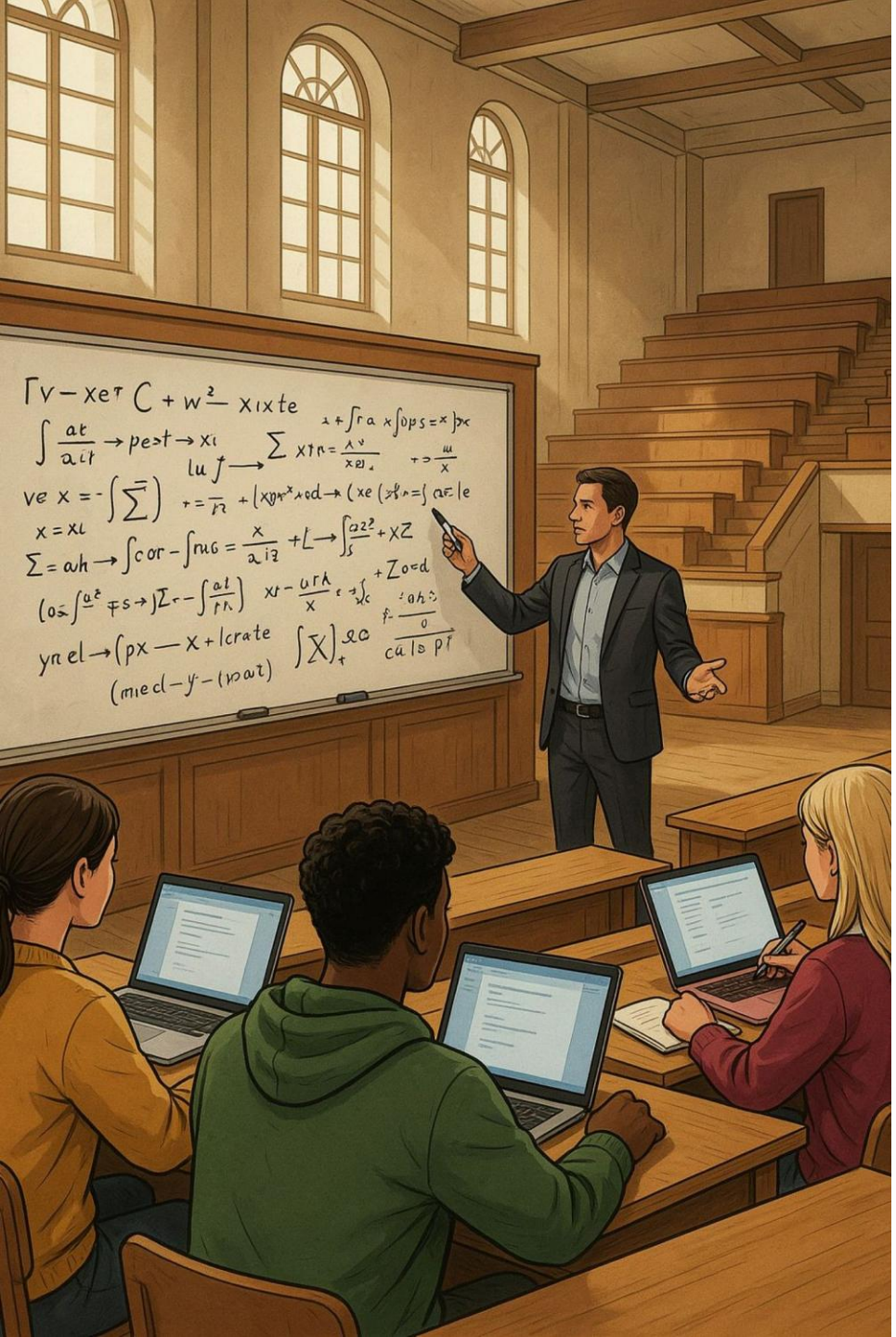


Fundamentos de Especificación Formal

DESARROLLO FORMAL DE SOFTWARE

Predicados, variables, cuantificadores y formalización

De una condición del proyecto a una expresión lógica precisa

INGENIERÍA DE SISTEMAS · UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

by ykcaicedo

Objetivo de la clase

01

Proposición vs. predicado

Diferenciar ambos conceptos con claridad conceptual y ejemplos concretos.

02

Variables y dominios

Identificar variables y dominios a partir de las condiciones del proyecto.

