# Tutorial Prolog

**Wilson Nicolás Arévalo Rodríguez**
**Víctor Alfredo Barragán Páez**
**Jonathan López Castellanos**

# Contenido

1. **Introducción**
   Definición, propósito, ventajas, método
2. **Primeros pasos**
   Descripción del entorno de programación y la sintaxis del lenguaje
3. **Conceptos básicos**
   Términos, hechos, reglas, consultas, operadores, funciones predefinidas
4. **Conceptos intermedios**
   Reglas recursivas, backtracking, listas,  árboles SLD, grafos


# Introducción

Contexto del lenguaje

# Origen

Alain Colmerauer

Philippe Roussel

Su nombre proviene del francés "**PRO**grammation en **LOG**ique".

El lenguaje de programación Prolog se originó del trabajo hecho por **Robert A. Kowalski** en la Universidad de Edinburgh y **Alain Colmerauer** en la Universidad de Aix-Marseille (Francia) en los años 70. La investigación de **Kowalski** en el área de deducción automatizada, llevó al desarrollo con **Colmerauer** al uso formal de lógica como un lenguaje de programación.

**Colmerauer** y **Philippe Roussel** desarrollaron el primer intérprete (1972), y **David Warren** de la Universidad de Edinburgh desarrolló el primer compilador Prolog

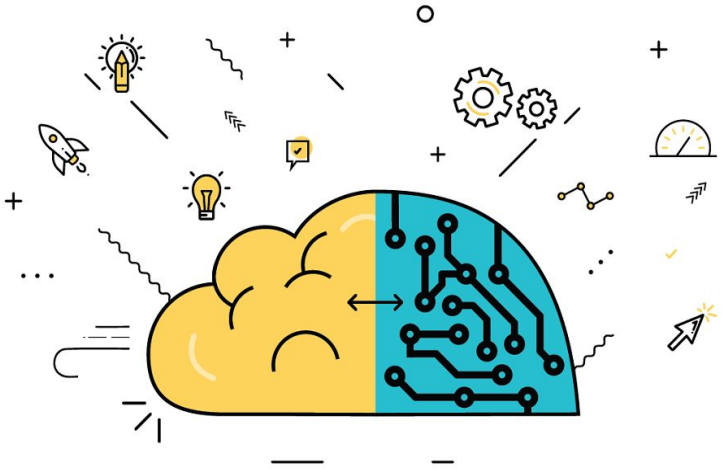
# Definición

Es un lenguaje **declarativo** e **interpretado**, esto quiere decir que el lenguaje se usa para representar **conocimientos** sobre un determinado dominio y las relaciones entre objetos de ese dominio.

Se basa en nociones matemáticas de relaciones de inferencia.

**Prolog** es un lenguaje de programación especialmente indicado para **modelar problemas** que impliquen objetos y las relaciones entre ellos. Está basado en los siguientes **mecanismos básicos**: unificación, estructuras de datos basadas en árboles y backtracking automático.

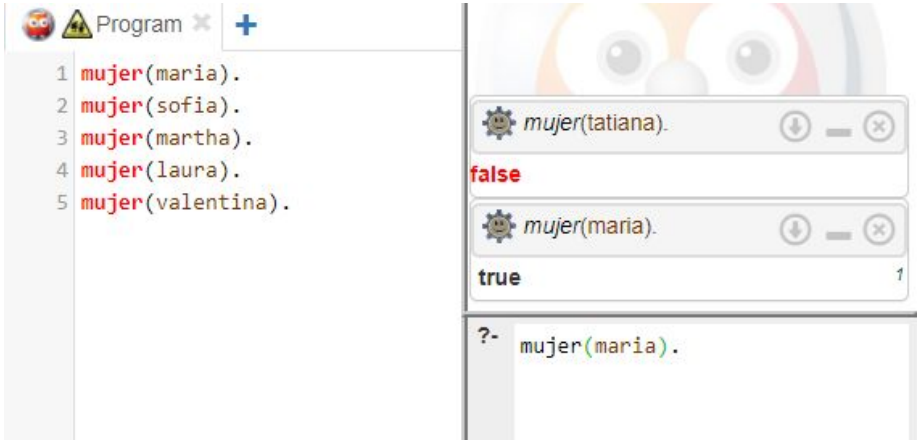
# Propósito



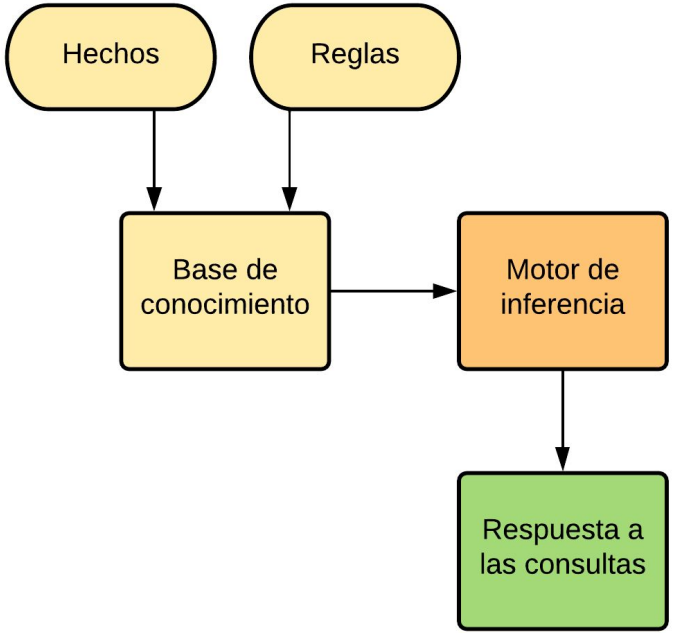
La definición  de un pequeño conjunto de conceptos consigue un lenguaje de programación muy **potente** y **flexible**, este es ampliamente utilizado (junto con el lenguaje de programación **Lisp**) en aplicaciones que utilizan técnicas de **Inteligencia Artificial**. La popularidad de este lenguaje se debe a su **capacidad de deducción** y además es un lenguaje fácil de usar por su semántica y sintaxis. Sólo busca relaciones entre los objetos creados, las variables y las listas, que son su estructura básica. También es ampliamente utilizado en el procesamiento de **lenguaje natural** y **razonamiento lógico**.

