

Sesión III

\LaTeX para Matemáticas: fórmulas

- 1 Distintos tipos de fórmulas
- 2 Símbolos
- 3 Creación de nuevos operadores
- 4 Matrices y diagramas
- 5 Otros paquetes matemáticos útiles
- 6 Entrega de ejercicios

Sección 1

Distintos tipos de fórmulas

Escribiendo fórmulas

Hay diferentes entornos para escribir fórmulas:

① En línea

$(\backslash(\dots\backslash) \text{ o } \$\dots\$)$

Código

Puedo escribir $e^{i\pi} + 1 = 0$

Puedo escribir $e^{i\pi} + 1 = 0$

Escribiendo fórmulas

Hay diferentes entornos para escribir fórmulas:

① En línea

`(\(...\)` o `\$...\$`)

② Presentada

`\[...\]` o `$$...$$`)

Código

Puedo escribir

```
\[ e^{i\pi} + 1 = 0 \]
```

Puedo escribir

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

Añadir * al final de estos comandos (`equation*`, `align*`, ...) elimina la numeración.

Escribiendo fórmulas

Hay diferentes entornos para escribir fórmulas:

① En línea

(`\(...\)` o `$...$`)

② Presentada

(`\[...\]` o `$$...$$`)

③ `equation`

Código

Puedo escribir

```
\begin{equation}
    e^{i\pi} + 1 = 0
\end{equation}
```

Puedo escribir

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (1)$$

Añadir * al final de estos comandos (`equation*`, `align*`, ...) elimina la numeración.

Escribiendo fórmulas

Hay diferentes entornos para escribir fórmulas:

- 1 En línea
(`\(...\)` o `$...$`)
- 2 Presentada
(`\[...\]` o `$$...$$`)
- 3 `equation`
- 4 `align`

Código

Puedo escribir

```
\begin{align}
    e^{i\pi} + 1 &= 0 \\
    e^{i\pi} &= -1
\end{align}
```

Puedo escribir

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (1)$$

$$e^{i\pi} = -1 \quad (2)$$

Añadir `*` al final de estos comandos (`equation*`, `align*`, ...) elimina la numeración.

La ecuación más bella del mundo

La ecuación de Euler, popular por contener algunas de las más importantes constantes matemáticas puede escribirse

Código

Puedo escribir la ecuación de Euler

```
$e^{i \pi} + 1 = 0$
```

en línea o presentada

```
\[
```

```
    e^{i\pi} + 1 = 0
```

```
\]
```

para que quede mejor

Puedo escribir la ecuación de Euler $e^{i\pi} + 1 = 0$ en línea o presentada

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

para que quede mejor

Sección 2

Símbolos

Símbolos útiles

+	<code>+\$+\$</code>	ε	<code>\$\$\varepsilon\$</code>	$\frac{a}{b}$	<code>\$\$\frac a b\$</code>
-	<code>\$\$-\$</code>	δ	<code>\$\$\delta\$</code>	a^b	<code>\$\$a^b\$</code>
×	<code>\$\$\times\$</code>	∂	<code>\$\$\partial\$</code>	$\sqrt[n]{a}$	<code>\$\$\sqrt[n] a\$</code>
÷	<code>\$\$\div\$</code>	Ω	<code>\$\$\Omega\$</code>	máx, mín	<code>\$\$\max, \min\$</code>
·	<code>\$\$\cdot\$</code>	π	<code>\$\$\pi\$</code>	cos, sin	<code>\$\$\cos, \sin\$</code>
⊕	<code>\$\$\oplus\$</code>	⊗	<code>\$\$\otimes\$</code>	exp, log	<code>\$\$\exp, \log\$</code>

Código

```
\[  
  \sum_{i=1}^N ,  
  \int_a^b ,  
  \prod_{i=1}^N ,  
  \bigcup_{i=1}^N ,  
  \bigcup_{i=1}^N ,  
  \max_{x} ,  
\]
```

$$\sum_{i=1}^N, \int_a^b, \prod_{i=1}^N, \bigcup_{i=1}^N, \bigcup_{i=1}^N, \max_x$$

La web Detexify permite buscar símbolos.

