

Autor: Pablo Santervás Blanco

Tutor: Juan Manuel Escaño Gonzalez

Trabajo Fin de Grado

en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Control inteligente de grúas industriales: aplicación de lógica borrosa en la automatización de tareas de carga

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado

en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica

**Control inteligente de grúas industriales: aplicación de lógica borrosa en la automatización de tareas de carga**

Autor:

Pablo Santervás Blanco

Tutor:

Juan Manuel Escalño Gonzalez

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado: Control inteligente de grúas industriales: aplicación de lógica borrosa en la automatización de tareas de carga

|  |  |
| --- | --- |
| Autor: | Pablo Santervás Blanco |
| Tutor: | Juan Manuel Escaño Gonzalez |

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, que ha estado siempre a mi lado a lo largo de este camino, brindándome apoyo, confianza y palabras de aliento, especialmente en los momentos en los que las cosas no salían como esperaba.

También agradezco a todos los compañeros que he tenido la suerte de conocer durante estos años. Han sido personas extraordinarias que no solo me han acompañado, sino que también me han ofrecido su ayuda, tanto en lo personal como en lo académico, siempre con generosidad y disposición. Del mismo modo, quiero recordar a mis viejos amigos, quienes, a pesar del paso del tiempo, han continuado apoyándome y animándome en cada etapa de este proceso.

Por último, mi gratitud se extiende a todos los profesores que han sido parte de mi formación, por compartir sus conocimientos y guiarme durante esta etapa. De manera especial, quiero destacar a mi tutor, un gran profesional que me ha orientado con paciencia y creatividad, aportándome ideas clave cuando enfrentaba dificultades en este proyecto.

Pablo Santervás Blanco

Sevilla, 2024

Resumen

El presente trabajo aborda el desarrollo de un sistema automático para la carga de materiales pesados, con el objetivo de reducir los riesgos para los operarios y aumentar la productividad en el entorno industrial. La situación inicial presentaba un manejo manual de las chapas, que implicaba altos riesgos de accidentes y limitaciones en la eficiencia operativa. Frente a esta problemática, se planteó como solución la automatización del proceso mediante una grúa controlada por un PLC, opción elegida por su capacidad para cumplir con los requisitos de seguridad y eficiencia, además de ser una tecnología ampliamente utilizada y probada en aplicaciones industriales.

El sistema de control implementado se basó en la lógica difusa, un enfoque reconocido por su capacidad para gestionar sistemas complejos con incertidumbre. La razón de su selección se fundamentó en la lectura de literatura científica que abordaba el mismo problema, aportando así una base sólida para la selección de la propuesta.

Para evaluar el desempeño del sistema, se realizaron comparaciones con el método clásico de control basado en controladores PID. Los resultados mostraron la clara superioridad del controlador difuso, destacando no solo por ofrecer una mejor respuesta dinámica, sino también por su mayor adaptabilidad a cambios en las condiciones de operación, como el peso de la carga. Las comparaciones echas en el entorno de simulación de Simulink (MATLAB), fueron realizadas tanto con los controladores propio de Fuzzy Logic Toolbox, como con el modelo de controlador TM221 de Schneider Electric, disponible para simular en el entorno Machine Expert Basic de la misma compañía.

Este proyecto confirma la eficacia de soluciones consolidadas en la industria, contribuyendo a mejorar tanto la seguridad como la productividad en el manejo de materiales.

Abstract

This paper addresses the development of an automatic system for loading heavy materials, with the aim of reducing risks for operators and increasing productivity in the industrial environment. The initial situation presented manual handling of the sheets, which entailed high risks of accidents and limitations in operational efficiency. Faced with this problem, the automation of the process by means of a crane controlled by a PLC was proposed as a solution, an option chosen for its capacity to meet safety and efficiency requirements, in addition to being a widely used and tested technology in industrial applications.

The control system implemented was based on fuzzy logic, an approach recognized for its capacity to manage complex systems with uncertainty. The reason for its selection was based on reading scientific literature that addressed the same problem, thus providing a solid basis for the selection of the proposal.

To evaluate the performance of the system, comparisons were made with the classic control method based on PID controllers. The results showed the clear superiority of the fuzzy controller, not only offering a better dynamic response, but also for its greater adaptability to changes in operating conditions, such as load weight. The comparisons made in the Simulink simulation environment (MATLAB), were carried out both with the Fuzzy Logic Toolbox controllers and with the Schneider Electric TM221 controller model, available for simulation in the Machine Expert Basic environment of the same company.

This project confirms the effectiveness of solutions consolidated in the industry, contributing to improving both safety and productivity in material handling.

