

# Apunte único: Álgebra I - Práctica 1

Por alumnos de Álgebra I  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
UBA

*Choose your destiny:*

*(doubleclick en los ejercicio para saltar)*

- [Notas teóricas](#)

- Ejercicios de la guía:

<a href="#">1.</a>	<a href="#">6.</a>	<a href="#">11.</a>	<a href="#">16.</a>	<a href="#">21.</a>	<a href="#">26.</a>	<a href="#">31.</a>	<a href="#">36.</a>
<a href="#">2.</a>	<a href="#">7.</a>	<a href="#">12.</a>	<a href="#">17.</a>	<a href="#">22.</a>	<a href="#">27.</a>	<a href="#">32.</a>	
<a href="#">3.</a>	<a href="#">8.</a>	<a href="#">13.</a>	<a href="#">18.</a>	<a href="#">23.</a>	<a href="#">28.</a>	<a href="#">33.</a>	
<a href="#">4.</a>	<a href="#">9.</a>	<a href="#">14.</a>	<a href="#">19.</a>	<a href="#">24.</a>	<a href="#">29.</a>	<a href="#">34.</a>	
<a href="#">5.</a>	<a href="#">10.</a>	<a href="#">15.</a>	<a href="#">20.</a>	<a href="#">25.</a>	<a href="#">30.</a>	<a href="#">35.</a>	

- Ejercicios de Parciales

 1.	 2.	 3.	 4.	 5.	 6.	 7.
--	--	--	--	--	--	--

### Disclaimer:

Dirigido para aquél que esté listo para leerlo, o no tanto. Va con onda.

## ¡Recomendación para sacarle jugo al apunte!

Estudiar con resueltos puede ser un arma de doble filo. Si estás trabado, antes de saltar a la solución que hizo otra persona:

- 📖<sub>1</sub> Mirar la solución ni bien te trabás, te *condicionas pavlovianamente* a **no** pensar. Necesitás darle tiempo al cerebro para llegar a la solución.
- 📖<sub>2</sub> Intentá un ejercicio similar, pero **más fácil**.
- 📖<sub>3</sub> ¿No sale el fácil? Intentá uno **aún más fácil**.
- 📖<sub>4</sub> Fijate si tenés un ejercicio similar hecho en clase. Y mirá ese, así no quemás el ejercicio de la guía.
- 📖<sub>5</sub> Tomate 2 minutos para formular una pregunta que realmente sea lo que **no** entendés. Decir '*no me sale*' ≠ +. Escribí esa pregunta, vas a dormir mejor.

Ahora sí mirá la solución.

*Si no te salen los ejercicios fáciles sin ayuda*, no te van a salir los ejercicios más difíciles: **Sentido común**.

¡Los más fáciles van a salir! Son el alimento de nuestra confianza.

Si mirás miles de soluciones a parciales en el afán de tener un ejemplo hecho de todas las variantes, estás apelando demasiado a la suerte de que te toque uno igual, *pero no estás aprendiendo nada*. Hacer un parcial bien lleva entre 3 y 4 horas. Así que si vos en 4 horas "hiciste" 3 o 4 parciales, *algo raro debe haber*. A los parciales se va a **pensar** y eso hay que practicarlo desde el primer día.

Mirá los videos de las teóricas **de Teresa** que son **buenísimos** 📺.

Videos de prácticas de pandemia, complemento extra: **Prácticas Pandemia** 📺.

Los ejercicios que se dan en clase suelen ser similares a los parciales, a veces más difíciles, repasalos siempre **Just Do IT** 🙌🙌🙌!

Eh, loco, fatalista, distópico, **relajá un toque** te vas a quedar (más) pelado... 🙌🙌🙌 *va a salir todo bien!*

El repo en [github](#)  para descargar las guías con los últimos updates.



<https://github.com/nad-garraz/algebraUno>

La Guía 1 se actualizó por última vez: 30/01/25 @ 12:39

### Guía 1



<https://github.com/nad-garraz/algebraUno/blob/main/1-guia/1-sol.pdf>

Si querés mandar un ejercicio o avisar de algún error, lo más fácil es por

[Telegram](#) .



<https://t.me/+1znt2GV1i8cwMTNh>

**Notas teóricas:**

*Básicos sobre conjuntos y coso:*

- *Conjunto de Partes  $\mathcal{P}$ :*

Sea  $A$  un conjunto. El *conjunto de partes* de  $A$ , que se nota  $\mathcal{P}(A)$ , es el conjunto formado por todos los subconjuntos de  $A$ , o sea el conjunto cuyos *elementos* son los subconjuntos de  $A$ . Es decir

$$\mathcal{P}(A) = \{B : B \subseteq A\} \text{ o también } B \in \mathcal{P} A \iff B \subseteq A.$$

Por ejemplo: Si  $A = \{1, 2, 3\}$ ,  $\mathcal{P}(A) = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{1, 2, 3\}\}$

- *Las uniones ( $\cup$ ) e intersecciones ( $\cap$ ):*

- $A \cup B = \{x \in U : x \in A \text{ o } x \in B\}$

- $A \cap B = \{x \in U : x \in A \text{ y } x \in B\}$

- *Las uniones e intersecciones de conjuntos conmutan:*

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

- *De Morgan Law's:*

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c \rightarrow \text{De Morgan 1}$$

$$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c \rightarrow \text{De Morgan 2}$$

- *Distribución de la intersección en una unión y alverre:*

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$



- *Diferencias en sus varios colores, sabores y notaciones:*

$$A - B \xrightleftharpoons[\text{notación}]{\text{idem}} A \setminus B \xrightleftharpoons[\text{notación}]{\text{idem}} A \cap B^c$$



• *Diferencia simétrica:*

$$A \Delta B = \begin{cases} (A - B) \cup (B - A) \\ (A \cup B) \cap (A \cap B)^c \\ (A \cup B) \setminus (A \cap B) \rightarrow \text{mi favorita} \text{ 😊} \\ (A \cap B^c) \cup (B \cap A^c) \end{cases}$$



• *Complemento:*

$$A^c = \{x \in \mathcal{U} \mid x \notin A\}$$

• *Tablas de verdad:*

En las tablas de verdad que un elemento esté en un conjunto,  $x \in A$  es equivalente a decir que la proposición  $A$  es verdadera. En mi cabeza es más fácil recordar las tablas en conjuntos que en ... lo otro.

$x \in A$	$x \in B$	$x \in A^c$	$x \in A \cap B$	$x \in A \cup B$	$x \in \begin{matrix} A \subseteq B \\ A^c \cup B \end{matrix}$	$x \in A \Delta B$	$A - B$
V	V	F	V	V	V	F	F
V	F	F	F	V	F	V	V
F	V	V	F	V	V	V	F
F	F	V	F	F	V	F	F

*Probar por contrarrecíproco:* Cuando para probar  $p \Rightarrow q$  se prueba en su lugar  $\sim q \Rightarrow \sim p$  se dice que es una *demostración por contrarrecíproco*.

*Probar por absurdo:* Cuando para probar  $p \Rightarrow q$  se prueba en su lugar  $p \wedge \sim q$  para llegar así a una contradicción, se dice que es una demostración por reducción al absurdo.

• *Producto cartesiano:*

$$A \times B := \{(x, y) : x \in A, y \in B\}.$$

Si tenés  $n$  conjuntos:

$$A_1 \times \cdots \times A_n := \{(x_1, \dots, x_n) : x_1 \in A_1, x_2 \in A_2, \dots, x_n \in A_n\}.$$

Parece interesante nota que un punto  $z \notin A \times B$  no implica que esté en  $A^c \times B^c$ :

$$(A \times B)^c \text{ no es lo mismo que } (A^c \times B^c)$$



### • Relaciones $\mathcal{R}$ :

#### • Definición de relación:

Sean  $A$  y  $B$  conjuntos. Una relación  $\mathcal{R}$  de  $A$  en  $B$  es un subconjunto cualquiera  $\mathcal{R}$  del producto cartesiano  $A \times B$ . Es decir  $\mathcal{R}$  es una relación de  $A$  en  $B$  si  $\mathcal{R} \in \mathcal{P}(A \times B)$ .

#### • Definición de relación en un conjunto:

Sea  $A$  un conjunto. Se dice que  $\mathcal{R}$  en  $A$  cuando  $\mathcal{R} \subseteq A \times A$ .

### • Propiedades destacables de una $\mathcal{R}$ :

▲ **Reflexiva:**  $(x, x) \in \mathcal{R} \quad \forall x \in A$  o  $x \mathcal{R} x. \quad \forall x \in A$ . Gráficamente, cada elemento tiene que tener

un bucle.

▲ **Simétrica:**  $(x, y) \in \mathcal{R}$ , entonces el par  $(y, x) \in \mathcal{R}$ , también si  $\forall x, y \in A, x \mathcal{R} y \Rightarrow y \mathcal{R} x$ .

Gráficamente tiene que haber un ida y vuelta en cada elemento de la relación.



▲ **Antisimétrica:**  $(x, y) \in \mathcal{R}$ , con  $x \neq y$  entonces el par  $(y, x) \notin \mathcal{R}$ , también se puede pensar como  $\forall x, y \in A, x \mathcal{R} y \text{ e } y \mathcal{R} x \Rightarrow x = y$ . Gráficamente **no** tiene que haber ningún ida y vuelta en el gráfico. Solo en una dirección.



▲ **Transitiva:** Para toda terna  $x, y, z \in A$  tales que  $(x, y) \in \mathcal{R}$  e  $(y, z) \in \mathcal{R}$ , se tiene que  $(x, z) \in \mathcal{R}$ . Otra manera sería si  $\forall x, y, z \in A, x \mathcal{R} y \text{ e } y \mathcal{R} z \Rightarrow x \mathcal{R} z$ . Gráficamente tiene que haber flecha directa entre las puntas de cualquier camino que vaya por más de dos nodos.



• ▲ **Relación de equivalencia:** La relación debe ser reflexiva, simétrica y transitiva.

▲ **Relación de orden:** La relación debe ser reflexiva, antisimétrica y transitiva.

### • Funciones $f$ :

▲ Sean  $A$  y  $B$  conjuntos, y sea  $\mathcal{R}$  de  $A$  en  $B$ . Se dice que  $\mathcal{R}$  es una *función* cuando todo elemento  $x \in A$  está relacionado con algún  $y \in B$ , y este elemento  $y$  es único. Es decir:

$$\begin{aligned} \forall x \in A, \exists ! y \in B / x \mathcal{R} y \\ \forall x \in A, \exists y \in B / x \mathcal{R} y, \end{aligned}$$

si  $y, z \in B$  son tales que  $x \mathcal{R} y$  y  $x \mathcal{R} z \Rightarrow y = z$ .

▲ Dada una función  $f : A (\text{dominio}) \rightarrow B (\text{codominio})$  el conjunto *imagen* es:

$$\text{Im}(f) = \{y \in B : \exists x \in A / f(x) = y\}$$

▲ *Propiedades destacables de una f:*

\* *inyectiva:* si  $\forall x, x' \in A$  tales que  $f(x) = f(x')$  se tiene que  $x = x'$

\* *sobreyectiva:* si  $\forall y \in B, \exists x \in A$  tal que  $f(x) = y$ .  $f$  es sobreyectiva si  $\text{Im}(f) = B$

\* *biyectiva:* Cuando es *inyectiva* y *sobreyectiva*.

▲ *Composición de funciones:*

$A, B, C$  conjuntos y  $f : A \rightarrow B \rightarrow C, g : B \rightarrow C$  funciones. Entonces la *composición* de  $f$  con  $g$ , que se nota:

$$g \circ f = g(f(x)), \quad \forall x \in A,$$

resulta ser una función  $g \circ f$  de  $A$  en  $C$ .

▲  $f$  es biyectiva cuando  $f^{-1} : B \rightarrow A$  es la función que satisface que:

$$\forall y \in B : f^{-1}(y) = x \iff f(x) = y$$

## Ejercicios de la guía:

1. Dado el conjunto  $A = \{1, 2, 3\}$ , determinar cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas

- (i)  $1 \in A$       (ii)  $\{1\} \subseteq A$       (iii)  $\{2, 1\} \subseteq A$       (iv)  $\{1, 3\} \in A$       (v)  $\{2\} \in A$

$$A = \{1, 2, 3\}$$

- (i)  $1 \in A \xrightarrow{\text{respuesta}} V$       (iii)  $\{2, 1\} \subseteq A \xrightarrow{\text{respuesta}} V$       (v)  $\{2\} \in A \xrightarrow{\text{respuesta}} F$   
(ii)  $\{1\} \subseteq A \xrightarrow{\text{respuesta}} V$       (iv)  $\{1, 3\} \in A \xrightarrow{\text{respuesta}} F$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

2. Dado el conjunto  $A = \{1, 2, \{3\}, \{1, 2\}\}$ , determinar cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas:

- (i)  $3 \in A$       (iv)  $\{\{3\}\} \in A$       (vii)  $\{\{1, 2\}\} \subseteq A$       (x)  $\emptyset \subseteq A$   
(ii)  $\{3\} \subseteq A$       (v)  $\{1, 2\} \in A$       (viii)  $\{\{1, 2\}, 3\} \subseteq A$       (xi)  $A \in A$   
(iii)  $\{3\} \in A$       (vi)  $\{1, 2\} \subseteq A$       (ix)  $\emptyset \in A$       (xii)  $A \subseteq A$

- (i)  $3 \in A \rightarrow F$       (v)  $\{1, 2\} \in A \rightarrow V$       (ix)  $\emptyset \in A \rightarrow F$   
(ii)  $\{3\} \subseteq A \rightarrow F$       (vi)  $\{1, 2\} \subseteq A \rightarrow V$       (x)  $\emptyset \subseteq A \rightarrow V$   
(iii)  $\{3\} \in A \rightarrow V$       (vii)  $\{\{1, 2\}\} \subseteq A \rightarrow V$       (xi)  $A \in A \rightarrow F$   
(iv)  $\{\{3\}\} \in A \rightarrow V$       (viii)  $\{\{1, 2\}, 3\} \subseteq A \rightarrow F$       (xii)  $A \subseteq A \rightarrow V$

3. Determinar si  $A \subseteq B$  en cada uno de los siguientes casos:

- i)  $A = \{1, 2, 3\}, B = \{5, 4, 3, 2, 1\}$   
ii)  $A = \{1, 2, 3\}, B = \{1, 2, \{3\}, -3\}$   
iii)  $A = \{x \in \mathbb{R} / 2 < |x| < 3\}, B = \{x \in \mathbb{R} / x^2 < 3\}$   
iv)  $A = \{\emptyset\}, B = \emptyset$

Inclusión :  $\begin{cases} \text{Definición} & A \subseteq B \text{ si } \forall x, x \in A \Rightarrow x \in B \\ \text{Contrareciproco} & A \not\subseteq B \text{ si } \exists x, x \in A \Rightarrow x \notin B \end{cases}$

