

# Álgebra I

## Práctica 1 Resuelta

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 Extras

 [1.](#)     [2.](#)     [3.](#)     [4.](#)

### Disclaimer:

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

## ¡Si usás este apunte vas a reprobar!

*Not really.* Dependerá de como lo uses, puede ser un arma de doble filo.

Ya sabés como se usa **esto** 📖. Depende de vos lo que hagás con él.

Si estás trabado, antes de ver la solución que hizo otra persona:

📖 Mirar la solución ni bien te trabás, te *condicionas pavlovianamente* a **no** pensar. Necesitás darle tiempo al cerebro para llegar a la solución.

📖 Intentá un ejercicio similar, pero **más fácil**.

📖 ¿No sale el fácil? Intentá uno **aún más fácil**.

📖 Fijate si tenés un ejercicio similar hecho en clase. Y mirá ese, así no quemás el ejercicio de la guía.

📖 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* de un tema en particular, 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** 📺.

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: 20/08/24 @ 16:12

### 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:*

- Las uniones e intersecciones de conjuntos conmutan:

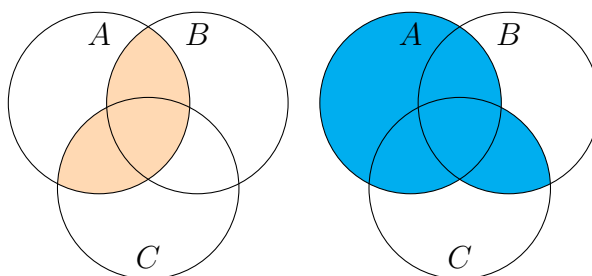
$$\begin{aligned} A \cup B &= B \cup A \\ A \cap B &= B \cap A \end{aligned}$$

- De Morgan Law's:

$$\begin{aligned} (A \cup B)^c &= A^c \cap B^c \rightarrow \text{De Morgan 1} \\ (A \cap B)^c &= A^c \cup B^c \rightarrow \text{De Morgan 2} \end{aligned}$$

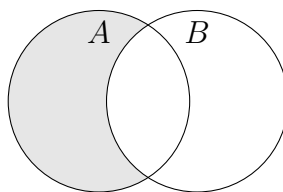
- Distribución de la intersección en una unión y alverre:

$$\begin{aligned} A \cap (B \cup C) &= (A \cap B) \cup (A \cap C) \\ A \cup (B \cap C) &= (A \cup B) \cap (A \cup C) \end{aligned}$$



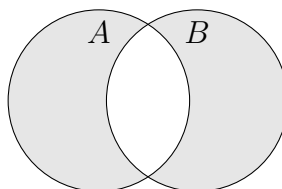
- Diferencias en sus varios colores, sabores y notaciones:

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



- 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.

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

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

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*.

• *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:*

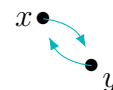
Sea  $A$  un conjunto. Se dice que  $\mathcal{R}$  en  $A$  cuando  $\mathcal{R} \subseteq A \times A$ .

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

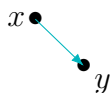
▲ *Reflexiva:*  $(x, x) \in \mathcal{R} \quad \forall x \in A$  o  $x \mathcal{R} x. \quad \forall x \in A$ . Gráficamente, cada elemento tiene que tener

un bucle. 

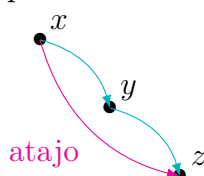
▲ *Simétrica:*  $(x, y) \in \mathcal{R}$ , entonces el par  $(y, x) \in \mathcal{R}$ , también si  $\forall x, y \in A, x \mathcal{R} y \Rightarrow y \mathcal{R} x$ . Gráficamente tiene que haber un ida y vuelta en cada elemento de la relación.



▲ *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)  $\{1, 3\} \in A \xrightarrow{\text{respuesta}} F$

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

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

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

$$(iii) \left\{ \begin{array}{l} A = \{x \in \mathbb{R} / 2 < |x| < 3\} \\ B = \{x \in \mathbb{R} / x^2 < 3\} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Diagrama de A: } \leftarrow \text{---} \overset{\circ}{-3} \text{---} \overset{\circ}{-2} \text{---} \text{---} \overset{\circ}{2} \text{---} \overset{\circ}{3} \text{---} \rightarrow \\ \text{Diagrama de B: } \leftarrow \text{---} \overset{\circ}{-\sqrt{3}} \text{---} 0 \text{---} \overset{\circ}{\sqrt{3}} \text{---} \rightarrow \end{array} \right. \right\}$$

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

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

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

$$(a) A \cap (B \Delta C) \qquad (b) (A \cap B) \Delta (A \cap C) \qquad (c) A^c \cap B^c \cap C^c$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

