

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA



Inteligencia Artificial aplicada a Videojuegos Top-Down en tiempo real

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autor:

Rubén Osorio López

Tutores:

Manuel Mucientes Molina

Pablo Rodríguez Mier



D. Manuel Mucientes Molina, Profesor del Departamento de Electrónica y Computación de la Universidad de Santiago de Compostela, y **D. Pablo Rodríguez Mier**, Profesor del Departamento de Electrónica y Computación de la Universidad de Santiago de Compostela,

INFORMAN:

Que la presente memoria, titulada *Inteligencia Artificial aplicada a Videojuegos Top-Down en tiempo real*, presentada por **D. Rubén Osorio López** para superar los créditos correspondientes al Trabajo de Fin de Grado de la titulación de Grado en Ingeniería Informática, se ha realizado bajo nuestra tutoría en el Departamento de Electrónica y Computación de la Universidad de Santiago de Compostela.

Y para que así conste a los efectos oportunos, expiden el presente informe en Santiago de Compostela a (Data):

El tutor,

El cotutor,

El alumno,

Manuel Mucientes Molina Pablo Rodríguez Mier Rubén Osorio López

Agradecimientos

A mi tutor Manuel y a mi cotutor Pablo por su inestimable e imprescindible ayuda durante el periodo de desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de clase que me han sabido animar cuando más lo necesitaba.

A mi familia por apoyarme durante todo este tiempo.

Índice general

1. Prefacio	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Organización del documento	3
2. Introducción	5
3. Análisis de requisitos	7
3.1. Identificación de los requisitos del sistema	7
3.1.1. Actores	8
3.1.2. Casos de uso	8
3.1.3. Especificación de requisitos	13
4. Gestión del proyecto	37
4.1. Gestión de riesgos	37
4.1.1. Especificación de riesgos	39
4.2. Gestión de la configuración	40
4.3. Metodología de desarrollo	40
4.4. Planificación temporal	40
4.5. Análisis de costes	40
4.6. Plan de Gestión de las Comunicaciones	40
5. Arquitectura y herramientas	41
5.1. Arquitectura del sistema	41
5.2. Herramientas utilizadas	41
6. Diseño e implementación	43
7. Validación y pruebas	45
8. Valoraciones finales	47
9. Ejemplos	51
9.1. Un ejemplo de sección	51
9.1.1. Un ejemplo de subsección	51

9.1.2. Otro exemplo de subsección	51
9.2. Exemplos de figuras e cadros	52
9.3. Exemplos de referencias á bibliografía	52
9.4. Exemplos de enumeracións	52
10. Conclusiones y posibles ampliaciones	55
A. Manuais técnicos	57
B. Manuais de usuario	59
C. Licencia	61
Bibliografía	63

Índice de figuras

3.1. Diagrama de casos de uso	10
9.1. Esta é a figura de tal e cal.	52

Índice de cuadros

3.1. Matriz de trazabilidad de requisitos contra casos de uso	35
4.1. Valores posibles de probabilidad e impacto	39
9.1. Esta é a táboa de tal e cal.	52

Capítulo 1

Prefacio

Los juegos de lógica o estrategia han sido utilizados como *benchmark* en el campo de la inteligencia artificial desde sus inicios. Pese a que principalmente se han utilizado juegos de mesa o de cartas dadas las facilidades a la hora de representar su modelo, con el avance de la tecnología y la llegada de los videojuegos en ordenador se consideró la posibilidad de que los mismos podrían ser una nueva herramienta con la que experimentar y explorar diferentes técnicas e implementaciones de IA. En la actualidad prácticamente todos los videojuegos que incorporan elementos que simulan comportamiento humano lo hacen con lógica determinista y patrones definidos, sin incorporar ningún tipo de simulación de pensamiento complejo. Algunas de las razones causantes de este fenómeno son:

- La diferencia en la dificultad de implementación entre patrones simples y un agente complejo.
- El hecho de que un agente puede llegar a ser demasiado efectivo a la hora de competir contra un humano.
- Limitaciones en la capacidad de computación restante cuando el sistema está ejecutando un videojuego ya que suelen ser aplicaciones significativamente pesadas y complejas.

Sin embargo, estos problemas son solventables y debemos tener en cuenta los beneficios que se pueden obtener al trabajar con videojuegos reales. En la actualidad, somos capaces de simular grandes mundos con millones de entidades y jugadores reales. Estos entornos comúnmente utilizan simulaciones físicas realistas y trabajan con datos numéricos continuos en lugar de acciones discretas, es decir, una entidad que simule estar viva en dicho entorno se podría mover cara una posición concreta y realizar una determinada acción durante un periodo de tiempo sin necesidad de que ninguno de estos conceptos esté atado a una representación discreta. Nos encontramos el caso contrario con los juegos de mesa o

cartas tradicionales ya que en estos solo existen acciones discretas y simbólicas, no se trata con ningún tipo de estado continuo.

Por estas razones se podría considerar que un videojuego está mucho mas cerca de ser capaz de modelar el mundo real que un juego de mesa, lo que lo hace un banco de trabajo idóneo para investigar y experimentar con Inteligencia Artificial. Técnicas como redes neuronales, computación evolutiva o lógica difusa pueden funcionar en situaciones en tiempo real, continuas y complejas que presentan tanto nuestra realidad como los videojuegos. Por esto se pretende investigar y experimentar sobre cuales de estas técnicas pueden ser de utilidad en este tipo de situaciones para lo cual se implementará un agente que compita con un jugador real en un pequeño videojuego en el que ambos se moverán libremente en un espacio de posiciones continuo y realizarán una serie de acciones ofensivas y defensivas con el objetivo de derrotar a su oponente.

Con este fin, se pretende realizar una implementación de un juego que permita al agente tener acceso a los estados en los que se encuentran el y su competidor así como las acciones que puede realizar en un determinado momento. Todo esto con la finalidad de averiguar cuales de las posibles técnicas de IA pueden ser usadas para lograr un competidor no solo apto pero también justo. Además, esto nos permitirá realizar un entrenamiento en el que el propio agente podrá competir con él mismo para aprender los fundamentos del juego además de competir contra jugadores humanos. Esto nos brinda la posibilidad de determinar como reacciona ante estos y si es capaz de adaptarse a los posiblemente distintos estilos de juego contra los que se tendrá que enfrentar.