- (i)  $\begin{cases} A = \{1, 2, 3\} \\ B = \{5, 4, 3, 2, 1\} \end{cases} \xrightarrow{\text{respuesta}} A \overset{\checkmark}{\subseteq} B$




$$(ii) \begin{cases} A = \{1, 2, 3\} \\ B = \{1, 2, \{3\}, -3\} \end{cases} \xrightarrow{\text{respuesta}} A \not\subseteq B \xrightarrow[\text{que}]{\text{dado}} 3 \in A \text{ pero } 3 \notin B$$

$$(iii) \begin{cases} A = \{x \in \mathbb{R} / 2 < |x| < 3\} \\ B = \{x \in \mathbb{R} / x^2 < 3\} \end{cases} \left\{ \begin{array}{c} \xleftarrow{\quad} \begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array} \xrightarrow{\quad} \\ \xleftarrow{\quad} \begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array} \xrightarrow{\quad} \end{array} \right\}$$

$\xrightarrow{\text{respuesta}} A \not\subseteq B \xrightarrow[\text{que}]{\text{dado}} 2.5 \in A \text{ y } 2.5 \notin B$

$$(iv) \begin{cases} A = \{\emptyset\} \\ B = \emptyset \end{cases} \xrightarrow{\text{respuesta}} A \not\subseteq B \xrightarrow[\text{que}]{\text{dado}} B \text{ no tiene ningún elemento, sin embargo } A \text{ tiene un elemento: } \emptyset.$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

 Mateo Z 

4. Dados los subconjuntos:  $A = \{1, -2, 7, 3\}$ ,  $B = \{1, \{3\}, 10\}$  y  $C = \{-2, \{1, 2, 3\}, 3\}$  del conjunto referencial:  $V = \{1, \{3\}, -2, 7, 10, \{1, 2, 3\}, 3\}$ , hallar

(a)  $A \cap (B \Delta C)$

(b)  $(A \cap B) \Delta (A \cap C)$

(c)  $A^c \cap B^c \cap C^c$

a)  $B \Delta C = \{-2, 1, 3, 10, \{1, 2, 3\}, \{3\}\}$


$$A \cap (B \Delta C) = \{-2, 1, 3\}$$

b)  $A \cap B = \{1\}$  y  $(A \cap C) = \{-2, 3\}$

$$(A \cap B) \Delta (A \cap C) = \{-2, 1, 3\}$$

c)  $A^c = \{10, \{1, 2, 3\}, \{3\}\}$ ,  $B^c = \{-2, 7, 3, \{1, 2, 3\}\}$  y  $C^c = \{1, \{3\}, 7, 10\}$

$$A^c \cap B^c \cap C^c = \emptyset$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

 Francisco Sureda 

 Juan Parajó 

5. Dados los subconjuntos  $A, B, C$  de un conjunto referencial  $V$ , describir  $(A \cup B \cup C)^c$  en términos de intersecciones y complementos, y  $(A \cap B \cap C)^c$  en términos de uniones y complementos

i)  $(A \cup B \cup C)^c \stackrel{(c)}{=} (A \cup B)^c \cap C^c \stackrel{(c)}{=} A^c \cap B^c \cap C^c \quad \checkmark$

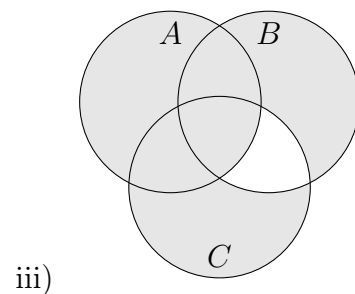
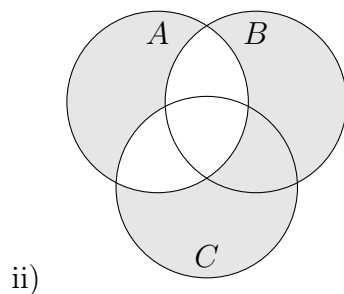
ii)  $(A \cap B \cap C)^c \stackrel{(d)}{=} (A \cap B)^c \cup C^c \stackrel{(d)}{=} A^c \cup B^c \cup C^c \quad \checkmark$

6. Sean  $A, B$  y  $C$  conjuntos. Representar en un diagrama de Venn

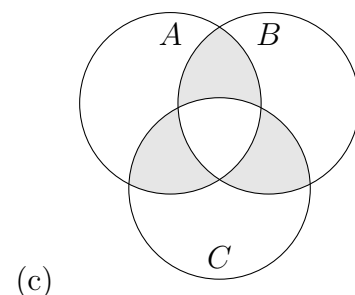
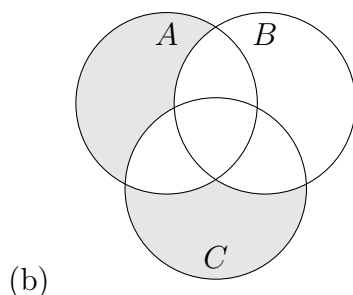
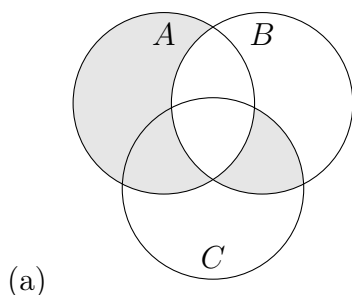
i)  $(A \cup B^c) \cap C$

ii)  $A \Delta (B \cup C)$

iii)  $A \cup (B \Delta C)$



7. Encontrar fórmulas que describen las partes rayadas de los siguientes diagramas de Venn, utilizando únicamente intersecciones, uniones y complementos.



(a)  $(A \cap B^c) \cup (A^c \cap B \cap C)$

(c)  $((A \cap B) \cup (B \cap C) \cup (A \cap C)) \cap (A \cap B \cap C)^c$

(b)  $(A \Delta C) \cap B^c \stackrel{!}{=} (A \cup C) \cap (A \cap C)^c \cap B^c$

8. Hallar el conjunto  $\mathcal{P}(A)$  de partes de  $A$  en los casos.

i)  $A = \{1\}$

ii)  $A = \{a, b\}$

iii)  $A = \{1, \{1, 2\}, 3\}$

Recordando que:

$$\mathcal{P}(A) \rightarrow \begin{cases} B \in \mathcal{P}(A) \iff B \subseteq A \\ \mathcal{P}(A) = \{B \mid B \subseteq A\} \end{cases}$$

(i)  $A = \{1\} \rightarrow \mathcal{P}(A) = \{\emptyset, A\}$  ✓

(ii)  $A = \{a, b\} \rightarrow \mathcal{P}(A) = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, A\}$  ✓

(iii)  $A = \{1, \{1, 2\}, 3\} \rightarrow \mathcal{P}(A) = \{\emptyset, \{1\}, \{\{1, 2\}\}, \{3\}, \{1, \{1, 2\}\}, \{1, 3\}, \{\{1, 2\}, 3\}, A\}$  ✓

9. Sean  $A$  y  $B$  conjuntos, Probar que  $\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B) \iff A \subseteq B$

Prueba que la hago por absurdo, [mirá la lógica en en apunte](#).

$\Rightarrow$ ) Quiero probar que:

$$\underbrace{\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)}_{\text{hipótesis}} \Rightarrow \underbrace{A \subseteq B}_{\text{tesis}}$$

Pruebo por absurdo. Niego la tesis, la **hipótesis** sigue valiendo.

Supongo que:

$$A \not\subseteq B \stackrel{\text{def}}{\iff} \exists x \in A \text{ tal que } x \notin B. \quad \star^1$$

Y lo que intento es llegar a una **contradicción**, es decir me gustaría que pase algo que **contradiga** la **hipótesis**.

Según mi supuesto:

$$x \in A \stackrel[\text{partes}]{\text{def de}} \{x\} \in \mathcal{P}(A).$$

Peeeeero!! por **hipótesis**:

$$\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)$$

Entonces el conjunto  $\{x\}$  también tiene que estar en  $\mathcal{P}(B)$ .

*Nota que puede ser útil:*

¿Cuál es el absurdo? Terminá lo que falta de esta parte de la demostración sin ver como sigue y después comparás. 🧠👉🧠 Ya está casi terminado, pero juntar los cables con esta info te obliga a entender lo que se está intentando hacer.

*Fin nota que puede ser útil:*

Si el conjunto  $\{x\}$  está en  $\mathcal{P}(B)$  entonces por la definición del conjunto de partes el elemento  $x$  tiene que estar en  $B$ .

Esto es un absurdo, porque arranqué diciendo en  $\star^1$  que  $x \notin B$  y ahora que  $x \in B$ . Absurdo 🧠.

Como mi supuesto resultó falso, debido a la lógica que está en las [notas teóricas sobre mostrar por absurdo](#) concluyo que:

$$\boxed{\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B) \Rightarrow A \subseteq B} \quad \checkmark$$

$\Leftarrow$ ) Quiero probar que:

$$\underbrace{A \subseteq B}_{\text{hipótesis}} \Rightarrow \mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)$$

Le pongo nombre  $S$  a los elementos de  $\mathcal{P}(A)$ . Todo elemento  $S \in \mathcal{P}(A)$  es un conjunto que cumple que  $S \subseteq A$  por la definición del conjunto  $\mathcal{P}(A)$ . Si todo elemento  $S$  cumple que  $S \subseteq A$  por **hipótesis** también tiene que estar en  $B$ .

*Nota que puede ser útil:*

Terminá lo que falta de esta parte de la demostración sin ver como sigue y después comparás .

*Fin nota que puede ser útil:*


$$S \in \mathcal{P}(A) \stackrel{\text{def}}{\implies} S \subseteq A \subseteq B \implies S \subseteq B \implies S \in \mathcal{P}(B).$$

Entonces en  $\star^2$  dije que los  $S$  forman al conjunto  $\mathcal{P}(A)$ , y si todos los  $S$  están en  $\mathcal{P}(B)$  entonces:

$$\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)$$

Queda demostrado que:

$$\boxed{A \subseteq B \Rightarrow \mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)} \quad \checkmark$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

**10.** Sean  $p, q$  proposiciones. Verificar que las siguientes expresiones tienen la misma tabla de verdad para concluir que son equivalentes:

i)  $p \Rightarrow q, \quad \sim q \Rightarrow \sim p, \quad \sim p \vee q \quad \text{y} \quad \sim (p \wedge \sim q).$

Esto nos dice que podemos demostrar una afirmación de la forma  $p \Rightarrow q$  probando en su lugar  $\sim q \Rightarrow \sim p$  (es decir *demostrando el contrarrecíproco*), o probando  $\sim (p \wedge \sim q)$  (esto es una *demonstración por reducción al absurdo*).

ii)  $\sim (p \Rightarrow q) \quad \text{y} \quad \sim q.$

i) Sean  $p, q$  proposiciones. Verificar que las siguientes expresiones tienen la misma tabla de verdad para concluir que son equivalentes:

$p$	$q$	$\sim p$	$\sim q$	$p \Rightarrow q$	$\sim q \Rightarrow \sim p$	$\sim p \vee q$	$\sim (p \wedge \sim q)$
$V$	$V$	$F$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$
$V$	$F$	$F$	$V$	$F$	$F$	$F$	$F$
$F$	$V$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$
$F$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$	$V$	$V$

ii)

$p$	$q$	$\sim q$	$p \Rightarrow q$	$\sim (p \Rightarrow q)$	$p \wedge \sim q$
$V$	$V$	$F$	$V$	$F$	$F$
$V$	$F$	$V$	$F$	$V$	$V$
$F$	$V$	$F$	$V$	$F$	$F$
$F$	$F$	$V$	$V$	$F$	$F$

**11.** Hallar contraejemplos para mostrar que las siguientes proposiciones son falsas:

i)  $\forall a \in \mathbb{N}, \frac{a-1}{a}$  no es un número entero.

La proposición es falsa, dado que si  $a = 1 \Rightarrow \frac{1-1}{1} = \frac{0}{1} = 0 \in \mathbb{Z}$

ii)  $\forall x, y \in \mathbb{R}$  con  $x, y$  positivos,  $\sqrt{x+y} = \sqrt{x} + \sqrt{y}$ .

La proposición es falsa, dado que si.

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 2. \\ y = 2 \end{array} \right\} \rightarrow \sqrt{2+2} = \sqrt{4} = 2 \neq \sqrt{2} + \sqrt{2} = \sqrt{2}$$

iii)  $\forall x \in \mathbb{R}, x^2 > 4 \Rightarrow x > 2$ .

La proposición es falsa, dado que si  $x = -3$ , queda  $9 > 4 \Rightarrow -3 > 2$ , lo cual es falso.

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

## 12.

i) Decidir si las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas, justificando debidamente:

a)  $\forall n \in \mathbb{N}, n \geq 5 \vee n \leq 8$ .

e)  $\forall x \in \mathbb{R}, x > 3 \Rightarrow x^2 > 4$ .

b)  $\exists n \in \mathbb{N} / n \geq 5 \wedge n \leq 8$ .

f) Si  $n$  es un natural terminado en 4, entonces  $n$  es par.

c)  $\forall n \in \mathbb{N}, \exists m \in \mathbb{N} / m > n$ .

g) Si  $z$  es un número real, entonces  $z \in \mathbb{C}$ .

d)  $\exists n \in \mathbb{N} / \forall m \in \mathbb{N}, m > n$ .

ii) Negar las proposiciones anteriores, y en cada caso verificar que la proposición negada tiene el valor de verdad opuesto al de la original.

iii) Reescribir las proposiciones e) y f) del item i) utilizando las equivalencias del ejercicio 10i)

i) (a)  $\forall n \in \mathbb{N}, n \geq 5 \vee n \leq 8$ .

La proposición es verdadera. El conjunto descrito por  $\{n \in \mathbb{N} / n \leq 8 \vee n \geq 5\} = \mathbb{N}$



¿Se puede justificar con un gráfico? → ¡Sí!

(b)  $\exists n \in \mathbb{N} / n \geq 5 \wedge n \leq 8$ .

La proposición es verdadera, en este caso es cuestión de encontrar solo un valor que cumpla,  $n = 6$

(c)  $\forall n \in \mathbb{N}, \exists m \in \mathbb{N} / m > n$ .

La proposición es verdadera, si se elige por ejemplo a  $m = n + 1$

(d)  $\exists n \in \mathbb{N} / \forall m \in \mathbb{N}, m > n$ .

La proposición es falsa, el único  $n \in \mathbb{N}$  que no tiene un número menor estricto es el 1. Pero la condición dice que  $\forall m \in \mathbb{N}$  se debe cumplir y si  $m = 1 \not> 1$

(e)  $\forall x \in \mathbb{R}, x > 3 \Rightarrow x^2 > 4$ .

