Paradigmas de Programación

Introducción a la materia
Programación funcional básica

2do cuatrimestre de 2025

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Presentación de la materia

Tipos básicos y secuencias

Tipos de datos inductivos

Tipos abstractos de datos

Enumeraciones combinatorias

Docentes (turno noche)

Profesor

- Pablo Barenbaum

Jefes de trabajos prácticos

- Daniela Marottoli
- Gabriela Steren

Ayudantes de segunda

- Lautaro Bagnasco Muguillo
- Jonathan Bekenstein
- Lucas Di Salvo
- Sebastián Felgueras
- Damián Huaier
- Catalina Juarros
- Pablo Zaid

Días y horarios de cursada

- Martes de 17:00 a 22:00 — generalmente práctica
- Viernes de 17:00 a 22:00 — generalmente teórica

En general:

- Consultas de 17:00 a 17:30.
- Consultas desde el final de la clase hasta las 22:00.

Modalidad de evaluación

Parciales

- Primer parcial — martes 7 de octubre
- Segundo parcial — martes 25 de noviembre
- Recuperatorio del primer parcial — martes 2 de diciembre
- Recuperatorio del segundo parcial — martes 9 de diciembre

Trabajos prácticos

- TP 1 (con su recuperatorio)
- TP 2 (con su recuperatorio)

Los TPs son en **grupos de 4 integrantes**.

Examen final
(Con posibilidad de promoción).

Materiales

Todo el material de la materia va a estar disponible en el campus:
`https://campus.exactas.uba.ar/course/view.php?id=737`

- Diapositivas de las clases
- Guías de ejercicios
- Apuntes
- Enunciados de los trabajos prácticos
- Calendario
- ...

Revisen la sección "**útil**".

Vías de comunicación

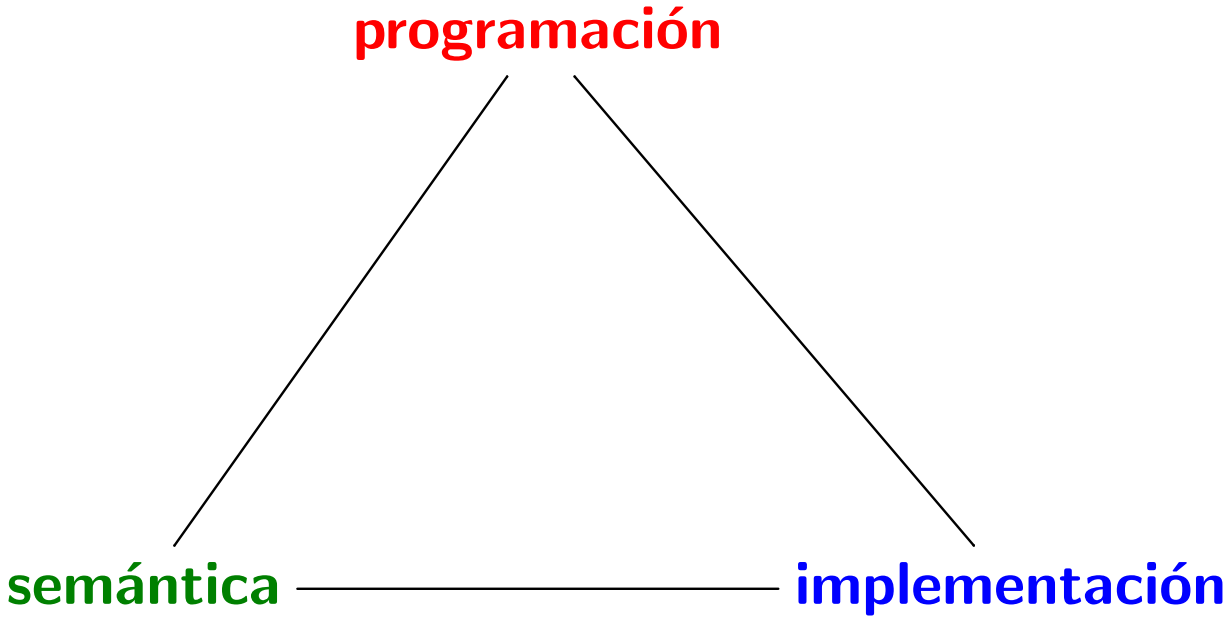
Docentes → alumnxs
Avisos a través del campus.