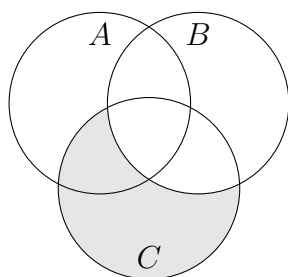
6. Sean  $A, B$  y  $C$  conjuntos. Representar en un diagrama de Venn

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

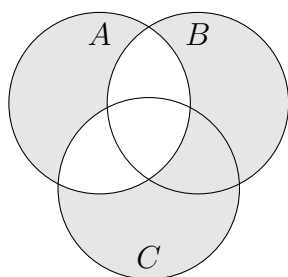
$$ii) A \Delta (B \cup C)$$

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

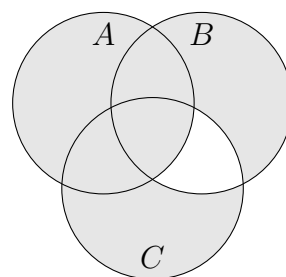




i)

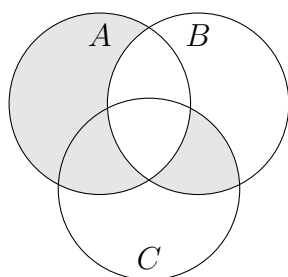


ii)

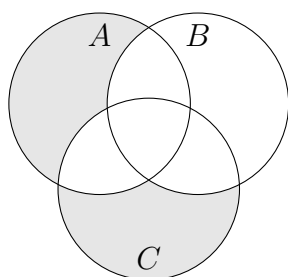


iii)

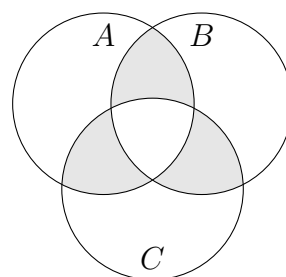
7. Encontrar fórmulas que describen las partes rayadas de los siguientes diagramas de Venn, utilizando únicamente intersecciones, uniones y complementos.



(a)



(b)



(c)

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

$\Rightarrow$ ) Pruebo por absurdo. Supongo que  $A \not\subseteq B \Rightarrow \exists x \in A \mid x \notin B$ .

Si  $x \in A \Rightarrow \{x\} \in \mathcal{P}(A) \xrightarrow[\mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)]{\text{hipótesis}} \{x\} \in \mathcal{P}(B) \Rightarrow x \in B$ . Absurdo 🐼.

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

$\Leftarrow$ ) quiero ver que  $A \subseteq B \Rightarrow \mathcal{P}(A) \subseteq \mathcal{P}(B)$ ,

$$\forall S \in \mathcal{P}(A) \iff S \subseteq A \stackrel{\text{hip}}{\subseteq} B \Rightarrow S \in \mathcal{P}(B).$$

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

**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 *demostración 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.

## 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  $z \in \mathbb{C}.$

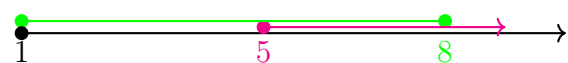
d)  $\exists n \in \mathbb{N} / \forall m \in \mathbb{N}, m > n.$

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?

(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  $m = 1 \nless 1$

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

☹... hay que hacerlo! 🙄

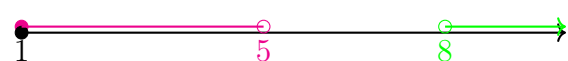
Si querés mandarlo: Telegram → 📧, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → 📄.

(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) 🤖... hay que hacerlo! 🤖

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

- (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)

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

**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. Pruebo 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

Hay distribución entre la resta y una diferencias simétrica.

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) **hacer**

iv) **hacer**

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

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

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

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

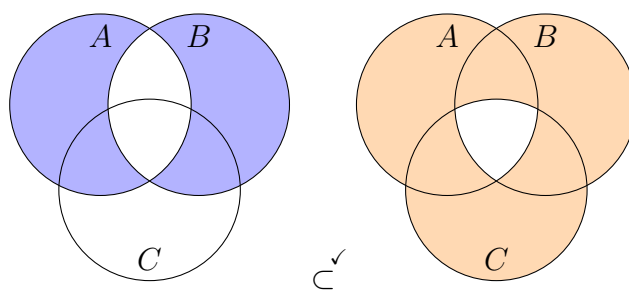
ii) Este sale sin tablas: Tratá de hacerlo con estas propiedades, ([notas teóricas acá](#)):

- 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) Unos diagramas de Venn porque sino parece cuentoso:

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



iv) **Hacer!**v) **Hacer!**vi) **Hacer!**vii) Mirando el ítem i) sale solo. Dado que  $X \triangle \emptyset \stackrel{!}{=} X$ 