03

Cuantificadores ∀ y ∃

Comprender el significado y el uso correcto de cada cuantificador.

04

Formalización

Expresar condiciones del proyecto en lógica formal y conectarlas con la primera entrega.

Conexión con los otros capitulos

1

Capítulo 1

¿Qué debe hacer correctamente el sistema?

2

Capítulo 2

¿Qué calidad debemos considerar en la especificación?

3

Capítulo 3

¿Cómo expresamos esas condiciones con precisión lógica?

La formalización de este capítulo será la base para trabajar posteriormente **precondiciones, postcondiciones y contratos** de las funcionalidades del proyecto.

by ykcaicedo

¿Qué retomamos de la clase anterior?

Proposiciones evaluables

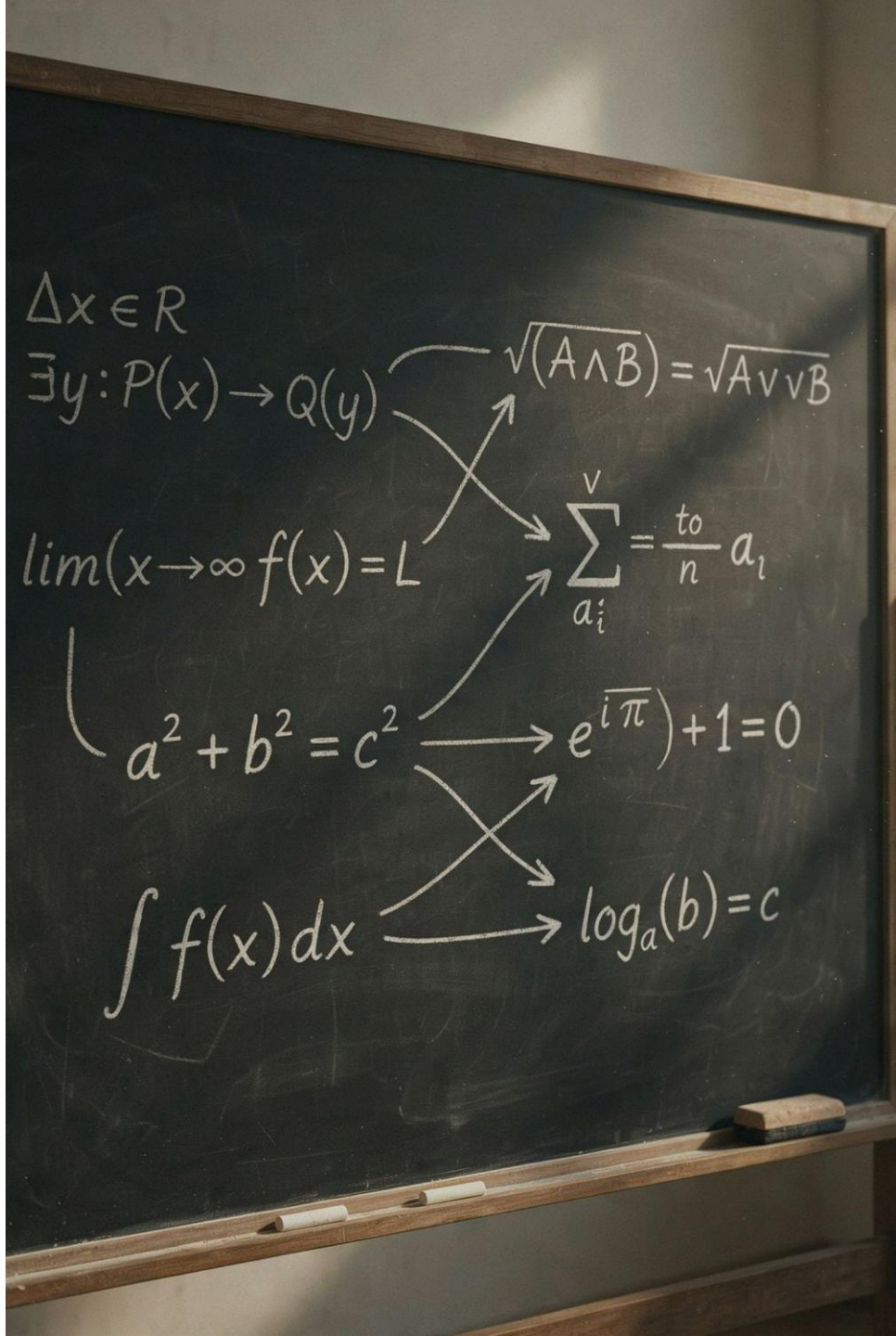
Una proposición tiene un valor de verdad definido: verdadera o falsa.