# Ventajas

- Modularidad
- Polimorfismo
- Expresividad ( en la creación de un programa o base de conocimiento ).
- Ejecución y búsqueda incorporada en el lenguaje



# Método




Un programa en Prolog consiste en declarar el conocimiento disponible acerca de los objetivos, además de sus relaciones y sus reglas.

En lugar de tener que abrir un programa para ejecutar cierta aplicación y obtener una solución, se hace una pregunta, el programa revisa la base de hechos para encontrar la solución a la pregunta.

En caso de tener más de una solución, Prolog realiza backtracking para encontrar soluciones distintas.


# Primeros pasos

Configuración del entorno de programación y descripción de la sintaxis del lenguaje

# IDE



SWI Prolog

# Descarga de la versión de escritorio

https://www.swi-prolog.org/download/stable

Linux versions are often available as a package for your distribution. We collect information about available packages and issues for building on specific distros here. We provide a PPA for Ubuntu and snap images

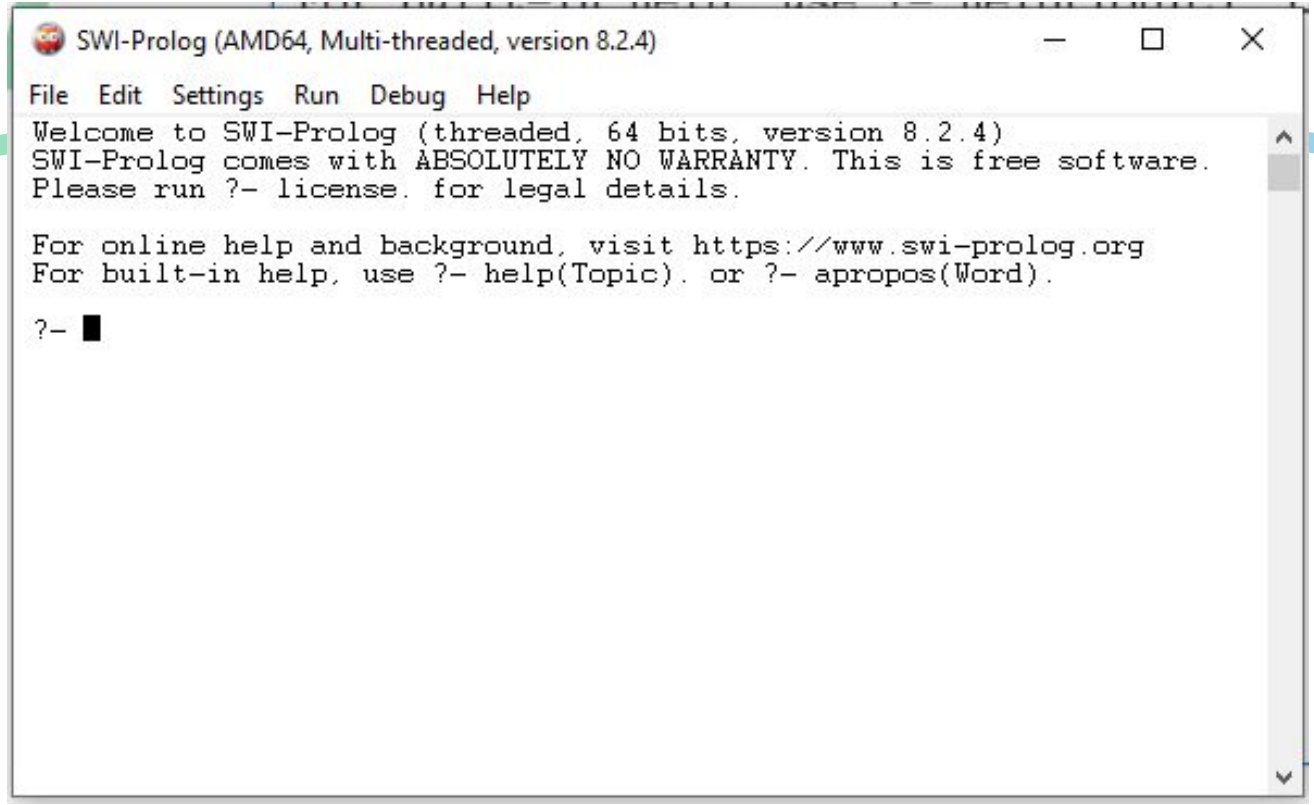
Android binaries are available for Termux as the package `swi-prolog`. See also Building SWI-Prolog on Android using LinuxOnAndroid

Please check the windows release notes (also in the SWI-Prolog startup menu of your installed version) for details.