1.1. Objetivos

El objetivo global es implementar un agente que sea capaz de competir contra un jugador simulando un comportamiento humano para lo cual se realizará una pequeña demostración de un videojuego y la implementación del agente con las técnicas que resulten ser más eficaces a la hora de lograr el mencionado objetivo.

Los sub-objetivos que tendremos que abarcar son los siguientes:

1. **Implementar la demostración del videojuego:** Se necesita una plataforma que permita tanto a un jugador humano como al agente interactuar con el entorno del videojuego siguiendo ambos las reglas que este mismo define.
2. **Crear la librería que implemente nuestro agente con las técnicas escogidas:** Se requiere realizar una implementación del agente utilizando las técnicas de inteligencia artificial que hayamos escogido para simular un comportamiento aparentemente humano.

3. **Realizar el entrenamiento del agente:** Una vez realizada la implementación del agente se necesitará ejecutar un proceso de entrenamiento para que este adquiriera la información necesaria para comportarse adecuadamente en el entorno competitivo que el juego presenta.
4. **Obtener datos sobre las capacidades del agente:** Se deberán obtener datos sobre el comportamiento del agente en el entorno del juego al competir con otras posibles implementaciones del mismo que no incluyan el uso de técnicas de inteligencia artificial.
5. **Analizar los resultados obtenidos** Haciendo una recopilación de la información obtenida durante las etapas de diseño, implementación y obtención de datos se realizará un análisis que resuma lo que ha logrado el agente centrándose en aspectos como el desafío que es capaz de presentar, si es capaz de simular a un humano y la posibilidad de usar implementaciones similares en videojuegos en un futuro.

1.2. Organización del documento

La finalidad de este documento es presentar como se han resuelto los objetivos definidos para el proyecto. Para ello se explicarán las diferentes partes que forman el producto final así como las tareas que han sido realizadas a lo largo del proyecto y que han dado lugar al mismo tal y como se presenta.

Completar
la orga-
nización
del docu-
mento

Capítulo 2

Introducción

Capítulo 3

Análisis de requisitos

Referenciando directamente al PMBOK [1] se define la recopilación de requisitos como:

“[...]el proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto. El éxito del proyecto depende directamente del cuidado que se tenga en obtener y gestionar los requisitos del proyecto y del producto”

Como bien se indica en la cita anterior, el éxito de un proyecto está estrechamente relacionado con la calidad y precisión empleados en el proceso de recogida, análisis y gestión de los requisitos del mismo. Esto hace que imperiosa la necesidad de llevar a cabo los procesos mencionados con extrema minuciosidad y cuidado.

A Continuación se estudiarán las necesidades del proyecto en términos de funcionalidades y objetivos deseables para así obtener una idea sobre el alcance del mismo. Para ello se realizará la identificación y descripción de los múltiples requisitos que se deberán cumplir, separándolos según su índole y relacionándolos con los casos de uso apropiados.

3.1. Identificación de los requisitos del sistema

El primer paso a la hora de realizar correctamente el proceso de análisis de requisitos es dedicar el tiempo necesario para comprender cuales son los objetivos y alcance reales del mismo. Para ello se han llevado a cabo varias reuniones con los tutores previas a la reunión del proyecto en las que se ha discutido cual sería el producto final buscado así como los requisitos que dicho producto tendría que cumplir para estar a la altura de dicho ideal. En sucesivas reuniones iterativas con ambos tutores se ha logrado tener una idea común del alcance a cumplir mediante el refinamiento de los requisitos, buscando la mínima ambigüedad posible en su definición.

3.1.1. Actores

El primer paso que se debe afrontar dentro del proceso de análisis de requisitos es la identificación de los actores que intervendrán en la ejecución del sistema de una forma u otra. Un actor representa cualquier tipo de rol interpretado por una persona, dispositivo o sistema externo que tendrá capacidad de interactuar con nuestro producto. En este caso particular, la definición de los actores es sencilla y directa: el único rol que se debe definir es el del **usuario que interacciona con el videojuego** descrito en esta memoria. En aras de hacer una especificación formar realizaremos la descripción de los actores en la siguiente tabla:

ID	Actor-01
Nombre	Jugador
Descripción	Este actor representa al usuario que interaccionará con el videojuego, realizando partidas contra otro jugador o el agente implementado así como ejecutando el proceso de simulación de partidas que el agente usará como proceso de aprendizaje.

3.1.2. Casos de uso

Una vez especificados los actores que interactúan con el sistema el siguiente paso es identificar y especificar los diferentes casos de uso. Dichos casos de uso nos permitirán centrarnos luego en los requisitos del sistema partiendo de una base sólida.

Se definirá caso de uso como [3] una secuencia de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema para producir un resultado observable de valor para un actor. De esta forma se pueden utilizar los casos de uso para definir el comportamiento deseado durante la etapa de desarrollo realizando una abstracción que permitirá que los miembros involucrados en el proyecto puedan hacer referencia a ellos sin preocuparse de detalles de bajo nivel. De esta forma se facilitarán discusiones sobre el funcionamiento deseado del proyecto, incluido el análisis de requisitos.

De este mismo modo, lo que se hará a continuación es reconocer las diferentes acciones que pueden llevar a cabo los actores, en este caso solamente uno, sobre el sistema. Haciendo una primera aproximación a esta definición de un modo informal podemos considerar las siguientes acciones: Un usuario deberá ser capaz de seleccionar entre las diferentes acciones a realizar dentro del entorno del juego, lo que dará lugar a la ejecución de otros casos de uso diferentes (**seleccionar la opción a ejecutar dentro del videojuego**). Las diferentes opciones darán lugar

a casos de uso diferentes ya que el usuario podrá competir con otro usuario con el mismo rol (**competición de jugador humano contra jugador humano**) o competir con el agente entrenado (**competición de jugador humano contra agente**). Finalmente se podrá hacer que el agente compita con otra versión de sí mismo (**competición de agente contra agente**). Además esta ultima acción se puede llevar a cabo sin que el actor visualice el proceso exponiendo solo los resultados con el fin de llevar a cabo el proceso de aprendizaje del agente.

