



Paradigma Lógico

Esp. Ing. Viviana A. Santucci
AlA Federico Castoldi
Ing. J. Exequiel Benavidez
Ing. Jimena Bourlot

Tecnologías de la Programación

1 – ¿Qué es la Programación Lógica?

La programación lógica es un paradigma de programación **declarativo**. En lugar de decirle a la computadora *cómo* resolver un problema, le decimos *qué* es el problema.

- En la **programación imperativa**, uno especifica una secuencia de comandos para que la máquina los ejecute. Es como dar instrucciones paso a paso.
- En la **programación lógica**, uno describe el conocimiento sobre el problema en forma de relaciones y reglas lógicas. La computadora utiliza este conocimiento para inferir soluciones.

1 – ¿Qué es la Programación Lógica?

Elementos Clave:

- Conocimiento como Base:** Un programa lógico consiste en una colección de hechos y reglas que representan el conocimiento sobre un dominio específico.
- Lógica Formal:** Este conocimiento se expresa utilizando un lenguaje formal basado en la lógica. Esto nos proporciona precisión y elimina la ambigüedad del lenguaje natural.
- Inferencia:** La "ejecución" de un programa lógico implica realizar inferencia lógica. El sistema intenta probar si una determinada afirmación (una "consulta") es verdadera, basándose en los hechos y las reglas que se le han proporcionado.

1– ¿Qué es la programación lógica?

Supongamos las siguientes declaraciones:

- a) Toda madre ama a sus hijos
- b) maría es madre y juan es hijo de maría

Aplicando algo de razonamiento podemos inferir que:

- c) maría ama a juan

Las sentencias en lenguaje natural expresadas en “a” y “b” describen un universo de personas y relaciones entre dichos individuos.

1– ¿Qué es la programación lógica?

El ejemplo refleja la idea principal de la programación lógica

Describir universos de objetos y relaciones sobre los mismos, y aplicar un sistema de programación para inferir conclusiones como la “c”.

En lugar de dar órdenes, vamos a describir el mundo y dejar que la computadora saque sus propias conclusiones lógicas.

1 – ¿Por qué es útil la programación lógica?

La programación lógica es especialmente adecuada para problemas que involucran:

- Inteligencia artificial
- Sistemas basados en el conocimiento.
- Razonamiento automático.
- Sistemas expertos.
- Procesamiento del lenguaje natural.
- Cualquier otro campo de acción en donde la naturaleza del problema se pueda expresar como un cuerpo de predicados lógicos

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA - Sintaxis

Define su estructura formal. Especifica cómo se construyen las expresiones válidas a partir de un conjunto de símbolos. Es la "gramática" de la lógica.

Componentes Sintácticos:

- Alfabeto (Brindar un conjunto de símbolos con los que trabajar)
 - Símbolos Lógicos
 - Símbolos No Lógicos
- Términos
- Fórmulas

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolos Lógicos:

- **Conectores Lógicos:** combinan elementos para crear nuevos elementos más complejos:
 - \neg (Negación),
 - \wedge (Conjunción),
 - \vee (Disyunción),
 - \rightarrow (Implicación),
 - \leftrightarrow (Equivalencia)

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolos Lógicos:

- **Cuantificadores:**
 - \forall (Cuantificador Universal) se lee “para todo”.
Por ejemplo.: para todo X, si X es madre de Y, entonces X ama a Y
 - \exists (Cuantificador Existencial) se lee “la sentencia se cumple al menos para algún X”.
Por ejemplo: existe al menos un X tal que X es madre de juan
- **Símbolos de Puntuación:** (,), ,

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolos No Lógicos:

- **Constantes**: representan objetos específicos del dominio del discurso (por ejemplo, juan, casa1, 3).
- **Variables**: representan objetos arbitrarios del dominio (por ejemplo., X, Y, Z).
- **Símbolos de Predicado**: representan relaciones entre objetos o propiedades de objetos (por ejemplo, madre_de, ama, es_par, mayor_que). Cada predicado tiene una aridad (número de argumentos).
- **Símbolos de Función (Functores)**: representan funciones que mapean objetos a objetos (por ejemplo, padre_de, suma, lista). Cada functor tiene una aridad.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

La diferencia entre el símbolo de predicado **madre_de** y el símbolo de función **padre_de** radica en lo que representan y cómo se utilizan dentro de un sistema lógico:

Símbolo de Predicado: madre_de(X, Y)

Representación: **madre_de** representa una relación entre dos objetos. En este caso, la relación es "ser la madre de".

Valor de Verdad: Cuando los argumentos del predicado se instancian con objetos específicos, la expresión madre_de(ana, luis) se evalúa a un valor de verdad: verdadero si Ana es la madre de Luis, y falso si no lo es.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolo de Función: **padre_de(X)**

Representación: El símbolo de función **padre_de** representa una función que mapea un objeto a otro objeto. En este caso, toma un objeto (una persona) como argumento y devuelve otro objeto (el padre de esa persona).