La proposición es verdadera. Si  $x > 3 \Rightarrow x^2 > 9 \xrightarrow[\text{particular}]{\text{en}} x^2 > 9 > 4 \Rightarrow x^2 > 4$

(f)  $n \in \mathbb{N}$ , cuyo último dígito es 4. Entonces hay un  $m \in \mathbb{N}_{\geq 0}$  con su último dígito 0 tal que

$$n = m + 4.$$

Si un número tiene 0 como último dígito, debe ser múltiplo de 10, es decir  $m = 10 \cdot m'$  con  $m' \in \mathbb{N}_{\geq 0}$ . Por lo que se puede escribir a  $n$  como:

$$n = 10 \cdot m' + 4 = 2 \cdot 5 \cdot m' + 2 \cdot 2 = 2 \cdot (5m' + 2) = 2 \cdot m'',$$

con  $m'' \in \mathbb{N}_{\geq 2}$ .

$$n = 2m''.$$

Si un natural termina con 4, es par. La proposición es verdadera.

(g) Si  $z$  es un número real, entonces  $z \in \mathbb{C}$ .

Están proponiendo que dado  $z \in \mathbb{R} \Rightarrow z \in \mathbb{C}$ . Dado que  $\mathbb{R} \subseteq \mathbb{C} = \{a \in \mathbb{R}, b \in \mathbb{R} / a + ib\}$ , con  $i^2 = -1$  Por lo tanto para  $b = 0$ , podría generar todo  $\mathbb{R}$ .

ii) (a)  $\exists n \in \mathbb{N}, n < 5 \wedge n > 8$ .

$A = \{n \in \mathbb{N} / n < 5 \wedge n > 8\} = \emptyset \Rightarrow \nexists n$  que cumpla lo pedido.



(b)  $\forall n \in \mathbb{N} / n < 5 \vee n > 8$ .

La proposición es falsa,  $n = 6$  no cumple estar en ese conjunto.

(c)  $\exists n \in \mathbb{N}, \forall m \in \mathbb{N} / m \leq n$ .

La proposición es falsa, porque el conjunto  $\mathbb{N}$  no tiene un máximo.  $n = m + 1$ .

(d)  $\forall n \in \mathbb{N} / \exists m \in \mathbb{N}, m \leq n$ .

La proposición es verdadera, el único  $m \in \mathbb{N}$  que cumple eso es el  $m = 1$ .

(e)  $\exists x \in \mathbb{R}, x \leq 3 \Rightarrow x^2 \leq 4$ .

La proposición es falsa. Dado dos conjunto:



(f) Si  $n$  es un natural que no termina en 4 entonces no es par.

Un contraejemplo bastaría para probar que esto es falso: El número 12. No termina con el número cuatro y es par, ya que  $12 = 2 \cdot 6$ .

(g) Si  $z$  no es un número real, entonces  $z \notin \mathbb{C}$ .

La proposición es falsa. Están proponiendo que dado  $z \notin \mathbb{R} \Rightarrow z \notin \mathbb{C}$ . Si  $z = i$ , se prueba lo contrario. Dado que  $i \notin \mathbb{R}$ , pero  $i \in \mathbb{C}$

iii)

$p \Rightarrow q$	$\forall x \in \mathbb{R}, x > 3 \Rightarrow x^2 > 4$		$A \overset{?}{\subseteq} B \quad \checkmark$
$\sim q \Rightarrow \sim p$	$x^2 \leq 4 \Rightarrow x \leq 3$		$A \overset{?}{\subseteq} B \quad \checkmark$
$\sim p \vee q$	$x \leq 3 \vee x^2 > 4$		$A \cup B \overset{?}{=} \mathcal{U} \quad \checkmark$
$\sim (p \vee \sim q)$	$\sim (x > 3 \wedge x^2 \leq 4)$		$(A \cap B)^c \overset{?}{=} \emptyset^c = \mathcal{U} \quad \checkmark$

Dale las gracias y un poco de amor a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

Nad Garraz

Juan Parajó

**13.** Determinar cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cualesquiera sean los subconjuntos  $A$ ,  $B$  y  $C$  de un conjunto referencial  $\mathcal{U}$  y cuáles no. Para las que sean verdaderas, dar una demostración, para las otras dar un contraejemplo.

i)  $(A \Delta B) - C = (A - C) \Delta (B - C)$ .

iii)  $C \subseteq A \Rightarrow B \cap C \subseteq (A \Delta B)^c$

ii)  $(A \cap B) \Delta C = (A \Delta C) \cap (B \Delta C)$

iv)  $A \Delta B = \emptyset \iff A = B$

i)  $(A \Delta B) - C = (A - C) \Delta (B - C)$ . Es verdadera. La demo sale fácil con tabla de verdad.

$A$	$B$	$C$	$C^c$	$A - C$	$B - C$	$A \Delta B$	$(A \Delta B) - C$	$(A - C) \Delta (B - C)$
$V$	$V$	$V$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$
$V$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$	$F$	$F$	$F$
$V$	$F$	$V$	$F$	$F$	$F$	$V$	$F$	$F$
$V$	$F$	$F$	$V$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$
$F$	$V$	$V$	$F$	$F$	$F$	$V$	$F$	$F$
$F$	$V$	$F$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$
$F$	$F$	$V$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$
$F$	$F$	$F$	$V$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$

Del resultado de la tabla se concluye que distribución entre la resta y una diferencia simétrica.

ii) ¡Es falsa! Lo demuestro por *contraejemplo*. Sean:

$$A = C = \{1\}, B = \emptyset,$$

luego,

$$(A \cap B) \Delta C = \emptyset \Delta A = A$$

peeeero,

$$(A \Delta C) \cap (B \Delta C) = (A \Delta A) \cap (B \Delta A) = \emptyset \cap A = \emptyset \neq A$$

$$\therefore (A \cap B) \Delta C \neq (A \Delta C) \cap (B \Delta C)$$

iii) ¡Es verdadera! Supongo que:

$$C \subseteq A$$

quiero probar que

$$B \cap C \subseteq (A \Delta B)^c$$

Tenemos que:

$$(A \Delta B)^c \stackrel{\text{def}}{=} ((A \cup B) \cap (A \cap B)^c)^c \stackrel{!!}{=} (A^c \cap B^c) \cup (A \cap B) \star^1$$

y también:

$$B \cap C \stackrel{C \subseteq A}{\subseteq} B \cap A = A \cap B \subseteq (A \cap B) \cup (A^c \cap B^c) \stackrel{\star^1}{=} (A \Delta B)^c$$

Es así que:

$$B \cap C \subseteq (A \Delta B)^c$$

iv) ¡Es verdadera!

$\Rightarrow$ )

$$A \Delta B = \emptyset \stackrel{\text{def}}{\implies} (A - B) \cup (B - A) = \emptyset \stackrel{!}{\implies} A - B = \emptyset \quad \text{y} \quad B - A = \emptyset \implies A = B$$

$\Leftarrow$ )

$$A = B \implies A \Delta B = A \Delta A = \emptyset$$

Probada la ida y vuelta, queda demostrado que:

$$A \Delta B = \emptyset \iff A = B$$

Dale las gracias y un poco de amor ❤ a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

👤 Mateo Z

👤 naD GarRaz

14. Sean  $A$ ,  $B$  y  $C$  subconjuntos de un conjunto referencial  $\mathcal{U}$ . Probar que:

- i)  $A \cap (B \Delta C) = (A \cap B) \Delta (A \cap C)$
- ii)  $A - (B - C) = (A - B) \cup (A \cap C)$
- iii)  $A \Delta B \subseteq (A \Delta C) \cup (B \Delta C)$
- iv)  $(A \cap C) - B = (A - B) \cap C$
- v)  $A \subseteq B \Rightarrow A \Delta B = B \cap A^c$
- vi)  $A \subseteq B \iff B^c \subseteq A^c$
- vii)  $A \cap C = \emptyset \Rightarrow A \cap (B \Delta C) = A \cap B$

i) Voy a usar tablas con los resultados que hay [en las tablas de verdad acá](#).

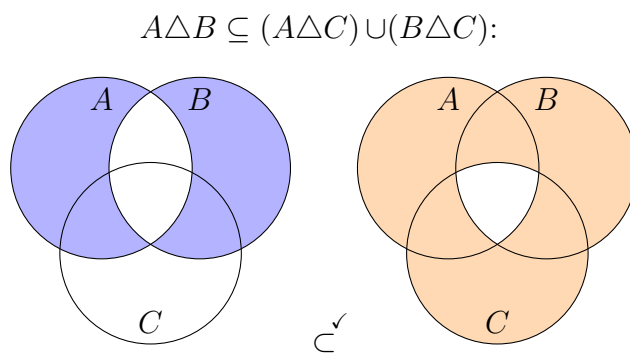
$A$	$B$	$C$	$B \Delta C$	$A \cap B$	$A \cap C$	$A \cap (B \Delta C)$	$(A \cap B) \Delta (A \cap C)$
V	V	V	F	V	V	F	F
V	V	F	V	V	F	V	V
V	F	V	V	F	V	V	V
V	F	F	F	F	F	F	F
F	V	V	F	F	F	F	F
F	V	F	V	F	F	F	F
F	F	V	V	F	F	F	F
F	F	F	F	F	F	F	F

ii) Este sale sin tablas: Tratá de hacerlo con estas propiedades, ([notas teóricas acá](#)):

- 1) Notación de diferencia
- 2) Distributivas
- 3) DeMorgan

$$(A - B) \cup (A \cap C) \stackrel{!}{=} [(A \cap B^c) \cup A] \cap [(A \cap B^c) \cup C] \stackrel{!}{=} A \cap (A \cup C) \cap (B^c \cup C) \stackrel{!}{=} A \cap (B \cap C^c)^c = A \cap (B - C)^c \stackrel{!}{=} A - (B - C) \quad \checkmark$$

iii) Opción 1, con diagramas de Venn:



Opción 2, para probar que un conjunto es subconjunto de otro, me alcanza con probar que para cualquier elemento de  $\mathcal{U}$ , si pertenece al primero entonces pertenece al segundo.



Luego, quiero probar que

$$x \in A \Delta B \Rightarrow x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C), \quad \forall x \in \mathcal{U}$$

Hay que acomodar las expresiones para hacer el seguimiento del elemento  $x$ :

$$x \in A \Delta B \stackrel{\text{def}}{\iff} \underbrace{(x \in A \wedge x \notin B)}_I \vee \underbrace{(x \notin A \wedge x \in B)}_{II},$$

la otra parte:

$$x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C) \stackrel{\text{def}}{\iff} ((x \in A \wedge x \notin C) \vee (x \notin A \wedge x \in C)) \vee ((x \in B \wedge x \notin C) \vee (x \notin B \wedge x \in C))$$

$$\iff (x \in A \wedge x \notin C) \vee (x \notin A \wedge x \in C) \vee (x \in B \wedge x \notin C) \vee (x \notin B \wedge x \in C).$$

Se que  $x \in A \Delta B \Rightarrow I \vee II$ . Separo en casos,

$$\text{Si } I \text{ es Verdadero, } I \stackrel{\star^1}{\implies} (x \in A \wedge x \notin C) \vee (x \notin B \wedge x \in C) \Rightarrow x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C)$$

$$\text{Si } II \text{ es Verdadero, } II \stackrel{\star^1}{\implies} (x \notin A \wedge x \in C) \vee (x \in B \wedge x \notin C) \Rightarrow x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C)$$

$$\text{Si } I \wedge II \text{ es Verdadero, } I \wedge II \Rightarrow I \stackrel{\text{idem}}{\implies} x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C)$$

$$\boxed{\therefore x \in A \Delta B \Rightarrow x \in (A \Delta C) \cup (B \Delta C),}$$

como quería probar.

$\star^1$  Observo que  $(\text{Verdadero} \wedge p) \vee (\text{Verdadero} \wedge \sim p)$  es una tautología.

iv) Sale casi en forma directa:

$$(A \cap C) - B \stackrel{\text{def}}{=} (A \cap C) \cap B^c \stackrel{!}{=} (A \cap B^c) \cap C \stackrel{\text{def}}{=} (A - B) \cap C$$

Queda así demostrada la igualdad.

v) Para probar la igualdad, hay que probar la ida y la vuelta:

( $\Rightarrow$ ) Por hipótesis del ejercicio:

$$A \subseteq B \stackrel{\star^1}{\implies} A \Delta B \stackrel{\text{def}}{=} A - B \cup B - A \stackrel{!!}{\stackrel{\star^1}{=}} B - A = B \cap A^c$$

( $\Leftarrow$ ) La vuelta es similar:

$$B \cap A^c \stackrel{\text{def}}{=} B - A = B - A \cup \emptyset \stackrel{!!}{\stackrel{\star^1}{=}} B - A \cup A - B \stackrel{\text{def}}{=} A \Delta B$$

¿Había qué hacer la ida y la vuelta? ☺

vi)  $\Rightarrow$ ) Sup que  $A \subseteq B$ . Si  $x \in A \Rightarrow x \in B$  y por contrarecíproco, si  $x \notin B \Rightarrow x \notin A \Rightarrow B^c \subseteq A^c$

$\Leftarrow$ ) Es análogo.

vii) Mirando el ítem i) sale solo. Dado que  $X \Delta \emptyset \stackrel{!}{=} X$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 naD GarRaz 

 Mateo Z 

15. Sean  $A = \{1, 2, 3\}$ ,  $B = \{1, 3, 5, 7\}$ . Hallar  $A \times A, A \times B, (A \cap B) \times (A \cup B)$ .

- $A \times A = \begin{cases} \{a \in A, b \in A / (a, b) \in A \times A\} \rightarrow \text{Comprensión} \\ \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), (2, 1), (2, 2), (2, 3), (3, 1), (3, 2), (3, 3)\} \rightarrow \text{Extensión} \end{cases}$
- $A \times B = \dots$
- $(A \cap B) \times (A \cup B) =$ 

$$\begin{cases} \{1, 3\} \times \{1, 2, 3, 5, 7\} = \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \times & 1 & 2 & 3 & 5 & 7 \\ \hline 1 & (1, 1) & \dots & \dots & \dots & (1, 7) \\ \hline 3 & (3, 1) & \dots & \dots & \dots & (3, 7) \end{array} \\ (A \cap B) \times (A \cup B) = \{s \in (A \cap B), t \in (A \cup B) / (s, t) \in (A \cap B) \times (A \cup B)\} \end{cases}$$

16. Sean  $A, B$  y  $C$  conjuntos. Probar que:

- $(A \cup B) \times C = (A \times C) \cup (B \times C)$
- $(A \cap B) \times C = (A \times C) \cap (B \times C)$
- $(A - B) \times C = (A \times C) - (B \times C)$
- $(A \Delta B) \times C = (A \times C) \Delta (B \times C)$

i) Para demostrar igualdad de conjuntos habría que probar la doble inclusión, es decir:

$$\begin{aligned} (A \cup B) \times C &\subseteq (A \times C) \cup (B \times C) \\ (A \times C) \cup (B \times C) &\subseteq (A \cup B) \times C \end{aligned}$$

O bien si podemos conectar los pasos con " $\iff$ ". En este caso se usa el de los " $\iff$ " y mucho de las [definiciones que podés ver acá en las notas teóricas](#):

