

TRABAJO FIN DE GRADO

# SIMULACIÓN DE OPERACIÓN DE UNA CENTRAL NUCLEAR MEDIANTE EL SIMULADOR GRÁFICO INTERACTIVO

TRABAJO FIN DE GRADO PARA  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

JUNIO 2024

**Antonio Dies Beneytez**

DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE GRADO:

**Gonzalo Jiménez Varas**

*“La cita del trabajo iría aquí”*

- El autor de la cita



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a ...

Gracias a ...

A ... por ...



## RESUMEN

Este resumen deberá tener una extensión máxima de cinco páginas y habrá de constituir una síntesis de los puntos más importantes del proyecto. El resumen debe permitir al lector:

- tener una visión general del trabajo realizado
- lograr una comprensión global del proyecto. No importa cuán complejo sea el tema tratado, el resumen debe explicar lo más claramente posible en qué consiste

Además, el resumen debe crear interés en el lector para que éste lea todo el contenido del trabajo. Incluir al final Palabras clave y Códigos UNESCO.



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>v</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. Justificación . . . . .	1
1.3. Objetivos . . . . .	1
1.4. Metodología . . . . .	1
<b>2. SMALL MODULAR REACTORS</b>	<b>2</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>3</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>4</b>
A. Primer anexo . . . . .	4
B. Segundo anexo . . . . .	5
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>3. TÍTULOS</b>	<b>8</b>
A. Profundidad 2 . . . . .	8
A.1. Profundidad 3 . . . . .	8
A.1.1. Profundidad 4 . . . . .	8
B. Formato y numeración . . . . .	8
Título sin numerar . . . . .	9
C. Referencias con el comando <code>\label</code> . . . . .	9
<b>4. FORMATO DE TEXTO</b>	<b>10</b>
A. Tamaño de fuente . . . . .	10



B.	Color . . . . .	10
C.	Espaciado . . . . .	10
D.	Listas . . . . .	11
D.1.	Listas no numeradas . . . . .	11
D.2.	Listas numeradas . . . . .	11
D.3.	Listas combinadas . . . . .	12
D.4.	Formato de las listas . . . . .	12
<b>5.</b>	<b>TABLAS</b>	<b>13</b>
A.	Posicionamiento . . . . .	13
B.	Entorno <code>\longtable</code> . . . . .	14
<b>6.</b>	<b>IMÁGENES</b>	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>ECUACIONES</b>	<b>17</b>
A.	Ecuaciones en el texto . . . . .	17
B.	Entorno <code>\split</code> . . . . .	17
C.	La herramienta Mathpix . . . . .	18



# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Antecedentes**

texto

## **1.2. Justificación**

texto

## **1.3. Objetivos**

texto

## **1.4. Metodología**

texto

## **2. SMALL MODULAR REACTORS**

El formato elegido para la bibliografía es APA (el recomendable para informes de TFG/TFM), tanto para las referencias a lo largo del documento como para el apartado de bibliografía. El conjunto de operaciones realizadas para establecer el formato de la bibliografía se puede consultar en el preámbulo del documento (en el que se describen algunos de sus parámetros básicos como el contenido de las referencias, el número de autores por cita, etc.).

Citar una referencia es sencillo, basta con utilizar el comando `\cite` seguido del nombre de la referencia correspondiente (el nombre utilizado en el archivo `.bib`, que es esencial cargar en el directorio de trabajo y cuyas principales características pueden consultarse en <https://en.wikipedia.org/wiki/BibTeX>), por ejemplo:

- *The Art of Electronics* constituye un fantástico manual (plagado de ejemplos prácticos y explicaciones tangibles) para aprender electrónica, siendo su tercera edición la versión más completa (Horowitz e Hill, 2015).
- *The Loudspeaker Design Cookbook* (Dickason, 2007) es probablemente la guía más completa en cuanto a acústica aplicada al diseño de sistemas de sonido, abarcando desde conceptos teóricos de electroacústica hasta planos para la construcción de sistemas de sonido caseros.
- *Les fous du son* (Wilde, 2016) es un relato cuidadosamente escrito y documentado sobre la historia de los sintetizadores desde Edison hasta nuestros días, pasando por los inventos más inverosímiles como las Ondas Martenot o el Trautonium.
- En su artículo de 2003 (Wang, 2003), el co-fundador de Shazam describe el funcionamiento de su algoritmo de búsqueda para archivos de audio.