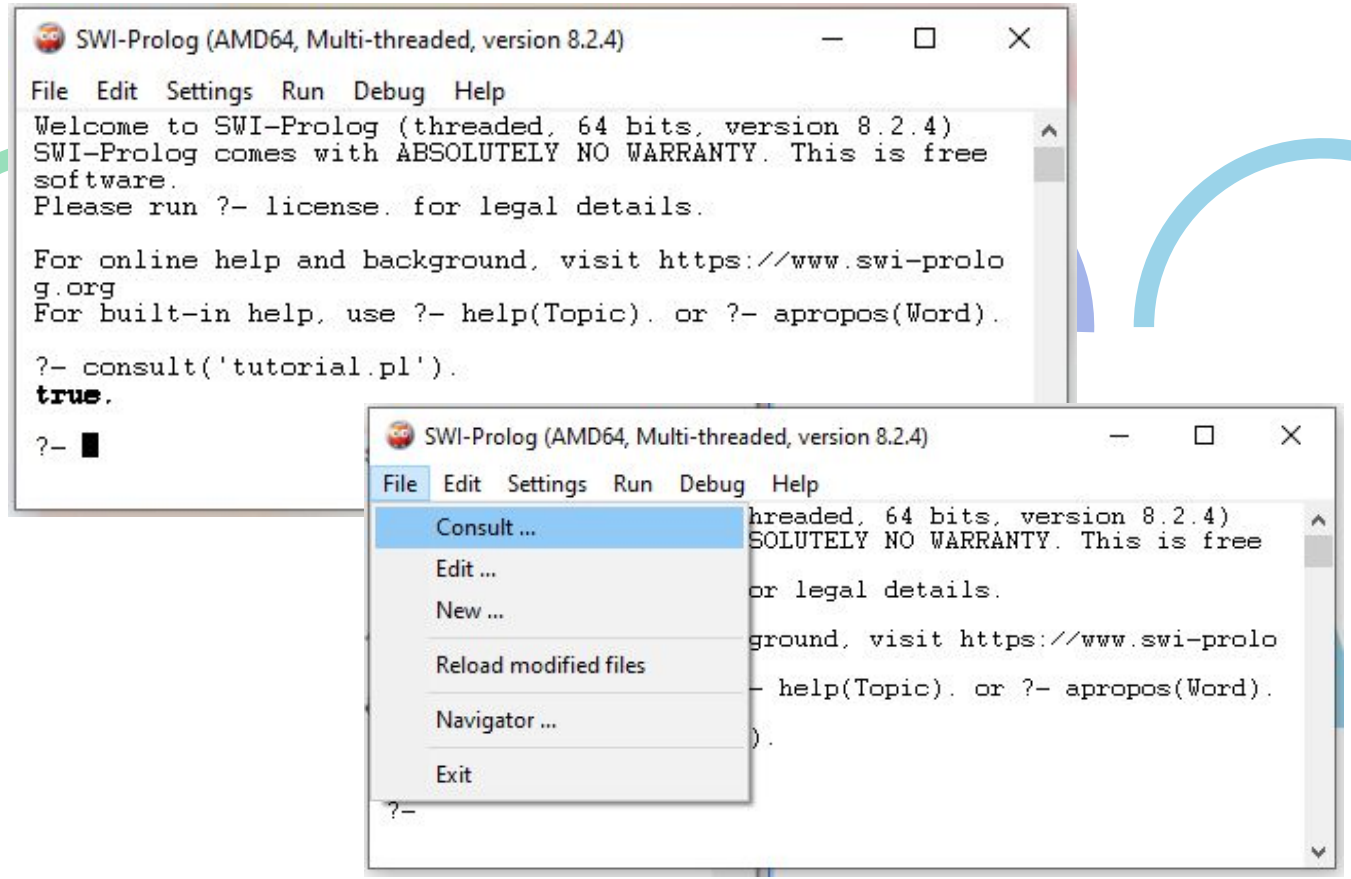
Examine the ChangeLog.

| Binaries | | |
|---|---|---|
| 64 bit | 11,836,832 bytes | SWI-Prolog **8.2.4-1** for Microsoft Windows (64 bit)<br>Self-installing executable for Microsoft's Windows 64-bit editions. Requires at least Windows 7. See the reference manual for deciding on whether to use the 32- or 64-bits version. This binary is linked against GMP 6.1.1 which is covered by the LGPL license.<br>**SHA256**: 787bfb6f588479cbca2dfbb13011c738eff8935280287b62e40abc6e7c036839 |
| | 11,478,340 bytes | SWI-Prolog **8.2.4-1** for Microsoft Windows (32 bit)<br>Self-installing executable for MS-Windows. Requires at least Windows 7. Installs **swipl-win.exe** and **swipl.exe**. This binary is linked against GMP 6.1.1 which is covered by the LGPL license.<br>**SHA256**: 29df223fbaee7a07d0b56d32cd86b482c272ac9b1c987a4503c9af0f5ea1de13 |
| | 27,794,581 bytes | SWI-Prolog **8.2.4-1** for MacOSX 10.12 (Sierra) and later on **intel**<br>Installer with binaries created using Macports. Installs `/opt/local/bin/swipl`. Needs xquartz (X11) and the Developer Tools (Xcode) installed for running the development tools<br>**SHA256**: c1b34dea44950af9c1c2e413e8f86cf16bbbd15b43b3098617a48a7f85841dd4 |
| **Sources** | | |
| | 10,998,859 bytes | SWI-Prolog source for **8.2.4**<br>Sources in `.tar.gz` format, including packages and generated documentation files. See build instructions.<br>**SHA256**: f4bcc78437f9080ab089762e9e6afa7071df7f584c14999b92b9a90a4efbd7d8 |
| **Documentation** | | |
| | 2,726,944 bytes | SWI-Prolog **8.2.4** reference manual in PDF<br>SWI-Prolog reference manual as PDF file. This does *not* include the package documentation. |