Construcción de Términos: La aplicación de un functor no se evalúa directamente a un valor de verdad (verdadero o falso). En cambio, crea un término complejo que representa un objeto. Por ejemplo, **padre_de(luis)** no es una afirmación que sea verdadera o falsa; es un término que denota al padre de Luis.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

En resumen, la diferencia clave es:

Predicados: Describen relaciones o propiedades y se evalúan a un valor de verdad (verdadero o falso). Su propósito principal es hacer afirmaciones sobre el mundo.

Functores: Describen funciones que mapean objetos a objetos y se utilizan para construir términos complejos que representan entidades. Su propósito principal es la creación de estructuras de datos y la referencia a objetos derivados de otros objetos.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Pensar de esta manera:

madre_de(ana, luis) es una afirmación que puede ser verificada como verdadera o falsa.

padre_de(luis) es una referencia a un individuo (el padre de Luis). No es una afirmación en sí misma.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Términos

Expresiones que denotan objetos del dominio del problema:

- Una constante es un término.
Individuos: constantes
Ej.: juan es usado para denotar a la persona Juan
- Una variable es un término.
- Si f es un functor de aridad n , y t_1, \dots, t_n son términos, entonces $f(t_1, \dots, t_n)$ es un término.

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Fórmulas

Una fórmula atómica es de la forma $p(t_1, \dots, t_n)$, donde p es un símbolo de predicado de aridad n , y t_1, \dots, t_n son términos.

Si F y G son fórmulas, entonces las siguientes también son fórmulas:

- $(\neg F)$
- $(F \wedge G)$
- $(F \vee G)$
- $(F \rightarrow G)$
- $(F \leftrightarrow G)$

Si F es una fórmula, y x es una variable, entonces las siguientes también son fórmulas:

- $(\forall x F)$
- $(\exists x F)$

2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Fórmulas

Ejemplo:

- a) Todas las madres aman a sus hijos
- b) maría es madre y juan es hijo de maría
- c) maría ama a juan

Las sentencias podrían formalizarse de la siguiente forma:

- $\forall X (\forall Y ((\text{madre}(X) \wedge \text{hijo_de}(Y, X)) \rightarrow \text{ama}(X, Y)))$
- $\text{madre}(\text{maría}) \wedge \text{hijo_de}(\text{juan}, \text{maría})$
- $\text{ama}(\text{maría}, \text{juan})$

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Semántica

Proporciona una interpretación para las expresiones sintácticas, asignándoles significado y valores de verdad. Proporciona el marco para entender el significado y la verdad en la lógica formal, y los componentes trabajan juntos para lograrlo.

Componentes:

- Interpretación
- Valor de Verdad de una Fórmula:
- Modelo

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Interpretación(I)

Una función que asigna elementos del lenguaje a elementos de un "mundo" o "dominio"

- **Dominio (D):** Un conjunto no vacío de objetos.
- **Asignación a Símbolos No Lógicos:**
 - **Constantes:** Se asignan a elementos específicos de D.
 - **Variables:** Se asignan a elementos de D (un valor para cada ocurrencia de la variable).
 - **Predicados de aridad n:** Se asignan a relaciones n-arias sobre D (conjuntos de n-tuplas de elementos de D).
 - **Funtores de aridad n:** Se asignan a funciones de D^n a D.
- **Asignación a Símbolos Lógicos:** Los conectores y cuantificadores tienen su significado fijo.

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Valor de Verdad

- **Fórmulas Atómicas:** El valor de verdad de $p(t_1, \dots, t_n)$ se determina por sí la relación asignada a p en I se cumple para los objetos denotados por t_1, \dots, t_n en I .
- **Conectores:** El valor de verdad de fórmulas compuestas (Ej., $\neg F$, $F \wedge G$, $F \vee G$, $F \rightarrow G$, $F \leftrightarrow G$) se define por las tablas de verdad estándar de los conectivos lógicos.

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Valor de Verdad

Cuantificadores:

$\forall x F$: Es Verdadero en I si y solo si F es Verdadero en I para todas las asignaciones posibles de valores de D a la variable x.

$\exists x F$: Es Verdadero en I si y solo si F es Verdadero en I para al menos una asignación posible de un valor de D a la variable x.

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Modelo

Modelo:

Una interpretación I es un modelo de una fórmula F si y sólo si F es Verdadera en I .

2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA:

Ejemplo de Semántica:

- Fórmula: $\forall X \text{ (padre_de(luis, } X) \rightarrow \text{es_persona}(X))$
- Interpretación I :
 - Dominio (D): El conjunto de todas las personas
 - **luis** se asigna a la persona Luis.
 - **padre_de** se asigna a la relación "es el padre de".
 - **es_persona** se asigna al conjunto de todas las personas.
 - Si Luis es el padre de todas las personas en el dominio, la fórmula es Verdadera en I . Si Luis no es el padre de alguna persona en el dominio, la fórmula es Falsa en I .