## BIBLIOGRAFÍA

Dickason, V. (2007). *The Loudspeaker Design Cookbook*. 7.<sup>a</sup> ed. Audio Amateur Press. ISBN: 9781882580477.

Horowitz, P. e Hill, W. (2015). *The Art of Electronics*. 3.<sup>a</sup> ed. Cambridge University Press. ISBN: 9780521809269.

Wang, A. (2003). «An industrial strength audio search algorithm». En: *ISMIR 2003, 4th Symposium Conference on Music Information Retrieval*, págs. 7-13.

Wilde, L. de (2016). *Les fous du son*. Grasset. ISBN: 9782246859284.

## ANEXOS

### A. Primer anexo

Contenido del primer anexo (texto, tablas, figuras, códigos, etc.)

## B. Segundo anexo

## ÍNDICE DE TABLAS

.1. Cinco primeros términos de la sucesión de Fibonacci . . . . .	13
B.2. Cincuenta primeros términos de la sucesión de Fibonacci . . . . .	15



## ÍNDICE DE FIGURAS

.1. Vista de perfil del 21" Mogale Super Scooper . . . . .	16
--	----

|

A partir de este punto en adelante, son todo ejemplos de funcionalidades de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

### 3. TÍTULOS

En los documentos de clase `article` (los distintos tipos de documentos disponibles así como sus diferentes aplicaciones pueden consultarse en [https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Document\\_Structure#Document\\_classes](https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Document_Structure#Document_classes)) existen por defecto tres profundidades de títulos numerados, en orden jerárquico: `\section`, `\subsection` y `\subsubsection`. El título del presente capítulo es un ejemplo de título de profundidad 1 (comando `\section`).

#### A. Profundidad 2

Este es un ejemplo de título de profundidad 2 (comando `\subsection`) que, como se puede ver, queda automáticamente numerado con respecto al título jerárquicamente superior (profundidad 1) inmediatamente anterior.

##### A.1. Profundidad 3

Este es un ejemplo de título de profundidad 3 (comando `\subsubsection`) que, de nuevo, se numera automáticamente con respecto al título jerárquicamente superior (profundidad 2) inmediatamente anterior.

##### A.1.1 Profundidad 4

En este documento se añade una profundidad de títulos numerados adicional (mediante los comandos `\setcounter{secnumdepth}{4}` y `\setcounter{tocdepth}{4}`, ver preámbulo para más información). Así, el comando `\paragraph` se utiliza para incorporar títulos de profundidad 4, como en el caso del título del presente apartado.

Si se quisiera aumentar en un grado más la profundidad de títulos, bastaría con asignar el valor 5 a ambos comandos `\setcounter` (`\setcounter{secnumdepth}{5}` y `\setcounter{tocdepth}{5}`), y realizar los cambios pertinentes en el comando `\subparagraph` de modo que su formato sea coherente con el del resto de títulos (de la misma forma que lo realizado con el comando `\paragraph`, ver preámbulo para más información)

#### B. Formato y numeración

La numeración así como el formato de los títulos (tamaño de fuente, tipografía, etc.) utilizados en este documento corresponden a los valores por defecto (excepto en el caso de `\paragraph`, como se explica más arriba), pero pueden ser modificados en el preámbulo del documento (una breve guía sobre la personalización del formato de los títulos puede consultarse en [https://www.overleaf.com/learn/latex/sections\\_and\\_chapters#Customize\\_chapters\\_and\\_sections](https://www.overleaf.com/learn/latex/sections_and_chapters#Customize_chapters_and_sections)).

En caso de que no se quiera numerar alguno de los títulos, basta con añadir un asterisco (\*) al comando correspondiente, como por ejemplo `\subsection*{Título sin numerar}`:

## Título sin numerar

Los títulos sin numerar no aparecen en la tabla de contenidos (índice), pero pueden ser añadidos con ayuda del comando `\addcontentsline{toc}` (utilizado previamente para los apartados de Agradecimientos y Resumen ejecutivo), que en este caso quedaría como: `\addcontentsline{toc}{subsection}{Título sin numerar}`.