Índice

Agradecimientos vii

Resumen ix

Abstract xi

Índice xii

Índice de Tablas xv

Índice de Figuras xvii

Notación xix

1 Introducción 1

2 Estructura del Trabajo 4

2.1. Preliminares 4

2.1.1 Cubierta 4

2.1.2 Portada 4

2.1.3 Resumen 4

2.1.4 Prefacio o Introducción 4

2.1.5 Índice y/o Índice general 5

2.1.6 Lista de ilustraciones y tablas 5

2.1.7 Lista de abreviaturas y símbolos 5

2.1.8 Glosario 5

2.2. Texto principal 5

2.3. Bibliografía 5

2.4. Anexos 5

3 Uso de Estilos 7

3.1 Secciones 7

3.1.1 Subsección 7

3.1.2 Otra subsección 7

3.2 Otra sección 8

4 Otro Capítulo 11

4.1 Estilos de un documento 11

4.2 Títulos y Referencias Cruzadas 12

4.3 Versiones y Sistemas Operativos 12

4.3.1 Macintosh 12

4.3.2 Linux 12

4.4 Texto en inglés 13

4.5 Elementos básicos de un libro 13

4.6 Símbolos y fórmulas 13

4.7 Ecuaciones y MathType® 13

4.7.1 Fuentes 14

4.7.2 Epígrafes o citas célebres 14

4.7.3 Figuras y tablas 15

4.7.4 Hiperenlaces 15

4.7.5 Tabla de contenido 16

4.7.6 Índice de figuras, tablas y otros elementos 16

4.7.7 Formatos de páginas 16

4.7.8 Teoremas y otros elementos similares 16

4.7.9 Ejemplos 17

4.7.10 Índices de palabras y glosarios 17

4.8 Antes del documento 17

4.9 Fuente del texto 18

4.10 Cubierta 18

Referencias 20

Índice de Conceptos 22

Glosario 24

# **Índice de Tablas**

Tabla 2–1. Tipos de transmisión y frecuencia central 9

Tabla 3–1 Tipos de transmisión y frecuencia central 15

# **Índice de Figuras**

Figura 2‑1. Esto es el pie de la figura. 8

Figura 3‑1. Pie de figura 15

Notación

|  |  |
| --- | --- |
| A\* | Conjugado |
| c.t.p. | En casi todos los puntos |
| c.q.d. | Como queríamos demostrar |
| ∎ | Como queríamos demostrar |
| e.o.c. | En cualquier otro caso |
| e | número e |
| IRe | Parte real |
| IIm | Parte imaginaria |
| sen | Función seno |
| tg | Función tangente |
| arctg | Función arco tangente |
| sen | Función seno |
| sin*xy* | Función seno de *x* elevado a *y* |
| cos*xy* | Función coseno de *x* elevado a *y* |
| Sa | Función sampling |
| sgn | Función signo |
| rect | Función rectángulo |
| Sinc | Función sinc |
| ∂y ∂x  *x*◦ | Derivada parcial de *y* respecto  Notación de grado, *x* grados. |
| Pr(*A*) | Probabilidad del suceso *A* |
| SNR | Signal-to-noise ratio |
| MSE | Minimum square error |
| : | Tal que |
| < | Menor o igual |
| > | Mayor o igual |
| \ | Backslash |
| ⇔ | Si y sólo si |

# Introducción

E

n la actualidad, el manejo de cargas pesadas en la industria suele realizarse con equipos manuales como transpaletas, lo que expone a los operarios a riesgos significativos. El proceso de carga y transporte de estas, debido a su peso y volumen, incrementa las probabilidades de sufrir accidentes graves, generando puntos calientes de peligrosidad dentro de la planta. Estos riesgos no solo comprometen la integridad física de los trabajadores, sino que también pueden ocasionar interrupciones en la producción y daños materiales.

Además, el manejo manual limita la eficiencia operativa, ya que depende en gran medida de la pericia del operario y de las condiciones del entorno. Esto genera una variabilidad en los tiempos de operación y aumenta la fatiga física del personal, factores que afectan directamente la productividad y los costos de la empresa. En este contexto, resulta evidente la necesidad de implementar soluciones que garanticen tanto la seguridad como la optimización de los procesos, mejorando la calidad de vida de los operarios implicados y reduciendo la peligrosidad de las tareas que deben de realizar.

Figura 1-1. Tasa (%) de accidentes laborales en España a lo largo de la década (2009-18)

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema automatizado para la carga de chapas que sea robusto, fiable y cumpla con los estándares de seguridad industrial. Dicho sistema debe ser lo suficientemente versátil como para adaptarse a diferentes entornos y casos de uso, contribuyendo a reducir significativamente la presencia humana en las áreas de mayor riesgo. Además, se busca que esta solución no solo mejore las condiciones laborales de los operarios, eliminando peligros innecesarios, sino que también incremente la productividad mediante procesos más eficientes y consistentes.

El diseño del sistema de control se basó en lógica difusa, un método conocido por su capacidad de gestionar sistemas complejos y con incertidumbre. Para su desarrollo y simulación se utilizó MATLAB, empleando herramientas específicas como Simulink y el Fuzzy Logic Toolbox. Estas plataformas permitieron modelar el comportamiento del sistema y optimizar las reglas difusas antes de su implementación en un PLC. Una de las ventajas principales de este enfoque radica en su flexibilidad, ya que permite incluir diversas variables que influyen en la operación, como la posición, velocidad y peso de la carga.

El proyecto también incluye la comparación del controlador difuso con un control en cascada PID+PI convencional, realizado en el entorno de simulación de Simulink. Estas comparaciones demostraron que la lógica difusa no solo proporciona una mejor respuesta dinámica, sino que también se adapta más eficientemente a cambios en las condiciones de operación, como las variaciones en el peso de la carga.

Aunque el diseño del controlador difuso puede requerir un mayor tiempo de ajuste debido a la importancia de definir correctamente sus reglas, su flexibilidad y rendimiento justifican ampliamente su elección. Por otro lado, el uso de MATLAB y Simulink facilitó tanto la validación del modelo como la comparación con otras estrategias de control, destacando la versatilidad de estas herramientas para el desarrollo de proyectos industriales.

En conclusión, este trabajo no solo implementa una solución ampliamente validada en la industria, sino que también explora el uso de un enfoque de control intuitivo y adaptable, capaz de mejorar la seguridad y la productividad en el manejo de materiales pesados.

