

Tema 1: Números Reales.

En este tema, estudiaremos lo que son los números reales, el conjunto de los números *reales* y los distintos subconjuntos (Naturales, Enteros, Racionales e Irracionales), así como las distintas "operaciones" que se pueden llevar a cabo con ellos. Finalmente obtendremos un leve conocimiento de las potencias y los radicales.

1.- Números Naturales.

Habitualmente utilizamos los números *naturales* para contar. Definimos este conjunto con la letra \mathbb{N} , y está formado por 0, 1, 2, 3... . La suma y producto de naturales siempre es un número natural, pero su diferencia no, ya que por ejemplo $3 - 5 = -2 \notin \mathbb{N}$.⁽¹⁾ El cociente de números naturales es natural, si la división es exacta.

2.- Números Enteros.

Habitualmente utilizamos los números *enteros* para expresar la temperatura, dinero endeudado, etc. Definimos este conjunto con la letra \mathbb{Z} , y está formado por ...-3,-2,-1, 0,1,2,3... . Su suma, diferencia y producto siempre es un número entero. El cociente es entero si la división es exacta. Podemos observar que $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z}$.⁽²⁾

3.- Números Racionales.

Definimos un número *racional* como el cociente de dos números enteros con denominador distinto de cero, como por ejemplo $\frac{-5}{3}$. Definimos el conjunto de números racionales con la letra \mathbb{Q} . La suma, diferencia, producto y cociente de racionales es otro racional. Los números *decimales* (exactos, periódicos puros y periódicos mixtos) son números racionales, salvo los ilimitados. Al final del tema, se puede ver un apéndice, donde se explica el procedimiento para pasar de números decimales a fracción.

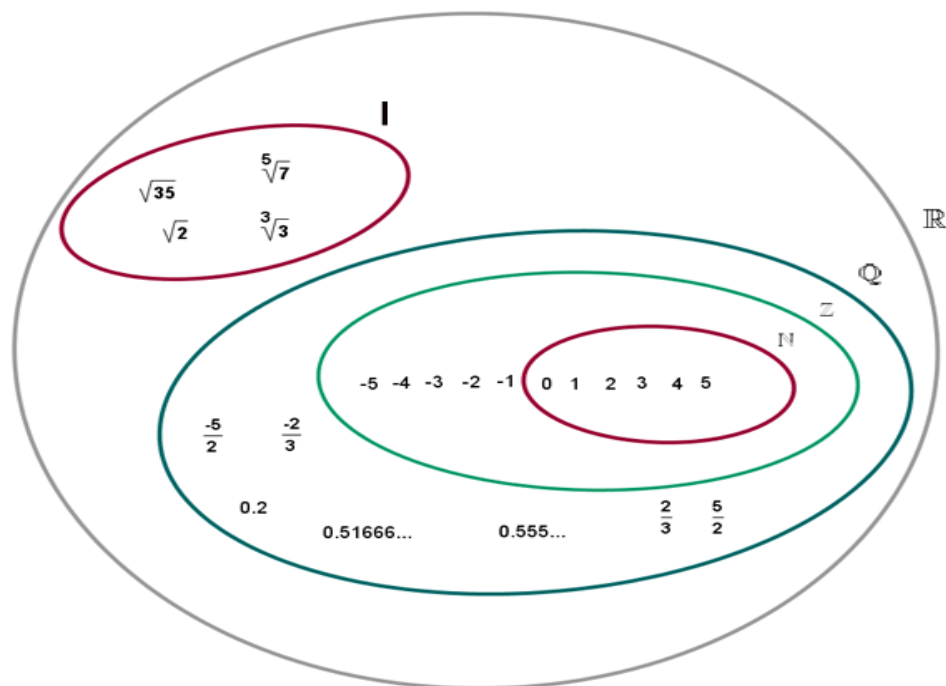
4.- Números Irracionales.