## C. Referencias con el comando `\label`

Los comandos `\label` se utilizan en  $\text{\LaTeX}$  para colocar referencias que puedan ser utilizadas a lo largo del documento. Son especialmente útiles, como se verá más adelante, para referirse a elementos del documento como tablas, imágenes, diagramas, etc., pero también pueden ser utilizados para referirse a capítulos o secciones del informe.

Para citar una referencia basta con utilizar el comando `\ref` en el interior del cual se indica aquello a lo que se quiere hacer referencia, como por ejemplo al primer capítulo de este documento, el capítulo 3.

**Nota:** ya que el comando `\label` es compartido por títulos, figuras, tablas, etc., es bastante útil utilizar una nomenclatura clara para definir cada referencia, por ejemplo: “tab:” seguido del nombre de la tabla para las tablas, “fig:” seguido del nombre de la figura para las figuras, etc.

## 4. FORMATO DE TEXTO

Como en cualquier editor de texto, el formato del texto puede alterarse sobre la marcha de distintas maneras. Pueden incluirse palabras en **negrita** (si se utiliza Overleaf puede utilizarse el atajo `ctrl+B` en Windows o `Cmd+B` en Mac), palabras en *curiva* (`ctrl+I` o `Cmd+I`), o una *combinación* de ambas.

### A. Tamaño de fuente

También se puede modificar el tamaño de forma rápida y sencilla (una lista con los distintos tamaños y sus comandos respectivos puede encontrarse en <https://www.sascha-frank.com/latex-font-size.html>)

### B. Color

El color del texto también puede ser modificado sobre la marcha, así como subrayar ciertas palabras o bloques de palabras. Algunos colores están implementados por defecto y pueden utilizarse indicando simplemente su denominación (red, orange, blue, etc., resumidos en esta imagen), pero también pueden definirse colores mediante sus códigos rgb, RGB, HTML, o cmyk, haciendo uso del paquete `xcolor`. Por ejemplo: `\definecolor{coral}{rgb}{1.0, 0.5, 0.31}` define un color con el correspondiente identificador rgb que se puede utilizar de ahora en adelante haciendo uso del nombre que se le ha asignado, coral (una extensa guía con gran variedad de colores puede consultarse en <http://latexcolor.com/>)

### C. Espaciado

Puede ser de utilidad insertar espacios entre distintas palabras, o espacios verticales entre párrafos u otros elementos del documento,

como en este caso.

Aunque `\hspace` y `\vspace` presenten la ventaja de ser totalmente personalizables, para espaciados de tamaño estándar es recomendable utilizar `\` (espacio) y `\\` (salto de línea).

## D. Listas

Existen dos tipos de listas, las numeradas y las no numeradas.

### D.1. Listas no numeradas

Las listas no numeradas corresponden al entorno `itemize`:

- Primer elemento.
- Segundo elemento.

Se pueden hacer listas de distintos niveles de profundidad:

- Primer elemento.
- Segundo elemento.
  - Tercer elemento.
    - Cuarto elemento.
    - Quinto elemento.
    - Sexto elemento.
  - Séptimo elemento.
    - Octavo elemento.
- Noveno elemento.

### D.2. Listas numeradas

Las listas numeradas corresponden al entorno `enumerate`:

1. Primer elemento
2. Segundo elemento
3. Tercer elemento

Del mismo modo, las listas numeradas pueden incorporar distintos niveles de profundidad:

1. Primer elemento
  - a) Segundo elemento
  - b) Tercer elemento
    - 1) Cuarto elemento
      - a' Quinto elemento
      - b' Sexto elemento

- 2) Séptimo elemento
  - c) Octavo elemento
  - d) Noveno elemento
2. Décimo elemento.

