

# TP3 – Números

Agustina Sol Rojas

## Ejercicio 1.

Probar que no hay enteros simultáneamente pares e impares

1. Sea  $a \in \mathbb{Z}$ ,  $a$  es múltiplo de  $b \in \mathbb{Z}$  si  $\exists c \in \mathbb{Z} : a = b * c$
2. Un numero  $x \in \mathbb{Z}$  es par si es múltiplo de 2 ( $\exists c \in \mathbb{Z} : x = 2 * c$ ). Caso contrario es impar ( $\nexists c \in \mathbb{Z} : x = 2 * c$ ).

$\exists n \in \mathbb{Z} : n$  es par e impar

*Planteos auxiliares:*

$n$  es par  $\rightarrow \exists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$

$n$  es impar  $\rightarrow \nexists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$

$\therefore \exists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$  y  $\nexists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c \rightarrow$  absurdo.

$\therefore \nexists n \in \mathbb{Z} : n$  es par e impar

## Ejercicio 2.

Analizar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Si  $a|1$  entonces  $a = 1$  o  $a = -1$

*Planteos auxiliares:*

$a|1$  si  $\exists c \in \mathbb{Z} : 1 = a * c$

Si  $a = -1 \rightarrow -1|1$

$\exists d \in \mathbb{Z} : 1 = -1 * d$

Si  $a = 1 \rightarrow 1|1$

$\exists e \in \mathbb{Z} : 1 = 1 * e$

Como  $\exists c \in \mathbb{Z} : 1 = a * c$

entonces  $-1|1$  o  $1|1$

entonces  $\exists d \in \mathbb{Z} : 1 = -1 * d$  o  $\exists e \in \mathbb{Z} : 1 = 1 * e$

### Demostración

$$1 = -1 * d$$

$$\frac{1}{-1} = d$$

$$-1 = d$$

$$1 = 1 * e$$

$$\frac{1}{1} = e$$

$$1 = e$$

$$\therefore \exists d = -1 \in \mathbb{Z} : 1 = -1 * (-1) \text{ y } \exists e = 1 \in \mathbb{Z} : 1 = 1 * 1$$

$$\therefore \text{Si } a|1 \text{ entonces } a = 1 \text{ o } a = -1$$

b)  $a|b$  y  $b|c$  entonces  $a|c$

*Planteos auxiliares:*

$$a|b \text{ si } \exists d \in \mathbb{Z} : b = a * d$$

$$b|c \text{ si } \exists e \in \mathbb{Z} : c = b * e$$

$$a|c \text{ si } \exists f \in \mathbb{Z} : c = a * f$$

$$¿\exists f \in \mathbb{Z} : c = a * f?$$

$$\text{Como } \exists d \in \mathbb{Z} : b = a * d \text{ y } \exists e \in \mathbb{Z} : c = b * e$$

$$\text{entonces } \exists f \in \mathbb{Z} : c = a * f$$

### Demostración

$$b = a * d$$

$$c = b * e$$

$$c = b * e = (a * d) * e = a * (d * e) = a * f$$

$$f = d * e \in \mathbb{Z}$$

$$\therefore \exists f \in \mathbb{Z} : c = a * f \rightarrow a|c$$

c)  $a(a - 1)$  es par

Para poder demostrar que  $a(a-1)$  es par se demostrara primero que la multiplicación de un numero par con cualquier otro entero da un numero par:

Asumiendo que  $x$  es par, entonces  $\exists y \in \mathbb{Z} : x = 2 * y$

Sea  $z$  un entero cualquiera (sea par o no)

$x * z$  es par si  $\exists f \in \mathbb{Z} : x * z = 2 * f$

$$x = 2 * y$$

$$x * z = (2 * y) * z = 2 * (y * z) = 2 * f$$

$$f = (y * z) \in \mathbb{Z}$$

$$\therefore \exists f \in \mathbb{Z} : x * z = 2 * f$$

Ahora se demostrará que  $a(a-1)$  es par considerando dos casos:

1.  $a$  es par:

Si  $a$  es par, entonces  $\exists c \in \mathbb{Z} : a = 2 * c$

$$a = 2c$$

$$a(a - 1) = (2c) * (2c - 1)$$

Como  $2c$  es par,  $(2c) * (2c - 1)$  es par y por lo tanto  $a(a - 1)$  es par

2.  $a$  es impar:

Si  $a$  es impar, entonces  $\nexists c \in \mathbb{Z} : a = 2 * c$

Como no existe entero que haga valer la igualdad se tratara de aproximar de la mejor manera posible a  $a$  por un multiplo de 2, haciendo uso de la diferencia entre  $a$  y dicho número, lo que se llama resto, siendo aquel en este caso 1. Reescribiendo quedaría:

Si  $a$  es impar, entonces  $\exists c \in \mathbb{Z} : a = 2 * c + 1$

$$a = 2c + 1$$

$$a(a - 1) = (2c + 1) * (2c + 1 - 1) = (2c + 1) * (2c)$$

Como  $2c$  es par (por 1.),  $(2c + 1) * (2c)$  es par y por lo tanto  $a(a - 1)$  es par

d)  $x|y$  y  $y|z$  entonces  $x|yz$

*Planteos auxiliares*

$$x|y \text{ si } \exists t \in \mathbb{Z} : y = x * t$$

$$y|z \text{ si } \exists w \in Z : z = y * w$$

$$x|yz \text{ si } \exists j \in Z : yz = x * j$$

$$\text{Como } \exists t \in Z : y = x * t \text{ y } \exists w \in Z : z = y * w$$

$$\text{entonces } \exists j \in Z : yz = x * j$$

### Demostración

$$y = x * t$$

$$z = y * w$$

$$yz = (x * t) * (y * w) = x * (t * y * w) = x * j$$

$$j = (t * y * w) \in Z$$

$$\therefore \exists j \in Z : yz = x * j \rightarrow x|yz$$

## Ejercicio 3.

Si a un número se lo divide por 5, el resto es 3 y si se lo divide por 7, el resto es 4. ¿Cuál es el resto si se lo divide por 35 ?