# Viabilidad Técnica

C

omo paso previo a la selección de una solución, es necesario plantear diferentes propuestas que puedan ser empleadas para abordar el problema propuesto. En este caso particular, se han considerado tres posibles planteamientos que utilizan diferentes tecnologías, cada una con sus propias ventajas e inconvenientes. Esta sección actúa como preámbulo y justificación de la solución expuesta en los apartados siguientes.

## Puente grúa automático

### Funcionamiento

El sistema propuesto utilizaría una grúa para realizar todas las operaciones. La secuencia se iniciaría cuando el operario seleccionase el formato y el proceso de transformación del material, o lo que es lo mismo, el depósito de la máquina que procesará el material. Tras ello, la grúa recogería un lote del formato seleccionado y lo trasladaría a la celda de operación manual, donde un operario cortaría las bridas metálicas que sujetan la carga el material al palé, desacoplándolos, para después asegurar la carga mediante cinchos. Toda la operación se haría con la grúa alejada de la celda y parada, esperando a la confirmación manual del operario de la finalización del proceso. Posteriormente a un tiempo de seguridad después de la confirmación, la grúa trasladaría la carga a la estación seleccionada, esperando en su posición home hasta que hubiese una nueva orden.

### Ventajas:

* Utilización de maquinaría genérica y simple.
* Número de sensores y actuadores reducido, como corolario de la ventaja anterior.
* Implementación de un modo manual directo y simple de aprender.
* Robustez ante fallos, con posibilidad de operación manual en caso de error en el modo automático.
* Gran durabilidad, acompañado de un mantenimiento simple.

### Inconvenientes

* La carga se maneja suspendida en el aire, por lo que el fallo puede ser altamente peligroso.
* Poco modulable al depender en gran medida del tipo de instalación.

## Manipulador

### 2.2.1 Funcionamiento

El sistema constaría de dos plataformas de descarga y un manipulador entre ellas. La descarga en la plataforma de operación se realizaría mediante el método original de descarga. Posteriormente, y al igual que en el caso de la grúa el operario cortaría las bridas de acople entre la carga y el palé. El robo, una vez confirmada la ausencia de presencia humana en el entorno de trabajo, trasladaría la carga por unidad de la estación de operación a la estación de almacenaje de la máquina seleccionada. Al finalizar, el robot volvería a la posición home, esperando nuevas órdenes.

### 2.2.2 Ventajas

* Alto nivel de seguridad al manejar cargas inferiores.
* Dimensiones reducidas.
* Adaptable a diferentes condiciones de operación.

### 2.2.3 Desventajas

* Sistema complejo con muchos sensores y actuadores.
* Alta utilización debido a la descarga por unidad.
* Instalación compleja.
* Mayor asiduidad en el mantenimiento.
* Dificultad par reconocer el origen de los fallos.

## Bibliografía

Debe contener las referencias bibliográficas de los documentos consultados para demostrar las bases del trabajo realizado y avalar los datos incorporados y citados en el texto.

Se elaborará de forma normalizada, para lo que se aconseja utilizar la norma UNE vigente (actualmente la “UNE ISO 690:2013. Información y documentación. Directrices para la redacción de referencias bibliográficas y de citas de recursos de información”).

Para la elaboración de esta parte del Trabajo se recomienda consultar la Web de la Biblioteca de Ingeniería que contiene recursos, guías y ayudas para la elaboración de las referencias bibliográficas.

## Anexos

Se puede incluir de esta forma material extenso utilizado en el trabajo, importante para justificar los resultados y las conclusiones obtenidas, pero que no es esencial para la comprensión del texto principal. Pueden ser datos estadísticos, legislación, etc.

**La paginación debe ser correlativa y continuar la del texto principal. Cada uno de los anexos debe identificarse con una letra mayúscula del alfabeto, comenzando por la letra A, precedida de la palabra Anexo.**

# Uso de Estilos

Esto es una cita al principio de un capítulo.

- El autor de la cita -

L

os capítulos nuevos pueden comenzarse de una forma cómoda copiando y pegando esta página (desde el principio hasta el final) en una página en blanco. Hay cuatro “profundidades” de Títulos que representan los capítulos, las secciones, las subsecciones y los apartados. Para asegurarse de que el capítulo comienza en página impar puede introducir un salto de sección impar.

## Secciones

Texto de sección. Esto está escrito con el estilo Normal *(Inicio > Estilos)*.

### Subsección

Texto de subsección.

#### Apartado

Texto del apartado dentro de la subsección.

Una cita a otra obra se inserta desde el menu *Referencias > Insertar Cita > Agregar Nueva Fuente*. Hay que rellenar los campos que nos interesen. Existen muchos Estilos para poner la cita. Por ejemplo, con el estilo IEEE 2006 quedan así (Autor, 2012), pero se pueden probar otros hasta ver el que más nos convence (Autor O. , 2001).

Una vez tengamos insertada esa cita, ya podemos encontrarla en el menú *Referencias > Insertar Cita* sin tener que agregar una nueva fuente.

### Otra subsección

Texto de la otra subsección. Aprovecharemos para insertar una nota[[1]](#footnote-1) al pie.

## Otra sección

Cada vez que escribamos uno de estos títulos y pulsemos Enter, volverá al estilo Normal.