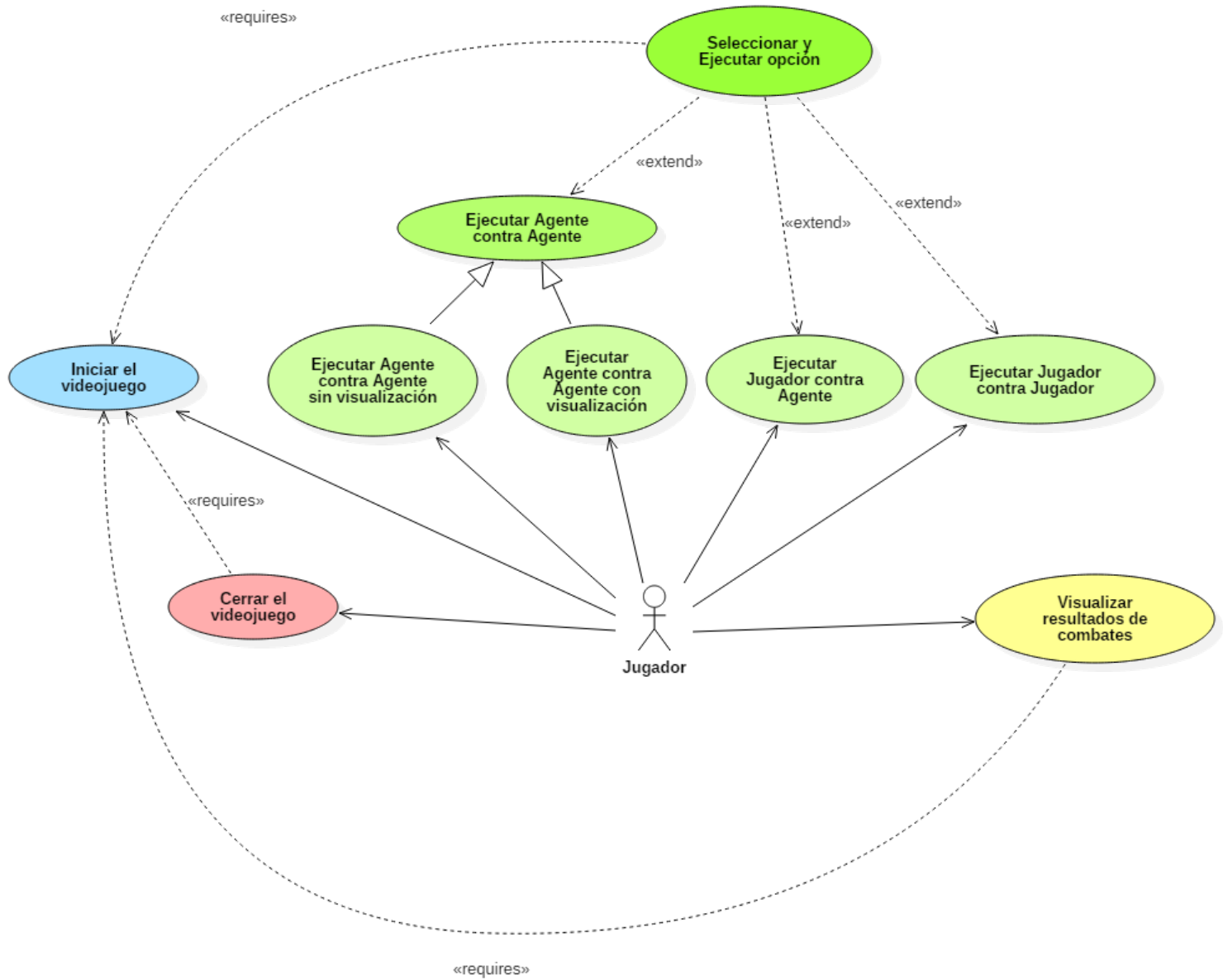


Figura 3.1: Diagrama de casos de uso

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de casos de uso a partir del cual podremos realizar una definición formal de los mismos. En dicha figura se han agrupado por colores los casos de uso con características similares para facilitar su comprensión y visualización. En este caso se utilizan el color azul y rojo para abrir y cerrar el programa, colores verdes para los diferentes tipos de ejecuciones posibles del combate y el amarillo para ver los resultados de los combates realizados en una ejecución.

A continuación se muestran los casos de uso especificados de manera formal. La notación utilizada para la identificación de los diferentes casos de uso será CU^1-N^2 . Los campos presentes en cada descripción contarán con un identificador, nombre, descripción y una prioridad. El nivel de prioridad podrá tener uno de los siguientes tres valores con su significado asociado:

- **Vital:** Es fundamental para completar el proyecto.
- **Importante:** Aumenta de forma significativa la calidad y funcionamiento del proyecto pero no tiene la cualidad de indispensable.
- **Deseable:** Extiende el proyecto pero no debería ser una prioridad.

ID	CU-1
Nombre	Iniciar el videojuego
Descripción	El usuario ejecuta el programa.
Prioridad	Vital

ID	CU-2
Nombre	Cerrar el videojuego
Descripción	El usuario cierra el programa.
Prioridad	Vital

¹en referencia a Caso de Uso

²en referencia al Número asociado al mismo

ID	CU-3
Nombre	Seleccionar y Ejecutar opción
Descripción	El usuario escoge una de las opciones posibles para ser ejecutada.
Prioridad	Vital

ID	CU-4
Nombre	Ejecutar Agente contra Agente
Descripción	El usuario escoge una de las opciones en las que el agente compite contra otra versión de sí mismo.
Prioridad	Vital

ID	CU-5
Nombre	Ejecutar Agente contra Agente con visualización
Descripción	El usuario escoge la opción de visualizar un combate entre un agente y otra versión de sí mismo.
Prioridad	Vital

ID	CU-6
Nombre	Ejecutar Agente contra Agente sin visualización
Descripción	El usuario escoge la opción de simular un combate entre un agente y otra versión de sí mismo sin realizar una visualización del mismo.
Prioridad	Vital

ID	CU-7
Nombre	Ejecutar Jugador contra Agente
Descripción	El usuario escoge la opción que le permite competir contra el agente.
Prioridad	Vital