Subíndices y superíndices

Los subíndices de sumarios e integrales cambian de formato presentado a en línea

Código

En línea digo

```
 $\sum_{i=1}^n \int_a^b$ 
```

mientras que presentado

```
\[  
  \sum_{i=1}^n \int_a^b
```

```
\]
```

En línea digo $\sum_{i=1}^n \int_a^b$ mientras que presentado

$$\sum_{i=1}^n \int_a^b$$

Subíndices y superíndices

Además la función `\substack` es muy útil

Código

```
\[  
\max_{  
  \substack{  
    y \in \Omega \\  
    |y| > 1  
  }  
}  
\]
```

$$\max_{\substack{y \in \Omega \\ |y| > 1}}$$

Texto dentro de las fórmulas

Código

```
\[  
  e^{\t} =  
    \sum_{n=0}^{\infty}  
    \frac{\t^n}{n!}  
  \text{ para todo }  
  \t > 0.  
\]
```

$$e^t = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{t^n}{n!} \text{ para todo } t > 0.$$

Espaciado dentro de fórmulas

Código

```
\[
  a b \, c \: d \; e \! f
\]
\[
  p
  \quad q
  \quad\quad r
  \hspace{6ex} s
\]
\[
  1234\phantom{567}8
\]
```

$$\begin{array}{cccc} & a & b & c & d & e & f \\ p & q & r & & s & & \\ & 1234 & & 8 & & & \end{array}$$

Fuentes matemáticas

En el formato matemático hay diferentes fuentes

a	<code>\$a\$</code>
a	<code>\$_{\mathrm{a}}\$</code>
\mathbf{a}	<code>\$_{\mathbf{a}}\$</code>
a	<code>\$_{\mathsf{a}}\$</code>
\vec{a}	<code>\$_{\vec{a}}\$</code>

El paquete `amssymb` añade

\mathbb{R}	<code>\$_{\mathbb{R}}\$</code>
\mathcal{R}	<code>\$_{\mathcal{R}}\$</code>
\mathfrak{R}	<code>\$_{\mathfrak{R}}\$</code>

El paquete `mathalpha` ofrece aún más variedad de fuentes especiales.

Paréntesis y delimitadores

<code>\$(x+y)z\$</code>	$(x + y)z$
<code>\$[x+y]z\$</code>	$[x + y]z$
<code>\${x+y \mid x,y \ge 0}\$</code>	$\{x + y \mid x, y \ge 0\}$
<code>\$\langle \rangle\$</code>	$\langle \rangle$
<code>\$\$\lceil, \rceil, \lfloor, \rfloor\$</code>	$[,], [,]$
<code>\$\$\big(\Big(\bigg(\Bigg(\$</code>	$(((($
<code>\$\$\left(x^{2^2} + y^{2^2}\right)\$</code>	$(x^{2^2} + y^{2^2})$

Sección 3

Creación de nuevos operadores

Operadores matemáticos

Con el paquete `amsmath` se pueden definir operadores matemáticos, como `div` o `rot`:

```
\DeclareMathOperator{\rot}{rot}
```

Si queremos que el operador tenga sub-índice debajo entonces

```
\DeclareMathOperator*{\argmin}{arg\,min}
```

Sección 4

Matrices y diagramas

Matrices

Las matrices se introducen siempre en entornos matemáticos. Maple y matlab permiten exportar matrices a \LaTeX . Hay distintos tipos de matrices predeterminadas en el paquete `amsmath`.

- 1 `matrix` Sin bordes
- 2 `pmatrix` Entre `()`
- 3 `vmatrix` Entre `| |`
- 4 `bmatrix` Entre `[]`

Matrices

Ejemplo

Código

```
\[  
\begin{pmatrix}  
1 & 2 & 3 \\  
4 & 5 & \\  
6 & & 7  
\end{pmatrix}  
\]
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & \\ 6 & & 7 \end{pmatrix}$$

Matrices

Ejemplo

Código

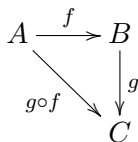
```
\[  
\begin{bmatrix}  
1 & 2 & 3 \\  
4 & 5 & \\  
6 & & 7  
\end{bmatrix}  
\]
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & \\ 6 & & 7 \end{bmatrix}$$