Gracias a los Elementos Rápidos, podemos insertar *Teoremas, Ejemplos, Demostraciones, Definiciones, Imágenes y Tablas.*

|  |
| --- |
|  |
| Figura 3‑1. Esto es el pie de la figura. |

Para insertar ecuaciones, deberemos tener instalado MathType y que se integre correctamente en Word (Aparecerá una pestaña en el menú superior). Se puede usar el editor de ecuaciones integrado en Word, pero aunque tiene alguna ventaja no se recomienda. Aquí, como puede ser que el lector no tenga MathType, se ha optado por usar el editor de ecuaciones de Word.

Dentro de la pestaña MathType, se puede insertar una ecuación inline como esta, que no modifica la separación entre líneas gracias a una propiedad del estilo Normal. Hay que tener cuidado con esto, pues ecuaciones inline con mucha altura pueden superponerse con el texto. En el raro caso de que ocurra, lo mejor es reducir el tamaño de la ecuación o poner una ecuación a parte.

Las ecuaciones a parte se ponen pulsando sobre *MathType > grupo “Insert Equations” > Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Otra opción, la que se adopta a continuación es crear una tabla con el número generado con un título “(“ incluyendo el número de capítulo, si no lo ve en sus títulos tendrá que crearlo,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3–1) |

Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, MTDisplayEquation, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario).

Para referenciar una ecuación, usamos *MathType > grupo Equation Numbers > Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso (3–1).

Vamos a ver algunos elementos rápidos, empezando con el más sencillo de ellos, la Definición.

**Definición** (Concepto):Texto de la definición. Esto es otro de los Elementos Rápidos, aunque no tenga numeración.

Las tablas también son Elementos Rápidos. Todos los elementos rápidos se acceden desde el menú de Insertar. No obstante, también podemos copiar de estas mismas líneas el elemento que nos interese, y pegarlo donde queramos editarlo.

Tabla 3–1. Tipos de transmisión y frecuencia central

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de Transmisión | Frecuencia central de transmisión |
| Modem | 100-1800 Hz |
| Radio AM | 530-1600 kHz |
| Radio FM | 88-108 MHz |
| Televisión | 178-216 MHz |
| Telefonía móvil | 850 MHz-1,8 GHz |
| Redes inalámbricas | 2*,*4 GHz |
| Fibra óptica | 2·1014 Hz |

De hecho, cualquiera puede crear un Elemento Rápido a su gusto desde el propio menu de Elementos Rápidos, pulsando en *“Guardar selección …”* tras haber seleccionado la parte del documento que queremos guardar.

Otro de los Elementos Rápidos es el Ejemplo.

**Ejemplo 3–1.** Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.

Los ejemplos que dan más problemas son los que llevan ecuaciones o los que continúan en la página siguiente. En ese caso hay que hacerle un retoque final al mismo.

**Ejemplo 3–2.** Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3–2) |

En cualquier caso, estas barras se configuran una vez está acabado el ejemplo en el menú Inicio > grupo “Párrafo” > pulsando sobre el icono inferior derecho de ese grupo. Por ejemplo, si nos aparecen barras grises delimitando la ecuación recién insertada, basta con situarse en el párrafo superior e inferior a la ecuación y eliminar esas barras en el menú que hemos dicho.

Si queremos referenciar cualquier elemento numerado a lo largo del texto (como por ejemplo “0

Secciones” o “Tabla 3–1”, se hace desde el menú *Insertar > grupo “Vínculos” > Referencia cruzada*. Luego hay que buscarlo en la caterogría adecuada (*Tipo*) y especificar a qué queremos que haga referencia (*Referencia a*). Si quedan con un formato indeseado, siempre se puede marcar y aplicar el estilo Normal.

Debemos saber que en cualquier momento, si una numeración no nos aparece correctamente, puede ser debido a que Word todavía no la ha actualizado. Para forzar esta actualización, hacemos click sobre la última cifra de esa numeración y pulsamos *Actualizar Campos*.

|  |
| --- |
| **Teorema 3.1 (Nombre del teorema)**  Aunque algunas ecuaciones aparezcan cortadas contra el fondo gris, al imprimirlas en PDF salen bien. No obstante, al insertar una ecuación puede ser necesario incluir alguna línea en blanco adicional, si parece que van a solapar con el texto…  Y esta es la línea final del Teorema. |

**Demostración:** Las demostraciones siguen al teorema, tienen cierta sangria y acaban con un cuadrado negro antes de volver al estilo Normal. Las demostraciones demasiado engorrosas pueden ponerse en un apéndice al final del documento, pero eso ya es cuestión personal.

∎

Algunos conceptos son muy importantes para la Tesis y conviene añadirlos al glosario al menos la primera vez que aparecen. Para ello, los marcamos y pulsamos *Referencias > Marcar entrada.* Luego pulsaremos “Marcar” y “Cerrar”. Si Word nos ha pasado al modo “Mostrar Todo”, donde se muestran los símbolos de formato, podemos salir de él pulsando *Control + Shift + (.*

# Otro Capítulo

The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point.

Claude Shannon, 1948

E

n este capítulo vamos a describir las partes de las que consta un documento tipo, cómo deben interpretarse los diferentes comandos que se han definido para su confección.

Los capítulos nuevos pueden comenzarse de una forma cómoda copiando y pegando esta página (desde el principio hasta el final) en una página en blanco. Hay cuatro “profundidades” de Títulos que representan los capítulos, las secciones, las subsecciones y los apartados. (título1 a título5)

Hay mucho de elección personal en lo que sigue y únicamente se justifica desde el gusto personal de quienes escribimos esto. No pretendemos por ello sentar precedentes, obligaciones ni restricciones a quien desee utilizar este documento. En cualquier caso, esperamos que su lectura sea provechosa para la confección y edición de libros, apuntes de clase, proyectos, etc.