Son aquellos que poseen infinitas cifras decimales no periódicas y no se pueden expresar como una fracción. Definimos el conjunto de los números *irracionales* con la letra \mathbb{I} . Los más conocidos son: $\pi = 3,141592 \dots$, $e = 2,718 \dots$, $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$. Los radicales también pertenecen a este conjunto, como por ejemplo $\sqrt[7]{3}$.

(1) El símbolo \in significa "pertenece", por lo tanto, el símbolo \notin significa "no pertenece".

(2) El símbolo \subset significa "contenido".

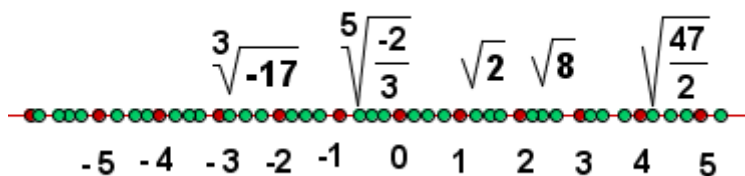
Como podemos observar, $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q}$. Podemos ver representado estas inclusiones en el siguiente esquema, en el que además podemos visualizar el conjunto \mathbb{I} .



Una vez visto los subconjuntos que forman el gran conjunto de los números reales, pasamos a estudiar a fondo este conjunto.

5.- Números Reales.

Con los números *reales* podemos realizar prácticamente todas las operaciones posibles. Representamos este conjunto, como hemos podido observar en el esquema anterior, con la letra \mathbb{R} . A cada valor real, le corresponde un punto en la denominada *recta real*, la cual es infinita. En la recta real podemos representar los valores reales, precisando tanto como queramos y aproximando tanto como queramos, pero podemos representarlos incluso de forma exacta. Podemos observar una representación de la real en el siguiente esquema:



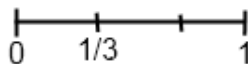
Para representar valores enteros, basta con dar valores en la recta. La representación de racionales, se complica un poco por los posibles valores decimales que pueda tener, aún así se podría aproximar bastante. El problema mayor, lo podríamos tener al representar números irracionales, como por ejemplo un radical, de ahí, que vayamos a dedicar un apartado de este tema a aprender a representar números radicales.

6.- Representación de fracciones y radicales.

Primero empezaremos con la representación de fracciones. Tenemos que diferenciar dos casos:

- **Si el denominador es mayor que el numerador:** en este caso, al dividir por un número mayor, el valor decimal que obtenemos es un valor menor que la unidad, por lo que el valor a representar estará entre 0 y 1. En este caso dividimos el intervalo $[0,1]$ en tantas partes como denominador tengamos y tomamos tantas partes como numerador tengamos. Veamos un ejemplo:

- Vamos a representar $\frac{1}{3}$: Como el denominador es menor que el numerador, el valor estará entre 0 y 1. Dividimos el intervalo $[0,1]$ en 3 partes, ya que el denominador es 3 y tomamos 1 parte, luego la representación es:



- **Si el denominador es menor que el numerador:** en este caso, al dividir por un número menor, el valor decimal que obtenemos es un valor mayor que la unidad. Separamos la fracción en unidades hasta llegar a una fracción en la que el denominador sea mayor que el numerador, de modo que representamos el valor a partir de la suma de las unidades que hemos obtenido junto a la fracción, la cual se representa como en el ejemplo anterior. Veamos un ejemplo:

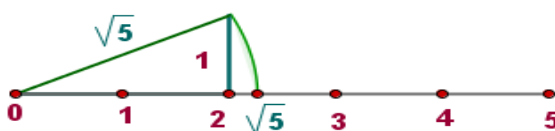
- Vamos a representar $\frac{7}{3}$: Como el denominador es menor que el numerador, estamos en el caso que vamos a representar. Ahora podemos hacer:

$$\frac{7}{3} = \frac{3}{3} + \frac{3}{3} + \frac{1}{3} = 1 + 1 + \frac{1}{3} = 2 + \frac{1}{3}$$
 Luego empezaremos a representar a partir del dos y dividiremos el intervalo $[2,3]$ en 3 partes, ya que el denominador es 3, y tomaremos 1, ya que el numerador es 1, luego la representación es:



Una vez que sabemos representar fracciones, pasemos a la representación de radicales, siempre y cuando, la raíz no sea exacta. Explicaremos el procedimiento con un ejemplo, en este caso hemos escogido para representar $\sqrt{5}$:

1. Ponemos el valor de dentro de la raíz como la suma de dos naturales elevados al cuadrado en el que el segundo valor siempre tiene que ser 1. En el ejemplo, $5 = 4 + 1 = 2^2 + 1^2$.
2. Una vez obtenido estos dos valores, el primero nos indica en que valor debemos de empezar a representar, y el segundo, nos indica la altura que debemos elevar. En el ejemplo, empezaremos a representar en 2 y subiremos 1 unidad hacia arriba.
3. Pinchamos con un compás en 0 y lo llevamos hasta la altura que hemos elevado, y bajamos de modo que el valor que hemos obtenido es el valor que tenemos que representar. En nuestro ejemplo la representación queda de esta manera:



Una vez vista la representación pasamos a estudiar las propiedades de la suma y el producto de los números reales.

7.- Propiedades de la suma de números reales.

Las propiedades de la suma de número reales son:

- **Asociativa:** $(a + b) + c = a + (b + c)$. Ejemplo: $(2 + 4) + \sqrt{3} = 2 + (4 + \sqrt{3})$.
- **Conmutativa:** $a + b = b + a$.
- **Elemento neutro:** $a + 0 = a$.
- **Elemento opuesto:** $a - a = a + (-a) = 0$.

8.- Propiedades del producto de números reales.

La regla de los signos de los números enteros y racionales se sigue manteniendo en los números reales, como era de esperar. Las propiedades del producto de reales son:

Regla de signos	
+	por + = +
+	por - = -
-	por + = -
-	por - = +

- **Asociativa:** $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$.
- **Conmutativa:** $a \cdot b = b \cdot a$.
- **Elemento neutro:** $a \cdot 1 = a$.
- **Elemento inverso:** $a \cdot \frac{1}{a} = a$.
- **Propiedad distributiva de la suma y producto:** $(a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c$.

1. Clasifica los siguientes números en $\mathbb{N}, \mathbb{Z}, \mathbb{Q}, \mathbb{I}, \mathbb{R}$: $\pi, 23, \sqrt[3]{9}, -3, 5.\overline{83}, \frac{3}{8}$.
2. Representar en la recta real los números: $3, \sqrt{2}, \frac{1}{4}, \frac{8}{3}$.
3. Probar que los números $8, -2$ y $\sqrt{5}$, verifican las propiedades de suma y producto.



En la siguiente sección seguiremos estudiando los números reales y la recta real, definiendo unos subconjuntos de esta, a los que denominaremos *intervalos*. Posteriormente estudiaremos las *semirrectas* de la recta real.

9.- Intervalos.

Definimos como *intervalo*, al conjunto de números comprendidos entre dos números dados, a y b , a los que denominaremos extremos del intervalo. Los intervalos pueden ser, *abiertos, cerrados, semiabiertos o semicerrados*:

- **Intervalo abierto (a, b) :** Se representa entre paréntesis y se define como el conjunto de los números mayores que a y menores que b . $\{x \in \mathbb{R}: a < x < b\}$.⁽¹⁾ En la recta real, se representan los extremos con \circ .
- **Intervalo cerrado $[a, b]$:** Se representa entre corchetes y se define como el conjunto de los números mayores o iguales que a y menores o iguales que b . $\{x \in \mathbb{R}: a \leq x \leq b\}$.⁽²⁾ En la recta real, se representan los extremos con \bullet .
- **Intervalo semiabierto por la izquierda $(a, b]$:** Se representa entre paréntesis por el extremo que no está en el intervalo y con corchetes por el que si se incluye en el intervalo y se define como el conjunto de los números mayores que a y menores o iguales que b . $\{x \in \mathbb{R}: a < x \leq b\}$. Análogamente se define semicerrado por la derecha.