# Versión de escritorio

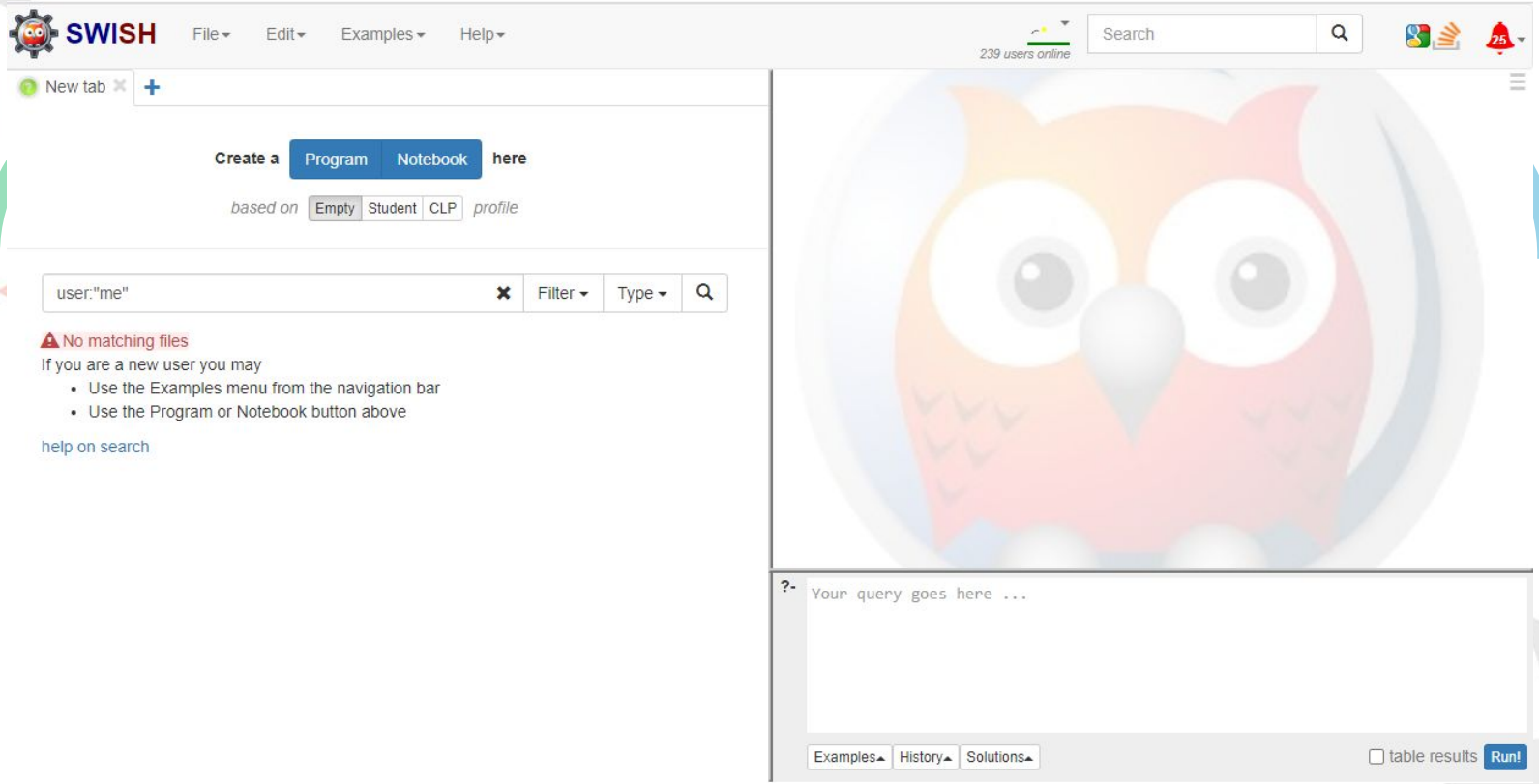


# Versión de escritorio

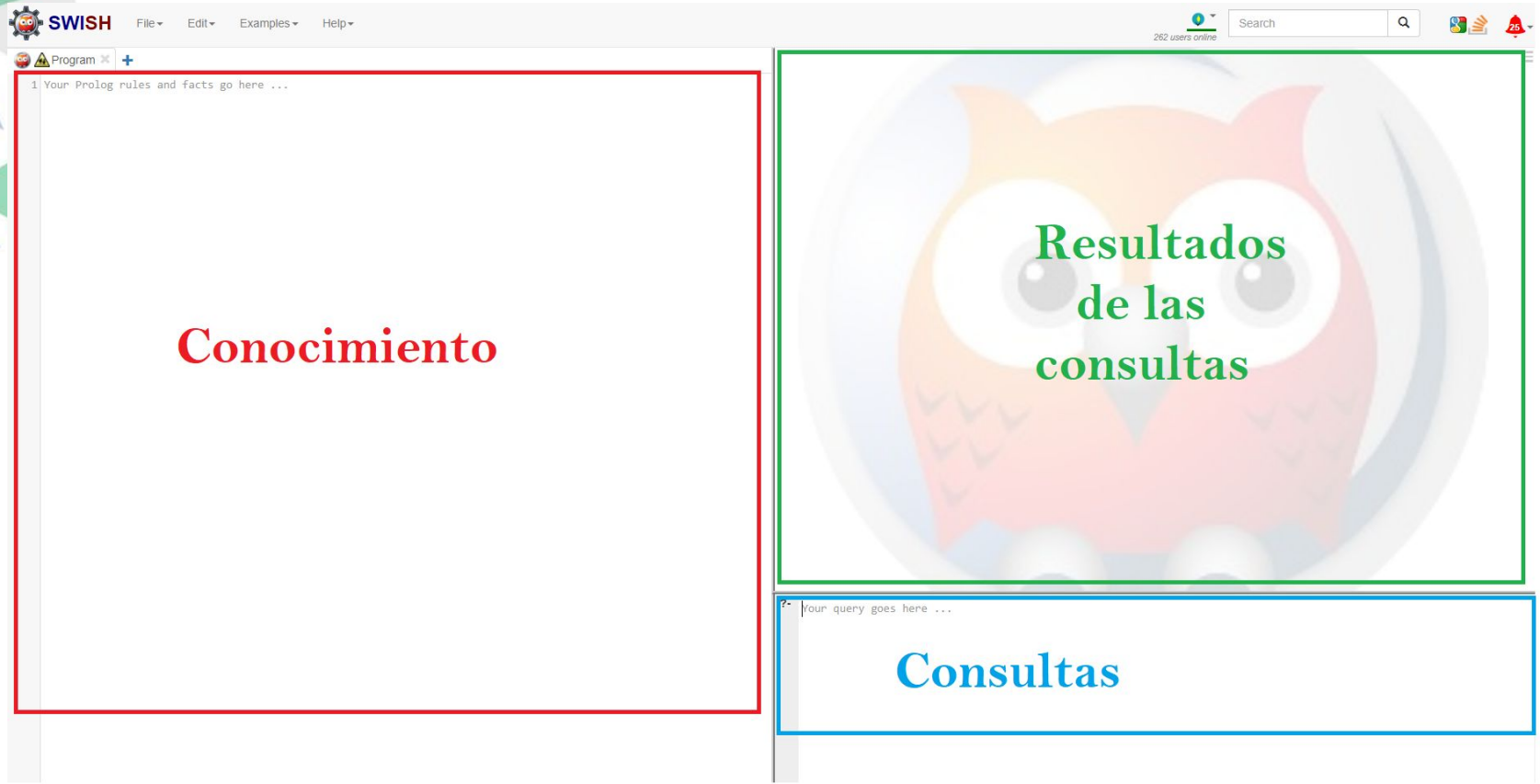


# Uso de la versión en línea (web)

https://swish.swi-prolog.org/



# Uso de la versión en línea (web)




# Conceptos básicos

# Términos

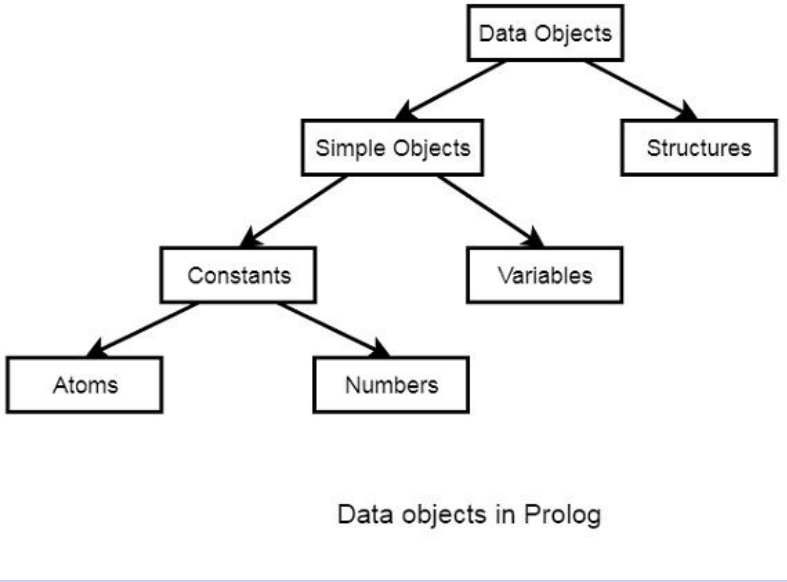
Todos los datos están representados por términos; corresponden a un valor en Prolog.

- Átomos: constantes textuales. Ej: tom, x25, ‘Black’
- Variables: valores que no han sido ‘vinculados’. Comienzan con una letra mayúscula o un guión bajo.
  - Variables **anónimas**: Usadas cuando no es necesario conocer el valor de la variable. ‘_’
- **Estructuras**: Objetos compuestos de otros objetos.