Conectores lógicos

Trabajamos con negación ¬, conjunción ∧ y disyunción ∨ para combinar condiciones.

El siguiente paso

Ahora necesitamos expresar condiciones que **dependen de datos o elementos variables**, conservando el significado de la regla original.



Proposición vs. Predicado

Proposición

"El estudiante está activo."

Enunciado concreto, evaluable directamente como verdadero o falso. No depende de ninguna variable.

Predicado

Activo(x) — una propiedad o relación expresada en función de una variable.

Al asignar un valor concreto a **x**, el predicado puede evaluarse:

Si **x = Ana**, entonces **Activo(Ana)** tiene un valor de verdad definido.

¿Qué característica estoy afirmando sobre ese elemento?"

Variables y Dominio



¿Qué es una variable?

Representa un elemento que puede tomar distintos valores dentro de un conjunto definido.

¿Qué es el dominio?

Indica sobre qué elementos se habla. Ejemplo: **x = estudiante del sistema**; dominio: conjunto de estudiantes registrados.

“¿Qué representa mi variable?”

Predicados típicos del proyecto

- **Activo(x)** — el estudiante está activo
- **TieneSolicitud(x)** — tiene una solicitud registrada
- **PuedeSolicitar(x)** — tiene permiso para solicitar

Ejemplo con una funcionalidad

Funcionalidad: *Realizar reserva*

1

Condición en lenguaje natural

"El usuario está activo **y** el espacio está disponible."