## Estilos de un documento

Aquí definiremos los principales estilos que se han definido en este documento. Estos pueden accederse desde la pestaña *Inicio* y clicando en la sección *Estilos*, los verá en la parte media de la barra de herramientas. Pruebe a consultar todos los estilos que posee el documento pinchando en la flecha que apunta hacia abajo con una raya encima, debajo de los estilos que aparecen.

El dominio de los estilos es fundamental para una buena edición de un texto con Word. Se recomienda invertir un tiempo en “jugar” con las opciones en el menú Formato>Estilo… Una de las mayores ventajas del dominio de los estilos es asignar una numeración automática a cada capítulo, sección y apartados. De esta forma al introducir o eliminar estos elementos el editor renumera automáticamente todo el documento.

Los principales estilos que se han diseñado para este texto son los siguientes:

* *Autor\_cita\_celebre\_capitulo* -> Se aplica al autor de la cita con la que se suele iniciar un capítulo.
* *Cita\_celebre\_capitulo* -> El contenido de la cita con la que se inicia un capítulo.
* *Código\_cuerpo ->* El contenido (sin incluir el título) de un bloque de código.
* *Definición ->* El texto que forma parte de una definición.
* *Demostración ->* El texto que forma parte de una demostración.
* *Encabezado ->* El estilo con el que se muestran los encabezados de las distintas páginas.
* *Normal ->* El texto “estándar” del documento,
* *Otro\_titulo ->* Para aquellos títulos de primer nivel que no deben numerar, por ejemplo: Resumen, Agradecimientos, etc.
* *Otro\_titulo2 ->* Para aquellos títulos de segundo nivel que no se deben numerar, por ejemplo los títulos de los problemas.
* *Portada\_autores->* Para mostrar los nombres de los autores en la portada del documento.
* *Portada\_departamento ->* Para mostrar el nombre del departamento en la portada del documento.
* *Portada\_fecha ->* Para mostrar la fecha en la portada del documento.
* *Portada\_proyecto ->* Para mostrar el nombre del proyecto en la portada.
* *Subportada\_proyecto ->* Para mostrar los datos en la página interior que sigue a la portada.
* *Teorema ->* Para usar cuando se exprese un teorema.
* *Titulo\_previo ->* Muy similar a otro\_titulo.
* *Titulo\_codigo ->* Para los títulos en los bloques de código
* *Título 1 ->* Primer nivel de títulos (capítulos), tiene un subrayado en gris.
* *Título 2 ->* Segundo nivel de títulos (secciones).
* *Título 3 ->* Tercer nivel de títulos (subsecciones).
* *Título 4 ->* Cuarto nivel de título (apartados).
* *Título 5 ->* Usado para algunos encabezados menores.
* *Descripción ->* Se usa en los títulos de figuras, tablas, etc

## Títulos y Referencias Cruzadas

El otro elemento fundamental, además de los estilos, que el usuario debe dominar es el par Títulos/Referencia Cruzada. Si va al menú Insertar>Título verá que puede incluir un título de la lista. En el presente documento hay títulos definidos para ecuaciones del tipo (X-Y), por si no usa la numeración de Mathtype, para Figura X-Y, Tabla X-Y, Ejemplo X-Y y Teorema X-Y, donde X es el número del capítulo e Y es el número dentro del capítulo. Puede probar a crear uno, como por ejemplo Lema. Una vez que se ha introducido un título, para la leyenda de una Figura o Tabla, o para numerar una ecuación, se puede hacer referencia a él insertando Referencia Cruzada, en el mismo menú Insertar.

Este elemento es fundamental, de nuevo, para que al introducir o eliminar una nueva figura o ecuación el sistema pueda renumerar automáticamente (opción actualizar campos) todos los títulos y actualizar las referencias cruzadas. Para esto a veces es preciso seleccionar el texto y en el menú que aparece con el botón derecho del ratón pulsar Actualizar Campos. Además, esto permite insertar una lista de elementos al final o principio del documentos.

## Versiones y Sistemas Operativos

El programa Word® dispone de diversas versiones, este documento ha sido realizado usando la más reciente de ellas Office 2013, se ha comprobado que funciona correctamente, al menos, con las versiones 2010 y 2007 de la suite ofimática. Se proporciona un fichero con extensión .docx, que no es totalmente compatible con versiones anteriores. En todo caso el Centro de Cálculo y la Biblioteca de la Escuela cuentan en sus instalaciones con equipos con este software instalado y de uso público. Veamos ahora cómo trabajar con este documento en sistemas distintos de Windows.

### **Macintosh**

Para Macintosh está también disponible la suite Microsoft Office, por lo que no debe haber problemas al trabajar con este documento. Se ha probado en un Mac con la versión 2010 de Word® y funciona correctamente.

### Linux

Para Linux no existen versiones nativos de Office. Se nos ofrecen varias alternativas para poder usar este documento:

* Ejecutar un emulador para correr sobre él la suite de Office original, ejemplos son Wine y Crossover Office (específicamente diseñado para correr Office). La ventaja de esta opción es que trabajamos con el mismo sistema y el documento no sufre ninguna alteración y el consumo de recursos es moderado, la desventaja es que su configuración puede llegar a ser tediosa.
* Instalar una máquina virtual y sobre ella un sistema operativo Windows con su correspondiente copia de Office. Como desventaja más evidente comentar que no todos los equipos cuentan con potencia suficiente como para ejecutar esta opción.
* Usar una suite ofimática alternativa, como LibreOffice. El consumo de recursos será moderado y su uso es inmediato, por el contrario puede que el documento no se vea exactamente igual y que algunas operaciones deban ser realizadas de una forma distinta.