ID	CU-8
Nombre	Ejecutar Jugador contra Jugador
Descripción	El usuario escoge la opción que le permite competir contra otro usuario.
Prioridad	Importante

ID	CU-9
Nombre	Visualizar resultados de combates
Descripción	El usuario visualiza los resultados acumulados de los combates que han ocurrido en la ejecución del programa.
Prioridad	Deseable

3.1.3. Especificación de requisitos

Una vez definidos los casos de uso se puede proceder a realizar un análisis detenido de cada uno de ellos para así extraer los requisitos que se deben cumplir para hacer posible su ejecución. Esta sección estará dedicada a clasificar y describir con el menor grado de ambigüedad posibles cada uno de los requisitos del proyecto. Para este fin utilizaremos el estándar IEEE830 [4], en el que se define la diferenciación entre tres tipos de requisitos:

- **Requisitos de información:** Identificados con códigos de la forma RI-*N*
- **Requisitos funcionales:** Identificados con códigos de la forma RF-*N*
- **Requisitos no funcionales:** Identificados con códigos de la forma RNF-*N*

Algunos de los campos que se utilizarán para describir los requisitos son comunes, tales como el identificador (ID), nombre, descripción y criticidad. En aras de mantener un buen nivel de consistencia se utilizará una escala similar a la de la importancia de los casos de uso para definir la criticidad, pudiendo tomar la misma los siguientes valores:

- **Vital:** Es fundamental para completar el proyecto.
- **Importante:** Aumenta de forma significativa la calidad y funcionamiento del proyecto pero no tiene la cualidad de indispensable.
- **Deseable:** Extiende el proyecto pero no debería ser una prioridad.

3.1.3.1. Requisitos de información

Este subapartado contendrá los requisitos de información del proyecto. Este tipo de requisito especifica los datos que deberán ser almacenados por el sistema para permitir así el cumplimiento de otros requisitos ya sea de forma parcial o total. A continuación se muestran formalmente los requisitos de información del proyecto:

Completar
requisitos
asociados
y sus
nombres

ID	RI-1
Nombre	Datos aprendidos por el agente
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RF-5 ▪ RF-7 ▪ RF-8 ▪ RF-9 ▪ RF-13 ▪ RF-14
Descripción	El sistema deberá almacenar los datos que representan el conocimiento aprendido por el agente, sea cual sea su forma.
Datos específicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estados visitados previamente por el agente ▪ Acciones tomadas por el agente en un determinado estado ▪ Resultado, positivo o negativo, de las acciones tomadas en un estado determinado.
Criticidad	Vital

ID	RI-2
Nombre	Archivos necesarios para la ejecución del videojuego
Requisitos asociados	Todos los requisitos funcionales están asociados ya que para todas las funcionalidades es necesario tener acceso a estos archivos.
Descripción	El sistema deberá almacenar todos los archivos no relacionados con el código de la aplicación en si misma que se requieren para mostrar los contenidos de la aplicación
Datos específicos	<ul style="list-style-type: none">■ Imágenes que contienen las animaciones de los personajes.■ Archivos de audio que contienen los diferentes sonidos del videojuego.■ Archivos que contienen las diferentes fuentes usadas para mostrar el texto por pantalla.■ Archivos que contienen los "Shaders"³ utilizados para los diferentes efectos dentro del videojuego.
Criticidad	Vital

3.1.3.2. Requisitos de funcionales

Los requisitos funcionales son utilizados para definir las funciones que un sistema debe ser capaz de realizar, definiendo de esta forma el comportamiento que tendrá el software a nivel interno. La especificación de los mismos muestra como, a partir de su cumplimiento, se llevarán a la práctica los casos de uso definidos para el proyecto.

ID	RF-1
Nombre	Visualizar el menú
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none"> ■ RF-2 ■ RF-3 ■ RF-12
Descripción	El sistema deberá mostrar un menú con las diferentes opciones de combate que es posible ejecutar en la aplicación.
Precondición	Ninguna
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ejecuta la aplicación. 2. El usuario visualiza las opciones disponibles distinguiendo la preseleccionada por defecto.
Secuencia alternativa 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. El vuelve al menú después de un combate. 2. El usuario visualiza las opciones disponibles distinguiendo la preseleccionada por defecto.
Postcondición	Se pueden ver y distinguir todas las opciones del menú y seleccionar una de ellas.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado cuando el usuario pueda visualizar correctamente el menú sea cual sea la forma en la que se llegue a él (primera ejecución o después de combate).

ID	RF-2
Nombre	Moverse en el menú
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-1■ RF-3■ RF-12
Descripción	El sistema debe permitir viajar entre las diferentes opciones del menú mostrando claramente que opción es la seleccionada actualmente.
Precondición	Se esta visualizando el menú de la aplicación.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón para moverse en el menú (hacia arriba o abajo).
Postcondición	Se cambia la opción seleccionada a la siguiente o anterior dependiendo del botón pulsado, abajo o arriba respectivamente.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado cuando el usuario pueda cambiar de opción en el menú utilizando los botones dedicados a ello y se visualice dicho cambio de forma inequívoca.

ID	RF-3
Nombre	Ejecutar una opción del menú
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">▪ RF-1▪ RF-2▪ RF-12
Descripción	El sistema deberá permitir la ejecución de la opción actualmente seleccionada en el menú de la aplicación.
Precondición	Se está visualizando el menú de la aplicación y hay una opción seleccionada.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de ejecutar la opción seleccionada del menú.
Postcondición	Se ejecuta la acción seleccionada y se pasa a la escena asociada a dicha acción.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado cuando el usuario pueda ejecutar todas las opciones del menú y se pase a la escena que se ha asociado con cada una de ellas.

ID	RF-4
Nombre	Alternar apertura de la consola con resultados
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-4
Descripción	El sistema deberá permitir alternar entre la apertura y cierre de una consola donde se muestren los resultados de los combates previos realizados en esa ejecución del programa.
Precondición	Se han ejecutado combates en la presente ejecución del programa.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de abrir/cerrar la consola.
Postcondición	La consola cambia al estado de visualización distinto al que estaba, se cierra si estaba abierta y se abre si estaba cerrada.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si la apertura y cierre de la consola de resultados es funcional en cualquier estado posible en el que el usuario pueda visualizar la aplicación.