2

Definición de predicados

A(x): x es un usuario activo

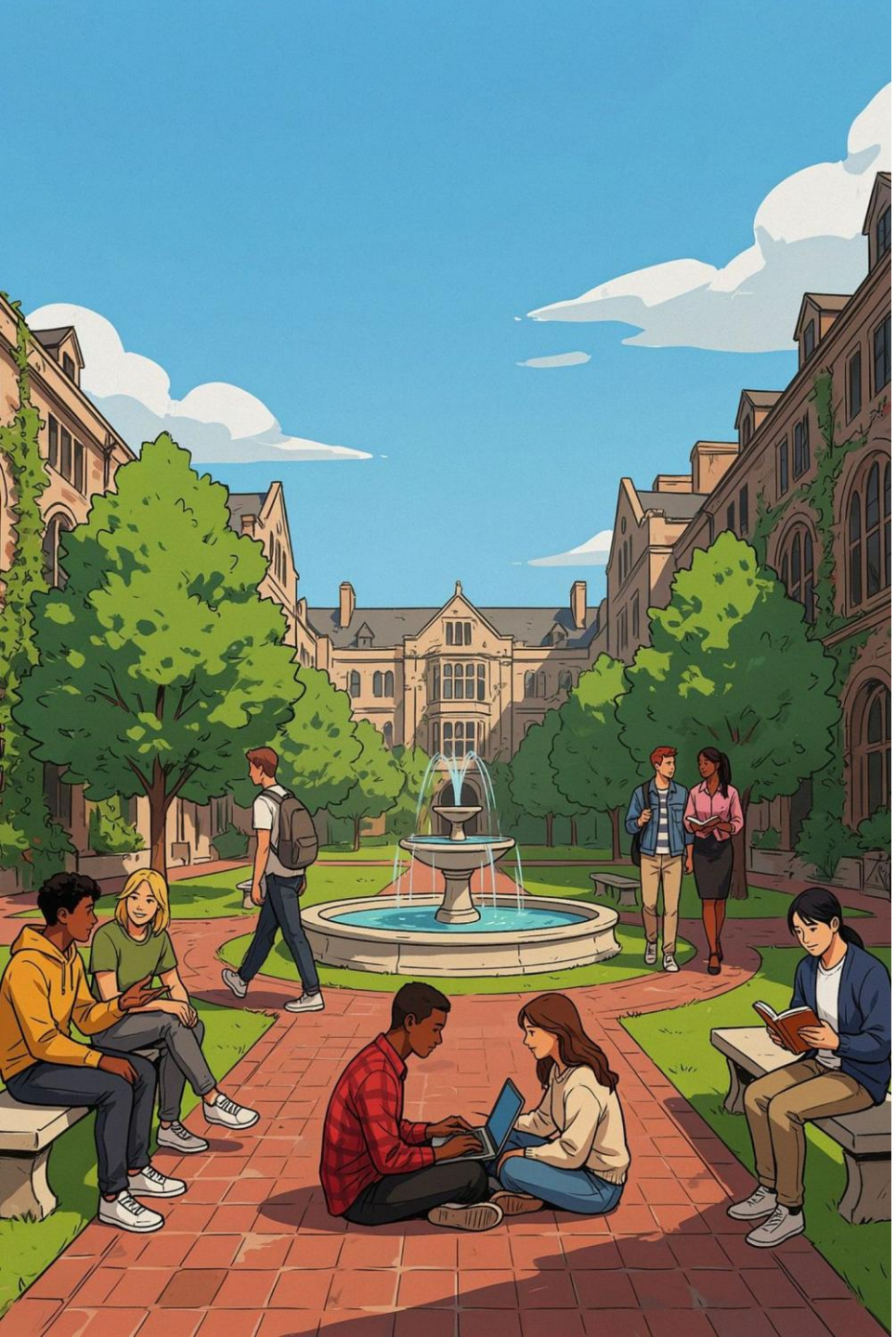
D(y): y es un espacio disponible

3

Expresión formal

Para un usuario **u** y un espacio **e**:

$A(u) \wedge D(e)$



¿Por qué necesitamos cuantificadores?

Los cuantificadores permiten hablar de **todos** los elementos de un dominio o de **al menos uno** de ellos. Son esenciales para expresar reglas sobre usuarios, solicitudes, reservas y cualquier conjunto del sistema.

∀ — Universal

"Para todo", "cada", "todos los elementos del dominio".

∃ — Existencial

"Existe", "al menos uno", "alguno cumple la condición".

by ykcaicedo

Cuantificador Universal ∀

$$\forall x\, P(x)$$

"Para todo x, se cumple P(x)."

Cómo interpretar ∀

- La regla debe cumplirse **para cada elemento** del dominio sin excepción.
- Es indispensable definir el dominio antes de cuantificar.
- Un solo caso que no la cumpla hace falsa la proposición.

Ejemplo: ∀x (Estudiante(x) → Activo(x)) — todos los estudiantes del dominio están activos.

Cuantificador Existencial ∃

$$\exists x\, P(x)$$

"Existe al menos un x que cumple P(x)."

Cómo interpretar ∃

- No significa que **todos** cumplan la propiedad.
- Basta con que **un único elemento** satisfaga la condición.
- Es el cuantificador apropiado cuando la regla dice "al menos uno" o "alguno".

Ejemplo: $\exists x\,(\text{Espacio}(x) \land \text{Disponible}(x))$ — existe al menos un espacio disponible.

by ykcaicedo

Comparación rápida: ∀ vs. ∃

∀x Disponible(x)

Todos los elementos del dominio están disponibles. Un solo elemento no disponible hace la expresión falsa.

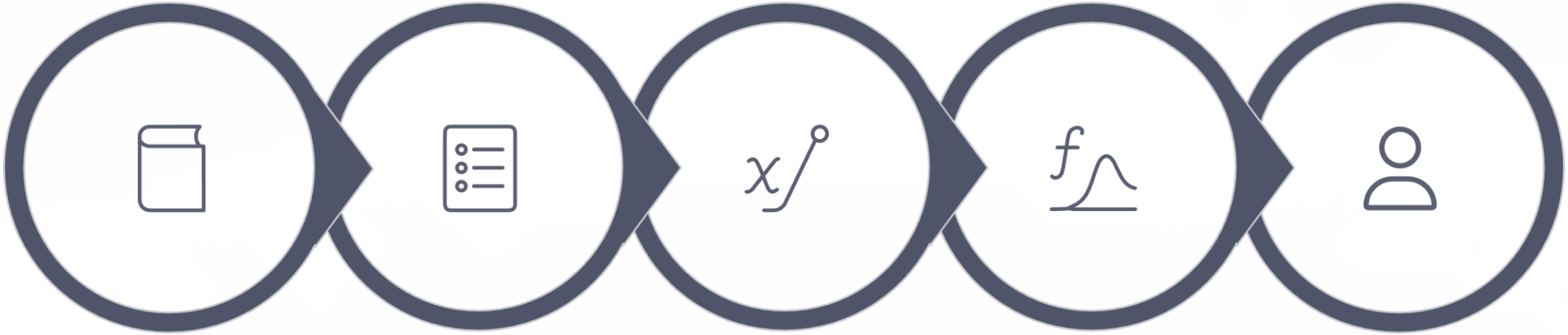
∃x Disponible(x)

Al menos uno de los elementos está disponible. Los demás pueden o no estarlo.