  line(point(5, 10), point(6, 30))

  Nombre — Argumentos: otros términos
  **Aridad**: número de argumentos

**Functor**: Combinación de nombre y aridad de un término compuesto.



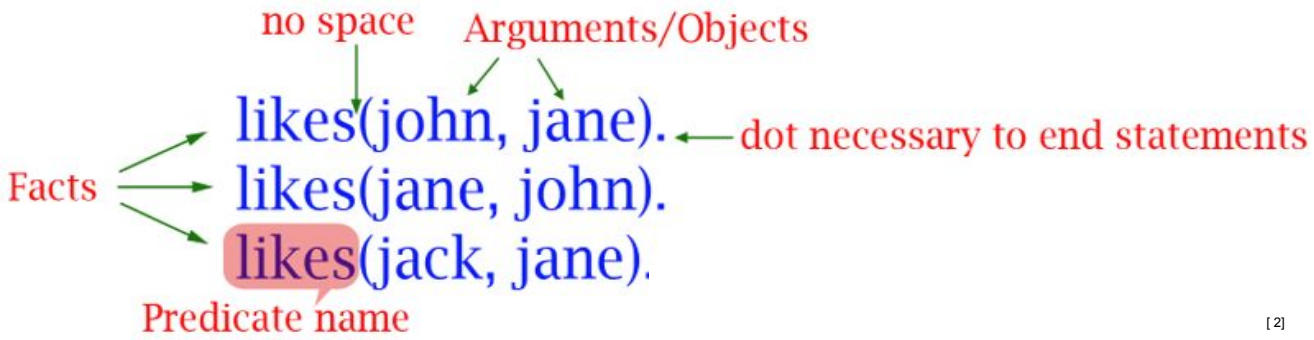
Data objects in Prolog

[1]

# Hechos

Cláusulas sin cuerpo que muestran una relación explícita entre objetos y propiedades que estos objetos puedan tener.

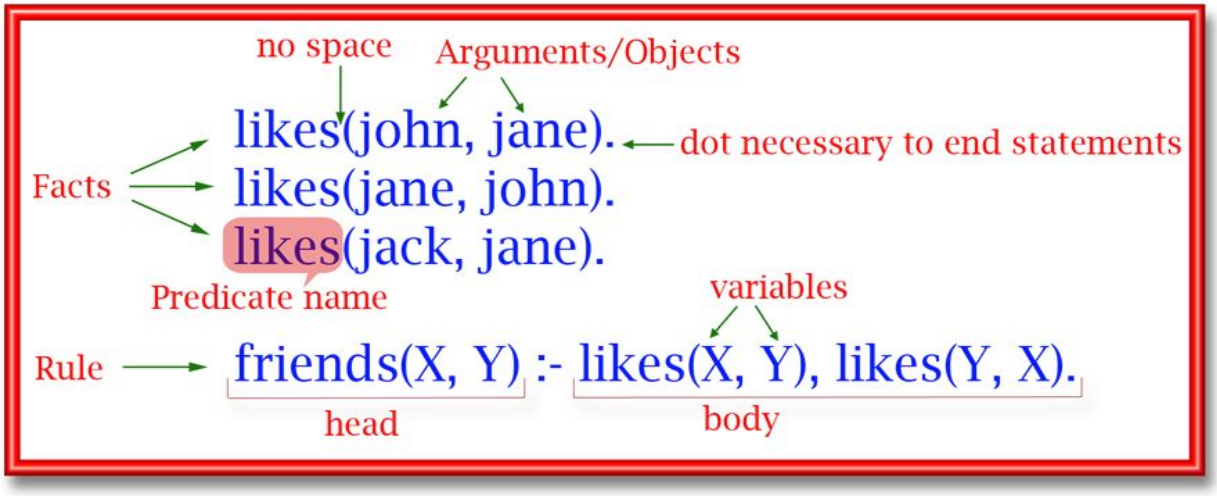
Declaraciones que se deben considerar como **verdaderas**, naturalmente.




[2]

Son de la forma: relacion(objeto1,objeto2...).
**Los nombres de propiedades / relaciones comienzan con letras minúsculas.**
Una colección de hechos con el mismo functor se denomina **predicado.**