a.  $N = 5q_1 + 3$

b.  $N = 7q_2 + 4$

$N = 35q + r$  ¿Cuál es el  $r$  si se divide al número por 35?

1. Se multiplican las ecuaciones (ambos lados de la igualdad) de tal forma que el primer término a la derecha de la igualdad tenga el valor de  $35 * q_i$ :

*Se hace uso de la propiedad distributiva.*

a.  $7N = 7 * 5q_1 + 3 * 7 = 35q_1 + 21$

b.  $5N = 5 * 7q_2 + 4 * 5 = 35q_2 + 20$

2. Luego se multiplicarán ambas ecuaciones de tal forma que la resta entre ambas nos deje un solo N:

a.  $3 * (7N) = 3 * 35q_1 + 21 * 3 \rightarrow 21N = 35 * (3q_1) + 63$

b.  $4 * 5N = 4 * 35q_2 + 20 * 4 \rightarrow 20N = 35 * (4q_2) + 80$

*Se reordena un poco la ecuación haciendo uso de la propiedad asociativa de la multiplicación.*

3. Se restan ambas ecuaciones:

$$\begin{array}{r} 21N = 35 * (3q_1) + 63 \\ - 20N = 35 * (4q_2) + 80 \\ \hline N = 35(3q_1 - 4q_2) + (63 - 80) \end{array}$$

Teniendo en cuenta que  $q_3 = (3q_1 - 4q_2) \in \mathbb{Z}$  nos queda:

$$N = 35q_3 + (-17)$$

4. Esto nos deja con un resto negativo, lo cual no es válido (el resto debe tomar valores  $0 \leq r < |35|$ ), para tener un ecuación con resto valido se la debe reescribir, para ello se sumará y se restara a la ecuación el numero 35 (es como sumar 0, el elemento neutro de la suma):

$$N = 35q_3 + (-17) + 35 - 35$$

Reescribiendo la ecuacion quedaría:

$$N = 35q_3 - 35 + 18$$

Sacamos factor común de  $35q_3 - 35$

$$N = 35(q_3 - 1) + 18$$

Teniendo en cuenta que  $q = (q_3 - 1) \in \mathbb{Z}$  nos queda:

$$N = 35q + 18$$

*$\therefore$  Si se divide a N por 35 el resto es 18*

## Ejercicio 4.

Sean  $a$  y  $b$  dos números enteros que tienen restos 4 y 7 respectivamente en la división por

11. Hallar los restos de la división por 11 de  $(a + b^2)$

a.  $a = 11 * q_1 + 4$

b.  $b = 11 * q_2 + 7$

$$(a + b^2) = 11 * q + r \text{ ¿Cuál es el } r \text{ si se divide } (a + b^2) \text{ por } 11?$$

1. Se reemplaza en  $(a + b^2)$  a  $a$  y a  $b$  por sus respectivas formulas y se aplican propiedades de la suma, la multiplicación y la regla del binomio:

$$\begin{aligned}(a + b^2) &= (11q_1 + 4) + (11q_2 + 7)^2 = 11q_1 + 4 + 11q_2 * 11q_2 + 2 * 11q_2 * 7 + 49 \\&= (11q_1 + 11q_2 * 11q_2 + 2 * 11q_2 * 7) + 53 \\&= 11 * (q_1 + (q_2)^2 + 14q_2) + 53\end{aligned}$$

2. Teniendo en cuenta que  $q_3 = (q_1 + (q_2)^2 + 14q_2) \in Z$  nos queda:

$$(a + b^2) = 11 * q_3 + 53$$

3. Esto nos deja con un resto mayor a  $|11|$ , lo cual no es válido (el resto debe tomar valores  $0 \leq r < |11|$ ), para tener un ecuación con resto valido se la debe reescribir, para ello escribirá a 53 como  $11 + 11 + 11 + 11 + 9$ :

$$(a + b^2) = 11 * q_3 + 11 + 11 + 11 + 11 + 9$$

Sacamos factor común de  $11 * q_3 + 11 + 11 + 11 + 11$

$$(a + b^2) = 11 * (q_3 + 4) + 9$$

Teniendo en cuenta que  $q = (q_3 + 4) \in Z$  nos queda:

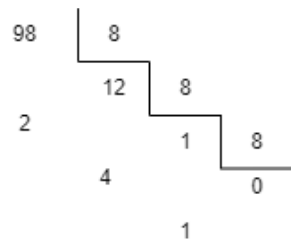
$$(a + b^2) = 11 * q + 9$$

$\therefore$  Si se divide  $a + b^2$  por 11 el resto es 9

## Ejercicio 5.

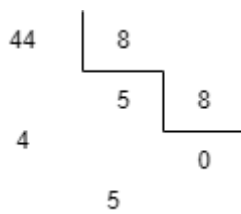
Convertir los siguientes números de base 10 a base 8:

a) 98



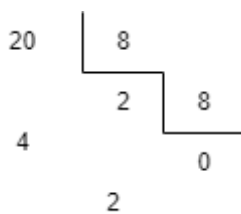
142

b) 44



54

c) 20



24

## Ejercicio 6.

Calcular el máximo común divisor entre

i) (16, 24)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$16 = 2 * 2 * 2 * 2$$

$$24 = 2 * 2 * 2 * 3$$

$2 * 2 * 2 = 2^3 = 8$  es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

ii) (70, 50)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$70 = 2 * 5 * 7$$

$$50 = 2 * 5 * 5$$

$2 * 5 = 10$  es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

iii) (121, 88)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$121 = 11 * 11$$

$$88 = 2 * 2 * 2 * 11$$

11 es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

iv) (-90, 90)

Como el 90 es un divisor de -90 (y de el mismo) el mcd es 90.

v) (980, 224)



Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$980 = 2 * 2 * 5 * 7 * 7$$

$$224 = 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 7$$

$2 * 2 * 7 = 28$  es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

## Ejercicio 7.

Probar que si  $a$  y  $b$  son enteros:

- a)  $a + b$  es coprimo con  $a$  (tener en cuenta  $(a, b) = 1$ )

Se quiere probar  $(a + b, a) = 1$

1. Dado  $(a + b, a) = d$ , por definicion de mcd se cumple:

- $d | a + b$ , es decir,  $\exists m_1 \in \mathbb{Z} : a + b = d * m_1$
- $d | a$ , es decir,  $\exists m_2 \in \mathbb{Z} : a = d * m_2$

2. Teniendo en cuenta que  $a + b = d * m_1$  restando en ambos lados de la ecuación a  $a$  quedaría:

$$b = d * m_1 - a = d * m_1 - d * m_2 = d(m_1 - m_2)$$

3. Teniendo en cuenta que  $c = m_1 - m_2 \in \mathbb{Z}$ :

$$b = d * c$$

4. Esto implica que  $d | b$

5. Por lo tanto si  $d | a + b$  y  $d | a$ , entonces  $d | b$  y  $d | a$  entonces  $d | (a, b)$  pero por enunciado se sabe que  $(a, b) = 1$ , por lo tanto no queda otra opción que  $d = 1$ , entonces  $(a + b, a) = 1$ , es decir,  $a + b$  es coprimo con  $a$ .

b) si  $a$  es no nulo,  $(a, 0) = |a|$

1. Dados  $a, 0 \in \mathbb{Z}$  si  $a$  no es nulo, entonces  $d$  es el mcd de  $a$  y  $0$  si  $d > 0$  y:
  - $d|a$  y  $d|0$ .
  - Si existe otro numero  $D$  tal que  $D|a$  y  $D|0$ , entonces necesariamente  $D|d$ .
2. Como  $d|0$  siempre se cumple, ya que  $0$  es divisible por todos los enteros, se debe buscar un  $d$  entero mayor a  $0$  tal que  $d|a$  cumpliéndose que exista otro número  $D$  tal que  $D|a$  y  $D|0$ , entonces  $D|d$ .
3. Para que  $d|a$  debe existir un  $c \in \mathbb{Z} : a = d * c$ 
  - a. Si  $a > 0, d = |a|$  y  $c = 1$  se cumple  $a = |a| * 1$
  - b. Si  $a < 0, d = |a|$  y  $c = -1$  se cumple  $a = |a| * -1$
4. En ambos casos el valor de  $d$  es  $|a|$ , ya que para cualquier otra combinación de valores de  $d$  y  $c$  no se cumpliría la igualdad  $a = d * c$  a la vez que se cumple la definición de mcd.
5. Entonces necesariamente  $d = |a|$ , por lo tanto si  $a$  es no nulo  $(a, 0) = |a|$ .

c)  $(a, b) = 1$  entonces  $ma + nb = k$ , con  $m, n$  y  $k$  enteros.

1. Dado que  $(a, b) = 1$ , por la Identidad de Bézout existen enteros  $m_1$  y  $n_1$  tal que:  
$$m_1 a + n_1 b = 1$$
2. Multiplicando a ambos lados de la ecuación por  $k$  quedaría:  
$$k * m_1 a + k * n_1 b = 1k \rightarrow (km_1)a + (kn_1)b = k$$
3. Teniendo en cuenta que  $m = km_1 \in \mathbb{Z}$  y  $n = kn_1 \in \mathbb{Z}$  nos queda:  
$$ma + nb = k$$
4. Por lo tanto queda demostrado que si  $(a, b) = 1$  entonces  $ma + nb = k$ , con  $m, n$  y  $k$  enteros.

## Ejercicio 8.

Hallar  $\text{mcd}(5k + 3, 3k + 2)$ , para cualquier  $k$  entero

1. Dado  $(5k + 3, 3k + 2)$  se desea encontrar un entero  $d > 0$  tal que para todo  $k$  se cumpla:

- $d|5k + 3$ , es decir,  $\exists m_1 \in \mathbb{Z} : 5k + 3 = d * m_1$
- $d|3k + 2$ , es decir,  $\exists m_2 \in \mathbb{Z} : 3k + 2 = d * m_2$
- Existe otro numero  $D$  tal que  $D|5k + 3$  y  $D|3k + 2$ , entonces necesariamente  $D|d$ .