ID	RF-5
Nombre	Salir de la aplicación
Descripción	El sistema deberá permitir salir de la aplicación sea cual sea el estado en el que se encuentre y sin producir errores ni en la presente ni en futuras ejecuciones.
Precondición	La aplicación está en ejecución en cualquier estado.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario ejecuta la opción del menú dedicada a cerrar la aplicación.
Secuencia alternativa 1	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario cierra la ventana de la aplicación haciendo uso de las funcionalidades del sistema de ventanas.
Postcondición	Se ha terminado la ejecución de la aplicación.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si el cierre de la aplicación no produce errores sea cual sea el estado actual del programa y usando una de las dos secuencias explicadas.

ID	RF-6
Nombre	Entrar en la escena del combate
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-3
Descripción	El sistema deberá permitir cambiar a una escena de combate si así lo requiere la ejecución de una de las opciones del menú. Al realizar esta acción se visualizará el combate y se podrá interactuar con el enemigo.
Precondición	Se ha seleccionado una de las opciones del menú que requiere pasar a la escena del combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de entrar en la escena del combate.
Postcondición	La aplicación se encuentra ahora en una escena de combate.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si se entra en una escena de combate al pulsar una opción del menú que lo requiera.

ID	RF-7
Nombre	Moverse en el área de combate.
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">▪ RF-8▪ RF-9
Descripción	El sistema deberá permitir que el usuario mueva a su personaje en el contexto del combate.
Precondición	La aplicación se encuentra en una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario mueve la palanca o <i>"joystick"</i> en la dirección que quiere mover su personaje.
Postcondición	El personaje se mueve en la dirección indicada por el usuario.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si el personaje se mueve hacia la dirección indicada por el usuario.

ID	RF-8
Nombre	Atacar al enemigo
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-7■ RF-9
Descripción	El sistema deberá permitir que un personaje dañe a otro mediante la utilización de un ataque.
Precondición	La aplicación se encuentra en una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de atacar.
Secuencia alternativa 1	<ol style="list-style-type: none">1. El agente decide realizar la acción de atacar.
Postcondición	El personaje que debe realizar la acción de atacar comienza la ejecución del ataque.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si tanto el usuario como el agente son capaces de atacar cuando deciden realizar esa acción dentro de la escena de combate.

ID	RF-9
Nombre	Defenderse del enemigo
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">▪ RF-7▪ RF-8
Descripción	El sistema deberá permitir que un usuario realice una acción defensiva contra su contrincante de forma que no pueda recibir daño.
Precondición	La aplicación se encuentra en una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de defenderse.
Secuencia alternativa 1	<ol style="list-style-type: none">1. El agente decide realizar la acción de defenderse.
Postcondición	El personaje que debe realizar la acción de defenderse se encuentra en un estado en el que no puede recibir daño.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si el personaje se encuentra en un estado de defensa cuando deciden realizar esta acción dentro de la escena de combate.

ID	RF-10
Nombre	Ganar/Perder partida
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-11
Descripción	El sistema deberá permitir que uno de los personajes gane la partida si la vida de su contrincante llega a cero. Haciendo de forma efectiva que uno de los personajes pierda y otro gane.
Precondición	La aplicación se encuentra una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. Uno de los personajes lleva a cabo una acción que desemboca en que la vida de uno de ellos llegue a cero.
Postcondición	Se muestra por pantalla claramente cual de los personajes ha ganado y se detiene el combate.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si siempre que la vida de uno de los personajes llegue a cero se detiene la pelea y se nombre ganador de la misma al personaje superviviente.

ID	RF-11
Nombre	Agotar el tiempo de combate
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-10
Descripción	La aplicación deberá permitir que un combate termine sin que la vida de uno de los personajes llegue a cero si se termina el tiempo máximo establecido.
Precondición	La aplicación se encuentra en una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario espera a que el tiempo de combate llegue a cero.
Postcondición	Se detiene el combate.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si sea cual sea el estado de un combate este se detiene al llegar el tiempo disponible para el mismo a cero.

ID	RF-12
Nombre	Volver al menú
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-1
Descripción	El sistema deberá permitir volver al menú principal desde la escena de combate.
Precondición	La aplicación se encuentra en una escena de combate.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón de volver al menú.
Postcondición	Se detiene la pelea y se vuelve al menú de la aplicación.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si siempre que la aplicación se encuentre mostrando una escena de combate es posible volver al menú principal utilizando el botón dedicado para ello.

ID	RF-13
Nombre	Visualizar combate entre agentes
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">▪ RF-6▪ RF-10▪ RF-11
Descripción	El sistema deberá permitir visualizar la totalidad de un combate entre el agente y otra versión de si mismo sin que el usuario tenga que controlar a ningún personaje dentro de la escena de combate.
Precondición	Se ejecuta la opción del menú dedicada a visualizar el combate entre dos agentes.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón dedicado a comenzar la pelea entre dos agentes.
Postcondición	Se entra en la escena de combate con los dos personajes siendo controlados por un agente.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si se puede visualizar un combate completo entre un agente y otra versión de si mismo de la misma forma que se visualizaría un combate entre regular entre el usuario y un agente o entre dos usuarios.

ID	RF-14
Nombre	Simular múltiples combates
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-6
Descripción	El sistema deberá permitir que se realicen varios combates entre dos versiones del agente de forma acelerada para permitir que el mismo complete el proceso de aprendizaje en un tiempo razonable.
Precondición	Se ejecuta la opción del menú dedicada a simular varios combates entre dos agentes.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario pulsa el botón dedicado a simular varios combates entre agentes.
Postcondición	Se comienza la simulación de los combates.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si se pueden realizar varias simulaciones de forma iterativa en las que el agente visite los diferentes estados.