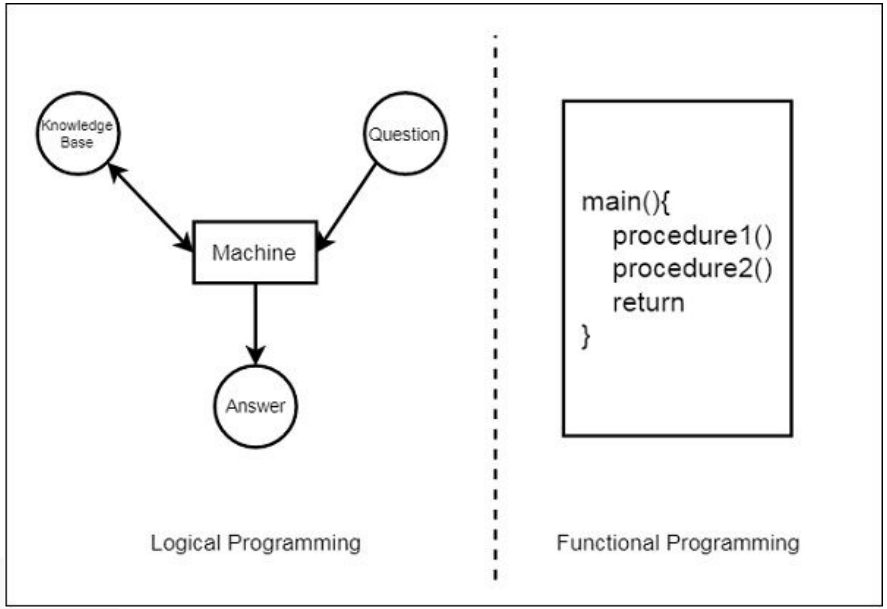
# Reglas




[2]

- Relaciones implícitas entre objetos.
- De la forma "concluir que (algo) es cierto **si** (algo más) es cierto".
- Constan de una cabeza y un cuerpo separados por el operador “:-”, que significa "Si" o "está implícito por".

La regla concluye que dos personas (X,Y) son amigas si a X le agrada Y **y** viceversa.




[3 ]

# Consultas

**Preguntas sobre las relaciones** entre los objetos y las propiedades de los objetos.
Realizadas en el entorno principal de Prolog.

Todos los hechos y reglas definidas se almacenarán en un archivo llamado base de datos o **base de conocimientos**.

db.pl

```
happy(alice).
happy(bob).
happy(bill).
with_albert(alice).

runs(albert) :-
    happy(albert).
dances(alice) :-
    happy(alice),
    with_albert(alice).
```

```
?- dances(alice).
true.
```

De acuerdo a las consultas, el lenguaje de programación lógica puede encontrar una respuesta en la base y devolverla.

# Operadores

**Aclaraciones:**
Primera columna: precedencia.
Segunda columna: Tipo, f indica la posición del operador, x/y posición de los argumentos.

**Operadores a destacar:**

- =:= igualdad aritmética entre expresiones.
- =/= desigualdad aritmética entre expresiones.
- \+ **negación**.
- " , " y " ; ": operadores AND y OR respectivamente, comúnmente utilizados en reglas.
- ** potencia.
- // división entera .
- = unificación.
- is: **evalúa** expresiones matemáticas.

| | | |
|---|---|---|
| 1200 | xfx | -->, :- |
| 1200 | fx | :-, ?- |
| 1150 | fx | **dynamic, discontiguous, initialization, meta_predicate, module_transparent, multifile, public, thread_local, thread_initialization, volatile** |
| 1105 | xfy | \| |
| 1100 | xfy | ; |
| 1050 | xfy | ->, *-> |
| 1000 | xfy | , |
| 990 | xfx | **:=** |
| 900 | fy | \+ |
| 700 | xfx | <, =, =.., =@=, \=@=, =:=, =<, ==, =\=, >, >=, @<, @=<, @>, @>=, \=, \==, **as, is,** >:<, :< |
| 600 | xfy | : |
| 500 | yfx | +, -, /\, \/, **xor** |
| 500 | fx | ? |
| 400 | yfx | *, /, //, **div, rdiv,** <<, >>, **mod, rem** |
| 200 | xfx | ** |
| 200 | xfy | ^ |
| 200 | fy | +, -, \ |
| 100 | yfx | . |
| 1 | fx | $ |

[4]

# Algunas funciones matemáticas

| | |
|---|---|
| **random_between(A, B, Y).** | Asigna a Y un valor aleatorio entre A y B |
| **between(A, B, X).** | Obtiene todos los valores entre A y B |
| **succ(A, X).** | Añade 1 a A y lo asigna a X. |
| **abs(X).** | Valor absoluto de X. |
| **max(X,Y).**<br>**min(X,Y).** | Valor máximo entre X y Y<br>Valor mínimo entre X y Y |
| **round(X).** | Redondea un valor cercano a X |

| | |
|---|---|
| **truncate(X).** | Remueve la parte fraccionaria del flotante X. |
| **floor(X).**<br>**ceiling(X).** | Retorna el piso de X.<br>Retorna el techo de X. |
| **sqrt(A).** | Retorna la raíz cuadrada de A. |
| **sin(A).**<br>**cos(A).**<br>**tan(A).** | Seno, coseno y tangente de A resp. |
| **asin(A).**<br>**acos(A).**<br>**atan(A).** | Arcoseno, arcocoseno y arcotangente de A resp. |
| **log(A).**<br>**log10(A).**<br>**exp(A).** | Logaritmo natural de A.<br>Logaritmo base 10 de A.<br>Exponencial de A. |

| | |
|---|---|
| **pi.**<br>**e.** | Valores de pi y épsilon resp. |

[]

# Operaciones de entrada/salida

**nl = new line**

| Predicado | Función |
|---|---|
| write(X) | Escribe el término en la salida |
| writeq(X) | Escribe el término en la salida mostrando comillas |
| read(X) | Lee el término en consola |
| get(X) | Recibe un carácter que se guarda ASCII |
| put(X) | Escribe un salida un solo carácter |
| format(formato, argumentos) | Formato de uno o más términos en salida |

# Cambios dinámicos a la base de conocimiento

**Predicados que se deseen cambiar se deben marcar como dinámicos antes de usarse.**

:- dynamic(predicado/aridad)

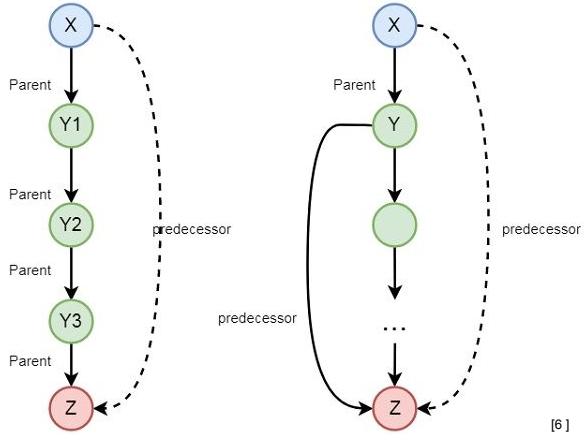
| Predicado | Función |
|---|---|
| assertz(H) | Inserta un hecho al final de la lista para ese predicado |
| asserta(H) | Inserta un hecho al inicio de la lista para ese predicado |
| retract(H) | Remueve un hecho |
| retractall(H) | Remueve todos los hechos que coincidan con H |


# Conceptos intermedios

# Reglas recursivas

Una regla es recursiva si uno de sus objetivos (consulta) se refiere al predicado que la misma regla define, es decir, un predicado se usa a sí mismo para encontrar un valor de verdad.