## Texto en inglés

El idioma por defecto de este documento es el Español, si usted quiere que algunas opciones como la autocorrección, el formato de moneda y alguna otras le aparezcan en Inglés o en algún otro idioma, simplemente empiece a escribir en ese idioma y el programa automáticamente lo detectará si el texto es lo suficientemente largo, es posible que le pida que instale el soporte extra para ese idioma si usted no lo tenía previamente instalado

## Elementos básicos de un libro

En este capítulo describimos los puntos que pueden incluirse con el formato propuesto. En primer lugar, la longitud de un libro, en general, justifica su separación en partes. Una posibilidad es que un libro esté dividido en Partes y esta a su vez en Capítulos. Y por último, a veces existen Apéndices que se incorporan cuando han acabado los capítulos. En nuestro caso sólo hemos considerado la posibilidad de dividir el libro en capítulos. Además, existen un conjunto de elementos como dedicatoria, prefacio, agradecimientos, cubierta, etc, que también son partes que se han tenido en cuenta.

En un nivel de descripción diferente, podríamos considerar que un libro se encuentra dividido en cubierta, página de título y trasera de la página de título, elementos antes del cuerpo del libro, tales como agradecimientos, prefacio, índices, etc, el cuerpo del libro en sí, dividido en capítulos y esto a su vez en secciones, subsecciones, subsubsecciones, subcapítulos, apéndices y, por último, la parte del libro después del cuerpo, que agruparía elementos tales como la lista de figuras del libro, la bibliografía, el índice, etc.

## Símbolos y fórmulas

Aunque Word® no es un editor científico ni la herramienta más utilizada para estos menesteres, hay que reconocer que el editor de fórmulas que trae integrado ha mejorado notablemente con las sucesivas versiones. Así mismo, actualmente se pueden insertar casi cualquier símbolo de un uso medianamente cotidiano. Para insertar un símbolo o una fórmula simple se debe ir a la pestaña *Insertar* y después pulsar en *Símbolo,* en la parte derecha de la barra de herramientas. Justo al lado nos encontramos con la opción de introducir un *Cuadro de texto*, el cual puede servirnos para resaltar ciertos tipos de contenido. En MacOS es muy común tener problemas con los símbolos, al estar duplicada la fuente “símbolo” y tener que desactivar una de ellas.

## Ecuaciones y MathType®

Como hemos comentados en el apartado previo el editor de ecuaciones integrado de Word® ha mejorado mucho versión tras versión, aún así si nuestro trabajo tiene un número importante de expresiones matemáticas no la mejor opción. Nos encontramos en el mercado con la herramienta Mathtype® que, tras instalarla, se integra perfectamente con Word®, apareciéndonos una nueva pestaña en la parte derecha donde tendremos acceso a todas las funciones de Mathtype®. Esta aplicación no es gratuita, si bien cuenta con una versión de evaluación plenamente funcional operativa durante 30 días ya que puede descargarse desde la url: [http://www.dessci.com/en/products/Mathtype®/](http://www.dessci.com/en/products/mathtype/).

Para insertar ecuaciones, deberemos tener instalado MathType y que se integre correctamente en Word (Aparecerá una pestaña en el menú superior[[2]](#footnote-2)). Se puede usar el editor de ecuaciones integrado en Word, pero aunque tiene alguna ventaja no se recomienda. Aquí, como puede ser que el lector no tenga MathType, se ha optado por usar el editor de ecuaciones de Word. Las ecuaciones s incluyen pulsando sobre *Mathtype® > grupo “Insert Equations” > Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, MTDisplayEquation, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario). Para referenciar una ecuación, usamos *Mathtype® > grupo Equation Numbers > Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Dentro de la pestaña MathType, se puede insertar una ecuación inline como esta, que no modifica la separación entre líneas gracias a una propiedad del estilo Normal. Hay que tener cuidado con esto, pues ecuaciones inline con mucha altura pueden superponerse con el texto. En el raro caso de que ocurra, lo mejor es reducir el tamaño de la ecuación o poner una ecuación a parte. También puede jugar con el interlineado, en el menú Formato>Párrafo.

Las ecuaciones a parte se ponen pulsando sobre *MathType > grupo “Insert Equations” > Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Otra opción, la que se adopta a continuación es crear una tabla con el número generado con un título “(“ incluyendo el número de capítulo, si no lo ve en sus títulos tendrá que crearlo,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4–1) |

Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, MTDisplayEquation, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario).

Para referenciar una ecuación, usamos *MathType > grupo Equation Numbers > Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso (3–1).

Por otro lado, en el menú de MathType se permite definir un estilo de ecuación, con tipos de letras y tamaños de las mismas, para nuevas ecuaciones y para aplicarlo a todas las ecuaciones del texto. Esto último es muy útil a veces.

### Fuentes

La selección de las fuentes para la edición de cualquier texto no es una tarea trivial. En realidad, el diseño tipográfico es todo un arte. Un convenio bastante aceptado es utilizar fuentes con serif para el texto y sin serif para titulares y cabeceras de páginas. Sin embargo, la elección de cualquiera de estas familias de fuentes es prácticamente cuestión de gusto personal y, por qué no decirlo, de la moda del momento.