Ejemplos de intervalos y su representación:

- Abiertos: $(-2, 3)$ es equivalente a $\{x \in \mathbb{R}: -2 < x < 3\}$, 
- Cerrados: $[3, 4]$ es equivalente a $\{x \in \mathbb{R}: 3 \leq x \leq 4\}$, 

Los intervalos, salvo los cerrados, los podemos unir mediante el símbolo \cup , dando lugar a un intervalo mayor, ó intersercarlos mediante el símbolo \cap , dando lugar a un intervalo menor o igual que el anterior, en el que se incluyen los valores comunes de ambos intervalos.

También se pueden obtener con estas operaciones semirrectas.


⁽¹⁾ El símbolo $<$ indica que el valor de la izquierda es menor que el de la derecha. En los intervalos además indica que el valor no se incluye.

⁽²⁾ El símbolo \leq indica que el valor de la izquierda es menor o igual que el de la derecha. En los intervalos además indica que el valor sí se incluye.

10.- Semirrectas.

Definimos como **semirrecta**, al conjunto de números menores (ó mayores) que un número real dado, es decir, $\{x \in \mathbb{R}: a \leq x\}$ ó $\{x \in \mathbb{R}: x \leq a\}$ (También con los símbolos $>$ ó $<$ según proceda).

Ejemplo de semirrecta:

➤ $(-2, \infty)$ es equivalente a $\{x \in \mathbb{R}: -2 < x\}$, .

Ejercicios.

1. Haz una tabla clasificando los siguientes intervalos y representándolos en sus dos formas distintas: $(-5,0)$, $(-3,4]$, $[4,7]$, $[-6,-3)$.
2. Representa en sus tres formas las siguientes semirrectas:
 - Los valores mayores que 5.
 - Los valores menores o iguales que -3.
3. Clasifica y representa en todas sus formas el intervalo obtenido de: $(-5,3) \cup (0,4]$.
4. Clasifica y representa en todas sus formas el intervalo obtenido de: $(-2,3) \cap (-1,4]$.

Finalizamos el primer tema definiendo las potencias y los radicales así como estudiando las distintas propiedades que estos presentan.

11.- Potencias.

Las **potencias** no son más que números reales "disfrazados". Las representamos como un número real elevado a otro número real a^n , donde a es la base y n el exponente. Un ejemplo de potencia es 2^5 . Veamos las propiedades de las potencias.

- **Producto de potencias con la misma base:** $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$.
- **Cociente de potencias con la misma base:** $a^n : a^m = a^{n-m}$.
- **Potencia de una potencia:** $(a^n)^m = a^{n \cdot m}$.

- **Cualquier número con exponente 0 es 1:** $a^0 = 1$.
- **Cualquier número con exponente 1 es el mismo:** $a^1 = a$.
- **Producto de potencias con mismo exponente:** $a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$.
- **Cociente de potencias con el mismo exponente:** $a^n : b^n = (a : b)^n$.

(*) Observación: Un número negativo con exponente par se “convierte” en positivo.

12.- Radicales. Racionalización.

Al igual que las potencias, un **radical** es un valor real “disfrazado”. Lo representamos de la forma $\sqrt[n]{a}$, donde n es el índice de la raíz y $a > 0$ es el radicando. Existe una relación entre radicales y potencias ya que los radicales se pueden escribir como una potencia: $\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$. De esta forma, podremos trabajar mejor los radicales, ya que el manejo de las potencias suele ser más cómodo. Veamos algunas propiedades de los radicales:

- **Producto de radicales con el mismo índice:** $\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$.
- **Radicales de radicales:** $\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a}$.
- **División de radicales con el mismo índice:** $\sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a : b}$.
- **Potencia de radicales:** $(\sqrt[n]{a})^m = (a^{\frac{1}{n}})^m = a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m}$.
- **La raíz “n-esima” de una potencia “n-esima”:** $\sqrt[n]{a^n} = a$.
- **Introducir o sacar radical de una raíz:** $a \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a^n \cdot b}$

Una vez vista las propiedades de los radicales, vamos a aprender a simplificar radicales y para ello vamos a utilizar un radical como ejemplo para ir explicando el procedimiento. Tomamos para simplificar $\sqrt[4]{36}$. El procedimiento es el siguiente:

1. Descomponemos el radicando: $36 = 2^2 \cdot 3^2$. Luego nos queda $\sqrt[4]{2^2 \cdot 3^2}$.
2. Aplicamos las propiedades de los radicales para poder simplificar cada producto del radicando: $\sqrt[4]{2^2} \cdot \sqrt[4]{3^2} = 2^{\frac{2}{4}} \cdot 3^{\frac{2}{4}} = 2^{\frac{1}{2}} \cdot 3^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2 \cdot 3}$.
3. Volvemos a componer el radicando: $\sqrt{6}$.

Hay varios procesos de simplificando de radicales, gracias a las propiedades que estas presentan. Veamos ahora un procedimiento de sacar factores de un radical. Utilizamos por ejemplo el radical $\sqrt[3]{3^5 \cdot 2^6}$. El procedimiento es el siguiente:

1. Dividimos cada exponente de cada potencia entre el índice de la raíz.
2. El resto de la división es el exponente al que queda elevado la potencia dentro de la raíz y el cociente es el exponente de la potencia que queda fuera de la raíz, en este

caso: 5 entre 3 da como resto 2 y cociente 1 y 6 entre 3 da como resto 0 y como cociente 2, luego nos queda: $3 \cdot 2^2 \sqrt[3]{3^2}$.

3. Finalmente agrupamos lo que queda fuera y lo que queda dentro: $12 \sqrt[3]{9}$.

Para introducir valores dentro del radical es justamente el proceso contrario, multiplicar el exponente de la potencia de fuera por el índice y el resultado es el exponente de la potencia que nos quedará dentro.

Los radicales también se pueden sumar y multiplicar. La suma de radicales también tiene su procedimiento y como no, debemos de utilizar las propiedades de los radicales. Debemos de tener en cuenta que para sumar radicales, estos deben de tener el mismo radicando y el mismo índice. Explicaremos la suma de radicales con un ejemplo para que lo veamos más claro. Vamos a sumar $\sqrt[4]{4} + \sqrt[6]{8}$:

1. Simplificamos los radicales, de modo que dejemos dentro de la raíz el mismo radical: $\sqrt[4]{2^2} + \sqrt[6]{2^3} = \sqrt{2} + \sqrt{2}$
2. Finalmente sumamos aquellos que tengan el mismo radicando, luego el resultado es $2\sqrt{2}$.

A veces, resulta muy útil reducir a índice común los radicales, por ejemplo para simplificarlos, compararlos, o en este caso para multiplicar o dividir radicales. Para ello se debe calcular el mínimo común múltiplo de los exponentes de cada potencia del radicando con el índice del radical. Luego se divide entre el índice anterior de cada radical y se coloca como exponente de la potencia del radicando. Veamos un ejemplo de esta aplicación,

simplificando el radical $\frac{\sqrt[3]{4}}{\sqrt{2}}$.

1. El mínimo común múltiplo de 1,2,3 es 6, luego el índice de la nueva raíz es 6.
2. Dividimos el índice nuevo entre el de cada raíz y elevamos cada potencia del radicando a ese nuevo valor luego nos queda $\frac{\sqrt[6]{4^2}}{\sqrt[6]{2^3}}$.
3. Aplicamos propiedades de los radicales y simplificamos con las propiedades de las potencias lo que nos queda dentro de la raíz, luego el resultado final es $\sqrt[6]{2}$.