### D.3. Listas combinadas

Las listas numeradas y no numeradas pueden combinarse, por ejemplo:

- Primer elemento.
  - 1. Segundo elemento
  - 2. Tercer elemento
    - Cuarto elemento
    - Quinto elemento
      - a) Sexto elemento
      - b) Séptimo elemento
    - Octavo elemento
  - 3. Noveno elemento
- Décimo elemento

### D.4. Formato de las listas

Tanto el estilo de las distintas numeraciones dentro de una lista numerada como la apariencia de los *bullet points* de las listas no numeradas pueden personalizarse:

- Primer elemento.
  - I Segundo elemento
  - II Tercer elemento
    - \* Cuarto elemento
    - \* Quinto elemento
      - A Sexto elemento
      - B Séptimo elemento
    - \* Octavo elemento
  - III Noveno elemento
- Décimo elemento

Los distintos formatos posibles pueden consultarse en la guía elaborada por Overleaf que puede encontrarse en <https://www.overleaf.com/learn/latex/lists>.

## 5. TABLAS

Las tablas se definen en el entorno `table`. Existen infinidad de posibilidades en cuanto a su formato: omitir o dibujar líneas horizontales y verticales, fusionar columnas y filas, alinear el contenido a la derecha, izquierda o centro, y demás opciones resumidas en <https://www.overleaf.com/learn/latex/tables>. Dado que la forma de construir una tabla directamente en código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X está lejos de ser cómoda e intuitiva, quizás lo más recomendable sea acudir a editores de tablas que generan automáticamente el código correspondiente y cuya interfaz es similar a la que puede encontrarse en Excel, como por ejemplo <https://www.tablesgenerator.com/>. Un ejemplo sencillo de tabla se muestra a continuación:

$n$	$a_n$	$a_{n+1}$	$\varphi$ ( $=a_{n+1}/a_n$ )
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	3	1,5
4	3	5	1,66666667
5	5	8	1,6
6	8	13	1,625
7	13	21	1,61538462
8	21	34	1,61904762
9	34	55	1,61764706
10	55	-	-

Cuadro .1: Cinco primeros términos de la sucesión de Fibonacci

El título de la tabla se indica mediante el comando `\caption` (este comando no solamente sirve para añadir un título a la tabla, sino que es esencial para que ésta aparezca en el índice de tablas), y, al igual que en el caso de los títulos de capítulos (ver apartado C), es muy recomendable añadir el comando `\label` para poder referirse a la tabla en cuestión en partes posteriores (o anteriores) del documento.

### A. Posicionamiento

Las tablas (al igual que otros elementos como imágenes o diagramas, como se verá más adelante) pueden posicionarse en distintos lugares de la página y en distintas posiciones con respecto al texto. La forma más común de situar una tabla es inmediatamente después de un párrafo y centrada en la página (como en el caso de la tabla .1), lo que se consigue indicando `[H]` al iniciar el entorno `table` y añadiendo el comando `\centering`, respectivamente. Una guía que recopila las distintas opciones en lo que se refiere al posicionamiento de tablas e imágenes puede consultarse en [https://www.overleaf.com/learn/latex/positioning\\_images\\_and\\_tables](https://www.overleaf.com/learn/latex/positioning_images_and_tables).

**B. Entorno `\longtable`**

En el caso de que una tabla sea demasiado larga como para caber en una única página se puede utilizar el entorno `\longtable`, mediante el cual  $\text{\LaTeX}$  secciona la tabla de forma automática en tantas partes como sea necesario.