Sea el par  $(x, y)$

$$(x, y) \in (A \cup B) \times C \xLeftrightarrow[\text{Cartesiano}]{\text{def prod.}} x \in (A \cup B) \text{ y } y \in C \xLeftrightarrow[\cup]{\text{def}} (x \in A \text{ o } x \in B) \text{ y } y \in C$$

Si está en  $A$  o en  $B$  y seguro está en  $C$ , entonces  $x$  tiene que estar en  $A \cap C$  o bien en  $B \cap C$ , que no es otra cosa que distribuir el "y" con el "o":

$$\xLeftrightarrow{\text{distribución}} (x \in A \text{ y } y \in C) \text{ o } (x \in B \text{ y } y \in C) \xLeftrightarrow{!} (x, y) \in (A \times C) \text{ o } (x, y) \in (B \times C)$$

Ese paso del **!** es la definición de producto cartesiano como al principio y se concluye que:

$$(A \cup B) \times C \stackrel{\checkmark}{=} (A \times C) \cup (B \times C)$$

ii)  $(A \cap B) \times C = (A \times C) \cap (B \times C)$

$$\begin{aligned} (x, y) \in (A \cap B) \times C &\Leftrightarrow x \in A \cap B \wedge y \in C \Leftrightarrow x \in A \wedge x \in B \wedge y \in C \\ &\Leftrightarrow (x \in A \wedge y \in C) \wedge (x \in B \wedge y \in C) \Leftrightarrow (x, y) \in A \times C \wedge (x, y) \in B \times C \\ &\Leftrightarrow (x, y) \in (A \times C) \cap (B \times C) \end{aligned}$$

$$\text{iii) } (A - B) \times C = (A \times C) - (B \times C)$$

$$(x, y) \in (A \times C) - (B \times C) \Leftrightarrow (x, y) \in (A \times C) \wedge (x, y) \notin (B \times C)$$

$$\Leftrightarrow (x \in A \wedge y \in C) \wedge (x \notin B \vee y \notin C)$$

$$\xLeftrightarrow{\text{Aux.1}} (x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C)$$

$$\xLeftrightarrow{\text{Aux.2}} x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B \Leftrightarrow x \in (A - B) \wedge y \in C \Leftrightarrow (x, y) \in (A - B) \times C$$

**Auxiliar 1** Sean las proposiciones  $p, q$  y  $r$ . Podemos distribuir el  $\wedge$  con respecto a  $\vee$

$$p \wedge (q \vee r) \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$$

Tomemos

$$p : x \in A \wedge y \in C$$

$$q : x \notin B$$

$$r : y \notin C$$

Entonces

$$(x \in A \wedge y \in C) \wedge (x \notin B \vee y \notin C) \Leftrightarrow (x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C)$$

**Auxiliar 2** Sean las proposiciones  $p$  y  $q$ , donde  $q$  es falsa. Entonces

$$p \vee q \Leftrightarrow p$$

Tomemos

$$p : x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B$$

$$q : x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C$$

Deberíamos ver que valor de verdad de  $q$  es falso. En  $q$  tenemos como condición que  $y \in C$  y que  $y \notin C$ , y esto no puede ser posible, por lo tanto  $q$  es falsa. Entonces

$$(x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C) \Leftrightarrow x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B$$

$$\text{iv) } (A \Delta B) \times C = (A \times C) \Delta (B \times C)$$

Veamos dos formas de demostrar esto, una es con igualdad de conjuntos, la que venimos usando en las demostraciones anteriores y la otra es usando los puntos (i) y (iii).

(a) Por igualdad de conjuntos

$$(x, y) \in (A \times C) \Delta (B \times C) \xLeftrightarrow{\text{Aux.1}} (x, y) \in ((A \times C) - (B \times C)) \cup ((B \times C) - (A \times C))$$

$$\Leftrightarrow (x, y) \in ((A \times C) - (B \times C)) \vee (x, y) \in ((B \times C) - (A \times C))$$

$$\Leftrightarrow ((x, y) \in A \times C \wedge (x, y) \notin B \times C) \vee ((x, y) \in B \times C \wedge (x, y) \notin A \times C)$$

$$\Leftrightarrow (x \in A \wedge y \in C \wedge (x \notin B \vee y \notin C)) \vee (x \in B \wedge y \in C \wedge (x \notin A \vee y \notin C))$$

$$\Leftrightarrow (x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C)$$

$$\vee (x \in B \wedge y \in C \wedge x \notin A) \vee (x \in B \wedge y \in C \wedge y \notin C)$$

$$\xLeftrightarrow{\text{Aux.2}} (x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in B \wedge y \in C \wedge x \notin A)$$

$$\Leftrightarrow (x \in (A - B) \wedge y \in C) \vee (x \in (B - A) \wedge y \in C)$$

$$\Leftrightarrow (x \in (A - B) \vee x \in (B - A)) \wedge y \in C \Leftrightarrow x \in (A - B) \cup (B - A) \wedge y \in C$$

$$\Leftrightarrow x \in A \Delta B \wedge y \in C \Leftrightarrow (x, y) \in (A \Delta B) \times C$$

(b) Usando los puntos (i) y (iii)

$$\begin{aligned} (A \times C) \Delta (B \times C) &\stackrel{\text{Aux}_1}{=} ((A \times C) - (B \times C)) \cup ((B \times C) - (A \times C)) \stackrel{(iii)}{=} \\ &\stackrel{(iii)}{=} ((A - B) \times C) \cup ((B - A) \times C) \stackrel{(i)}{=} ((A - B) \cup (B - A)) \times C \stackrel{\text{Aux}_1}{=} (A \Delta B) \times C \\ &\Rightarrow (A \times C) \Delta (B \times C) = (A \Delta B) \times C \end{aligned}$$

**Auxiliar 1** Sean los conjuntos  $A, B \subseteq V$

$$A \Delta B = (A - B) \cup (B - A)$$

**Auxiliar 2** Sean las proposiciones  $p$  y  $q$ , donde  $q$  es falsa. Entonces

$$p \vee q \Leftrightarrow p$$

Podemos tomar

$$\begin{aligned} p &: x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B \\ q &: x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C \end{aligned}$$

donde claramente  $q$  es falso pues  $y \in C$  e  $y \notin C$ . Entonces


$$(x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B) \vee (x \in A \wedge y \in C \wedge y \notin C) \Leftrightarrow x \in A \wedge y \in C \wedge x \notin B$$

Para este otro caso diferente al anterior, podemos tomar

$$\begin{aligned} p &: x \in B \wedge y \in C \wedge x \notin A \\ q &: x \in B \wedge y \in C \wedge y \notin C \end{aligned}$$

donde  $q$  es falso pues  $y \in C$  e  $y \notin C$ . Entonces

$$(x \in B \wedge y \in C \wedge x \notin A) \vee (x \in B \wedge y \in C \wedge y \notin C) \Leftrightarrow x \in B \wedge y \in C \wedge x \notin A$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

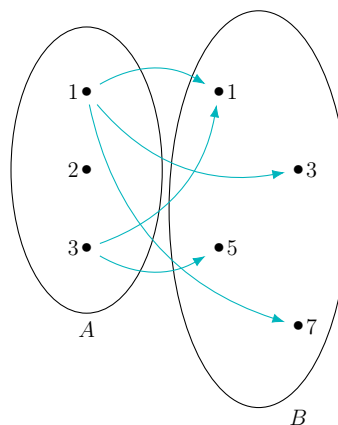
 Marcos Zea 

Relaciones Definición de Relación,  $\mathcal{R}$ :

Sean  $A$  y  $B$  conjuntos. Una *relación*  $\mathcal{R}$  de  $A$  en  $B$  es un subconjunto cualquiera  $\mathcal{R}$  del producto cartesiano  $A \times B$ . Es decir  $\mathcal{R}$  de  $A$  en  $B$  si  $\mathcal{R} \in \mathcal{P}(A \times B)$ .

**17.** Sean  $A = \{1, 2, 3\}$  y  $B = \{1, 3, 5, 7\}$ . Verificar las siguientes relaciones de  $A$  y  $B$  y en caso afirmativo graficarlas por medio de un diagrama con flechas de  $A$  en  $B$  y por medio de puntos en el producto cartesiano  $A \times B$ .

i)  $\mathcal{R} = \{(1, 1), (1, 3), (1, 7), (3, 1), (3, 5)\}$



ii)  $\mathcal{R} = \{(1, 1), (1, 3), (2, 7), (3, 2), (3, 5)\} \rightarrow 3 \mathcal{R} 2 \notin \mathcal{P}(A \times B)$

iii)  $\mathcal{R} = \{(1, 1), (2, 7), (3, 7)\}$  **Hacer!**

iv)  $\mathcal{R} = \{(1, 3), (2, 1), (3, 7)\}$  **Hacer!**

18. Sean  $A = \{1, 2, 3\}$  y  $B = \{1, 3, 5, 7\}$ . Describir por extensión cada una de las siguientes relaciones de  $A$  en  $B$ :

i)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a \leq b$

iii)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a \cdot b \text{ es par}$

ii)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a > b$

iv)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a + b > 6$

i)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a \leq b \rightarrow (a, b) \in \mathcal{R} \iff \{(1, 1), (1, 3), (1, 5), (1, 7), (2, 3), (2, 5), (2, 7), (3, 3), (3, 5), (3, 7)\}$

ii)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a > b \rightarrow (a, b) \in \mathcal{R} \iff \{(2, 1), (3, 1)\}$

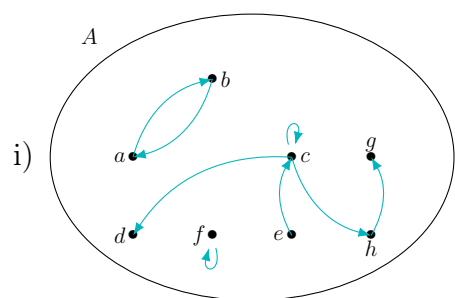
iii)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a \cdot b \rightarrow (a, b) \in \mathcal{R} \iff \{(2, 1), (2, 3), (2, 5), (2, 7)\}$

iv)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a + b > 6 \rightarrow (a, b) \in \mathcal{R} \iff \{(1, 7), (2, 5), (2, 7), (3, 5), (3, 7)\}$

19. Sea  $A = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$ . Para cada uno de los siguientes gráficos describir por extensión la relación en  $A$  que representa y determinar si es *reflexiva*, *simétrica*, *antisimétrica* o *transitiva*.

Podés ver el resumen de la [teoría acá y así entender](#), o [corregir](#) 🗑, lo que se hizo.

Por extensión:

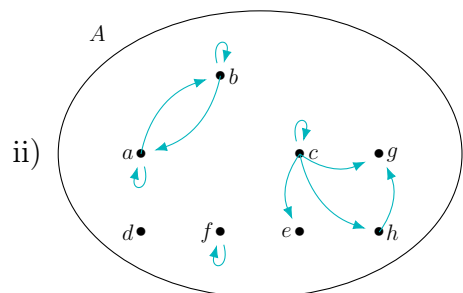


$$\{(a, b), (b, a), (c, d), (c, h), (e, c), (f, f), (h, g)\}$$

- i)
- *Reflexiva*: Noup, porque no hay bucles en todos los vértices, en particular  $a \mathcal{R} a$ .
  - *Simétrica*: Noup, porque  $d \mathcal{R} c$ .
  - *Transitiva*: No, falta atajo,  $c \mathcal{R} h$  y  $h \mathcal{R} g$ , pero  $c \mathcal{R} g$ .
  - *Antisimétrica*: No, porque  $a \mathcal{R} b$  y  $b \mathcal{R} a$  con  $a \neq b$ .

Por extensión:

$$\{(a, a), (a, b), (b, a), (b, b), (c, c), (c, e), (c, g), (c, h), (f, f), (h, g)\}$$



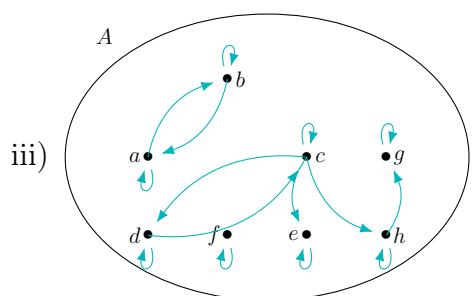
- *Reflexiva*: No, faltan bucles en algunos vértices.
- *Simétrica*: No,  $c \mathcal{R} e$ , pero  $e \not\mathcal{R} c$ .
- *Transitiva*: Sí. está el *atajo* en la única terna:

$$c \mathcal{R} h, h \mathcal{R} g \Rightarrow c \mathcal{R} g.$$

- *Antisimétrica*: No, porque  $a \mathcal{R} b$  y  $b \mathcal{R} a$  con  $a \neq b$ .

Por extensión:

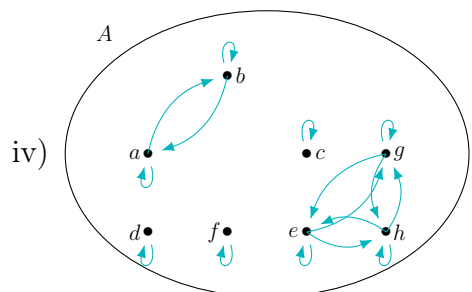
$$\{(a,a),(a,b),(b,a),(b,b),(c,c),(c,d),(c,e),(c,h),(d,d),(d,c),(e,e),(f,f),(g,g),(h,h),(h,g)\}.$$



- *Reflexiva*: Sí, están todos los bucles.
- *Simétrica*: No,  $c \mathcal{R} h$ , pero  $h \not\mathcal{R} c$ .
- *Transitiva*: No, falta atajo,  $c \mathcal{R} h$  y  $h \mathcal{R} g$ , pero  $c \not\mathcal{R} g$ .
- *Antisimétrica*: No, porque  $a \mathcal{R} b$  y  $b \mathcal{R} a$  con  $a \neq b$ .

Por extensión:

$$\{(a,a),(a,b),(b,a),(b,b),(c,c),(d,d),(e,e),(e,g),(e,h),(f,f),(g,g),(g,e),(g,h),(h,h),(h,e),(h,g)\}.$$

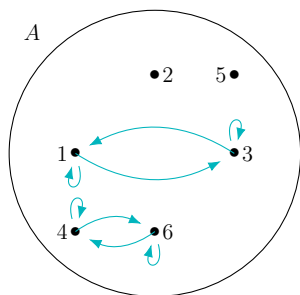


- Reflexiva, porque hay bucles en todos los elementos de  $A$ .
- Es simétrica, porque hay ida y vuelta en todos los pares de vértices.
- No es antisimétrica, porque  $a \mathcal{R} b$  y  $b \mathcal{R} a$  con  $a \neq b$ .
- Es transitiva, porque hay *atajos* en todas las relaciones de ternas.