Ej:




[6]

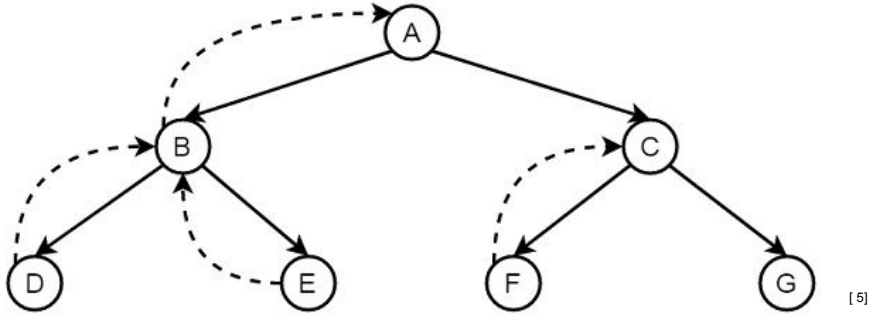
```
predecessor(X,Z) :-
        parent(X,Z).

predecessor(X,Z) :-
        parent(X, Y),
        predecessor(Y, Z).
```

X es predecesor de Z si X es padre de Z o si X es padre de un Y, y Y es predecesor de Z.

# Backtracking

Si un predicado ofrece múltiples reglas para resolver un objetivo, se intentan una por una hasta que una tiene éxito. Si una alternativa no satisface la consulta, se rechaza la regla elegida previamente y se prueba la siguiente.



[5]

```
[debug]  ?- trace.
true.

[trace]  ?- female(X), happy(X).
   Call: (11) female(_7386) ? creep
   Exit: (11) female(alice) ? creep
   Call: (11) happy(alice) ? creep
   Exit: (11) happy(alice) ? creep
X = alice ;
   Redo: (11) female(_7386) ? creep
   Exit: (11) female(betsy) ? creep
   Call: (11) happy(betsy) ? creep
   Fail: (11) happy(betsy) ? creep
   Redo: (11) female(_7386) ? creep
   Exit: (11) female(diana) ? creep
   Call: (11) happy(diana) ? creep
   Fail: (11) happy(diana) ? creep
false.
```

## Knowledge Base

```
female(alice).
female(betsy).
female(diana).

happy(albert).
happy(alice).
happy(bob).
happy(bill).
with_albert(alice).
```

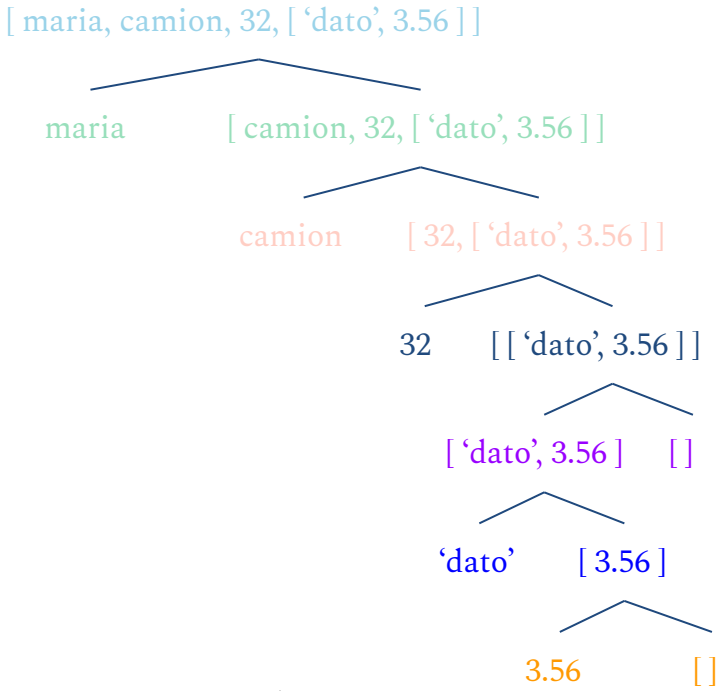
# Listas

La lista es una estructura de datos simple que almacena secuencialmente elementos de cualquier tipo (incluso listas). Es flexible, por lo que no tiene un tamaño fijo. Cada lista tiene una cabeza (el primer elemento) y una cola (la lista conformada por todos los elementos de la lista excluído el primero).

Ejemplo:

[ maria, camion, 32, [‘dato’, 3.56] ]

Cabeza: maria
Cola: [ camion, 32, [‘dato’, 3.56] ]




Deestructuración de una lista en su cabeza y cola

# Unificación de listas

Algunos ejemplos de unificación de listas mediante variables usando la notación [Cabeza | Cola]:

Lista de ejemplo:

[maria, camion, 32, [‘dato’, 3.56]] = [V | Z]

V -> Cabeza = maria
Z -> Cola = [camion, 32, [‘dato’, 3.56]]

[maria, camion, 32, [‘dato’, 3.56]] = [V, W, X | Z]

V = maria
W = camion
X = 32
Z -> Cola = [[‘dato’, 3.56]]

[maria, camion, 32, [‘dato’, 3.56]] = [V, W | Z]

V = maria
W = camion
Z -> Cola = [32, [‘dato’, 3.56]]

[maria, camion, 32, [‘dato’, 3.56]] = [V, W, X, Y | Z]

V = maria
W = camion
X = 32
Y = [‘dato’, 3.56]
Z -> Cola = []

# Criterios de terminación para listas

## Lista vacía

```
predicado([ ]):-objetivo([ ]).
predicado([ Cabeza | Cola ]):-objetivos..., predicado(Cola).
```

## Un elemento determinado

```
predicado( Cabeza, [Cabeza | Cola] ):-objetivos....
predicado( E, [Cabeza | Cola] ):-objetivos..., predicado(E, Cola).
```

## Una posición determinada

```
predicado( 1, Cabeza, [Cabeza | Cola] ):-objetivos....
predicado( P, E, [ | Resto] ):-P1=P-1, objetivos..., predicado(P1, E, Resto).
```

# Árbol SLD

Selección-Resolución Lineal-Cláusulas definitivas, el método de resolución básico de Prolog para resolver casos de no-determinismo

```
longitud([], 0).
longitud([_ | T], N):-
    longitud(T, N1),
    N is N1 + 1.
```

?-longitud([1, 2], L).