En los primeros tiempos de Word® las posibilidades de elección estaban bastante limitadas. Sin embargo, con el advenimiento de nuevos métodos y programas, es posible elegir prácticamente cualquier fuente existente para su uso, y asociarla a un estilo.

### Epígrafes o citas célebres

En muchos libros, después del título de un capítulo o antes del resumen, o en el lugar que apetezca, se coloca una frase con diversos significados. Para ello nosotros simplemente debemos escribir el texto que deseemos y después aplicarle el estilo *Cita\_celebre\_capitulo*, para indicar el autor de la cita debemos escribirlo y después aplicarle el estilo *Autor\_cita\_celebre.*

### Figuras y tablas

Una parte importante de cualquier texto son las figuras y tablas que lo acompañan. En Word® estos elementos se consideran elementos flotantes.

La inclusión de las figuras se realiza simplemente yendo a la pestaña *Insertar -> Imágenes* y seleccionando la imagen de la ubicación de nuestro equipo donde se encuentre. Si bien Word® incluye algunas herramientas para la generación de figuras y diagramas, nuestra recomendación es usar alguna herramienta externa, guardar el resultado como una imagen y después insertarla. Por ejemplo para la creación de diagramas podemos recomendar Visio (propietario), Dia (libre y gratuito) y Lucidchart (una opción online muy potente). Para la edición de imágenes cualquier programa de edición de las mismas nos servirá.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 4‑1. Pie de figura |

Para insertar una tabla actuaremos de una forma similar en la pestaña *Insertar -> Tabla,* una vez hallamos hecho esto nos aparecerán a la derecha dos nuevas pestañas con la etiqueta “Herramientas de tabla” por encima. Estas dos nuevas pestañas son *Diseño* y *Presentación,*  donde podremos designar varias características visuales y de formato de las tablas. Nuestra elección se muestra en la tabla inferior, nuevamente solo hay que copiar y pegar para poder reusar este formato. Si quiere mantener una tabla sin que se rompa en dos hojas contínuas, tendrá que seleccionar todas las filas menos la última y en el menú Formato>Párrafo seleccionar la pestaña Líneas y Saltos de Páginas y allí pulsar la opción Conservar con el siguiente.

Tabla 4–1 Tipos de transmisión y frecuencia central

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de Transmisión | Frecuencia central de transmisión |
| Modem | 100-1800 Hz |
| Radio AM | 530-1600 kHz |
| Radio FM | 88-108 MHz |
| Televisión | 178-216 MHz |
| Telefonía móvil | 850 MHz-1,8 GHz |
| Redes inalámbricas | 2*,*4 GHz |
| Fibra óptica | 2·1014 Hz |

Observemos que en la parte inferior de las figuras y en la superior de las tablas (esta ha sido nuestra elección), se colocan textos explicativos sobre las mismas. Para introducir este título pulsamos con el botón derecho sobre el elemento (figura o tabla) y pulsamos insertar título, no se nos debe olvidar indicar la categoría correcta en cada caso, figura o tabla para que la autonumeración funcione correctamente.

### Hiperenlaces

Un primer paso a la hora de crear un documento es generar una versión en formato electrónico del mismo. Hemos decidido que ese formato sea pdf. En un formato pdf existe la posibilidad de crear hiperenlaces que facilitan la navegación a lo largo del mismo. Por ejemplo, el índice en un libro en formato pdf se generará, con la propuesta que hemos realizado, creando enlaces a las diversas partes del mismo. O bien, cuando nos referimos a una figura o tabla, es muy útil la existencia de esos enlaces al lugar exacto en el que se encuentra la figura o tabla. Esto lo realizaremos y veremos con más detalle en la siguiente sección. Si queremos incluir un enlace a un elemento externo (una página web, por ejemplo) deberemos ir a la pestaña *Insertar -> Hipervínculo*, nos aparecen dos campos para rellenar: en “Texto” pondremos el texto que apecerá en nuestro documento, por ejemplo Google, y en “Dirección” la url a la que apuntará, por ejemplo www.google.es, quedando el resultado final así: [Google](http://www.google.es).

### Tabla de contenido

La generación de la tabla (o tablas) de contenido de un texto suficientemente largo suele ser una tarea sumamente laboriosa. Word® facilita enormemente este trabajo. En otra sección de este capítulo explicaremos cómo y dónde se incorporará esta tabla de contenidos. En este apartado nos centramos en explicar algunos aspectos de cómo se construye la principal tabla de contenidos, que denominamos *Índice*.

Nuestra primera decisión fue establecer que en el índice deben aparecer hasta los apartados que hemos denominados subsecciones, lo que se logra mediante la secuencia que vamos a ver a continuación. También hemos propuesto que no aparezcan los habituales puntos que existen entre el texto y el número de página correspondiente de muchos índices.

Para usar el que índice incluido simplemente deberemos escribir nuestro texto usando los correspondientes estilos de títulos, a la hora de actualizarlo deberemos pulsar el botón derecho sobre el mismo y pulsar en *Actualizar Campos* y elegir *Actualizar todo.* También podemos ir al menú Insertas>Indice y Tablas y allí tabla de contenido, usando el estilo sencillo.

### Índice de figuras, tablas y otros elementos

Es habitual, y aquí lo hemos hecho también, incluir un índice de figuras y/o tablas al final del documento cuando éste posee muchos de estos elementos. También se pueden incluir índices de Código, Teoremas o cualquier otro elemento del estilo. Para crear un índice de este tipo debemos hacer lo siguiente: Ir al la pestaña *Referencias-> Insertar tabla de ilustraciones;* ahí debemos pinchar en el desplegable *etiqueta de título* y seleccionaremos el elemento para el cual queramos crear el índice. Otra posible opción es pulsar en el botón *Opciones*, marcar la pestaña estilo *estilo*  bajo Generar tabla de ilustraciones a partir de: y seleccionar el estilo del elemento del que queramos generar el índice.