Dale las gracias y un poco de amor ❤ a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

👉 naD GarRaz 🐼

20. Sea  $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ . Graficar la relación,  $\mathcal{R} = (1, 1), (1, 3), (3, 1), (3, 3), (6, 4), (4, 6), (4, 4), (6, 6)$



- No es reflexiva porque no hay bucles ni en 2 ni en 5.
- Es simétrica, porque hay ida y vuelta en todos los pares de vértices.
- No es antisimétrica, porque  $1 \mathcal{R} 3$  y  $3 \mathcal{R} 1$  con  $1 \neq 3$ .
- Es transitiva.

Chequear. Caso particula donde no hay ternas de  $x, y, z$  distintos.

Sí, el que 2 esté ahí solo ni cumple la hipótesis de transitividad.

**21.** 🙄... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 🐙.

**22.** En cada uno de los siguientes casos determinar si la relación  $\mathcal{R}$  en  $A$  es reflexiva, simétrica, anti-simétrica, transitiva, de equivalencia o de orden.

- i)  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $\mathcal{R} = \{(1, 1), (2, 2), (3, 3), (4, 4), (5, 5), (1, 2), (1, 3), (2, 5), (1, 5)\}$
- ii)  $A = \mathbb{N}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N} / a + b \text{ es par}\}$ .
- iii)  $A = \mathbb{Z}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} / |a| \leq |b|\}$ .
- iv)  $A = \mathbb{Z}$ ,  $\mathcal{R}$  definida por  $a \mathcal{R} b \Leftrightarrow b$  es múltiplo de  $a$ .
- v)  $A = \mathcal{P}(\mathbb{R})$ ,  $\mathcal{R}$  definida por  $X \mathcal{R} Y \Leftrightarrow X \cap \{1, 2, 3\} \subseteq Y \cap \{1, 2, 3\}$ .
- vi)  $A = \mathcal{P}(\{n \in \mathbb{N} / n \leq 30\})$ ,  $\mathcal{R}$  definida por  $X \mathcal{R} Y \Leftrightarrow 2 \notin X \cap Y^c$
- vii)  $A = \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ ,  $\mathcal{R}$  definida por  $(a, b) \mathcal{R} (c, d) \Leftrightarrow bc$  es múltiplo de  $ad$ .

Voy a estar usando cosas del [resumen teórico de relaciones](#).

- i) Haciendo un gráfico en estos ejercicios de pocos elementos sale fácil.

*Reflexiva:*

Es reflexiva, porque hay bucles en todos los elementos de  $A$ .

*Simétrica:*

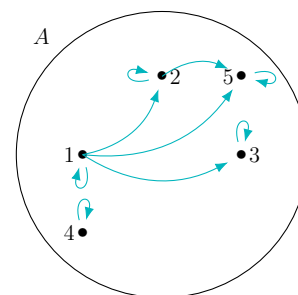
No es simétrica, dado que existe  $(1, 5)$ , pero no  $(5, 1)$

*Anti-Simétrica:*

Es antisimétrica. No hay ningún par que tenga la vuelta, excepto los casos  $x \mathcal{R} x$ .

*Transitiva:*

Es transitiva. La terna 1, 2, 5 es transitiva. La relación es R, AS y T, por lo tanto es una *relación de orden*.

**ii)** 🙄... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 🐙.

**iii)** 🙄... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 🐙.

**iv)** 🙄... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 🐙.

**v)** 🙄... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 🐙.

**vi)**  $A = \mathcal{P}(\{n \in \mathbb{N} / n \leq 30\})$ ,  $\mathcal{R}$  definida por  $X \mathcal{R} Y \Leftrightarrow 2 \notin X \cap Y^c$

$2 \in X$	$2 \in Y$	$2 \in Y^c$	$2 \in X^c$	$2 \notin X \cap Y^c$	$2 \notin Y \cap X^c$
V	V	F	F	V	V
V	F	V	F	F	V
F	V	F	V	V	F
F	F	V	V	V	V

*Reflexiva:*

La relación es reflexiva ya que para que un elemento  $X$  esté relacionado con sí mismo debe ocurrir que  $X \mathcal{R} X \iff 2 \notin X \cap X^c$ , es decir  $2 \notin \emptyset$ , lo cual es siempre cierto.

*Simétrica:*

La relación no es simétrica. Se puede ver con la [segunda y tercera](#) fila de la tabla con un contraejemplo.  $X = \{1\}$  y  $Y = \{2\}$ ,  $X, Y \subseteq A$ ,  $X \mathcal{R} Y$ , pero  $Y \not\mathcal{R} X$ ,

*Anti-Simétrica:*

La relación no es antisimétrica. Se puede ver con la [primera o cuarta](#) fila tabla con un contraejemplo con un contraejemplo. Si  $X = \{1, 2\}$  e  $Y = \{2, 3\} \Rightarrow X \mathcal{R} Y$  y además  $Y \mathcal{R} X$  con  $X \neq Y$ .

*Transitiva:*

Es transitiva. Si bien no es lo más fácil de explicar, se puede ver en la tabla que para tener 2 relaciones en una terna  $X, Y, Z$  no se puede llegar nunca al caso de la segunda fila de la tabla, donde se lograría que  $X \mathcal{R} Z$

vii) *Reflexiva:*

$(a, b) \mathcal{R} (a, b) \iff ba = k \cdot ab$  con  $k = 1$ , se concluye que sí es reflexiva.

*Simétrica:*

$$\begin{cases} (a, b) \mathcal{R} (c, d) \iff bc \stackrel{\star^1}{=} k \cdot ad \\ (c, d) \mathcal{R} (a, b) \iff ad = h \cdot bc \stackrel{\star^1}{=} h \cdot k \cdot ad = k' ad, \end{cases}$$

con  $k' = 1$  se cumple la igualdad. La relación es simétrica. *Anti-Simétrica:*

Si tomo  $(a, b) = (4, 2)$  y  $(c, d) = (16, 4)$ , tengo que  $(a, b) \mathcal{R} (c, d)$  con  $(a, b) \neq (c, d)$ . Por lo tanto la relación no es antisimétrica.

*Transitiva:*

$$\begin{cases} (a, b) \mathcal{R} (c, d) \iff bc \stackrel{\star^1}{=} k \cdot ad \\ (c, d) \mathcal{R} (e, f) \iff de \stackrel{\star^1}{=} h \cdot cf \\ \text{quiero ver que } (a, b) \mathcal{R} (e, f) \iff be \stackrel{\star^1}{=} k' \cdot af \end{cases}$$

$$\xrightarrow[\text{M.A.M.}]{\text{multiplico}} \left\{ \begin{array}{l} bc \stackrel{\star^1}{=} k \cdot ad \\ de \stackrel{\star^1}{=} h \cdot cf \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{acomodo}]{y} be \cdot \cancel{ad} = k \cdot h \cdot af \cdot \cancel{cd} \rightarrow be \stackrel{\checkmark}{=} k' \cdot af.$$

Se concluye que la relación es transitiva. Con esos resultados se puede decir que  $\mathcal{R}$  en  $A$  es de *equivalencia*.

**23.** Sea  $A$  un conjunto. Describir todas las relaciones en  $A$  que son a la vez

i) simétricas y antisimétricas  
[elementos en bucles sueltos?](#)

ii) de equivalencia y de orden  
[Idem anterior](#)



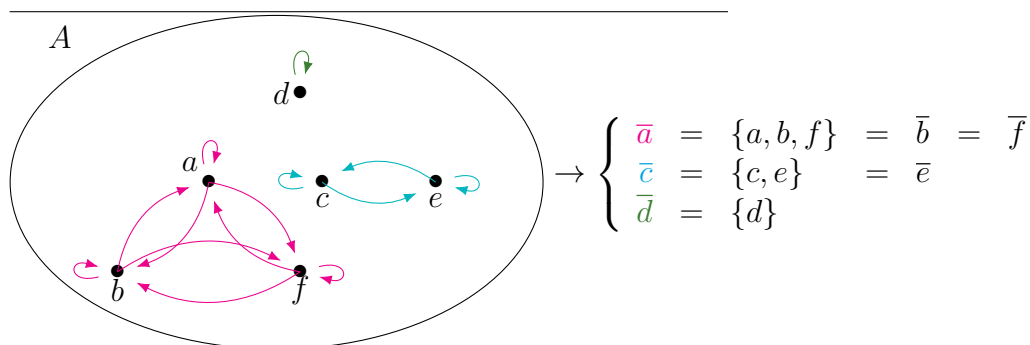
- i) simétricas y antisimétricas  
elementos en bucles sueltos?
- ii) de equivalencia y de orden  
Idem anterior

¿Puede una relación en  $A$  no ser ni simétrica ni antisimétrica? 22 (vi)?

24. Sea  $A = \{a, b, c, d, e, f\}$ . Dada la relación de equivalencia en  $A$ :

$$\mathcal{R} = \{(a, a), (b, b), (c, c), (d, d), (e, e), (f, f), (a, b), (b, a), (a, f), (f, a), (b, f), (f, b), (c, e), (e, c)\}$$

Hallar la clase  $\bar{a}$  de  $a$ , la clase  $\bar{b}$  de  $b$ , la clase  $\bar{c}$  de  $c$ , la clase  $\bar{d}$  de  $d$ , y la partición asociada a  $\mathcal{R}$



La partición asociada a  $\mathcal{R} : \{\{d\}, \{c, e\}, \{a, b, f\}\} = \{\bar{d}, \bar{b}, \bar{a}\}$ .

25. Sea  $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ . Hallar y graficar la relación de equivalencia en  $A$  asociada a la partición  $\{\{1, 3\}, \{2, 6, 7\}, \{4, 8, 9, 10\}, \{5\}\}$ . ¿Cuántas clases de equivalencia distintas tiene? Hallar un representante para cada clase.

☹... hay que hacerlo! 🤖

Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 📄.

26. Sean  $P = \mathcal{P}(\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\})$  el conjunto de partes de  $\{1, \dots, 10\}$  y  $\mathcal{R}$  la relación en  $P$  definida por:

$$A \mathcal{R} B \iff (A \Delta B) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset$$

- i) Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia y decidir si es antisimétrica (Sugerencia: usar adecuadamente el ejercicio 14iii)).
- ii) Hallar la clase de equivalencia de  $A = \{1, 2, 3\}$ .

- i) Para probar que es una relación de equivalencias hay que probar que sea *reflexiva*, *simétrica* y *transitiva*. La sugerencia que nos dan es:

$$A \Delta B \subseteq (A \Delta C) \cup (B \Delta C)$$

*Reflexiva*: ¿ $A \mathcal{R} A$ ?

$$A \mathcal{R} A \iff (A \Delta A) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset \quad \checkmark$$

Por lo tanto la relación  $\mathcal{R}$  es reflexiva.

*Simétrica:* ¿ $A \mathcal{R} B \Rightarrow B \mathcal{R} A$ ?

$$A \mathcal{R} B \iff \underbrace{(A \Delta B)}_{=B \Delta A} \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset$$

Como la diferencia simétrica es conmutativa,  $A \Delta B = B \Delta A$  se tiene que la relación  $\mathcal{R}$  es simétrica también.

*Transitiva:* ¿ $A \mathcal{R} B$  y  $B \mathcal{R} C \Rightarrow A \mathcal{R} C$ ?

$$\begin{cases} A \mathcal{R} B \iff (A \Delta B) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset & \checkmark \\ B \mathcal{R} C \iff (B \Delta C) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset & \checkmark \end{cases}$$

Acá uso la **sugerencia**.

Si el conjunto  $\{1, 2, 3\}$  no está ni en  $A \Delta B$  ni en  $B \Delta C$ , en particular tampoco está en  $(A \Delta B) \cup (B \Delta C)$ .

Sabemos que  $(A \Delta C) \subseteq (A \Delta B) \cup (B \Delta C)$ , es decir que  $(A \Delta C)$  es un subconjunto de un conjunto que no tiene al conjunto  $\{1, 2, 3\}$ . Se concluye que

$$(A \Delta C) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset.$$

La relación  $\mathcal{R}$  es transitiva.

Como la relación es *reflexiva, simétrica y transitiva* es de equivalencia  $\checkmark$ .

*Antisimétrica:*  $\forall A, B \in P$  si  $A \mathcal{R} B$  y  $B \mathcal{R} A \Rightarrow A = B$

Se podría encontrar un contraejemplo: Ya dijimos que  $A \Delta B = B \Delta A$ . No debería ser muy complicado encontrar un  $A$  y un  $B$  distintos que cumplan

$$A \mathcal{R} B \text{ y } B \mathcal{R} A$$

- ii) La clase de equivalencia de  $A = \{1, 2, 3\}$  va a estar formada por  $A$  y por todos los conjuntos  $X \in P$  que cumplan

$$(\{1, 2, 3\} \Delta X) \cap \{1, 2, 3\} = \emptyset$$

Resulta que cerca de la sugerencia dada del [14.iii](#)), está el ejercicio [14.i](#)), donde se muestra que la intersección ( $\cap$ ) es distributiva con la diferencia simétrica ( $\Delta$ ). Con eso puedo reescribir la condición de más arriba como:

$$(\{1, 2, 3\} \Delta X) \cap \{1, 2, 3\} \stackrel{!}{=} \{1, 2, 3\} \Delta (X \cap \{1, 2, 3\}).$$

Si te perdiste en el **!**, *escribilo y miralo fuerte*. La condición para que  $X \mathcal{R} \{1, 2, 3\}$  queda:


$$\{1, 2, 3\} \Delta (X \cap \{1, 2, 3\}) = \emptyset,$$

que, en mi opinión, está más fácil de leer. Para que una diferencia simétrica entre 2 conjuntos resulte en vacío, necesito que los conjuntos sean iguales. Por lo tanto quiero los conjuntos  $X$  tales que:

$$X \cap \{1, 2, 3\} = \{1, 2, 3\}.$$

La clase  $\overline{A}$ :

$$\overline{A} = \{X \in P / \{1, 2, 3\} \subseteq X\} \text{ o también } \overline{A} = \{\{1, 2, 3\} \cup X \text{ con } X \in \mathcal{P}\{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}\} \quad \checkmark$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

 Gus Viana 

27. Sean  $A = \{n \in \mathbb{N} / n \leq 92\}$  y  $\mathcal{R}$  la relación en  $A$  definida por  $x \mathcal{R} y \iff x^2 - y^2 = 93x - 93y$
- Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia. ¿Es antisimétrica?
  - Hallar la clase de equivalencia de cada  $x \in A$ . Deducir cuántas clases de equivalencia **distintas** determina la relación  $\mathcal{R}$ .

a) Primero acomodo la condición de la relación:

$$x^2 - y^2 = 93x - 93y \iff \begin{cases} x \stackrel{\star^1}{=} y \\ \text{o bien} \\ x + y \stackrel{\star^2}{=} 93 \end{cases}$$

Hacer este ejercicio sin avivarse de lo que pasa en **!!!** es horrible.