La diferencia entre ∀ y ∃ cambia radicalmente el significado de la regla. Antes de formalizar, siempre identifique: **dominio → variable → predicado → cuantificador**.

“¿Cuál de las dos expresiones sería más adecuada para un sistema de reservas?”

Ruta para formalizar una condición



Leer regla

Identificar dominio

Definir variables

Identificar predicados

Elegir cuantificador

Seguir esta ruta de manera ordenada evita los errores más comunes y garantiza que la expresión lógica conserve el significado de la regla original.

Ejemplo paso a paso

Funcionalidad: Consultar estado de solicitud
Regla: *"Todo estudiante que tenga una solicitud registrada puede consultar su estado."*

1

Dominio y Variable

Dominio: **estudiantes.** Variable: **x = estudiante**.

2

Predicados

Estudiante(x), TieneSolicitud(x), PuedeConsultar(x).

3

Cuantificador

La regla aplica a **todos** → se usa ∀.

4

Expresión formal

∀x ((Estudiante(x) ∧ TieneSolicitud(x)) → PuedeConsultar(x))

by ykcaicedo

Ejemplo con existencia

Regla en lenguaje natural

"Existe al menos un espacio disponible para realizar una reserva."

Análisis

- **Dominio:** espacios del sistema.
- **Variable:** x = espacio.
- **Predicados:** Espacio(x), Disponible(x).
- **Cuantificador:** al menos uno → ∃.



> Formalización: **∃x (Espacio(x) ∧ Disponible(x))**

Errores frecuentes

Confundir ∀ con ∃ (y viceversa)

Usar ∀ cuando la regla dice "al menos uno", o ∃ cuando exige que todos cumplan.

Omitir el dominio

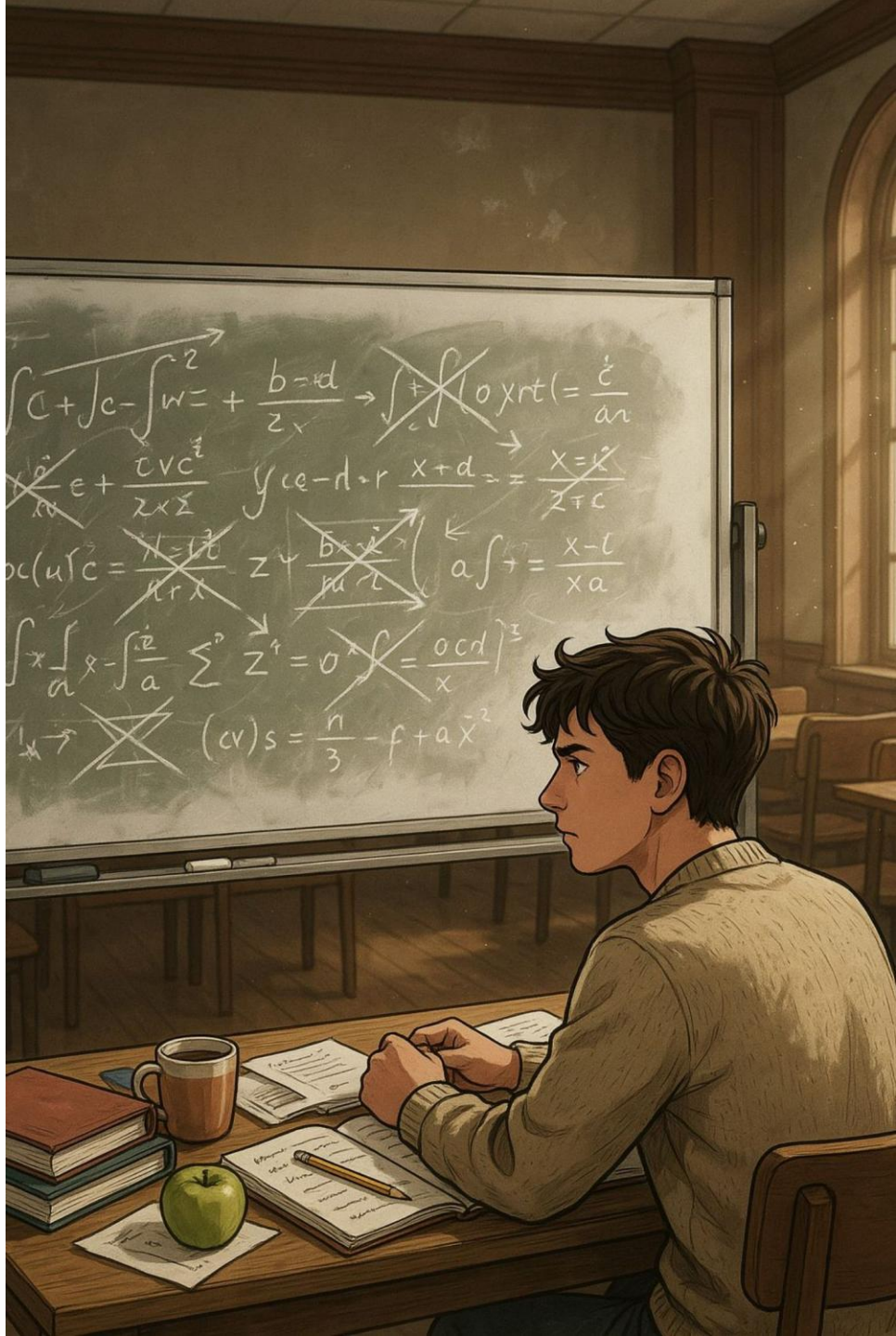
Sin dominio, la expresión carece de contexto y puede ser interpretada de forma incorrecta.