### Formatos de páginas

El aspecto de un libro está básicamente definido por el formato que se ha elegido para los diferentes títulos de las partes que lo constituyen, el formato de las páginas y qué queremos que aparezca en las cabeceras y pies de páginas del mismo. En las páginas pares el nombre del capítulo en el que estamos y en las impares el nombre del documento. Estos elementos se colocan encima de una raya horizontal que se ha definido previamente, tanto en su grosor como en su longitud.

En todo caso, estos parámetros no se deberían de tocar, salvo en contadas ocasiones.

### Teoremas y otros elementos similares

En la escritura de cualquier texto científico los Teoremas, propiedades y demás elementos constituyen una parte muy significativa. Existen, de nuevo, múltiples posibilidades de tratar estos elementos, pero hemos considerado que el formato propuesto se adapta perfectamente a nuestros gustos y decisiones.

A modo de ejemplo hemos definido el Título Teorema X-Y, puede probar a crear los estilos Lemas, Propiedades y Corolarios si les hiciera falta. Centrándonos en los teoremas, el resultado sería el siguiente, donde se ha definido una etiqueta Teorema:

**Teorema 4–1** (Teorema de Pitágoras) *En un triángulo rectángulo...*

Demostración. Sea el triángulo ABC...

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4–2) |

∎

Podemos observar que al finalizar la demostración hemos incluido el símbolo ∎.

### Ejemplos

En este apartado se muestra cómo meter un ejemplo. Esta forma propuesta es el resultado de jugar con Títulos y Estilos. Para citarlo, puede recurrir a Referencia Cruzada, siendo el resultado **Ejemplo *4*–*1***.

**Ejemplo 4–1.** Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.

### Índices de palabras y glosarios

Con los paquetes index y glossaries podemos incluir índices de palabras y listas con definiciones, ya sea de acrónimos u de otro tipo. Por ejemplo, se podría usar también para definir magnitudes o la notación utilizada.

#### Índices de palabras

Algunos conceptos son muy importantes para la Tesis y conviene añadirlos al glosario al menos la primera vez que aparecen. Para ello, los marcamos y pulsamos *Referencias > Marcar entrada.* Luego pulsaremos “Marcar” y “Cerrar”. Si Word® nos ha pasado al modo “Mostrar Todo”, donde se muestran los símbolos de formato, podemos salir de él pulsando *Control + Shift + (.*

#### Glosario

Para realizar un glosario deberá realizarse a mano respetando (si así se quiere), el formato propuesto en la sección correspondiente.

Tambíen se puede generar en Word de una forma más dinámica usando tabla de autoridades. Hacemos click en la parte del documento donde se quiere añadir el glosario y, posteriormente, en el apartado *referencias* de barra superior, en la sección *Tabla de autoridades*, seleccionamos la opción *Insertar* *Tabla de autoridades,* donde podremos configurar el formato que tendrá nuestro glosario y, al aceptar, declarar dónde se situará.

Para añadir entradas de forma dinámica basta con seleccionar la entrada que queremos añadir y pulsar en *Marcar cita*, en el mismo apartado donde hemos pulsado para crear la tabla. En la ventana que aparecerá añadimos la descripción de la entrada en el cuadro *Texto seleccionado* y pulsamos *Marcar.* Se puede ir actualizando el glosario pulsando F9.

En el caso de que al general el glosario aparezca un título, pulsando click derecho sobre el mismo y eligiendo la opción *Activar o desactivar códigos de campo* veremos una línea de código similar a {TOA \h \c "1"}.   
Quitando el \h eliminaremos ese título.

Si aparecieran símbolos en los saltos de linea o se sustituyeran los espacios por puntos, en el apartado *Inicio*, sección *Párrafo* pulsamos en Button imagey volveríamos a tener el documento como antes. Este botón hace que muestra/desaparecan esas marcas de formato.

## Antes del documento

Antes de empezar la edición del documento, además de cargar el fichero de estilo anterior, hemos creído necesario realizar una serie de operaciones que faciliten nuestro trabajo o lo configuren de una determinada manera. Además, hay que incluir la portada.

## Fuente del texto

Las instrucciones % establecen que el texto estará escrito en una fuente Times New Roman. El cambio de fuente se debe hacer modificando los estilos predefinidos en el documento.

## Cubierta

La primera hoja incluye una propuesta de cubierta. Puede modificarla, introduciendo una imagen central distinta, o introduciendo o sustituyendo algún logo y cambiando autores, títulos, departamento, etc.

# Referencias

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Autor, «Este es el ejemplo de una cita,» *Tesis Doctoral,* vol. 2, nº 13, 2012. |
| [2] | O. Autor, «Otra cita distinta,» *revista,* p. 12, 2001. |

# **Índice de Conceptos**

conceptos 9

# **Glosario**

ISO: International Organization for Standardization 4

UNE: Una Norma Española 4

1. Esto se hace desde el menu *Referencias > Insertar nota al pie*. [↑](#footnote-ref-1)
2. En MacOS no suele aparecer y hay que recurrir a algún foro para ver cómo incluirla, por ejemplo http://ask.brothersoft.com/how-to-get-the-missing-toolbar-and-menu-back-331.html [↑](#footnote-ref-2)