2. Para ello se multiplicarán ambas ecuaciones de tal forma que los coeficientes de  $k$  en ambas tengan el mismo valor para poder eliminar el término con  $k$  al restarlas.

- $3 * 5k + 3 * 3 = 3 * d * m_1 \rightarrow 15k + 9 = 3 * d * m_1$
- $5 * 3k + 5 * 2 = 5 * d * m_2 \rightarrow 15k + 10 = 5 * d * m_2$

3. Luego se restan ambas ecuaciones:

$$\begin{array}{r} 15k + 9 = 3 * d * m_1 \\ - 15k + 10 = 5 * d * m_2 \\ \hline -1 = (3 * d * m_1 - 5 * d * m_2) \end{array}$$

4. Teniendo en cuenta que  $c = (3m_1 - 5m_2) \in \mathbb{Z}$  nos queda:

$$-1 = d(3m_1 - 5m_2) = d * c$$

5. Para que la igualdad se satisfaga  $d = 1$  y  $c = -1$  o  $d = -1$  y  $c = 1$ , con cualquier otra combinación de valores de  $d$  y  $c$  no se cumple la igualdad.

6. Siguiendo la definición de  $\text{mcd}$ ,  $d$  debe ser un valor positivo, por lo que necesariamente  $d = 1$ .

7. Por lo tanto  $(5k + 3, 3k + 2) = 1$  para todo  $k$ .

8. Por lo tanto  $5k + 3$  y  $3k + 2$  son coprimos para todo  $k$ .

## Ejercicio 9.

Sean  $a, b \in \mathbb{Z}$  y sea  $p$  primo. Demostrar que si  $p|ab$  entonces  $p|a$  o  $p|b$ .

Mostrar que esto no se cumple si  $p$  no es primo.

1. Suponiendo que  $p|ab$  por definicion de divisibilidad se cumple:

- $\exists c \in \mathbb{Z} : a * b = p * c$

2. Si  $p|a$  o  $p|b$  se cumple que:

- $\exists x \in \mathbb{Z} a = p * x$  o  $\exists w \in \mathbb{Z} b = p * w$

3. Siguiendo el Teorema Fundamental de la Aritmética siendo  $a$  y  $b$  enteros (distintos a 0, 1, -1) estos son productos finito de números primos y esa factorización es única salvo el orden:

- $a = \prod_{i=1}^n p_i^{\alpha_i}$
- $b = \prod_{j=1}^n q_j^{\alpha_j}$

4. Si  $p$  no es uno de los factores primos en la factorización de  $a$  entonces  $(a, p) = 1$ .

5. Siguiendo la Identidad de Bézout existen enteros  $m$  y  $n$  tales que:

$$1 = a * m + p * n$$

6. Multiplicamos ambos lados de la ecuación por  $b$  y la reescribimos un poco siguiendo las propiedades de la suma y la multiplicación para obtener:

$$b = a * b * m + p * n * b$$

7. Se sabe por hipótesis que  $a * b = p * c$ , por lo tanto se puede reemplazar  $a * b$  en la ecuación:

$$b = p * c * m + p * n * b$$

8. Usando algunas propiedades de la multiplicación y la suma, la ecuación se puede reescribir como:

$$b = p * (c * m + n * b)$$

9. Teniendo en cuenta que  $w = (c * m + n * b) \in \mathbb{Z}$ :

$$b = p * w$$

10. Por lo tanto se cumple que  $p|b$
11. Como se demostró que si  $p|ab$  y  $p$  no divide a  $a$ , entonces  $p$  necesariamente debe dividir a  $b$ , lo cual se termina demostrando. Por lo tanto la afirmación es verdadera.
12. Se puede demostrar de forma análoga si  $p|ab$  y  $p$  no divide a  $b$ , entonces  $p$  necesariamente debe dividir a  $a$ .

Si  $p$  no es primo, esto no se cumple:

Contraejemplo:

1. Sean:
  - $p = 6$
  - $a = 2$
  - $b = 3$
2.  $a * b = 2 * 3 = 6$ , claramente  $6|6$ , ya que  $\exists c \in \mathbb{Z} : 6 = 6 * c$ , con  $c = 1$ .
3. No se cumple que  $6|2$  puesto que  $\nexists c \in \mathbb{Z} : 2 = 6 * c$
4. No se cumple que  $6|3$  puesto que  $\nexists d \in \mathbb{Z} : 3 = 6 * d$
5. Esto demuestra que si  $p$  no es primo, puede dividir a  $a * b$  sin dividir a ninguno de los factores individuales.

## Ejercicio 10.

Hallar, si existe, un número entero  $q$  tal que  $7290q$  es el cubo de un entero

1. Se debe hallar un  $q \in \mathbb{Z}$  tal que  $7290 * q = x^3$
2. Se reescribirá a 7290 como su descomposición en factores primos:

$$7290 = 2^1 \cdot 3^6 \cdot 5^1$$

3. Para que  $7290 * q = x^3$  todos los exponentes deben ser múltiplos de 3:
  - $2^1$  necesita ser elevado a la  $2^3$  por lo tanto se necesita  $2^2$ .
  - $3^6$  ya es múltiplo de 3.
  - $5^1$  necesita ser elevado a la  $5^3$  por lo tanto se necesita  $5^2$
4. Como 7290 está siendo multiplicado por  $q$ , se puede establecer el valor de ese  $q$  como lo que “necesita” cada factores primo para tener un exponente múltiplo de 3, eso nos dejaría:

$$q = 2^2 * 5^2 = 100$$

5. Por lo tanto  $q$  debe ser 100 para que  $7290 * q = x^3$
6. Verificación:

$$7290 * 100 = x^3$$

$$\sqrt[3]{7290 * 100} = \sqrt[3]{x^3}$$

$$\sqrt[3]{2^3 * 3^6 * 5^3} = \sqrt[3]{x^3}$$

$$2 * 3^2 * 5 = x$$

$$x = 90$$

$$x^3 = 90^3 = 729000$$

## Ejercicio 11.

Demostrar que dados  $a$  y  $b$  en  $\mathbb{Q}$  tales que  $a < b$ , existe otro número racional  $x$  tal que  $a < x < b$ .