Para finalizar este apartado, vamos a aprender a **racionalizar**. Este procedimiento consiste en quitar del denominador la raíz y distinguiremos tres tipos de racionalización. Como siempre, deberemos utilizar las propiedades de los radicales. Los tres tipos son los siguientes:

1. **Tipo 1: Radicales de la forma $\frac{a}{b\sqrt{c}}$** : Tendremos que multiplicar arriba y abajo por \sqrt{c} . Luego aplicaremos propiedades para simplificar el resultado.

$$\text{Ejemplo: } \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{(\sqrt{2})^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

2. **Tipo 2: Radicales de la forma $\frac{a}{b\sqrt[n]{c^m}}$** : Tendremos que multiplicar arriba y abajo por $\sqrt[n]{c^{n-m}}$. Luego aplicaremos propiedades para simplificar el resultado.

$$\text{Ejemplo: } \frac{1}{\sqrt[3]{2}} = \frac{1}{\sqrt[3]{2}} \cdot \frac{\sqrt[3]{2^2}}{\sqrt[3]{2^2}} = \frac{\sqrt[3]{2^2}}{\sqrt[3]{2^3}} = \frac{\sqrt[3]{2^2}}{2}.$$

3. **Tipo 3: Radicales de la forma $\frac{a}{\sqrt{b+c}}$** : Tendremos que multiplicar arriba y abajo por el conjugado del denominador, de modo que nos quede el producto de suma de radicales que dará lugar a la diferencia de los radicando. Luego aplicaremos propiedades para simplificar el resultado.

$$\text{Ejemplo: } \frac{1}{\sqrt{2}-\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{2}-\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{2}+\sqrt{3}}{\sqrt{2}+\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}+\sqrt{3}}{(\sqrt{2})^2 - (\sqrt{3})^2} = \frac{\sqrt{2}+\sqrt{3}}{-1}.$$

Ejercicios Propuestos.

1. Clasifica los siguientes números en $\mathbb{N}, \mathbb{Z}, \mathbb{Q}, \mathbb{I}, \mathbb{R}$: $e, \sqrt[3]{5}, -8, 6.\overline{254}, 14, \frac{3}{8}, \frac{-23}{24}$.
2. Representar en la recta real el valor $\sqrt{7}$.
3. Representar en la recta real las siguientes fracciones: $\frac{3}{8}, \frac{7}{8}, \frac{8}{7}, \frac{15}{3}, \frac{15}{4}$.
4. Haz una tabla clasificando los siguientes intervalos ó semirrectas y representándolos en sus dos formas distintas: $(-8, -3), (-5, 4], (3, \infty), [0, 1], [3, 7), (-\infty, 6]$.
5. Clasifica y representa en todas sus formas el intervalo obtenido de: $(-5, 3) \cup (0, \infty)$
6. Clasifica y representa en todas sus formas el intervalo obtenido de: $((-4, 2) \cup 0, 4) \cap (-2, 2)$.
7. Expresa en forma exponencial o viceversa: a) $\sqrt[5]{2}$ b) $9^{\frac{1}{4}}$ c) $\sqrt[15]{a^5}$ d) $(\frac{4}{3})^{\frac{1}{3}}$
8. Simplifica justificando las propiedades que utilices: a) $\sqrt[12]{a^8}$ b) $\sqrt{\sqrt[4]{a^8}}$
c) $\sqrt[4]{81 \cdot a^6 \cdot b^8}$ d) $\frac{2}{3} \cdot \sqrt[3]{\frac{9}{4}}$ e) $\sqrt[4]{7} \cdot \sqrt{28}$
9. Reduce a índice común y ordena los radicales: $\sqrt{7}, \sqrt[3]{30}, \sqrt[4]{40}, \sqrt[6]{81}$.
10. Efectúa: $\sqrt{48} - \sqrt{12} + \sqrt{3}$
11. Efectúa: $\sqrt{108} - 2\sqrt{12} - \sqrt{28} + \sqrt[3]{54} - \sqrt[3]{2}$