Confundir variable con valor concreto

Una variable es un marcador genérico; un valor concreto es un elemento específico del dominio.

Formalizar reglas ambiguas

Si la regla en lenguaje natural es imprecisa, la formalización también lo será. Primero clarifique, luego formalice.



Ejemplos

Para cada condición revisemos los elementos de formalización:

Condición	Dominio	Variables	Predicados	Cuantificador	Expresión lógica (Formalización)	Interpretación
Existe al menos un espacio disponible	Espacios	x	Espacio(x) Disponible (x)	∃	∃x (Espacio(x) ∧ Disponible(x))	Existe por lo menos un elemento del dominio Espacios que es un espacio y está disponible.
Todo estudiante que tenga una solicitud registrada puede consultar su estado	Estudiantes	a	Estudiante(a) TieneSolicitud(a) PuedeConsultarEstado(a)	∀	∀x (Estudiante(a) ∧ TieneSolicitud(a)) → PuedeConsultarEstado(a)	Para todo elemento x del dominio Estudiantes, si es estudiante y tiene una solicitud registrada, entonces puede consultar su estado.
El número de cupos solicitados debe ser mayor que 0	Solicitud	c	CupoSolicitados(c)	No aplica	CupoSolicitados(c) > 0	La cantidad de cupos solicitados debe ser mayor que cero.

by ykcaicedo

Actividad



Instrucciones

1. Usen la misma funcionalidad de la actividad anterior.
2. Para las siguientes **5 condiciones o reglas de negocio** concretas.
3. Para cada condición indiquen: **dominio, variables, predicados** y cuantificador cuando corresponda.
4. Construyan la **formalización lógica**.
5. Escriban la interpretación en **lenguaje natural**.

Producto de la actividad

Construya una tabla con la siguiente estructura para las 5 condiciones formalizadas:

Condición	Dominio	Variables	Predicados	Cuantificador	Expresión Lógica (Formalización)	Interpretación
Todo usuario que realice una reserva debe estar registrado en el sistema.	—	—	—	—	—	—
Toda reserva debe corresponder a un espacio disponible.	—	—	—	—	—	—
La fecha de la reserva debe ser posterior a la fecha actual.	—	—	—	—	—	—
Toda reserva debe corresponder a un espacio disponible.	—	—	—	—	—	—
La cantidad de personas solicitada para la reserva debe ser mayor que tres.	—	—	—	—	—	—

Pregunta de salida

¿Qué información necesito antes de formalizar una regla?

Dominio, variable, predicados involucrados y claridad del enunciado en lenguaje natural.

¿Cuándo uso ∀ y cuándo ∃?

∀ cuando la regla aplica a **todos** los elementos; ∃ cuando basta con que **al menos uno** la cumpla.

¿Cómo verifico que mi expresión conserva el significado?

Lea nuevamente la expresión formal, tradúzcala al lenguaje natural y compárela con la regla original.