1. Sean  $a$  y  $b$  en tales que  $a < b$ :

- Si se suma  $a$  en ambos lados de la desigualdad quedaría:

$$a + a < b + a \rightarrow 2a < a + b$$

- Si se suma  $b$  en ambos lados de la desigualdad quedaría:

$$a + b < b + b \rightarrow a + b < 2b$$

2. Como ambas desigualdades contienen la expresión  $a + b$  se las puede juntar y quedaría:

$$2a < a + b < 2b$$

3. Multiplicando todo por  $\frac{1}{2}$  nos quedaría:

$$\frac{2a}{2} < \frac{a+b}{2} < \frac{2b}{2} \rightarrow a < \frac{a+b}{2} < b$$

4. Por lo tanto existe otro número racional  $x = \frac{a+b}{2}$  tal que  $a < x < b$ .

## Ejercicio 12.

Probar que no existe un número racional cuyo cubo sea igual a 2.

1. Sea  $r = \frac{p}{q}$  donde  $q \neq 0$ ,  $p \in \mathbb{Z}$ ,  $q \in \mathbb{Z}$  y  $\frac{p}{q}$  es el representante canónico de  $r$ , es decir, es una fracción irreducible.

2. Si  $r^3 = 2$  entonces  $\left(\frac{p}{q}\right)^3 = 2$

3. Esto implica que  $\frac{p^3}{q^3} = 2$

4. Multiplicando ambos lados de la ecuación por  $q^3$ :

$$p^3 = 2 * q^3$$

5. Esto implica que  $p^3$  es par (ya que el cubo de un numero impar no puede ser un número par, debido a que impar \* impar \* impar es un numero impar, no lo voy a demostrar abrazo), por lo tanto  $p$  debe ser un número par. Si  $p$  es par, se puede escribir como:

$$p = 2 * c \text{ con } c \in \mathbb{Z}$$

6. Sustituyendo  $p = 2 * c$  en la ecuación:

$$(2 * c)^3 = 2 * q^3 \rightarrow 8 * c^3 = 2 * q^3$$

7. Dividiendo ambos lados por 2, obtenemos:

$$4 * c^3 = q^3 \rightarrow 2 * 2 * c^3 = q^3$$

8. Esto implica que  $q^3$  es divisible por 2, y por lo tanto,  $q^3$  también es par. Si  $q$  es par, se puede escribir como:

$$q = 2 * k \text{ con } k \in \mathbb{Z}.$$

9. Dado que tanto  $p$  como  $q$  son pares, se contradice la suposición de que  $\frac{p}{q}$  no es una fracción irreducible y por tanto la hipótesis de partida es falsa. Entonces, no existe un número racional cuyo cubo sea igual a 2.

## Ejercicio 13.

Indique la parte real  $\text{Re}(z)$  y la parte imaginaria  $\text{Im}(z)$  de los siguientes complejos:



$$a) \sqrt{-49} = \sqrt{49} * \sqrt{-1} = 7 * \sqrt{-1} = 7i = 0 + 7i \text{ donde } Re(z) = 0 \text{ y } Im(z) = 7$$

$$b) \sqrt{-20} = \sqrt{4} * \sqrt{5} * \sqrt{-1} = 2\sqrt{5}i = 0 + 2\sqrt{5}i \text{ donde } Re(z) = 0 \text{ y } Im(z) = 2\sqrt{5}$$

$$c) \sqrt{-\frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{9}{16}} * \sqrt{-1} = \sqrt{\frac{3^2}{4^2}} * i = \frac{3}{4}i = 0 + \frac{3}{4}i \text{ donde } Re(z) = 0 \text{ y } Im(z) = \frac{3}{4}$$

$$d) z = -8 = -8 + 0i \text{ donde } Re(z) = -8 \text{ y } Im(z) = 0$$

$$e) z = 7i = 0 + 7i \text{ donde } Re(z) = 0 \text{ y } Im(z) = 7$$

$$f) z = (3 + 1)(5 - 4i) = (15 - 4) + i(12 + 5) = 11 + 17i \text{ donde } Re(z) = 11 \text{ y } Im(z) = 17$$

$$g) z = 3i - (5 - 2i) = (0 + 3i) + (-5 + 2i) = -5 + 5i \text{ donde } Re(z) = -5 \text{ y } Im(z) = 5$$

$$h) \frac{1+3i}{3-i} = \frac{1+3i}{3-i} * \frac{3+i}{3+i} = \frac{(3-3)+i(1+9)}{(9+1)+i(3-3)} = \frac{10i}{10+i0} = \frac{10i}{10} = i \text{ donde } Re(z) = 0 \text{ y } Im(z) = 1$$

$$i) \frac{1-i}{(1+i)^2} = \frac{1-i}{2i} = \frac{1-i}{2i} * \frac{-2i}{-2i} = \frac{-2-2i}{4} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i \text{ donde } Re(z) = -\frac{1}{2} \text{ y } Im(z) = -\frac{1}{2}$$

## Ejercicio 14.

La suma de un número complejo y su conjugado es  $-8$  y la suma de sus módulos es  $10$ .