Alumnxs → docentes
Lista de correo: `plp-docentes@dc.uba.ar`
(para consultas administrativas)

Discusión entre estudiantes fuera del horario de la materia
Servidor de Discord: `https://tinyurl.com/plpdiscord`
(con eventual participación de docentes)

Contenidos

Tres aspectos de los **lenguajes de programación**:



Cronograma

Programación funcional	2 semanas
Razonamiento ecuacional	1 semana
Lógica proposicional	1 semana
Cálculo-λ	2 semanas
(Repaso / consultas)	
Primer parcial	
Intérpretes e inferencia de tipos	1 semana
Unificación y lógica de primer orden	1 semana
Resolución	1 semana
Programación lógica	1,5 semanas
Programación orientada a objetos	1 semana
(Repaso / consultas)	
Segundo parcial	

Motivación: **programación**

Los lenguajes de programación tienen distintas **características**.

- Etiquetado dinámico vs. tipado estático.
- Administración manual vs. automática de memoria.
- Funciones de primer orden vs. funciones de orden superior.
- Mutabilidad vs. inmutabilidad.
- Alcance dinámico vs. estático.
- Resolución de nombres temprana vs. tardía.
- Inferencia de tipos.
- Determinismo vs. no determinismo.
- Pasaje de parámetros por copia o por referencia.
- Evaluación estricta (por valor) o diferida (por necesidad).
- Tipos de datos inductivos, co-inductivos, GADTs, familias dependientes.
- *Pattern matching*, unificación.
- Polimorfismo paramétrico.
- Subclasificación, polimorfismo de subtipos, herencia simple vs. múltiple.
- Estructuras de control no local.
- ...

Motivación: **programación**

Distintas características permiten abordar un mismo problema de distintas maneras.

$$\begin{array}{rr} & \text{CMXXIV} \\ + & \text{MCXLI} \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 924 \\ + & 1141 \\ \hline \end{array}$$

$$C = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 = r^2\} \qquad C = \{(r \sin\theta, r \cos\theta) \mid 0 \leq \theta < 2\pi\}$$

```
r := 1
while n > 0 {
  r := r * n
  n := n - 1
}
```

```
foldl (*) 1 [1..n]
```

Motivación: **semántica**

Dependemos del *software* en aplicaciones críticas.

- Telecomunicaciones.
- Procesos industriales.
- Reactores nucleares.
- Equipamiento médico.
- Previsión meteorológica.
- Aeronáutica.
- Vehículos autónomos.
- Transacciones monetarias.
- Análisis de datos en ciencia o toma de decisiones.
- ...

Las fallas cuestan recursos monetarios y vidas humanas.

Motivación: **semántica**

¿Podemos confiar en que un programa hace lo que queremos?
¿Y si el programa está escrito por el enemigo?
¿Y si el programa está escrito por una IA?

Objetivo

- Probar teoremas sobre el comportamiento de los programas.
- ¿Cómo darle significado matemático a los programas?
- En AED vimos una manera de hacerlo (triplas de Hoare).
- En PLP veremos otras maneras de dar semántica.

Motivación: **implementación**

Una computadora física ejecuta programas escritos en un lenguaje.
(El "código máquina").

¿Cómo es capaz de ejecutar programas escritos en otros lenguajes?

- Interpretación (o evaluación).
- Chequeo e inferencia de tipos.
- Compilación (traducción de un lenguaje a otro).

Bibliografía (no exhaustiva)

Lógica proposicional y de primer orden

Logic and Structure

D. van Dalen.

Semántica y fundamentos de la implementación

Introduction to the Theory of Programming Languages

J.-J. Lévy, G. Dowek. Springer, 2010.

Types and Programming Languages

B. Pierce. The MIT Press, 2002.

Programación funcional

Introduction to Functional Programming using Haskell

R. Bird. Prentice Hall, 1998.

Programación lógica

Logic Programming with Prolog

M. Bramer. Springer-Verlag, 2013.

Programación orientada a objetos

Smalltalk-80 the Language and its Implementation

A. Goldberg, D. Robson. Addison-Wesley, 1983.

Presentación de la materia

Tipos básicos y secuencias

Tipos de datos inductivos

Tipos abstractos de datos

Enumeraciones combinatorias

Programación con tipos básicos y secuencias

Definir las siguientes funciones:

- `factorial :: Int -> Int`
  dado un entero $n \geq 0$, devuelve $n!$.
- `sumaN :: Int -> [Int] -> [Int]`
  dado un entero *k* y una lista *xs*, devuelve la lista que resulta de sumarle *k* a cada elemento de *xs*.
- `aparece :: Char -> String -> Bool`
  dado un caracter *c* y un *string* *s*, devuelve un booleano que indica si *c* aparece en *s*.
  Más en general:
  ```
  aparece :: Eq a => a -> [a] -> Bool
  ```
- `ordenar :: [Float] -> [Float]`
  dada una lista, devuelve su permutación ordenada.
  Más en general:
  ```
  ordenar :: Ord a => [a] -> Bool
  ```

Presentación de la materia

Tipos básicos y secuencias

Tipos de datos inductivos

Tipos abstractos de datos

Enumeraciones combinatorias

Tipos enumerados

Dado el siguiente tipo de datos:

```
data Direccion = Norte | Este | Sur | Oeste
```

definir la función

```
opuesta :: Direccion -> Direccion
```

que dada una dirección d, devuelve la dirección opuesta a d.

Tipos opcionales

Definir la función

```
últimoÍndiceDe :: Eq a -> a -> [a] -> Int
```

que dado un elemento x y una lista de elementos xs, devuelve el índice de la *última* ocurrencia de x en xs.

Es una función parcial. ¿Cómo la podemos hacer total?

Podemos usar el siguiente tipo de datos:

```
data Maybe a = Nothing | Just a
```

Redefinir ahora la función para que sea total, con el siguiente tipo:

```
últimoÍndiceDe :: Eq a -> a -> [a] -> Maybe Int
```

Árboles

Dado el siguiente tipo de datos:

```
data AB a = Nil | Bin (AB a) a (AB a)
```

- Dibujar y escribir en Haskell todos los árboles que tienen 3 nodos, en todos los cuales se encuentra el número 0.
- Definir las funciones:
  1. `preorder  :: AB a -> [a]`
  2. `inorder   :: AB a -> [a]`
  3. `postorder :: AB a -> [a]`

Presentación de la materia

Tipos básicos y secuencias

Tipos de datos inductivos

Tipos abstractos de datos

Enumeraciones combinatorias

Conjunto sobre listas

Implementemos un **conjunto** con la siguiente interfaz:

```
vacío     :: Conj a
insertar  :: Eq a => a -> Conj a -> Conj a
pertenece :: Eq a => a -> Conj a -> Bool
eliminar  :: Eq a => a -> Conj a -> Conj a
```

Elegimos la siguiente estructura de representación:

```
data Conj a = CConj [a]
```

con el siguiente invariante:

- La lista no debe contener elementos repetidos.

Diccionario sobre árboles binarios de búsqueda

Implementemos un **diccionario** con la siguiente interfaz:

```
vacío   :: Dict k v
definir :: Ord k => k -> v -> Dict k v -> Dict k v
buscar  :: Ord k => k -> Dict k v -> Maybe v
```

Elegimos la siguiente estructura de representación:

```
data Dict k v = CDict (AB (k, v))
```

con el siguiente invariante:

- El árbol binario debe ser un **árbol binario de búsqueda**.

  Es decir, en cada subárbol:

  - Las claves del subárbol izquierdo son menores que la raíz.
  - Las claves del subárbol derecho son mayores que la raíz.

Presentación de la materia

Tipos básicos y secuencias

Tipos de datos inductivos

Tipos abstractos de datos

Enumeraciones combinatorias

Subsecuencias

Definir una función: `subsecuencias :: [a] -> [[a]]` que dada una lista, devuelva la lista de todas sus posibles *subsecuencias*.

Por ejemplo, las subsecuencias de `[1, 2, 3]` son:

```
[[], [1], [2], [3], [1, 2], [1, 3], [2, 3], [1, 2, 3]]
```

Permutaciones

Definir una función: `permutaciones :: [a] -> [[a]]` que dada una lista, devuelva la lista de todas sus posibles *permutaciones*.

Por ejemplo, las permutaciones de `[1, 2, 3]` son:

```
[[1, 2, 3], [1, 3, 2], [2, 1, 3]
 [2, 3, 1], [3, 1, 2], [3, 2, 1]]
```

¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ? ? ? ? ? ? ? ? ?

Lectura recomendada

Capítulos 1–3 del libro de Bird.

Richard Bird. *Thinking functionally with Haskell*.
Cambridge University Press, 2015.