ID	RF-15
Nombre	Comandos en la consola
Requisitos asociados	<ul style="list-style-type: none">■ RF-4
Descripción	El sistema deberá permitir ejecutar comandos utilizando la consola para realizar acciones específicas dentro de la aplicación de forma aislada.
Precondición	La consola de la aplicación está siendo visualizada.
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario introduce un comando en formato de texto en la consola.2. El usuario pulsa el botón de ejecutar el comando.3. El usuario visualiza el resultado.
Excepciones secuencia normal	<ol style="list-style-type: none">4. El usuario no percibe ningún resultado porque el comando no existe.
Postcondición	El comando ha sido procesado y ejecutado.
Criticidad	Deseable
Criterio de validación	Se considerará este requisito como aceptado si se puede ejecutar un comando en la consola de la aplicación de forma que si el mismo es correcto se ejecute y si no lo es no ocurra nada.

3.1.3.3. Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales especifican necesidades del sistema referentes a su operación, esto puede referirse a rendimiento, tiempos de respuesta, capacidad, etc. Al contrario que los requisitos funcionales, los requisitos no funcionales se centran en las características de funcionamiento de esas funcionalidades y no en las funcionalidades en si mismas.

En este apartado se definirán los requisitos no funcionales de este proyecto formalmente:

ID	RNF-1
Nombre	Rendimiento de la aplicación
Descripción	La aplicación, especialmente en las escenas de combate, deberá visualizarse a 60 fotogramas por segundo para garantizar la fluidez de cara al usuario.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si durante un número suficiente de combates consecutivos, los fotogramas por segundo medios de la aplicación no caen por debajo de 60.

ID	RNF-2
Nombre	Velocidad de las simulaciones
Descripción	En aras de permitir la realización del proceso de aprendizaje del agente en un tiempo razonable se deberá permitir la simulación de combates con el tiempo interno del juego sustancialmente acelerado.
Criticidad	Vital
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si el agente es capaz de competir con una de las implementaciones basadas en reglas y ganar más de un 50 % de las veces después de menos de 15 minutos de entrenamiento.

ID	RNF-3
Nombre	Extensibilidad del motor
Descripción	La aplicación deberá de estar correctamente separada en subsistemas independientes conectados mediante un bus de mensajes que permita agregar nuevos subsistemas sin afectar a los existentes.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si se sigue el patrón de arquitectura de bus de mensajes y se puede agregar un nuevo subsistema sin hacer ninguna modificación a los existentes.

ID	RNF-4
Nombre	Facilidad para depurar
Descripción	Se debe permitir ejecutar la ejecución de comandos en tiempo de ejecución para facilitar la depuración de subsistemas concretos.
Criticidad	Deseable
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si se pueden insertar mensajes en el bus de mensajes que conecta los subsistemas que componen el programa desde la consola de la aplicación.

ID	RNF-5
Nombre	Aplicación autocontenida
Descripción	La aplicación deberá de poder ser distribuida de forma que no se requiera la instalación de frameworks, librerías externas u otro archivos para su ejecución.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si se puede ejecutar la aplicación sin realizar ningún cambio sobre una instalación limpia de los sistemas operativos para los que se ha construido. Además todos los archivos que requiera la aplicación deberán estar dentro del ejecutable, siendo su existencia transparente al usuario.

ID	RNF-6
Nombre	Extensibilidad en términos de escenas
Descripción	La aplicación se deberá de componer por escenas de forma que siempre haya solamente una escena activa, pudiendo cambiar entre diferentes escenas con facilidad y agregar nuevas escenas si es necesario.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si se pueden agregar escenas a la aplicación y cambiar entre ellas sin hacer ninguna modificación sobre el código que existía previamente tanto en términos de escenas como del propio motor.

ID	RNF-7
Nombre	Documentación
Descripción	La documentación generada para el proyecto debe priorizar la claridad y simplicidad cuando sea posible. Teniendo en cuenta los conocimientos de los lectores para los que está orientada.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si la documentación carece de apartados o secciones que no aportan contenido relevante o son redundantes. Además, un lector externo tiene que ser capaz de comprender los conceptos empleados sin necesidad de una amplia experiencia previa en la materia.

ID	RNF-8
Nombre	Usabilidad de la interfaz
Descripción	La interfaz gráfica de la aplicación deberá estar diseñada para que sea fácilmente usable por cualquier tipo de usuario con cierto conocimiento de videojuegos de un estilo similar. Siguiendo las heurísticas definidas por Nielsen [5] siempre que sea posible.
Criticidad	Importante
Criterio de validación	Se considerará este requisito como cumplido si al menos 3 de 5 usuarios sin experiencia lo evalúan como usable al terminar pruebas supervisadas de la aplicación.

3.1.3.4. Matriz de trazabilidad

Como parte final de análisis de requisitos se muestra una matriz de trazabilidad en la Tabla 3.1 que hará corresponder a los requisitos funcionales definidos anteriormente con los casos de uso a los que están asociados

Cuadro 3.1: Matriz de trazabilidad de requisitos contra casos de uso

	CU-1	CU-2	CU-3	CU-4	CU-5	CU-6	CU-7	CU-8	CU-9
RF-1	✓		✓						
RF-2			✓						
RF-3			✓	✓					
RF-4			✓						✓
RF-5		✓							
RF-6			✓	✓			✓	✓	
RF-7							✓	✓	
RF-8							✓	✓	
RF-9							✓	✓	
RF-10			✓				✓	✓	✓
RF-11			✓				✓	✓	
RF-12			✓	✓					
RF-13				✓	✓				
RF-14				✓		✓			
RF-15			✓						

Capítulo 4

Gestión del proyecto

Dentro de la ingeniería de software, una de las partes esenciales para la realización de proyectos considerados exitosos es la gestión de proyectos. La realización de una buena gestión no se puede considerar, ni mucho menos, una garantía de que el proyecto a gestionar vaya a resultar un éxito. Sin embargo, si elegimos ignorar o realizar una mala gestión de nuestro proyecto sí podremos considerar que nos encontraremos en una situación proclive para un proyecto fallido. Durante toda la extensión del ciclo de vida de nuestro proyecto se utilizará la gestión de proyectos como un método que nos ayudará a lograr la obtención de un producto final ajustado a todas las necesidades y restricciones presentes, sea cual sea la índole de las mismas (tiempo, costes, requisitos, etc.).

Dedicaremos este capítulo a definir y explicar la gestión de nuestro proyecto en todas sus partes. Se determinará y explicará el análisis de riesgos, la metodología de desarrollo empleada, la gestión de configuración, la planificación temporal y la estimación de costes.