$n$	$a_n$	$a_{n+1}$	$\varphi$ ( $=a_{n+1}/a_n$ )
<b>1</b>	1	1	1
<b>2</b>	1	2	2
<b>3</b>	2	3	1,5
<b>4</b>	3	5	1,66666667
<b>5</b>	5	8	1,6
<b>6</b>	8	13	1,625
<b>7</b>	13	21	1,61538462
<b>8</b>	21	34	1,61904762
<b>9</b>	34	55	1,61764706
<b>10</b>	55	89	1,61818182
<b>11</b>	89	144	1,61797753
<b>12</b>	144	233	1,61805556
<b>13</b>	233	377	1,61802575
<b>14</b>	377	610	1,61803714
<b>15</b>	610	987	1,61803279
<b>16</b>	987	1597	1,61803445
<b>17</b>	1597	2584	1,61803381
<b>18</b>	2584	4181	1,61803406
<b>19</b>	4181	6765	1,61803396
<b>20</b>	6765	10946	1,618034
<b>21</b>	10946	17711	1,61803399
<b>22</b>	17711	28657	1,61803399
<b>23</b>	28657	46368	1,61803399
<b>24</b>	46368	75025	1,61803399
<b>25</b>	75025	121393	1,61803399
<b>26</b>	121393	196418	1,61803399
<b>27</b>	196418	317811	1,61803399
<b>28</b>	317811	514229	1,61803399
<b>29</b>	514229	832040	1,61803399
<b>30</b>	832040	1346269	1,61803399
<b>31</b>	1346269	2178309	1,61803399
<b>32</b>	2178309	3524578	1,61803399
<b>33</b>	3524578	5702887	1,61803399
<b>34</b>	5702887	9227465	1,61803399
<b>35</b>	9227465	14930352	1,61803399
<b>36</b>	14930352	24157817	1,61803399
<b>37</b>	24157817	39088169	1,61803399
<b>38</b>	39088169	63245986	1,61803399
<b>39</b>	63245986	102334155	1,61803399
<b>40</b>	102334155	165580141	1,61803399
<b>41</b>	165580141	267914296	1,61803399
<b>42</b>	267914296	433494437	1,61803399



$n$	$a_n$	$a_{n+1}$	$\varphi$ ( $=a_{n+1}/a_n$ )
<b>43</b>	433494437	701408733	1,61803399
<b>44</b>	701408733	1134903170	1,61803399
<b>45</b>	1134903170	1836311903	1,61803399
<b>46</b>	1836311903	2971215073	1,61803399
<b>47</b>	2971215073	4807526976	1,61803399
<b>48</b>	4807526976	7778742049	1,61803399
<b>49</b>	7778742049	1,2586E+10	1,61803399
<b>50</b>	1,2586E+10	-	-

Cuadro B.2: Cincuenta primeros términos de la sucesión de Fibonacci

Existen distintas alternativas en cuanto a qué elementos incluir tanto en la primera como en la última línea de cada sección de tabla (en el caso de la tabla B.2 se ha elegido repetir la primera línea en cada una de sus secciones), que pueden consultarse en <https://texblog.org/2011/05/15/multi-page-tables-using-longtable/>.

## 6. IMÁGENES

Las imágenes se insertan mediante el comando `\includegraphics` que es conveniente situar en el entorno `figure` (mismo entorno utilizado, como se verá más adelante, para gráficas o diagramas). Un ejemplo de imagen se muestra a continuación (al utilizar Overleaf es esencial cargar la imagen en el directorio de trabajo antes de insertarla en el documento):