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

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

$\times$	1	2	3	5	7
1	(1, 1)	...	...	...	(1, 7)
3	(3, 1)	...	...	...	(3, 7)

  
 $(A \cap B) \times (A \cup B) = \{s \in (A \cap B), t \in (A \cup B) / (s, t) \in (A \cap B) \times (A \cup B)\}$

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

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

🤖... hay que hacerlo! 🤖

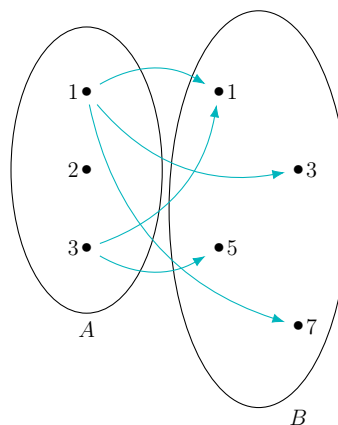
Si querés mandarlo: Telegram → , o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X → .

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

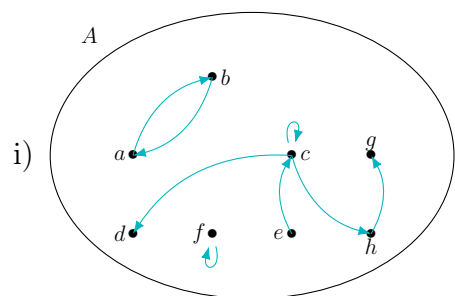
i)  $(a, b) \in \mathcal{R} \iff a \leq b \rightarrow (a, b) \in \mathcal{R} \iff \{(1, 1), (1, 3), (1, 5), (1, 7), (2, 3), (2, 5), (2, 7), (3, 3), (3, 5), (3, 7)\}$

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*.



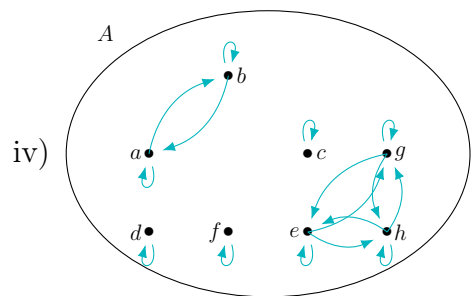
ii) 🤖... hay que hacerlo! 🤖

- No es reflexiva, porque no hay bucles en todos los vértices, en particular  $a \not\mathcal{R} a$ .
- No es simétrica, porque  $d \mathcal{R} c$ .
- No es antisimétrica, porque  $a \mathcal{R} b$  y  $b \mathcal{R} a$  con  $a \neq b$ .
- No es transitiva, porque  $c \mathcal{R} h$  y  $h \mathcal{R} g$ , pero  $c \not\mathcal{R} g$ .

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

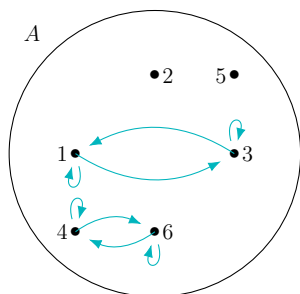
iii) 😞... hay que hacerlo! 🙏

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



- 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.

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.

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

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

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



*Reflexiva:*

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

*Simétrica:*

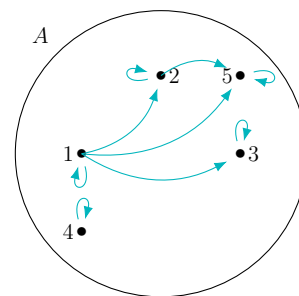
No es simétrica, dado que existe  $(1, 5)$ , pero no  $(5, 1)$

*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  $\mathcal{R}$ , 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  $X \mathcal{R} Y \iff 2 \notin X \cap Y^c$

$2 \in X$	$2 \in Y$	$2 \in Y^c$	$2 \in X^c$	$2 \notin X \cap Y^c$	$2 \notin Y \cap X^c$
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 contraejempl 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:*

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

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

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?

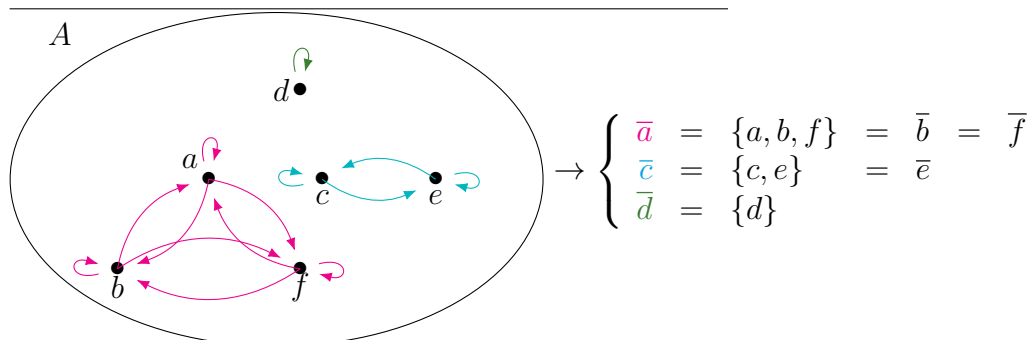
ii) de equivalencia y de orden  
Idem anterior

¿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:

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

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

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

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

*Reflexiva:* ¿ $A \mathcal{R} A$ ?

