Cupos: El curso no tiene cupos.**

(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 en el Depto. de Posgrado, hasta completar el cupo asignado)

**Objetivos:**

The pulse framework implements ideas and strategies that have been available in the playground of network optimization for years, but when used collectively under a single framework they become stronger and are able to solve a wide array of hard shortest path problems.

The algorithm is based on the idea of recursively propagating *pulses* through a network from a start node  $s$  to an end node  $e$ . As a pulse traverses the network from node to node, it builds a partial path  $p$  that keeps

track of visited nodes and attributes such as the cumulative cost or resource consumption. Each pulse that reaches the final node  $e$  contains all the information for a feasible path  $P$  from  $s$  to  $e$ . If nothing prevents the pulses from propagating, the algorithm completely enumerates all possible paths from  $s$  to  $e$ , ensuring that an optimal path  $P^*$  is always found. At the core of the algorithm lies the ability to (effectively and aggressively) prune pulses as soon as there is enough evidence that the partial path will not lead to a feasible or improved solution. Pruning a partial path discards all complete paths that share this initial partial path (not just one!). So the earlier we prune a partial path the better, because this action discards many paths that no longer need to be explored. As a result, the strength of the pulse algorithm depends heavily on creative pruning strategies.

The course objectives are to: 1) introduce the pulse framework; 2) show how the pulse relates and differs from other shortest path paradigms; 3) extend it to tackle different variants of hard shortest path problems; 4) show how the pulse can be used as a building block to solve hard combinatorial problems (beyond the shortest path domain); and 5) discuss work currently underway and potential ideas.

**Conocimientos previos exigidos:**

- Conceptos de optimización lineal.
- Elementos de programación.

**Conocimientos previos recomendados:**

- Investigación Operativa.
- 

**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)

Se trata de un curso teórico-práctico. Las clases teóricas tienen una modalidad expositiva. El estudiante deberá complementar las mismas con estudio del material bibliográfico, y aplicar los conceptos aprendidos para hacer una propuesta de resolución de un problema de su interés.

- Horas clase (teórico): **6 (ocho)**.
  - Horas clase (práctico): **2 (dos)**.
  - Horas clase (laboratorio):
  - Horas consulta: **2 (dos)**.
  - Horas evaluación:
    - Subtotal horas presenciales: 10 (diez).
  - Horas estudio: **10 (diez)**.
  - Horas resolución ejercicios/prácticos:
  - Horas proyecto final/monografía: **25 (veinticinco)**.
    - Total de horas de dedicación del estudiante: 45 (cuarenta y cinco).
- 

**Forma de evaluación: la evaluación del curso se hará sobre,**

1. Una práctica durante el curso (taller práctico). (20% del puntaje)
-

2. Proyecto final del curso con presentación de un informe sobre cómo podría utilizar o extender el pulso en su investigación o trabajo. (80% del puntaje)

El ítem 2. podrá cumplirse hasta tres semanas luego de completado el curso.  
La aprobación del curso requiere alcanzar el 60% del total.

---

**Temario:**

1. **Introduction:**
  - Introduction to the pulse algorithm in the context of the constrained shortest path (CSP). The CSP presents the three core pruning strategies: dominance, infeasibility, and bounds. The purpose of this first part is to share the intuition of the pulse and emphasize on its depth-first search nature.
2. **Overview:**
  - The purpose of this part is to present several ideas in the shortest path literature that relate to the pulse. The idea is to introduce algorithmic strategies such as dynamic programming, labeling, A\*, breadth-first search, depth-first search, among others. The focus of this part is to show how the pulse relates to and differs from those ideas.
3. **Extensions**
  - This part shows how by sharing the same intuition outlined earlier in the course, it is possible to tackle different variants of hard shortest path problems under the (same) pulse algorithmic framework.
4. **Applications**
  - The focus now switches to show how is it possible to leverage on the pulse algorithm as a component to solve hard combinatorial problems beyond the shortest path domain. This part shows examples in vehicle routing, shift scheduling, bus rapid transit route design, interdiction, among other topics.
5. **Perspectives**
  - This final part plans to show the students work currently underway and to invite them to extend the idea of the pulse to other domains.

---

**Bibliografía:**

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

Por tratarse de un tema novedoso y en desarrollo, la bibliografía consiste en un conjunto de artículos científicos en revistas y reportes técnicos.

- 
- Bolívar, M. A., Lozano, L. & Medaglia, A. L. (2014). [Acceleration Strategies for the Weight Constrained Shortest Path Problem with Replenishment](#). Optimization Letters. 8(8): 2155-2172. DOI:10.1007/s11590-014-0742-x [Pulse extension]
  - Cabrera, N., Medaglia, A. L., Lozano, L., Duque, D. (2019). An exact bidirectional pulse algorithm for the constrained shortest path. COPA Technical Report. [Pulse core paper]
  - Duque, D., Lozano, L. & Medaglia, A. L. (2015a). [An exact method for the biobjective shortest path problem for large-scale road networks](#). European Journal of Operational Research. 242:788-797. DOI:10.1016/j.ejor.2014.11.003 [Pulse extension]
  - Duque, D., Lozano, L. & Medaglia, A. L. (2015b). [Solving the Orienteering Problem with Time Windows via the Pulse Framework](#). Computers & Operations Research. 54:168-176. DOI: 10.1016/j.cor.2014.08.019 [Pulse extension]
  - Lozano, L. and Medaglia, A. L. (2013). [On an exact method for the constrained shortest path problem](#). Computers & Operations Research. 40 (1):378-384. DOI:10.1016/j.cor.2012.07.008 [Pulse core paper]
  - Duque, D. & Medaglia, A. L. (2019). An exact method for a class of robust shortest path problems with scenarios. Networks. DOI: 10.1002/net.21909. Available at: <https://doi.org/10.1002/net.21909> [Pulse extension]
  - Lozano, L. and Smith, J.C. (2016). [A backward sampling framework for interdiction problems with fortification](#). INFORMS Journal on Computing, 29(1):123-139. DOI:10.1287/ijoc.2016.0721 [Pulse application]
  - Lozano, L., Duque, D. & Medaglia, A. L. (2016). [An exact algorithm for the elementary shortest path problem](#)

[with resource constraints](#). Transportation Science. 50(1):348–357. DOI:10.1287/trsc.2014.0582 **[Pulse extension]**

- Medaglia, A. L., Lozano, L., & Duque, D. (2018). Solving hard shortest path problems with the pulse framework. In IFORS News. Tutorial Section. 12(2). Available at: <http://ifors.org/newsletter/ifors-news-june-2018.pdf> , ISSN: 2223-4373 **[Pulse core paper]**
  - Montoya, A., Guéret, C., Mendoza, J. E., & Villegas, J. G. (2016). [A multi-space sampling heuristic for the green vehicle routing problem](#). Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 70, 113-128. DOI:10.1016/j.trc.2015.09.009 **[Pulse application]**
  - Restrepo, M. I., Lozano, L., and Medaglia, A. L. (2012). [Constrained network-based column generation for the multi-activity shift scheduling problem](#). International Journal of Production Economics. 140(1):466-472. DOI: 10.1016/j.ijpe.2012.06.030 **[Pulse application]**
-

**Datos del curso**

---

**Fecha de inicio y finalización: 9-13/3/2020**

**Horario y Salón: Por determinar**

**Idioma: Español**

**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:**

---