De qué números complejos se trata?

1. Se sabe que dado un numero complejo  $z = a + ib$  con  $a \in R$  y  $b \in R$

- Su conjugado es  $\bar{z} = a - ib$
- Su modulo es  $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$

2. El enunciado dice:

- $z + \bar{z} = -8$
- $|z| + |\bar{z}| = 10$

3. Reemplazando en  $z + \bar{z} = -8$  por  $a + ib$  y  $a - ib$  respectivamente:

$$a + ib + (a - ib) = -8$$

$$2a + 0 = -8$$

$$\frac{2}{2}a = -\frac{8}{2}$$

$$a = -4$$

4. Reemplazando en  $|z| + |\bar{z}| = 10$  por  $\sqrt{a^2 + b^2}$  y  $\sqrt{a^2 + (-b)^2}$  respectivamente:

$$\sqrt{a^2 + b^2} + \sqrt{a^2 + (-b)^2} = 10$$

Teniendo en cuenta que  $(-b)^2 = b^2$

$$2\sqrt{a^2 + b^2} = 10$$

$$\frac{2\sqrt{a^2 + b^2}}{2} = \frac{10}{2}$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 5$$

Como sabemos por 3. que  $a = -4$  lo reemplazamos

$$\sqrt{16 + b^2} = 5$$

$$16 + b^2 = 25$$

$$b^2 = 9$$

$$b = \sqrt{9}$$

$$b = \pm 3$$

5. Por lo tanto  $z_1 = -4 + 3i$  y  $z_2 = -4 - 3i$

## Ejercicio 15.

Hallar, si existe,  $x$  real tal que  $\operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$  siendo  $z = \frac{x+2i}{4-3i}$

1. Se debe buscar un  $x \in \mathbb{R}$  tal que  $\operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$  siendo  $z = \frac{x+2i}{4-3i}$
2. Teniendo en cuenta que:

$$\frac{x+2i}{4-3i} = \frac{x+2i}{4-3i} * \frac{4+3i}{4+3i} = \frac{(4x-6) + i(3x+8)}{25} = \frac{(4x-6)}{25} + \frac{i(3x+8)}{25}$$

3. Nos queda que  $Re(z) = \frac{4x-6}{25}$  y  $Im(z) = \frac{3x+8}{25}$

4. Reemplazando en  $Re(z) = Im(z)$ :

$$\frac{4x-6}{25} = \frac{3x+8}{25}$$

$$4x-6 = 3x+8$$

$$4x-3x = 8+6$$

$$x = 14$$

5. Por lo tanto  $\exists x \in \mathbb{Z} : Re(z) = Im(z)$  y ese  $x = 14$ .

## Ejercicio 16.

Encontrar, si existe, un valor de  $k$  real para que el complejo  $\frac{2-(1+k)i}{1-ki}$  sea un número real.

1. Se debe buscar un  $k \in \mathbb{R}$  tal que  $\frac{2-(1+k)i}{1-ki}$  sea un numero real, es decir  $Im(z) = 0$

2. Teniendo en cuenta que:

$$\begin{aligned} \frac{2-(1+k)i}{1-ki} &= \frac{2-(1+k)i}{1-ki} * \frac{1+ki}{1+ki} = \frac{(2+k1+k^2) + i(2k-1-k)}{1+k^2} \\ &= \frac{(2+k1+k^2)}{1+k^2} + \frac{(2k-1-k)}{1+k^2} * i \end{aligned}$$

3. Nos queda que  $Re(z) = \frac{(2+k1+k^2)}{1+k^2}$  y  $Im(z) = \frac{(2k-1-k)}{1+k^2}$

4. Reemplazando en  $Im(z) = 0$ :

$$\frac{(2k-1-k)}{1+k^2} = 0$$

$$2k-1-k = 0$$

$$k = 1$$

5. Por lo tanto  $\exists k \in \mathbb{Z} : \text{Im}(z) = 0$  y ese  $k = 1$ .

## Ejercicio 17.

Calcular las siguientes potencias:

$$\text{a) } i^{489} = i^{4 \cdot 122 + 1} = i^{4 \cdot 122} i^1 = (i^4)^{122} * i^1 = 1^{122} * i = 1 * i = i$$

$$\text{b) } -i^{1026} = -1 * i^{1026} = -1 * i^{4 \cdot 256 + 2} = -1 * (i^4)^{256} * i^2 = -1 * 1^{256} * i^2 = -1 * 1 * -1 = 1$$

$$\text{c) } (3i)^{168} = 3^{168} * i^{168} = 3^{168} * i^{4 \cdot 42} = 3^{168} * (i^4)^{42} = 3^{168} * 1^{42} = 3^{168} * 1 = 3^{168}$$