4.1. Gestión de riesgos

Citando al PMBOK [1] la definición de riesgo es:

“[...]un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad.”

Las causas de un riesgo pueden ser varias y diversas y, si este finalmente se diera, los impactos que puede producir también pueden ser numerosos. Dentro de las causas, su índole puede ser de tipos muy variados, desde un requisito mal especificado a una restricción que no existe pasando por supuestos que no se ajustan a realidad o fallos en procesos externos al proyecto. Si alguna de estas situaciones se produce podría haber un impacto relevante sobre los objetivos

definidos previamente para el proyecto como lo serían el alcance, el coste, el cronograma o la calidad.

El impacto suele ser generalmente negativo aunque ocasionalmente puede ser beneficioso para el proyecto. En el proyecto al que se refiere esta memoria realizaremos una gestión de riesgos enfocada a los que tienen una naturaleza negativa y que por lo tanto podrían afectar a los objetivos de forma perjudicial. Una vez dicho esto, hay que considerar las diferentes estrategias que se pueden utilizar para abordar las amenazas o riesgos con impacto negativo en caso de materializarse y serán las siguientes:

- **Evitar:** Siguiendo esta estrategia de respuesta el equipo del proyecto intentará eliminar la amenaza o proteger al proyecto del posible impacto de forma preventiva. Comúnmente implica modificar la planificación para evitar completamente la amenaza.
- **Transferir:** Al transferir un riesgo el equipo traslada el impacto asociado al mismo a un tercero, librándose así de la responsabilidad de dar una respuesta si el riesgo se da. Suele incluir el pago de una prima de riesgo a la entidad que asumirá el impacto del mismo.
- **Mitigar:** Mitigar un riesgo implica actuar para reducir o bien la probabilidad de un riesgo o bien el impacto que este tendría en el proyecto, llevando uno de estos aspectos o ambos a un umbral aceptable. Habitualmente es más efectivo realizar acciones preventivas que intentar lidiar con el riesgo una vez que ha ocurrido.
- **Aceptar:** Si el equipo decide reconocer el riesgo y no hacer nada al respecto a menos que este se materialice la estrategia que se está utilizando es la de aceptar dicho riesgo. Esta aproximación se suele utilizar si no es posible o rentable utilizar alguna de las otras estrategias. Esto puede implicar no realizar ninguna acción si el riesgo ocurra (estrategia pasiva) o establecer una reserva para contingencias que pueda aportar los recursos, tiempo o dinero necesarios para gestionar el riesgo (estrategia activa).

Dada la índole del proyecto y considerando el hecho de que solo hay un trabajador encargado del mismo se intentará evitar la transferencia de un riesgo al ser esta estrategia propensa a generar costes adicionales. Por razones similares, la aceptación de un riesgo se deberá considerar única y exclusivamente si ninguna de las otras estrategias es aplicable.

Para realizar un buen análisis de riesgos se debe comenzar por una identificación de la mayor cantidad de riesgos posible dentro de unos límites lógicos para luego analizar la importancia de cada uno teniendo en cuenta su probabilidad e impacto. Finalmente se deberán establecer estrategias a seguir en caso de que los riesgos se den, priorizando los más importantes en caso de que no sea posible gestionarlos todos.

Cuadro 4.1: Valores posibles de probabilidad e impacto

Calificativo	Probabilidad	Impacto
Muy Bajo	$p < 0,10$	$i < 0,10$
Bajo	$0,10 \leq p < 0,30$	$0,10 \leq i < 0,20$
Moderado	$0,30 \leq p < 0,50$	$0,20 \leq i < 0,40$
Alto	$0,50 \leq p < 0,70$	$0,40 \leq i < 0,80$
Muy Alto	$0,70 \leq p$	$0,80 \leq i$

4.1.1. Especificación de riesgos

Se dedicará este apartado a mostrar las especificaciones formales de los riesgos que contendrán su descripción, probabilidad, impacto y los planes diseñados para cada uno de ellos. La probabilidad¹ e impacto² podrán tomar los valores definidos en el Cuadro 4.1. El identificador utilizado para los riesgos tendrá la forma RSK³-*N*

ID	RSK-1
Nombre	
Descripción	
Probabilidad de ocurrencia	
Impacto	
Plan de XXXXXX	

¹indicada como *p* dentro de la tabla

²indicada como *i* dentro de la tabla

³En referencia a *risk*", riesgo en inglés

4.2. Gestión de la configuración

Completar
la ges-
tión de
la confi-
guración

4.3. Metodología de desarrollo

Completar
la meto-
dología

4.4. Planificación temporal

Completar
la plani-
ficación
temporal

4.5. Análisis de costes

Completar
la esti-
mación
de costes

4.6. Plan de Gestión de las Comunicaciones

Completar
el plan
de
Gestión
de las
Comuni-
caciones

Capítulo 5

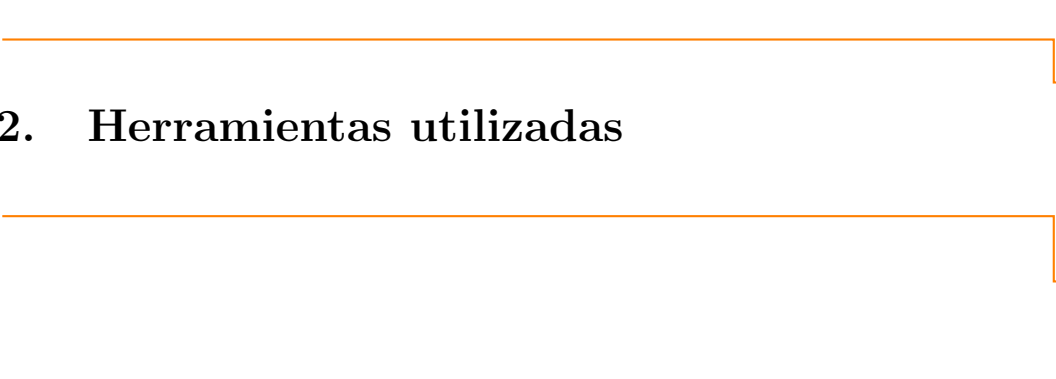
Arquitectura y herramientas

El IEEE define arquitectura como los conceptos fundamentales o propiedades de un sistema en su entorno que se encarnan en sus elementos, relaciones y los principios de su diseño y evolución [2]. Como referencia el propio IEEE, es el estándar ISO 12207 el que identifica un diseño arquitectónico y un diseño detallado y desgranado en lo que a un sistema se refiere. A partir de esto se obtiene que el diseño de la arquitectura de un sistema describe la estructura y la organización del mismo, es decir, se centra en los subsistemas o componentes que forman el sistema completo y las relaciones entre los mismos desde un punto de vista de alto nivel.