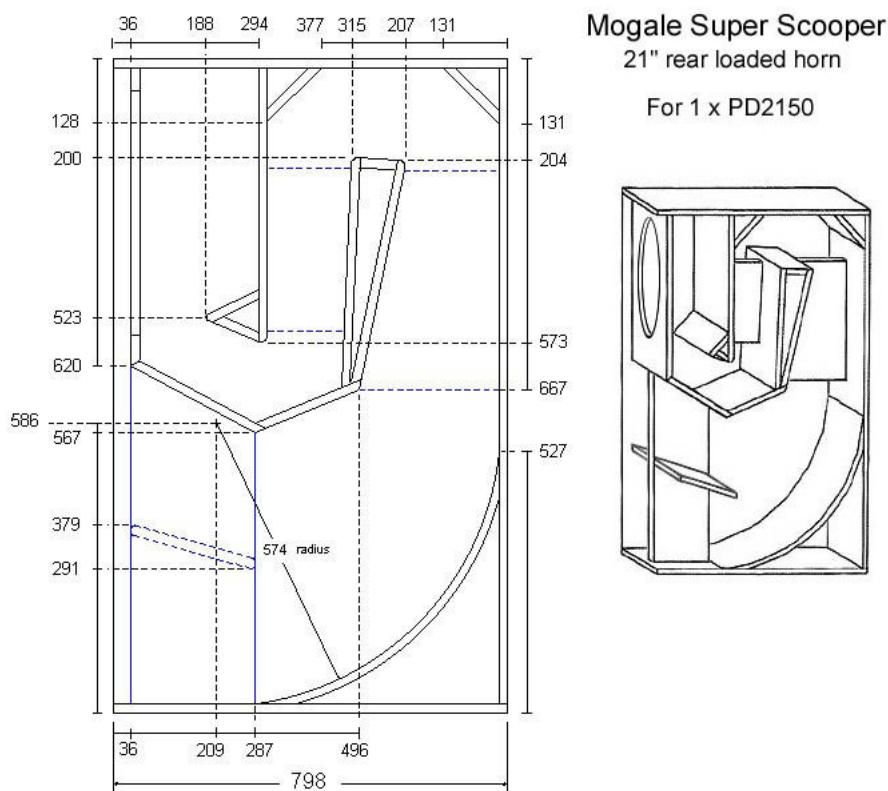


Figura .1: Vista de perfil del 21" Mogale Super Scooper

En la inmensa mayoría de casos el tamaño original de la imagen no se adapta correctamente a las dimensiones de la página, por lo que es necesario redimensionar la imagen mediante el argumento `scale` de `\includegraphics`.

Al igual que para las tablas, existen distintas alternativas en cuanto a su posicionamiento (que, se recuerda, pueden consultarse en [https://www.overleaf.com/learn/latex/positioning\\_images\\_and\\_tables](https://www.overleaf.com/learn/latex/positioning_images_and_tables)), el título se indica mediante el comando `\caption` y la referencia mediante el comando `\label`.

Existen, además, diversas opciones en lo relativo al manejo de imágenes que no se detallan en este documento, pero que pueden consultarse en [https://es.overleaf.com/learn/latex/Inserting\\_Images](https://es.overleaf.com/learn/latex/Inserting_Images)

## 7. ECUACIONES

Una de las mayores ventajas de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X es lo fácil y rápido que resulta incorporar ecuaciones en el documento. Las ecuaciones se definen en el entorno `equation`, mediante el cual la identidad de Euler, por ejemplo, quedaría como:

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (7.1)$$

o la serie de Leibniz:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} = \frac{\pi}{4} \quad (7.2)$$

Como se puede ver, las ecuaciones se numeran de forma automática con respecto al capítulo en el que se encuentran (para no numerar una ecuación basta con definir el entorno como `\begin{equation*}`), número al que se puede hacer referencia definiendo el comando `\label`.

En este apartado se utilizan algunos de los símbolos matemáticos básicos, para más información sobre los distintos comandos que corresponden a diversos símbolos puede consultarse <https://www.caam.rice.edu/~heinken/latex/symbols.pdf>.

### A. Ecuaciones en el texto

También existe la posibilidad de introducir expresiones matemáticas en una línea de texto encerrando la expresión entre dos símbolos `$`, mediante lo cual se puede hacer referencia al número complejo  $i$ , que puede definirse como  $\sqrt{-1} = i$ , sin necesidad de interrumpir la oración.

### B. Entorno `\split`

En el caso de que una ecuación sea demasiado larga como para caber en una única línea puede usarse el entorno `split`, utilizado para el desarrollo de la serie de Taylor de  $\sin x$  que aparece a continuación:

$$\begin{aligned} \sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} - \frac{x^{11}}{11!} + \frac{x^{13}}{13!} + \dots \\ + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!} + \dots, \forall x \in \mathbb{R} \end{aligned} \quad (7.3)$$

La disposición de la ecuación no se hace automáticamente, por lo que es necesario indicar en qué lugar quedan verticalmente alineadas las distintas líneas (esto se realiza mediante el símbolo `&` que en este caso va colocado después del `=` en la primera línea y antes del primer `+` de la segunda línea) y en qué momento se salta a la línea (que se indica mediante el comando `\)`).

### C. La herramienta Mathpix

Mathpix es una aplicación que permite traducir a lenguaje  $\text{\LaTeX}$  cualquier ecuación, ya se encuentre en un archivo PDF o escrita a mano en un folio de papel. Aunque el proceso de plasmar ecuaciones en un documento  $\text{\LaTeX}$  ya es sencillo y rápido, esta herramienta lo vuelve casi instantáneo. La aplicación puede descargarse desde la página web de Mathpix: <https://mathpix.com/>.