## Ejercicio 18

Dados los siguientes números complejos, encontrar la forma más adecuada para realizar las operaciones pedidas:

$$z_1 = 3 + 3i \quad z_2 = -1 + i \quad z_3 = 5 + 4i \quad z_4 = 9 \quad z_5 = 5i \quad z_6 = -7 \quad z_7 = -4 - 4i$$

$$z_8 = -8i \quad z_9 = 2 - 2i \quad z_{10} = 3 - 4i$$

$$\text{a) } z_1 + z_2 = (3 + 3i) + (-1 + i) = 2 + 4i$$

$$\text{b) } z_5 - z_3 = (0 + 5i) - (5 + 4i) = (0 + 5i) + (-5 - 4i) = -5 + i$$

$$\text{c) } z_9 * z_6 = (2 - 2i) * (-7 + 0i) = -14 + 14i$$

$$\text{d) } \frac{z_8}{z_{10}} = \frac{-8i}{3-4i} = \frac{-8i}{3-4i} * \frac{3+4i}{3+4i} = \frac{32-24i}{25} = \frac{32}{25} - \frac{24}{25}i$$

$$\text{e) } z_3 + z_6 = (5 + 4i) + (-7 + 0i) = -2 + 4i$$

$$f) \quad z_2 - z_6 = (-1 + i) - (-7 + 0i) = (-1 + i) + (7 - 0i) = 6 + i$$

$$g) \quad z_3 * z_{10} = (5 + 4i) * (3 - 4i) = 31 - 8i$$

$$h) \quad z_1^3 = (5 + 4i)^3$$

$$|z_1| = \sqrt{5^2 + 4^2} = \sqrt{25 + 16} = \sqrt{41}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{4}{5}\right) = 0.6747$$

El numero complejo  $5 + 4i$  en forma exponencial es:

$$z_1 = \sqrt{41}e^{i0.6747}$$

$$z_1^3 = \left(\sqrt{41}e^{i0.6747}\right)^3 = \sqrt{41}^3 * e^{i*0.6747*3} = 41\sqrt{41} * e^{i2.0241}$$

$$i) \quad z_9^9 = (2 - 2i)^9$$

$$|z_9| = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{-2}{2}\right) = -\frac{\pi}{4}$$

El numero complejo  $2 - 2i$  en forma exponencial es:

$$z_9 = \sqrt{8}e^{i*-\frac{\pi}{4}} \rightarrow \sqrt{8}e^{i\frac{7}{4}\pi} \text{ escrito con arg entre } 0 \text{ y } 2\pi$$

$$z_9^9 = \left(\sqrt{8}e^{i*-\frac{\pi}{4}}\right)^9 = \sqrt{8}^9 * e^{i*-\frac{\pi}{4}*9} = 8192\sqrt{2} * e^{i-\frac{9}{4}\pi}$$

El numero complejo  $2 - 2i$  en forma trigonométrica es:

$$z_9 = \sqrt{8}\left(\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + i * \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right)\right) \rightarrow \sqrt{8}\left(\cos\left(\frac{7}{4}\pi\right) + i * \sin\left(\frac{7}{4}\pi\right)\right)$$

$$\begin{aligned} z_9^9 &= \left(\sqrt{8}\left(\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + i * \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right)\right)\right)^9 = \sqrt{8}^9\left(\cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right)\right) \\ &= 8192\sqrt{2}\left(\cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right)\right) \end{aligned}$$

Como  $-\frac{9}{4}\pi$  debe ser un valor entre 0 y  $2\pi$ :

$$-\frac{9}{4}\pi + 4\pi = \frac{7}{4}\pi$$

$$8192\sqrt{2} * e^{i\frac{7}{4}\pi} = 8192\sqrt{2} * e^{i\frac{7}{4}\pi}$$

$$8192\sqrt{2} \left( \cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right) \right) = 8192\sqrt{2} \left( \cos\left(\frac{7}{4}\pi\right) + i * \sin\left(\frac{7}{4}\pi\right) \right)$$

$$j) \quad z_5^{15} = (5i)^{15} = 5^{15} * i^{15} = 5^{15} * i^{4*3+3} = 5^{15} * (i^4)^3 * i^3 = 5^{15} * 1^3 * -i = 5^{15} * -i$$

$$k) \quad z_{10}^3 = (3 - 4i)^3$$

$$|z_{10}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{-4}{3}\right) = -0.927295218$$

El numero complejo  $3 - 4i$  en forma exponencial es:

$$z_{10} = 5e^{i*(-0.927295218)} \rightarrow 5e^{i*5.35589} \text{ escrito con arg entre } 0 \text{ y } 2\pi$$

$$z_{10}^3 = (5e^{i*(-0.927295218)})^3 = 125 * e^{i*(-0.927295218)*3} = 125 * e^{i*-2.78188}$$

Como  $-2.78188$  debe ser un valor entre  $0$  y  $2\pi$ :

$$-2.78188 + 2\pi = 3.50130$$

$$125 * e^{i*3.50130}$$

l) Hallar las raíces cuartas de  $z_2$

$$z_2 = -1 + i$$

$$|z_2| = \sqrt{(-1)^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{-1}\right) = -\frac{1}{4}\pi$$

Como  $-\frac{1}{4}\pi$  debe ser un valor entre  $0$  y  $2\pi$ :

$$-\frac{1}{4}\pi + 2\pi = \frac{7}{4}\pi$$

El numero complejo  $-1 + i$  en forma exponencial es:

$$z_2 = \sqrt{2}e^{i\frac{7}{4}\pi}$$

Se debe buscar la raíces cuartas de  $\sqrt{2}e^{i\frac{7}{4}\pi}$

$$|w| = \sqrt[4]{\sqrt{|z|}} = \sqrt[4]{\sqrt{2}} = \sqrt[8]{2}$$

$$\alpha_k = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2k\pi}{4}; 0 \leq k \leq 3$$

$$\alpha_0 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 0 * \pi}{4} = \frac{7}{16}\pi$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 1 * \pi}{4} = \frac{15}{16}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 2 * \pi}{4} = \frac{23}{16}\pi$$