↓ { T / [2], N / L}

?-longitud([2], N1), L is N1 + 1.

# Árbol SLD

Selección-Resolución Lineal-Cláusulas definitivas, el método de resolución básico de Prolog para resolver casos de no-determinismo

```
longitud([], 0).
longitud([_ | T], N):-
    longitud(T, N1),
    N is N1 + 1.
```

?-longitud([1, 2], L).

↓ { T / [2], N / L}

?-longitud([2], N1), L is N1 + 1.

↓ { T / [ ], N2 / N1}

?-longitud([ ], N2), N1 is N2 + 1, L is N1 + 1.

# Árbol SLD

Selección-Resolución Lineal-Cláusulas definitivas, el método de resolución básico de Prolog para resolver casos de no-determinismo

```
longitud([], 0).
longitud([_ | T], N):-
    longitud(T, N1),
    N is N1 + 1.
```

?-longitud([1, 2], L).

↓ { T / [2], N / L}

?-longitud([2], N1), L is N1 + 1.

↓ { T / [ ], N2 / N1}

?-longitud([ ], N2), N1 is N2 + 1, L is N1 + 1.

↓ { N2 / 0 }

?-N1 is 0 + 1, L is N1 + 1.

# Árbol SLD

Selección-Resolución Lineal-Cláusulas definitivas, el método de resolución básico de Prolog para resolver casos de no-determinismo

```
longitud([], 0).
longitud([_ | T], N):-
    longitud(T, N1),
    N is N1 + 1.
```

?-longitud([1, 2], L).

↓ { T / [2], N / L}

?-longitud([2], N1), L is N1 + 1.

↓ { T / [ ], N2 / N1}

?-longitud([ ], N2), N1 is N2 + 1, L is N1 + 1.

↓ { N2 / 0 }

?-N1 is 0 + 1, L is N1 + 1.

↓ { N1 / 1 }

?-L is 1 + 1.

# Árbol SLD

Selección-Resolución Lineal-Cláusulas definitivas, el método de resolución básico de Prolog para resolver casos de no-determinismo

```
longitud([], 0).
longitud([_ | T], N):-
    longitud(T, N1),
    N is N1 + 1.
```

?-longitud([1, 2], L).

↓ { T / [2], N / L}

?-longitud([2], N1), L is N1 + 1.

↓ { T / [ ], N2 / N1}

?-longitud([ ], N2), N1 is N2 + 1, L is N1 + 1.

↓ { N2 / 0 }

?-N1 is 0 + 1, L is N1 + 1.

↓ { N1 / 1 }

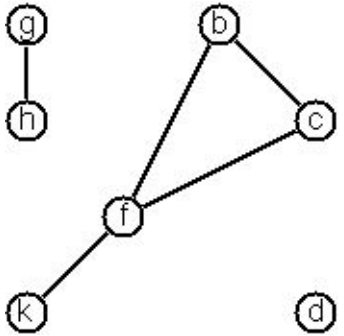
?-L is 1 + 1.

↓ { L / 2 }

# Grafos

Estructuras definidas como un conjunto de nodos y un conjunto de aristas, donde cada arista es un par de nodos.

Múltiples formas de representar en Prolog:



[7]

## Grafos no dirigidos

**Forma arista-hecho:** Cada arista es un hecho diferente.

arista(b,c). arista(b,f).
arista(c,f). ...

**Forma grafo-término**: Grafo como objeto con dos tipos de conjuntos. (nodos, aristas)

grafo([b,c,d,f,g,h,k],[e(b,c),e(b,f),e(c,f),e(f,k),e(g,h)])

**Forma lista de adyacencia:** asocia cada nodos a sus adyacentes.

[n(b,[c,f]), n(c,[b,f]), n(d,[]), ...]

**"Forma amigable":**

[b-c, f-c, g-h, **d**, f-b, k-f, h-g]

## Grafos dirigidos

Poseen arcos (aristas con sentido definido)

**Forma arco-hecho:**

arco(s,u). arco(u, s).
arco(u,r). ...

**Forma grafo-término**:

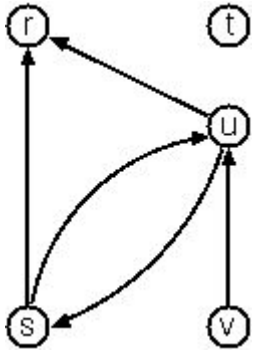
digrafo([r,s,t,u,v],[a(s,r),a(s,u),a(u,r),a(u,s),a(v,u)])

**Forma lista de adyacencia:**

[n(r,[]),n(s,[r,u]),n(t,[]),n(u,[r]),n(v,[u])]

**"Forma amigable":**

[s > r, s > u, u > r, u > s, v > u, **t**]



[7]

# Referencias


1. Prolog-Data Objects. Tomado de https://www.tutorialspoint.com/prolog/prolog_data_objects.htm
2. Logic Programming: a courseware (2015). Prolog Examples. Tomado de http://athena.ecs.csus.edu/~mei/logicp/prolog/programming-examples.htm
3. Prolog - Introduction. Logic and Functional Programming. Tomado de https://www.tutorialspoint.com/prolog/prolog_introduction.htm
4. Prolog Operators. Tomado de https://www.swi-prolog.org/pldoc/man?section=operators
5. Prolog-Backtracking. Tomado de https://www.tutorialspoint.com/prolog/prolog_backtracking.htm
6. Prolog-Recursion and Structures. Tomado de https://www.tutorialspoint.com/prolog/prolog_recursion_and_structures.htm
7. P-99: Ninety-Nine Prolog Problems. Graphs. Tomado de https://www.ic.unicamp.br/~meidanis/courses/mc336/2009s2/prolog/problemas/

# Gracias por su atención