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

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

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

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

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

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

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

Acá uso la **sugerencia**.

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

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

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

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

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

- 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

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

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 ( $\triangle$ ). Con eso puedo reescribir la condición de más arriba como:

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

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

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

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  $\overline{A}$ :

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

27. Sean  $A = \{n \in \mathbb{N} / n \leq 92\}$  y  $\mathcal{R}$  la relación en  $A$  definida por  $x \mathcal{R} y \iff x^2 - y^2 = 93x - 93y$

- a) Probar que  $\mathcal{R}$  es una relación de equivalencia. ¿Es antisimétrica?
- b) 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:

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

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*:

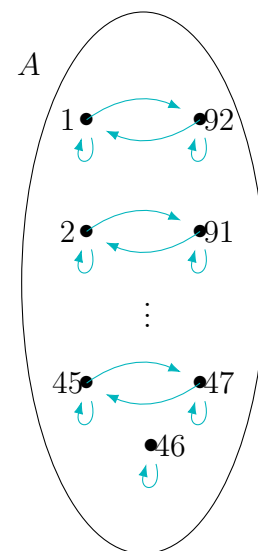
La  $\mathcal{R}$  no es antisimétrica, como contraejemplo se ve que  $1 \mathcal{R} 92$  y  $92 \mathcal{R} 1$  con  $1 \neq 92$  .

- 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  $1 + 92 = 93$ . De ahí se pueden inferir que todas las clases van a ser conjuntos *chiquitos*, con los números que sumen 93.

Las clases de equivalencia :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{1} = \bar{92} = \{1, 92\} \\ \bar{2} = \bar{91} = \{2, 91\} \\ \vdots \\ \bar{45} = \bar{47} = \{45, 47\} \\ \bar{46} = \{46\} \end{array} \right.$$

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



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.

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

- 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.

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

### 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  $B$ ,  $5 \not\mathcal{R} y$  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)  $A = \mathbb{N}$ ,  $B = \mathbb{R}$ ,  $\mathcal{R} = \{(a, b) \in \mathbb{N} \times \mathbb{R} / a = 2b - 3\}$

Es función.

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

No es función,  $\sqrt{2} \not\mathcal{R} b$  para ningún  $b \in \mathbb{N}$

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

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  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} \rightarrow$  🐙.

iii) 🤖... hay que hacerlo! 🤖

Si querés mandarlo: Telegram  $\rightarrow$  📧, o mejor aún si querés subirlo en  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} \rightarrow$  🐙.

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

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  $\rightarrow$  📎, o mejor aún si querés subirlo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  $\rightarrow$  🐙.


35. 😬... hay que hacerlo! 🧐

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

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 extras:

 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:

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

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.

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

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

Uso 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  $x \notin (A \cap B)^c \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} x \in (A \cap B) \xrightarrow[\text{hipótesis}]{\text{por}} x \in A^c \cup B^c \rightarrow \begin{cases} x \notin A \\ \vee \\ x \notin B \end{cases}$ , 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  $\text{Im}$  ya que,

$$\begin{cases} \# \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = 0 & \iff \text{Im}(f) \stackrel{\star^1}{=} \text{Im}(g) \\ \text{o} \\ \# \{\text{Im}(f) \setminus \text{Im}(g)\} = 4 & \iff \text{Im}(f) \stackrel{\star^2}{\cap} \text{Im}(g) = \emptyset \end{cases}$$

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*.

$$f \rightarrow \begin{cases} f(1) = 1 \\ f(2) = 2 \\ f(3) = 3 \\ f(4) = 4 \end{cases} \quad \text{y} \quad g \rightarrow \begin{cases} g(1) = 4 \\ g(2) = 3 \\ g(3) = 2 \\ g(4) = 1 \end{cases}$$

$\begin{cases} f \mathcal{R} g, \text{ sus imágenes cumplen } \star^1 \\ g \mathcal{R} f, \text{ sus imágenes cumplen } \star^1 \end{cases}$ , 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  $h \in \mathcal{F}$

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

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

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

$\mathcal{R}$  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  $\text{Cod} = \{5, 6, \dots, 49, 50\}$ .  
# 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

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

entonces

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

La relación es *transitiva*.

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