Diagramas

El paquete `tikzcd` Que depende de la librería `tikz`. Hablaremos de ella más adelante

El paquete `xy-pic` Este paquete se emplea para hacer todo tipo de gráficos, por ejemplo el diagrama



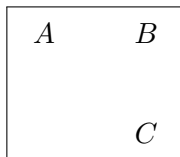
Tiene infinidad de opciones. Será el que cubramos en esta sesión.

xymatrix

Es la manera más sencilla de introducir diagramas. Los elementos que se conectarán por flechas se introducen en las posiciones de una matriz, de tipo `xymatrix`

Código

```
\xymatrix{  
A & B \\  
& C  
}
```



Se puede introducir una `xymatrix` dentro o fuera de fórmulas, pero deberemos tener cuidado con el contenido.

Las flechas

Dentro de una `xymatrix` podemos introducir flechas con el comando `\ar`
Admite varios modificadores

- 1 **Destino** Colocando la flecha en la casilla de la que parte se coloca un cadena de cuantas casillas a derecha o izquierda y arriba o abajo está el destino.

`\ar[<hop>]`

u	arriba
d	abajo
r	derecha
l	izquierda
	a si misma

Las flechas

Dentro de una `xymatrix` podemos introducir flechas con el comando `\ar`
Admite varios modificadores

- 1 Destino
- 2 **Etiqueta** Se puede escribir sobre las letras

$$\backslash\text{ar}[r]^{\{f\}} \quad a \xrightarrow{f} b$$

$$\backslash\text{ar}[r]_{\{f\}} \quad a \xrightarrow[f]{} b$$

$$\backslash\text{ar}[r]|\{f\} \quad a \xrightarrow{-f} b$$

Las flechas

Dentro de una `xymatrix` podemos introducir flechas con el comando `\ar`
Admite varios modificadores

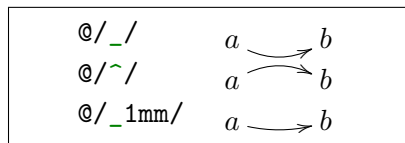
- 1 Destino
- 2 Etiqueta
- 3 **Tipo** Hay distintos tipos de base, cuerpos y cabezas de flecha
`\ar@{<type>}[<hop>]`

<code>@{=>}</code>	$a \Longrightarrow b$
<code>@{.>}</code>	$a \cdots\cdots\cdots> b$
<code>@{:>}</code>	$a \cdots\cdots\cdots> b$
<code>@{~>}</code>	$a \rightsquigarrow b$
<code>@{-->}</code>	$a \dashrightarrow b$
<code>@{ ->}</code>	$a \mapsto b$

Las flechas

Dentro de una `xymatrix` podemos introducir flechas con el comando `\ar`
Admite varios modificadores

- 1 Destino
- 2 Etiqueta
- 3 Tipo
- 4 **Curvatura** Podemos curvar las flechas hacia arriba y hacia abajo, para evitar que se corten, o solo para quede más estiloso
`\ar@/<curve>/ [<hop>]`

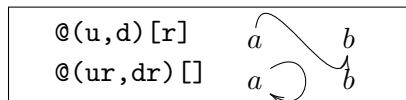


Las flechas

Dentro de una `xymatrix` podemos introducir flechas con el comando `\ar`
Admite varios modificadores

- 1 Destino
- 2 Etiqueta
- 3 Tipo
- 4 Curvatura
- 5 **Entrada y salida** Si queremos que la flecha salga desde una parte en concreto de la celda podemos especificarlo

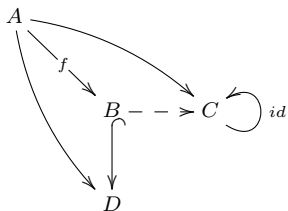
`\ar@(<in>, <out>) [<hop>]`



Las flechas

Ejercicio

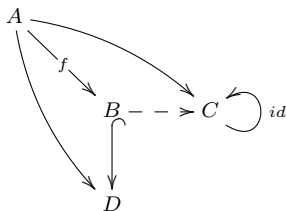
Escriba el siguiente diagrama:



Las flechas

Ejercicio

Escriba el siguiente diagrama:



Código (ejercicio3.tex)

```
\[  
\xymatrix{  
  A \ar@/_2ex/[ddr] \ar[dr]|f \ar@/^2ex/[drr] \\  
  & B \ar@{-->}[r] \ar@{^(->)}[d] & C \ar@(dr,ur) []_{id} \\  
  & D  
}
```

El paquete xy-pic y el paquete babel

El paquete babel entra en conflicto con @ así que si queremos hacer buenos diagramas debemos desactivarlo. Empleando inputenc con utf8 no tendremos problemas con los acentos. Debemos cambiar los nombres de capítulos y secciones. Para ello

```
\renewcommand{<command>}{<new_name>}
```

<code>\abstractname</code>	Abstract
<code>\appendixname</code>	Appendix
<code>\bibname</code>	Bibliography (report,book)
<code>\chaptername</code>	Chapter (report,book)
<code>\contentsname</code>	Contents
<code>\figurename</code>	Figure (for captions)
<code>\indexname</code>	Index
<code>\listfigurename</code>	List of Figures
<code>\listtablename</code>	List of Tables
<code>\tablename</code>	Table (for caption)

Sección 5

Otros paquetes matemáticos útiles

mathtools: para los maniáticos

Código

```
\begin{gather*}
X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} X_{ij}
\quad \text{vs} \quad
X = \sum_{\mathclap{1 \leq i \leq j \leq n}} X_{ij} \\
%
\lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{p^2 \geq nK}
\quad \text{vs} \quad
\lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{p^2 \geq nK} \\
%
\end{gather*}

\begin{aligned}
a &= b && \\
&\vdots && \\
&= c && \\
&\vdots && \\
&\doteq d &&
\end{aligned}

\end{gather*}
```

$$X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} X_{ij} \quad \text{vs} \quad X = \sum_{\mathclap{1 \leq i \leq j \leq n}} X_{ij}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{p^2 \geq nK} \quad \text{vs} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{p^2 \geq nK}$$
$$a = b$$
$$\vdots$$
$$= c$$
$$\vdots$$
$$\doteq d$$

Otros

- `siunitx`: unidades y medidas
- `xfrac` y `nicefrac` para fracciones
- `bigints`

Sección 6

Entrega de ejercicios

Ejercicios a entregar

Entrega en Moodle un documento `semana03.tex` tal que su correspondiente `.pdf` reproduzca, en la medida de lo posible, el documento siguiente:

Sea $\{a_n\}_{n \geq 1}$ una sucesión de números reales, es decir $a_n \in \mathbb{R}$ para todo $n \geq 1$. Llamamos suma parcial de los primeros n elementos a

$$s_n \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{j=1}^n a_j.$$

Los elementos $\{s_n\}_{n \geq 1}$ forman una nueva sucesión de números reales. Si esta sucesión tiene un límite finito, entonces definimos la suma de la serie

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{n \rightarrow \infty} s_n.$$

Si la sucesión $\{s_n\}$ tiene por límite $+\infty$ o $-\infty$, entonces decimos que la serie diverge. Decimos que la serie converge *absolutamente* si la serie correspondiente a $|a_n|$ también converge.

Existen múltiples criterios que aseguran la convergencia de una serie. Algunos de ellos son los siguientes

1. Si la serie asociada a $\{a_n\}_{n \geq 1}$ es convergente, entonces

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0.$$

Es decir, si los a_n no tienden a 0, entonces la serie no es convergente.

2. **Criterio del cociente (o de d'Alambert).** Supongamos que existe

$$r = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right|.$$

Si $r < 1$ entonces la serie converge absolutamente.

3. **Criterio de la raíz (o de Cauchy).** Sea

$$r = \limsup_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|}.$$

Si $r < 1$ entonces la serie converge absolutamente.

4. **Criterio integral.** Supongamos que existe una función $f : [1, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$ no-negativa y no-creciente tal que $a_n = f(n)$. Entonces la serie asociada a $\{a_n\}_{n \geq 1}$ converge absolutamente si y sólo si

$$\int_1^{\infty} f(x) dx < \infty.$$