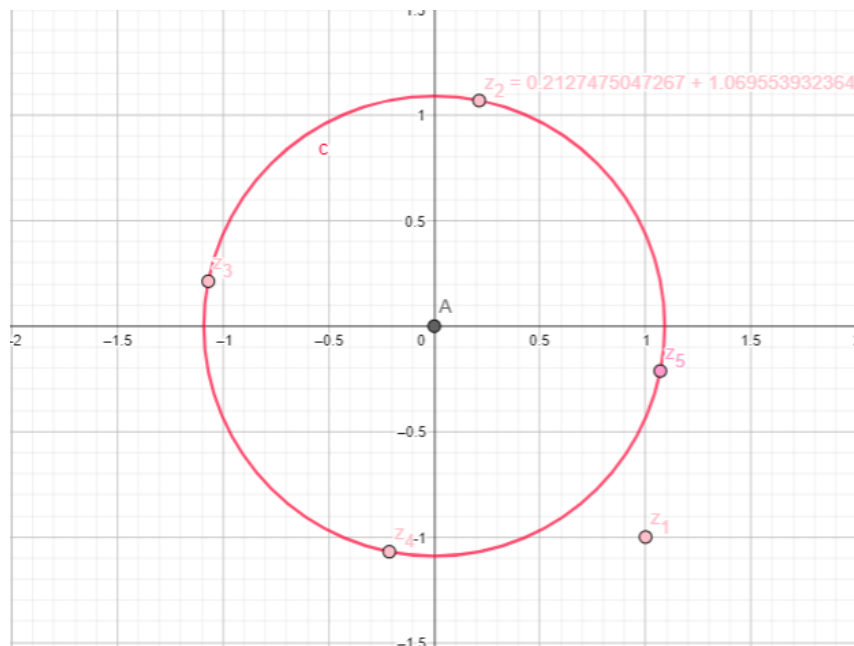
$$\alpha_3 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 3 * \pi}{4} = \frac{31}{16}\pi$$

$$w_0 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{7}{16}\pi}$$

$$w_1 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{15}{16}\pi}$$

$$w_2 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{23}{16}\pi}$$

$$w_3 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{31}{16}\pi}$$



(si hago las cuentas con  $-\frac{1}{4}\pi$  me da los mismos puntos)

m) Hallar las raíces cúbicas de  $z_4$

$$z_4 = 9 + 0i$$

$$|z_4| = \sqrt{9^2 + 0^2} = \sqrt{81} = 9$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{0}{9}\right) = 0$$

El número complejo  $9 + 0i$  en forma exponencial es:

$$z_4 = 9e^{i \cdot 0}$$

Se debe buscar las raíces cúbicas de  $9e^{i \cdot 0}$

$$|w| = \sqrt[3]{\sqrt{|z|}} = \sqrt[3]{9}$$

$$\alpha_k = \frac{0 + 2k\pi}{3}; 0 \leq k \leq 2$$

$$\alpha_0 = \frac{0 + 2 \cdot 0 \cdot \pi}{3} = 0$$

$$\alpha_1 = \frac{0 + 2 \cdot 1 \cdot \pi}{3} = \frac{2}{3}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{0 + 2 \cdot 2 \cdot \pi}{3} = \frac{4}{3}\pi$$

$$w_0 = 9e^0$$

$$w_1 = 9e^{\frac{2}{3}\pi}$$

$$w_2 = 9e^{\frac{4}{3}\pi}$$

n) Hallar las raíces séptimas de  $i$

$$|0 + i| = \sqrt{0^2 + 1^2} = \sqrt{1} = 1$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

El número complejo  $i$  en forma exponencial es:  $e^{i\frac{\pi}{2}}$

Se debe buscar las raíces séptimas de  $e^{i\frac{\pi}{2}}$



$$|w| = \sqrt[7]{|i|} = \sqrt[7]{1} = 1$$

$$\alpha_k = \frac{\frac{\pi}{2} + 2k\pi}{7}; 0 \leq k \leq 6$$

$$\alpha_0 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 0 * \pi}{7} = \frac{\pi}{14}$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 1 * \pi}{7} = \frac{5}{14}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 2 * \pi}{7} = \frac{9}{14}\pi$$

$$\alpha_3 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 3 * \pi}{7} = \frac{13}{14}\pi$$

$$\alpha_4 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 4 * \pi}{7} = \frac{17}{14}\pi$$

$$\alpha_5 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 5 * \pi}{7} = \frac{3}{2}\pi$$

$$\alpha_6 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 6 * \pi}{7} = \frac{25}{14}\pi$$

$$w_0 = e^{\frac{\pi}{14}}$$

$$w_1 = e^{\frac{5}{14}\pi}$$

$$w_2 = e^{\frac{9}{14}\pi}$$

$$w_3 = e^{\frac{13}{14}\pi}$$

$$w_4 = e^{\frac{17}{14}\pi}$$

$$w_5 = e^{\frac{3}{2}\pi}$$

$$w_6 = e^{\frac{25}{14}\pi}$$