Para ser relación de equivalencia es necesario que sea *reflexiva*, *simétrica* y *transitiva*:

*Reflexiva*:

$$x \mathcal{R} x \iff x \stackrel{\star^1}{=} x \quad \checkmark$$

*Simétrica*:

$$\begin{cases} x \mathcal{R} y \iff x + y \stackrel{\star^2}{=} 93 \\ y \mathcal{R} x \iff y + x \stackrel{\star^2}{=} 93 \end{cases} \quad \checkmark$$

*Transitiva*:

$$\begin{cases} x \mathcal{R} y \iff x \stackrel{\star^2}{=} 93 - y \\ y \mathcal{R} z \iff y \stackrel{\star^2}{=} 93 - z \end{cases} \xrightarrow[\text{M.A.M}]{\text{resto}} x - y = -y + z \rightarrow x \stackrel{\star^1}{=} z \iff x \mathcal{R} z \quad \checkmark$$

*Antisimétrica*:

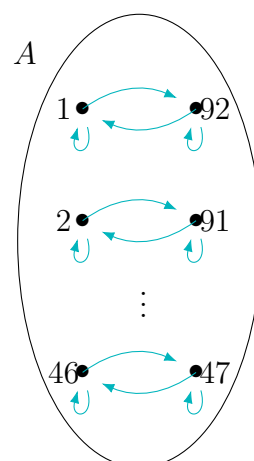
La  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica, como contraejemplo se ve que  $1 \mathcal{R} 92$  y  $92 \mathcal{R} 1$  con  $1 \neq 92$  .

- b) A priori no sé como encontrar las clases de equivalencia, pero solo buscando la relación del 1 con algún número (excepto el mismo) veo que únicamente se puede relacionar con el 92 por la condición  $\star^2$ , dado que  $1 + 92 \stackrel{\star^2}{=} 93$ . De ahí se pueden inferir que todas las clases van a ser conjuntos *chiquitos*, con los números que sumen 93.

Las clases de equivalencia :

$$\begin{cases} \bar{1} = \bar{92} = \{1, 92\} \\ \bar{2} = \bar{91} = \{2, 91\} \\ \vdots \\ \bar{46} = \bar{47} = \{46, 47\} \end{cases}$$

Hay entonces 46 clases.  $A = \{\bar{1}, \bar{2}, \dots, \bar{45}, \bar{46}\}$



Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

28.

- i) Sea  $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ . Consideremos en  $\mathcal{P}(A)$  la relación de equivalencia dada por el cardinal (es decir, la cantidad de elementos): Dos subconjuntos de  $A$  están relacionados si y solo si tienen la misma cantidad de elementos ¿Cuántas clases de equivalencia **distintas** determina la relación? Hallar un representante par acada clase.
- ii) En el conjunto de todos los subconjuntos finitos de  $\mathbb{N}$ , consideremos nuevamente la relación de equivalencia dada por el cardinal: Dos subconjuntos finitos de  $\mathbb{N}$  están relacionados si y solo si tienen la misma cantidad de elementos ¿Cuántas clases de equivalencia **distintas** determina la relación? Hallar un representante para cada clase.

- i)  $\mathcal{P}(A) = \{\emptyset, \{1\}, \{1, 2\}, \dots, \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}\}$ , el conjunto  $\mathcal{P}(A)$  tiene un total de  $2^{10} = 1024$  elementos. La relación determina 11 *clases de equivalencia* distintas.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Conjuntos con 0 elementos:} & \overline{0} \quad \emptyset \\ \text{Conjuntos con 1 elemento:} & \overline{1} \quad \{3\} \\ \text{Conjuntos con 2 elementos:} & \overline{2} \quad \{5, 2\} \\ \text{Conjuntos con 3 elementos:} & \overline{3} \quad \{1, 6, 3\} \\ \text{Conjuntos con 4 elementos:} & \overline{4} \quad \{1, 8, 10, 4\} \\ \vdots & \vdots \\ \text{Conjuntos con 10 elementos:} & \overline{10} \quad \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\} = A \end{array} \right.$$

- ii) Es parecido al inciso anterior, donde ahora  $A = \{1, 2, 3, \dots, N-1, N\}$ , donde  $\mathcal{P}(\mathbb{N}_N)$  tiene  $2^N$  elementos.

La relación determina  $N + 1$  *clases de equivalencia* distintas.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Conjuntos con 0 elementos:} & \overline{0} \quad \emptyset \\ \text{Conjuntos con 1 elemento:} & \overline{1} \quad \{3\} \\ \text{Conjuntos con 2 elementos:} & \overline{2} \quad \{5, 2\} \\ \text{Conjuntos con 3 elementos:} & \overline{3} \quad \{1, 6, 3\} \\ \text{Conjuntos con 4 elementos:} & \overline{4} \quad \{1, 8, 10, 4\} \\ \vdots & \vdots \\ \text{Conjuntos con 10 elementos:} & \overline{N} \quad \{1, 2, 3, 4, \dots, N-1, N\} \mathbb{N}_N \end{array} \right.$$

## Funciones

29. Determinar si  $\mathcal{R}$  es una función de  $A$  en  $B$  en los casos

- i)  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $B = \{a, b, c, d\}$ ,  $\mathcal{R} = \{(1, a), (2, a), (3, a), (4, b), (5, c), (3, d)\}$

No es función, dado que  $3 \mathcal{R} a$ ,  $3 \mathcal{R} d$  y  $a \neq d$

- ii)  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $B = \{a, b, c, d\}$ ,  $\mathcal{R} = \{(1, a), (2, a), (3, d), (4, b)\}$

No es función, dado que todo elemnto de  $A$  tiene que estar relacionado a algún elemento de  $B$ , 5  $\mathcal{R}$  y para ningún  $y \in B$

iii)  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $B = \{a, b, c, d\}$ ,  $\mathcal{R} = \{(1, a), (2, a), (3, d), (4, b), (5, c)\}$

Es función.

iv)  $A = \mathbb{N}$ ,  $B = \mathbb{R}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{N} \times \mathbb{R} \mid a = 2b - 3\}$

Es función.

v)  $A = \mathbb{R}$ ,  $B = \mathbb{N}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{R} \times \mathbb{N} \mid a = 2b - 3\}$

No es función,  $\sqrt{2} \mathcal{R} b$  para ningún  $b \in \mathbb{N}$

vi)  $A = \mathbb{Z}$ ,  $B = \mathbb{Z}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \mid a + b \text{ es divisible por } 5\}$

No es función, porque  $0 \mathcal{R} 5$  y  $0 \mathcal{R} 10$  y necesito que  $\forall x \in \mathbb{Z}, \exists ! y \in \mathbb{Z}$

**30.** Determinar si las siguientes funciones son inyectivas, sobreyectivas o biyectivas. Para las que sean biyectivas hallar la inversa y para la que no sean sobreyectivas hallar la imagen.

i)  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x) = 12x^2 - 5$

No es *inyectiva*,  $f(-1) = f(1)$ .

No es *sobreyectiva*,  $\text{Im}(f) = [-5, +\infty)$ .

ii) 😞... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  📄.

iii) 😞... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  📄.

iv)  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ ,  $f(n) = \begin{cases} \frac{n}{2} & \text{si } n \text{ es par} \\ n + 1 & \text{si } n \text{ es impar} \end{cases}$

Es *inyectiva* y *sobreyectiva*.  $\forall m, m' \in \mathbb{N}$ ,  $\begin{cases} f(2m) = \frac{2m}{2} = m \\ f(2m' - 1) = 2m' - 1 + 1 = 2m' \end{cases} \rightarrow$  Si bien  $f(8) = f(3)$  la función es *sobreyectiva* porque genera todo  $\mathbb{N}$  tan solo con la parte par de la función.

$$f^{-1}(n) = \begin{cases} 2n & \text{si } n \text{ es par} \\ n - 1 & \text{si } n \text{ es impar} \end{cases}$$

Qué onda?

**31.** 😞... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  📄.

**32.** 😞... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  📄.

**33.** 😞... hay que hacerlo! 🙄

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  📄.

### 34. 🤔... hay que hacerlo! 🤖

Si querés mandarlo: Telegram → , o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → .

35. Sea  $\mathcal{F} = \{f : \{1, \dots, 10\} \rightarrow \{1, \dots, 10\} / f \text{ es una función biyectiva}\}$ , y sea  $\mathcal{R}$  la relación en  $\mathcal{F}$  definida por

$$f \mathcal{R} g \iff \exists n \in \{1, \dots, 10\} / f(n) = 1 \quad \text{y} \quad g(n) = 1.$$

- i) Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia. ¿Es antisimétrica?
- ii) Sea  $Id : \{1, \dots, 10\} \rightarrow \{1, \dots, 10\}$  la función identidad, o sea,  $Id(n) = n$ ,  $\forall n \in \{1, \dots, 10\}$ . Dar tres elementos **distintos** de la clase de equivalencia de  $Id$ .

**Importante:** Al exhibir una función es indispensable definirla en **todos** los elementos de su dominio.

- i) Las funciones biyectivas agarran todos los elementos del conjunto de partida y lo mandan esos elementos a un elemento del conjunto de salida uno a uno. Son inyectivas y sobreyectivas.

*Reflexiva:*

Quiero ver que  $f \mathcal{R} f$ . Como  $f$  es biyectiva y  $n \in \underbrace{\{1, \dots, 10\}}_{\subseteq \text{Dom}(f)}$ , por lo que para algún  $n$  tiene que

cumplir  $f(n) = 1$ .  $\mathcal{R}$  es reflexiva.

*Simétrica:*

Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g \Rightarrow g \mathcal{R} f$ . Es trivial en este caso, porque la conjunción, el "y", de la relación es conmutativo, por lo tanto:

$$f \mathcal{R} g \Rightarrow g \mathcal{R} f$$

$\mathcal{R}$  es simétrica.

*Transitiva:*

Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g$  y  $g \mathcal{R} h \Rightarrow f \mathcal{R} h$ . Es similar al caso anterior. Por hipótesis, las relaciones  $f \mathcal{R} g$  y  $g \mathcal{R} h$  dicen que existen  $n_1, n_2, n_3 \in \{1, \dots, 10\}$  tales que  $f(n_1) = g(n_2) = h(n_3) = 1$ . Así que  $f \mathcal{R} h$  es transitiva.

Como la relación es *reflexiva*, *simétrica*, *transitiva* es una relación de equivalencia.

*Antisimétrica:*

Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g$  con  $f \neq g$  entonces  $g \not\mathcal{R} f$ . Acá es donde el **Importante** del enunciado cobra relevancia, porque si vamos a *mostrar una función de contraejemplo*, tiene que estar definida de forma correcta, en este caso tenemos que mandar todos los elementos de  $\{1, \dots, 10\}$  a todos los valores de  $\{1, \dots, 10\}$  uno a uno.

$$\begin{array}{llll} f(1) = g(1) = 1 & f(6) = g(6) = 6 \\ f(2) = g(2) = 2 & f(7) = g(7) = 7 \\ f(3) = g(3) = 3 & f(8) = g(8) = 8 \\ f(4) = g(4) = 4 & f(9) = g(10) = 9 \\ f(5) = g(5) = 5 & f(10) = g(9) = 10 \end{array}$$

Las funciones son distintas  $f \neq g$  y  $f \mathcal{R} g$ , pero  $g \mathcal{R} f$ , por lo cual no se cumple la condición de la antisimetría.

$\mathcal{R}$  no es antisimétrica.

- ii) Los elementos de  $\mathcal{F}$  que se relacionan entre sí, forman un conjunto denominado: *clase*. Esta clase se puede llamar clase de "*cualquiera de los elementos*", por ejemplo si  $f_1, f_2, f_3, \dots, Id$  están relacionadas se puede decir que:


$$\overline{f_1} = \{f_1, f_2, f_3, \dots, Id\} \quad \text{o} \quad \overline{f_2} = \{f_1, f_2, f_3, \dots, Id\} \quad \text{o} \quad \overline{Id} = \{f_1, f_2, f_3, \dots, Id\}$$

Así que hay que definir 3 funciones que estén relacionadas con la función  $Id$ . Hay que hacerlo para todos los elementos como en el inciso de antisimetría...

$f_1(1) = 1$	$f_1(6) = 6$	$f_2(1) = 1$	$f_2(6) = 6$
$f_1(2) = 2$	$f_1(7) = 7$	$f_2(2) = 2$	$f_2(7) = 7$
$f_1(3) = 3$	$f_1(8) = 8$	$f_2(3) = 3$	$f_2(8) = 10$
$f_1(4) = 4$	$f_1(9) = 10$	$f_2(4) = 4$	$f_2(9) = 9$
$f_1(5) = 5$	$f_1(10) = 9$	$f_2(5) = 5$	$f_2(10) = 8$

Y la  $f_3$  te la dejo a vos. Las funciones son **distintas** y están relacionadas con la  $Id$  porque usan el mismo  $n$  (en este caso  $n = 1$ ) para cumplir  $f_1(1) = f_2(1) = f_3(1) = Id(1) = 1$  ✓

Nada que ver, pero ¿Cuántos elementos tiene la clase de equivalencia de  $Id$ ?  $\rightarrow \#\overline{Id} \stackrel{?}{=} 9!$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

### 36. ... hay que hacerlo!

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  , o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  .

## 🔥 Ejercicios de parciales:

🔥1. Probar la propiedad distributiva:  $X \cap (Y \cup Z) = (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$

Tengo que hacer una doble inclusión:

1)  $X \cap (Y \cup Z) \subseteq (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$

2)  $(X \cap Y) \cup (X \cap Z) \subseteq X \cap (Y \cup Z)$

1)  $x \in X \cap (Y \cup Z)$  quiere decir que  $x \in X$  y  $\begin{cases} x \in Y \\ \text{o bien} \\ x \in Z \end{cases}$ . Por lo tanto  $\rightarrow \begin{cases} x \in X \cap Y \\ \text{o bien} \\ x \in X \cap Z \end{cases}$ , lo que equivale a  $x \in (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$  ✓.

2) Ahora hay que probar la vuelta. Uso razonamiento análogo:

$$x \in (X \cap Y) \cup (X \cap Z) \Rightarrow x \in X \text{ y } \begin{cases} x \in X \cap Y \\ \text{o} \\ x \in X \cap Z \end{cases}$$

Pero teniendo en cuenta que:

$$\begin{cases} Y \subseteq Y \cup Z \\ \text{y que} \\ Z \subseteq Z \cup Y, \end{cases} \stackrel{!!}{\Rightarrow} \begin{cases} x \in X \cap (Y \cup Z) \\ \text{o bien} \\ x \in X \cap (Z \cup Y) \end{cases} \Rightarrow x \in X \cap (Y \cup Z)$$

En !! uso algo "obvio" pero que me sirve para seguir bien donde está  $x$ : Resalto que si un elemento está en  $Y$  seguro va a estar en la unión de  $Y$  con lo que sea.

Dale las gracias y un poco de amor ❤️ a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

👤 Nad Garraz 🔄

🔥2. Probar la propiedad  $(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$ .