12. Racionaliza y simplifica todo lo que puedas: a) $\frac{3}{\sqrt{3}}$ b) $\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ c) $\frac{3}{2\sqrt{6}}$ d) $\frac{3}{\sqrt{15}}$.
13. Racionaliza y simplifica todo lo que puedas: a) $\frac{3}{3\sqrt{2}}$ b) $\frac{5\sqrt{2}}{6\sqrt{5^2}}$ c) $\frac{3^5\sqrt{2}}{6^5\sqrt{3^3}}$ d) $\frac{6}{\sqrt[3]{4\sqrt{7^3}}}$
14. Racionaliza y simplifica todo lo que puedas: a) $\frac{3-\sqrt{3}}{1-\sqrt{3}}$ b) $\frac{2\sqrt{3}}{3+\sqrt{2}}$ c) $\frac{\sqrt{3}+\sqrt{5}}{\sqrt{3}-\sqrt{5}}$ d) $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}+\sqrt{3}}$

13.- Apéndice.

13.1- Paso de decimal a fracción.

Veremos los distintos tipos de decimales y su paso a fracción con un ejemplo como venimos haciendo de costumbre:

- **Decimal exacto a fracción:** Tomamos por ejemplo el decimal 0,75.
 1. Llamamos $x = 0,75$.
 2. Multiplicamos "x" por 10 tantas veces como cifras haya después de la coma, en este caso hay dos luego tenemos que $(10 \cdot 10) \cdot x = 75$.
 3. Finalmente pasamos dividiendo y simplificamos la fracción, luego nos queda en este caso $\frac{75}{100} = \frac{3}{4}$.
- **Decimal periódico puro a fracción:** Tomamos por ejemplo el decimal $3,2\hat{}$.
 1. Llamamos $x = 3,2\hat{}$.
 2. Multiplicamos "x" por 10 tantas veces como cifras haya después de la coma, luego nos queda $10x = 32,2\hat{}$
 3. Le restamos x a ese valor luego nos queda $9x = 32,2\hat{} - 3,2\hat{}$.
 4. Finalmente pasamos dividiendo y obtenemos $\frac{29}{9}$.
- **Decimal periódico mixto a fracción:** Tomamos por ejemplo $3,52\hat{}$.
 1. Llamamos $x = 3,52\hat{}$.
 2. Multiplicamos "x" por 10 tantas veces como cifras haya después de la coma, luego nos queda $100x = 352,2\hat{}$ y multiplicamos "x" por 10 tantas veces como cifras haya entre la coma y el periodo, en este caso $10x = 35,2\hat{}$
 3. Restamos ambos valores y nos queda $90x = 352,2\hat{} - 35,2\hat{}$.
 4. Despejamos y obtenemos el resultado que es $\frac{317}{90}$.

13.2- Error absoluto y relativo.

Definimos *cifra significativa* como los dígitos de una medida que no están afectados por un error salvo una última cifra. De este modo si digo el valor 3,72 metros, 3,7 y 2 son cifras significativas, en las que 3 y 7 son exactas pero 2 puede tener algún error. Normalmente solemos redondear a alguna cifra significativa y por lo tanto vamos propagando un error de redondeo. Por lo tanto para obtener el error que se comete vamos a estudiar:

- **Error absoluto:** Diferencia entre el valor real y el aproximado: $Real - Aproximado$.
- **Error relativo:** Cociente entre el error absoluto y el valor real: $\frac{Error\ absoluto}{Valor\ Real}$.

Ejercicios.

1. Pasa a fracción los siguientes decimales: a) 5,25 b) $6,3\overline{28}$ c) $2,257\overline{21}$.
2. Obtener el error relativo y absoluto al aproximar a 5 cifras significativas:
a) $\sqrt{3}$ b) π .