Tengo que hacer una doble inclusión  $\rightarrow \begin{cases} 1) & (A \cap B)^c \subseteq A^c \cup B^c \\ 2) & A^c \cup B^c \subseteq (A \cap B)^c \end{cases}$

1) Prueba directa: Si  $x \in (A \cap B)^c \Rightarrow x \in A^c \cup B^c$

Por hipótesis  $x \in (A \cap B)^c \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} x \notin A \vee x \notin B \Rightarrow x \in A^c \vee x \in B^c \Rightarrow x \in A^c \cup B^c$

$A$	$B$	$A^c \cup B^c$	$(A \cap B)^c$
$V$	$V$	$F$	$F$
$V$	$F$	$V$	$V$
$F$	$V$	$V$	$V$
$F$	$F$	$V$	$V$

Usa la tabla para ver la definición  $x \in (A \cap B)^c \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} x \notin A \vee x \notin B$



2) Pruebo por absurdo. Si  $\forall x \in A^c \cup B^c \Rightarrow x \in (A \cap B)^c$

Supongo que  $x \notin (A \cap B)^c \stackrel{\text{def}}{\iff} x \in (A \cap B) \xrightarrow[\text{hipótesis}]{\text{por}} x \in A^c \cup B^c \rightarrow \left\{ \begin{array}{c} x \notin A \\ \vee \\ x \notin B \end{array} \right\}$ , por lo que  $x \notin A \cup B \Rightarrow x \notin A \cap B$  contradiciendo el supuesto, absurdo. Debe ocurrir que  $x \in (A \cap B)^c$

A	B	$A \cap B$	$(A \cup B)$	$(A \cap B) \subseteq (A \cup B)$
V	V	V	V	V
V	F	F	V	V
F	V	F	V	V
F	F	F	F	V

3. Sea

$$\mathcal{F} = \{h : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, \dots, 50\} \mid h \text{ es inyectiva}\}.$$

Definimos en  $\mathcal{F}$  la relación  $\mathcal{R}$  como

$$f \mathcal{R} g \text{ si y sólo si } \#(\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)) = 0 \text{ o } 4.$$

- Analizar si  $\mathcal{R}$  es una relación reflexiva, simétrica, antisimétrica y/o transitiva.
- Sea  $f \in \mathcal{F}$  definida como  $f(x) = x$  para  $1 \leq x \leq 4$ . Calcular cuántas funciones  $g \in \mathcal{F}$  satisfacen  $f \mathcal{R} g$

Observar que  $f \in \mathcal{F}$  es una función que tiene un dominio con solo 4 elementos, es decir

$$\# \text{Dom}(f) = 4 \quad \forall f \in \mathcal{F},$$

y dado que  $f$  es inyectiva, todos los elementos de la imagen deben ser distintos, por lo tanto

$$\# \text{Im}(f) = 4 \quad \forall f \in \mathcal{F}$$

- Reflexiva:* Quiero ver que si  $f \mathcal{R} f$ .

Esto debe ser cierto, ya que  $A = \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(f)\} = \emptyset$  y  $\# \emptyset \stackrel{!}{=} 0 \quad \forall f \in \mathcal{F}$ .  $\mathcal{R}$  es reflexiva ✓

*Simétrica:* Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g \Rightarrow g \mathcal{R} f$ .

Si tengo que  $f \mathcal{R} g$ , sé algo sobre sus conjuntos Im ya que,

$$\left\{ \begin{array}{l} \# \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = 0 \iff \text{Im}(f) \overset{\star^1}{=} \text{Im}(g) \\ \text{o} \\ \# \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = 4 \iff \text{Im}(f) \overset{\star^2}{\cap} \text{Im}(g) = \emptyset \end{array} \right.$$

Entonces los conjuntos  $\text{Im}(f)$  y  $\text{Im}(g)$  están relacionados por un "=" y un " $\cap$ ", dos operadores simétricos por lo tanto  $\mathcal{R}$  es simétrica. ✓

*Antisimétrica:* Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g \Rightarrow g \mathcal{R} f$ , o también a veces está bueno pensarla la antisimetría como si  $f \mathcal{R} g$  y  $g \mathcal{R} f \Rightarrow f = g$ . Bajo la sospecha de que la función no es antisimétrica la segunda forma de pensarlo me ayuda a encontrar un contraejemplo.

$$f \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} f(1) = 1 \\ f(2) = 2 \\ f(3) = 3 \\ f(4) = 4 \end{array} \right. \quad \text{y} \quad g \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 4 \\ g(2) = 3 \\ g(3) = 2 \\ g(4) = 1 \end{array} \right.$$

$\begin{cases} f \mathcal{R} g, \text{ sus imágenes cumplen } \star^1 \\ g \mathcal{R} f, \text{ sus imágenes cumplen } \star^1 \end{cases}$ , pero por como están definidas las funciones  $f \neq g$ .  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica. 💀

*Transitiva:* Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g$  y  $g \mathcal{R} h \Rightarrow f \mathcal{R} h$ .

Acá podemos encontrar un *contraejemplo* para mostrar que no es transitiva, saco de la galera 3 funciones,  $f, g$  y  $h \in \mathcal{F}$

$$f \rightarrow \begin{cases} f(1) = 1 \\ f(2) = 2 \\ f(3) = 3 \\ f(4) = 4 \end{cases}, \quad g \rightarrow \begin{cases} g(1) = 5 \\ g(2) = 6 \\ g(3) = 7 \\ g(4) = 8 \end{cases} \quad \text{y} \quad h \rightarrow \begin{cases} h(1) = 1 \\ h(2) = 2 \\ h(3) = 9 \\ h(4) = 10 \end{cases}$$

$\begin{cases} f \mathcal{R} g, \text{ sus imágenes cumplen } \star^2 \\ g \mathcal{R} h, \text{ sus imágenes cumplen } \star^2 \end{cases}$ , pero  $f \not\mathcal{R} h$  dado que:

$$\{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = \{3, 4\} \Rightarrow \# \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = 2 \neq 0 \quad \text{o} \quad 4.$$

$\mathcal{R}$  no es transitiva. 💀

- b) Para que  $f$  y  $g$  se relacionen se debe cumplir con  $\star^1$  o con  $\star^2$ . En otras palabras necesito encontrar funciones  $g \in \mathcal{F}$  cuya imagen  $\text{Im}(g) = \{1, 2, 3, 4\}$  o su codominio sea  $\text{Cod} = \{5, 6, \dots, 49, 50\}$ .  
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\# \text{Cod}=46}$

*Contar cuando*  $\text{Im}(g) = \{1, 2, 3, 4\}$ :

Hago la *inyección* de los 4 valores que puede tomar la función inyectiva  $g$ .

$$\begin{cases} g \rightarrow & g(1) & g(2) & g(3) & g(4) \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{opciones} \rightarrow & \#4 & \#3 & \#2 & \#1 \end{cases}$$

Hay  $4!$  permutaciones ✓

*Contar cuando codominio sea*  $\text{Cod} = \{5, 6, \dots, 49, 50\}$

Hago la *inyección* de los 46 valores que puede tomar la función inyectiva  $g$ .

$$\begin{cases} g \rightarrow & g(1) & g(2) & g(3) & g(4) \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{opciones} \rightarrow & \#46 & \#45 & \#44 & \#43 \end{cases}$$

Hay  $\frac{46!}{42!}$  permutaciones ✓

Se concluye que hay un total de  $\frac{46!}{42!} + 4!$  funciones  $g \in \mathcal{F} / f \mathcal{R} g$  ✓

#### 🔥4. (recuperatorio 1er C. 24)

Se define en  $\mathbb{Z}$  la relación  $\mathcal{R}$  dada por

$$n \mathcal{R} m \iff 10 \mid n^2 + 4m^2 + m - 6n.$$

- a) Probar que  $n \mathcal{R} m \iff 5 \mid n^2 - m^2 + m - n$  y  $n \equiv m \pmod{2}$ .

- b) Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia.

a) ( $\Rightarrow$ )

$$n \mathcal{R} m \stackrel{\text{def}}{\iff} n^2 + 4m^2 + m - 6n \equiv 0 \pmod{10}$$

Si la expresión es divisible por 10, debe ser divisible por 2 y también por 5:

$$\begin{cases} n^2 + 4m^2 + m - 6n \stackrel{(5)}{\equiv} n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \pmod{5} & \checkmark \\ n^2 + 4m^2 + m - 6n \stackrel{(2)}{\equiv} n^2 + m \stackrel{(2)}{\equiv} n + m \equiv 0 \pmod{2} \Leftrightarrow n \equiv m \pmod{2} & \checkmark \end{cases}$$

Si no ves lo que pasó en  $!!$  pensá en la paridad de un número y su cuadrado.

Por lo tanto si

$$n \mathcal{R} m \Rightarrow 5 \mid n^2 - m^2 + m - n \quad \text{y} \quad n \equiv m \pmod{2}$$

( $\Leftarrow$ )

$$n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \pmod{5} \Leftrightarrow n^2 + 4m^2 + m - 6n \equiv 0 \pmod{5} \Leftrightarrow 5 \mid n^2 + 4m^2 + m - 6n \quad \checkmark$$

Ahora uso la información de  $n \equiv m \pmod{2}$

$$\text{Si } n \equiv m \pmod{2} \Rightarrow n^2 + 4m^2 + m - 6n \stackrel{(2)}{\equiv} \underbrace{5m(m-1)}_{\text{par}!!} \equiv 0 \pmod{2} \iff 2 \mid n^2 + 4m^2 + m - 6n \quad \checkmark$$

Por lo tanto si

$$n \mathcal{R} m \Leftarrow 5 \mid n^2 - m^2 + m - n \quad \text{y} \quad n \equiv m \pmod{2}$$

b) No es casualidad que en el punto anterior tuvieramos una *redefinición* de la relación  $\mathcal{R}$ :

$$n \mathcal{R} m \iff \begin{cases} n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \pmod{5} \\ \text{y} \\ n \equiv m \pmod{2}. \end{cases}$$

En esa forma es mucho más fácil mostrar lo que sigue porque la relación queda definida en función de congruencias que ya son relaciones de equivalencias. Para mostrar la relación de equivalencia, hay que probar que es reflexiva, simétrica y transitiva.

$$\text{Reflexiva: Si } n \mathcal{R} n \iff \begin{cases} n^2 - n^2 + n - n = 0 \equiv 0 \pmod{5} & \checkmark \\ \text{y} \\ n \equiv n \pmod{2} & \checkmark. \end{cases}$$

La relación es *reflexiva*.

*Simétrica:* Si  $n \mathcal{R} m \Rightarrow m \mathcal{R} n$ , para algún par  $n, m$ .

$$\text{Si } n \mathcal{R} m \Rightarrow \begin{cases} n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \pmod{5} \xrightarrow{m \mathcal{R} n} m^2 - n^2 + n - m = -(n^2 - m^2 + m - n) \equiv 0 \pmod{5} & \checkmark \\ \text{y} \\ n \equiv m \pmod{2} \xrightarrow{m \mathcal{R} n} m \equiv n \pmod{2} & \checkmark \end{cases}$$

La relación es *simétrica*.

*Transitiva:* Quiero ver que si:  $n \mathcal{R} m$  y  $m \mathcal{R} j \Rightarrow n \mathcal{R} j$

Si

$$n \mathcal{R} m \Leftrightarrow \begin{cases} n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \pmod{5} \\ \text{y} \\ n \equiv m \pmod{2} \end{cases} \quad \text{y} \quad m \mathcal{R} j \Leftrightarrow \begin{cases} m^2 - j^2 + j - m \equiv 0 \pmod{5} \star^1 \\ \text{y} \\ m \equiv j \pmod{2} \star^2 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{c} n^2 - m^2 + m - n \equiv 0 \ (5) \xleftrightarrow[\text{y}]{\text{★}^1} n^2 - j^2 + j - n \equiv 0 \ (5) \\ n \equiv m \ (2) \xleftrightarrow{\text{★}^2} n \equiv j \ (2) \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{n \mathcal{R} j}$$

Como la relación resultó ser *reflexiva, simétrica y transitiva*, entonces es de equivalencia. Fin.

$$f \mathcal{R} g \iff f(1) + g(3) = f(3) + g(1).$$

- Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia. ¿Es  $\mathcal{R}$  antisimétrica?
- Calcular la cantidad de clases de equivalencia de  $\mathcal{R}$  y exhibir un representante de cada una de ellas.

- Las funciones toman todos los valores que hay en el conjunto del dominio y tienen que mandar ese valor a alguno de los dos valores que están en el conjunto del codominio. Podemos observar que la imagen de la función será  $\{0\}, \{1\}$  o  $\{0, 1\}$ .

Antes de arrancar a hacer cuentas voy a acomodar la  $\mathcal{R}$  para que quede más fácil de leer para mí. No es necesario hacer esto, pero como yo me distraigo hasta con la humedad del ambiente, me resulta más fácil pensarlo. Quedaría así:

$$f \mathcal{R} g \iff f(1) - f(3) = g(1) - g(3).$$

*Reflexiva:* En este caso se cumple de forma trivial.

$$f \mathcal{R} f \iff f(1) - f(3) = f(1) - f(3)$$

*Simétrica:* Quiero ver que si  $f \mathcal{R} g \Rightarrow g \mathcal{R} f$ .

Resulta parecido al anterior dado que la igualdad no cambia al conmutar las funciones

$$\begin{aligned} f \mathcal{R} g &\iff f(1) - f(3) = g(1) - g(3) \\ g \mathcal{R} f &\iff g(1) - g(3) = f(1) - f(3) \iff f(1) - f(3) = g(1) - g(3) \end{aligned}$$

*Transitiva:* Quiero ver que si

$$f \mathcal{R} q \text{ y } q \mathcal{R} h \Rightarrow f \mathcal{R} h.$$

Partiendo de las hipótesis de estas relaciones:

$$\begin{aligned} f \mathcal{R} g &\iff f(1) - f(3) \stackrel{\star_1}{=} g(1) - g(3) \\ g \mathcal{R} h &\iff g(1) - g(3) \stackrel{\star_2}{=} h(1) - h(3) \end{aligned}$$

Despejando de  $\star^2$  y reemplazando en  $\star^1$ :

$$g(1) \stackrel{\star^2}{=} h(1) - h(3) + g(3) \stackrel{\star^1}{\implies} f(1) - f(3) = (h(1) - h(3) + g(3)) - g(3) \Leftrightarrow \underbrace{f(1) - f(3) = h(1) - h(3)}_{f \mathcal{R} h}$$

*Antisimétrica:* Puedo armar un contraejemplo para ver si la función no es antisimétrica.

Cuando se define una función hay que definirla entera ¡No solo la parte que me interesa! Defino un par de funciones  $(f, g)$  con  $f \neq g$  y  $f \mathcal{R} g$  y que además  $g \mathcal{R} f$ . Eso sería suficiente para mostrar que la relación  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica

$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 0 \\ f(2) = 0 \\ f(3) = 0 \\ f(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ f(8) = 0 \end{array} \right. \quad y \quad \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 0 \\ g(2) = 1 \\ g(3) = 0 \\ g(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ g(8) = 0 \end{array} \right.$$

La relación  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica.

- b) En este ejercicio hay 3 clases. Recuerdo que hago todo el ejercicio escribiendo la relación en esta forma:

$$f \mathcal{R} g \iff f(1) - f(3) = g(1) - g(3).$$

Solo puedo obtener como resultado de la cuenta, para la expresión del miembro izquierdo (y el derecho):

$$-1, 0 \text{ o } 1,$$

Por lo tanto mientras la cuenta de  $f(1) - f(3)$  dé lo mismo para dos funciones distintas, las funciones van a estar relacionadas, por ende viven en la misma clase. De forma contraria estarán en distintas clases.

Cuando  $f(1) - f(3)$  me da 0:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 0 \text{ y } f(3) = 0 \Rightarrow f(1) - f(3) = 0 \\ f(1) = 1 \text{ y } f(3) = 1 \Rightarrow f(1) - f(3) = 0 \end{array} \right.$$

Con esos valores obtengo la clase (y me invento esta notación, ojo!) que me da  $\bar{0}$ . Todas las funciones de esa *pinta* van a estar relacionadas. Piden uno pero te doy cuatro elementos de este conjunto a modo de ejemplo, porque soy un tipazo, no tengo nada que hacer y con el *copy paste* es muy fácil:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 0 \\ f(2) = 0 \\ f(3) = 0 \\ f(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ f(8) = 0 \end{array} \right. , \quad \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 1 \\ g(2) = 0 \\ g(3) = 1 \\ g(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ g(8) = 0 \end{array} \right. , \quad \left\{ \begin{array}{l} h(1) = 1 \\ h(2) = 0 \\ h(3) = 1 \\ h(4) = 1 \\ \vdots = \vdots \\ h(8) = 1 \end{array} \right. \quad y \quad \left\{ \begin{array}{l} i(1) = 0 \\ i(2) = 1 \\ i(3) = 0 \\ i(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ i(8) = 0 \end{array} \right.$$

Cuando  $f(1) - f(3)$  me da 1:

$$\left\{ f(1) = 1 \text{ y } f(3) = 0 \Rightarrow f(1) - f(3) = 1 \right.$$

Con esos valores obtengo la clase (y sigo con la notación inventada, ojo!) que me da  $\overline{1}$ . Todas las funciones de esa *pinta* van a estar relacionadas. Tres elementos de este conjunto a modo de ejemplo, porque con el *copy paste* sigue siendo muy fácil:


$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 1 \\ f(2) = 0 \\ f(3) = 0 \\ f(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ f(8) = 0 \end{array} \right\} \text{ y } \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 1 \\ g(2) = 1 \\ g(3) = 0 \\ g(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ g(8) = 0 \end{array} \right\} \text{ y } \left\{ \begin{array}{l} h(1) = 1 \\ h(2) = 0 \\ h(3) = 0 \\ h(4) = 1 \\ \vdots = \vdots \\ h(8) = 1 \end{array} \right\}$$

Cuando  $f(1) - f(3)$  me da  $-1$ :

$$\{ f(1) = 0 \text{ y } f(3) = 1 \Rightarrow f(1) - f(3) = -1$$


Con esos valores obtengo la clase (y sigo con la notación inventada, ojo!) que me da  $\overline{-1}$ . Todas las funciones de esa *pinta* van a estar relacionadas. Tres elementos de este conjunto a modo de ejemplo, porque con el *copy paste* sigue siendo muy fácil:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 0 \\ f(2) = 0 \\ f(3) = 1 \\ f(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ f(8) = 0 \end{array} \right\} \text{ y } \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 0 \\ g(2) = 1 \\ g(3) = 1 \\ g(4) = 0 \\ \vdots = \vdots \\ g(8) = 0 \end{array} \right\} \text{ y } \left\{ \begin{array}{l} h(1) = 0 \\ h(2) = 0 \\ h(3) = 1 \\ h(4) = 1 \\ \vdots = \vdots \\ h(8) = 1 \end{array} \right\}$$

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

 Ale Teran 

 **6.** Sea  $A$  el siguiente conjunto:  $A = \{n \in \mathbb{N} : 100 \leq n \leq 1000\}$ . Consideramos el conjunto de **todas** las funciones de  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  en  $A$ :

$$\mathcal{F} = \{g : \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \rightarrow \{100, 101, \dots, 999, 1000\} / \text{es función}\}$$

y definimos sobre  $\mathcal{F}$  la relación  $\mathcal{R}$  dada por

$$f \mathcal{R} g \iff 11 \mid f(1) - g(1).$$

- Determinar si la relación es reflexiva, simétrica, transitiva y/o antisimétrica.
- Sea  $h(x) = x + 99$ , hallar la cantidad de funciones  $f \in \mathcal{F}$  **inyectivas** que cumplen simultáneamente que  $f \mathcal{R} h$  y que  $f(2) = 111$ .

Al igual que en muchos ejercicios lo primero que voy a hacer es acomodar la forma en que nos presentan la relación, para que mi cerebro esté más cómodo:

$$f \mathcal{R} g \iff 11 \mid f(1) - g(1) \stackrel{\text{def}}{\iff} f(1) \equiv g(1) \pmod{11} \star^1.$$

a) ¿Es  $\mathcal{R}$  reflexiva?: Trivial con  $\star^1$ :

$$f(1) \equiv f(1) \text{ (11)}$$

La relación  $\mathcal{R}$  es reflexiva.

¿Es  $\mathcal{R}$  simétrica?: Trivial con  $\star^1$ :

Si

$$f \mathcal{R} g \Leftrightarrow f(1) \equiv g(1) \text{ (11)}$$

entonces trivialmente

$$g \mathcal{R} f \Leftrightarrow g(1) \equiv f(1) \text{ (11)}$$

La relación  $\mathcal{R}$  es simétrica.

¿Es  $\mathcal{R}$  transitiva?: Trivial con  $\star^1$ :

Si

$$f \mathcal{R} g \Leftrightarrow f(1) \equiv g(1) \text{ (11)} \quad \text{y} \quad g \mathcal{R} h \Leftrightarrow g(1) \equiv h(1) \text{ (11)}$$

entonces por transitividad de la congruencia,

$$f \mathcal{R} h \Leftrightarrow f(1) \equiv g(1) \equiv h(1) \text{ (11)} \Rightarrow f(1) \equiv h(1) \text{ (11)}$$

La relación  $\mathcal{R}$  es transitiva.

¿Es  $\mathcal{R}$  antisimétrica?:

No creo, me armo dos funciones para usar como contraejemplos:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(1) = 100 \\ f(2) = 1000 \\ f(3) = 1000 \\ f(4) = 1000 \\ f(5) = 1000 \\ f(6) = 1000 \end{array} \right. \quad \text{y} \quad \left\{ \begin{array}{l} g(1) = 111 \\ g(2) = 1000 \\ g(3) = 1000 \\ g(4) = 1000 \\ g(5) = 1000 \\ g(6) = 1000 \end{array} \right.$$

Se puede ver que:

$$f \neq g \quad \text{sin embargo} \quad f \mathcal{R} g \Leftrightarrow f(1) \equiv g(1) \text{ (11)}$$

La relación  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica.

b) Para que  $f \mathcal{R} h$  necesito que:

$$f(1) \equiv h(1) \text{ (11)} \Leftrightarrow f(1) \equiv 100 \text{ (11)} \Leftrightarrow f(1) \equiv 1 \text{ (11)}$$

Cuáles son los valores del conjunto  $A = \{n \in \mathbb{N} : 100 \leq n \leq 1000\}$ , con  $\#A = 901$  que cumplen eso, más que cuales, cuántos es lo que me importa. Los elementos de  $n \in A$  que cumplen  $n \equiv 1 \text{ (11)}$ :

$$B = \{100, 111, \dots, 991\} \quad \text{con} \quad \#B \stackrel{!}{=} 82$$

Donde el 82, lo saco de pensar que el primer  $n \in A$  que cumple es:

$$100 = 11 \cdot 9 + 1$$

y el último:

$$991 = 11 \cdot 90 + 1$$

En total hay  $\# \{9, 10, 11, \dots, 89, 90\} = 82$  valores de  $k$  que cumplen que  $n \equiv 1 \pmod{11}$ . Pero, me dicen que  $f$  es inyectiva y además  $f(2) = 111$ , por lo que tengo que restar uno de esos posibles  $k$ , porque:

$$111 = 11 \cdot 10 + 1$$

Entonces ya sé que para cumplir  $f \mathcal{R} h$  y que  $f(2) = 111$ , tengo  $\# \{9, 11, 12, \dots, 89, 90\} = 81$  posibles valores para  $f(1)$ .


Ahora solo faltan los demás valores que pueden tomar los otros elementos del dominio de  $f$ :

	$f(1)$	$f(2)$	$f(3)$	$f(4)$	$f(5)$	$f(6)$
	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
opciones	81	1	$(901 - 2)$	$(901 - 3)$	$(901 - 4)$	$(901 - 5)$


Por lo tanto tendré un total de:

$$81 \cdot 899 \cdot 898 \cdot 897 \cdot 896 = 81 \cdot \frac{899!}{895!}$$

funciones  $f$  que cumplen lo pedido.

Dale las gracias y un poco de amor  a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

 Nad Garraz 

 7. Sean  $X = \{n \in \mathbb{N} : n \leq 200\}$  e  $Y = \{n \in \mathbb{N} : n \leq 100\}$ .

En  $\mathcal{P}(X)$  se define la relación  $\mathcal{R}$  de la forma:

$$A \mathcal{R} B \iff B - A \subseteq Y.$$

- a) Determinar si  $\mathcal{R}$  es una relación reflexiva, simétrica, antisimétrica y/o transitiva.
- b) Sea  $B = \{n \in X : n \text{ es par}\}$ . ¿Cuántos conjuntos  $A \in \mathcal{P}(X)$  satisfacen simultáneamente  $A \mathcal{R} B$  y  $\#(A \cap B) = 80$ ?

- a) Para ver esto de qué cosa son [las propiedades de reflexión y eso acá está la teoría](#).

¿Es  $\mathcal{R}$  reflexiva?:

$$A \mathcal{R} A \iff A - A = \emptyset \subseteq Y$$

Lo cual es cierto, dado que el conjunto vacío,  $\emptyset$ , está en todo conjunto.

¿Es  $\mathcal{R}$  simétrica?:

Por hipótesis:

$$A \mathcal{R} B \iff B - A \subseteq Y \quad \checkmark$$

Quiero ver que pasa con  $B \mathcal{R} A$ :

$$B \mathcal{R} A \iff A - B \subseteq Y$$

Propongo que  $A = \{101, 200\}$  y que  $B = \{1, 200\}$ . Con estos conjuntos se tiene:

$$B - A = \{1\} \subseteq Y$$

peeeero,

$$A - B = \{101\} \not\subseteq Y$$



Por lo tanto la relación no es simétrica.

¿Es  $\mathcal{R}$  antisimétrica?:

Por hipótesis:

$$A \mathcal{R} B \iff B - A \subseteq Y \quad \checkmark$$

De ser antisimétrica debería ocurrir que

$$B \mathcal{R} A \text{ para } B \neq A.$$

Veamos por ejemplo qué pasa con  $A = \{1\}$  y  $B = \{2\}$ , donde  $A \neq B$ :

$$B - A = \{2\} \subseteq Y \Rightarrow A \mathcal{R} B$$

y también,

$$A - B = \{1\} \subseteq Y \Rightarrow B \mathcal{R} A$$

Por lo tanto la relación no es antisimétrica.

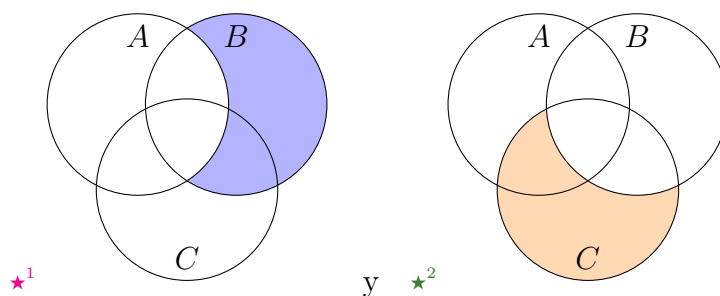
¿Es  $\mathcal{R}$  transitiva?:

Por hipótesis:

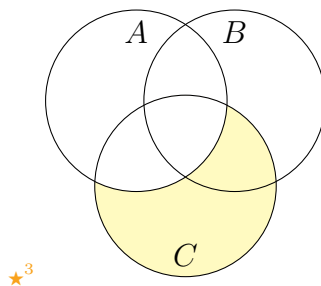
$$\star^1 A \mathcal{R} B \iff B - A \subseteq Y \quad \checkmark$$

$$\star^2 B \mathcal{R} C \iff C - B \subseteq Y \quad \checkmark$$

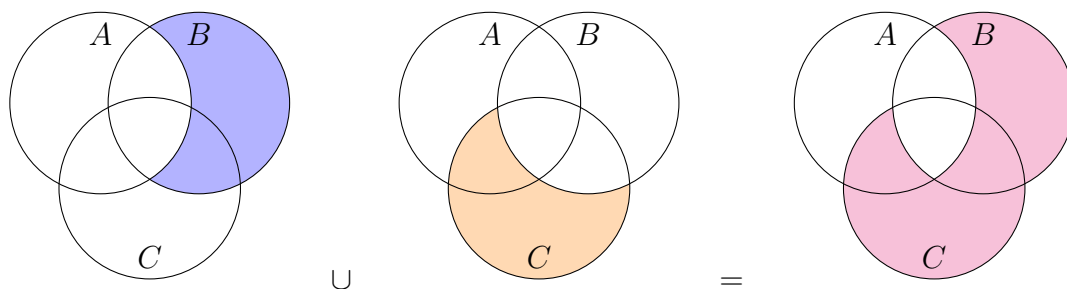
En diagramas de Venn:



Quiero ver si  $A \mathcal{R} C$  es decir si  $C - A \subseteq Y$ :



Esto está lindo porque  $\star^1$  y  $\star^2$  están en  $Y$ , lo cual equivale a decir que su unión también está en  $Y$ :



En los diagramas se puede ver que  $\star^3$  es un conjunto que está en la unión de  $\star^1$  y  $\star^2$ , y como, por hipótesis, esa unión está en  $Y$ , la relación es *transitiva*.

b)

$$\#B = \# \{2, 4, 6, \dots, 198, 200\} = 100$$

☹ no se me ocurre, lo voy a pensar... bye

Dale las gracias y un poco de amor ❤ a los que contribuyeron! Gracias por tu aporte:

👤 Nad Garraz 🐙

👤 Fiona M L 🐙