Contando ahora con una idea definida de cuales son los objetivos y requisitos de nuestro proyecto, nos centraremos en este capítulo en el diseño a alto nivel y en la arquitectura a la cual nos referimos en el párrafo anterior. Para ello utilizaremos representaciones gráficas a alto nivel del sistema y detallaremos los elementos arquitectónicos del producto y que tecnologías han sido usadas en los mismos así como las herramientas de las que hemos hecho uso para llevar a cabo el proyecto en su totalidad.

5.1. Arquitectura del sistema

5.2. Herramientas utilizadas



Completar
Arquitect-
tura del
sistema

Completar
Herra-
amientas
utiliza-
das

Capítulo 6

Diseño e implementación

Notas: Patrones posibles: <https://gamedev.stackexchange.com/questions/4157/are-some-programming-design-patterns-that-are-useful-in-game-development>

Completar
Diseño
e imple-
menta-
ción

Capítulo 7

Validación y pruebas


Completar
Validación y
pruebas

Capítulo 8

Valoraciones finales



Completar
Valora-
ciones
finales



Quitar
la sec-
ción de
ejemplos

Capítulo 9

Exemplos

9.1. Un exemplo de sección

Esta é *letra cursiva*, esta é **letra negrilla**, esta é letra subrallada, e esta é **letra curier**. Letra tiny, scriptsize, small, large, Large, LARGE e moitas más. Exemplo de fórmula: $a = \int_0^\infty f(t)dt$. E agora unha ecuación aparte:

$$S = \sum_{i=0}^{N-1} a_i^2. \quad (9.1)$$

As ecuaciones se poden referenciar: ecuación (9.1).

9.1.1. Un exemplo de subsección

O texto vai aquí.

9.1.2. Outro exemplo de subsección

O texto vai aquí.

9.1.2.1. Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

9.1.2.2. Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

9.1.2.3. Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

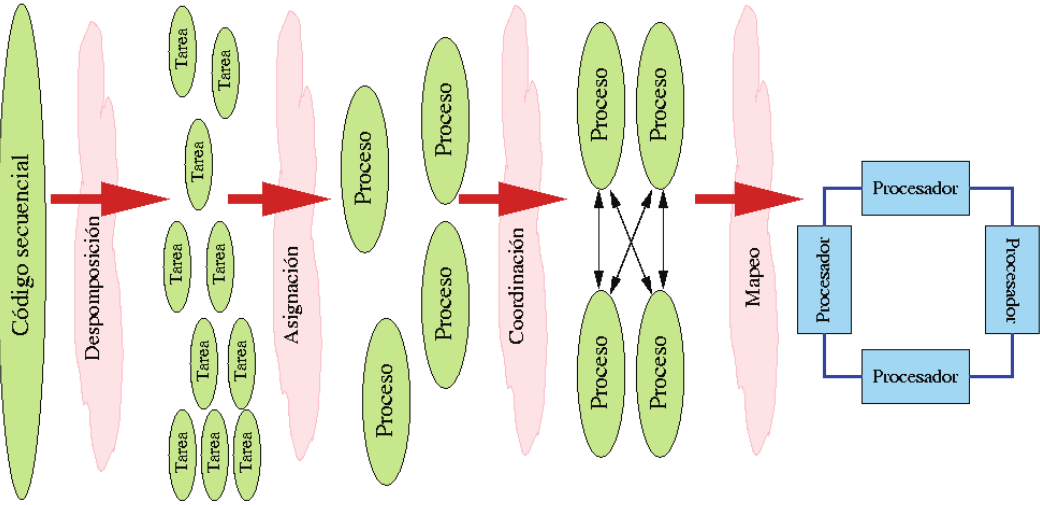


Figura 9.1: Esta é a figura de tal e cal.

Izquierda	Derecha	Centrado
ll	r	cccc
llll	rrr	c

Cuadro 9.1: Esta é a táboa de tal e cal.

9.2. Exemplos de figuras e cadros

A figura número 9.1.
O cadro (taboa) número 9.1.

9.3. Exemplos de referencias á bibliografía

Este é un exemplo de referencia a un documento descargado da web [6]. E este é un exemplo de referencia a unha páxina da wikipedia [7]. Agora un libro [8] e agora unha referencia a un artigo dunha revista [9]. Tamén se poden por varias referencias á vez [6, 8].

9.4. Exemplos de enumeracións

Con puntos:

- Un.

- Dous.
- Tres.

Con números:

1. Catro.
2. Cinco.
3. Seis.

Exemplo de texto verbatim:

```
0 texto          verbatim
  se visualiza tal
    como se escribe
```

Exemplo de código C:

```
#include <math.h>
main()
{  int i, j, a[10];
   for(i=0;i<=10;i++) a[i]=i; // comentario 1
   if(a[1]==0) j=1; /* comentario 2 */
   else j=2;
}
```

Exemplo de código Java:

```
class HelloWorldApp {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello_World!"); // Display the string.
    }
}
```


Capítulo 10

Conclusiones y posibles ampliaciones

Conclusiones e posibles ampliaciones

Completar
conclu-
siones y
posibles
amplia-
ciones

Apéndice A

Manuais técnicos

Manuais técnicos: en función do tipo de Traballo e metodoloxía empregada, o contido poderase dividir en varios documentos. En todo caso, neles incluírase toda a información precisa para aquelas persoas que se vaian a encargar do desenvolvemento e/ou modificación do Sistema (por exemplo código fonte, recursos necesarios, operacións necesarias para modificacións e probas, posibles problemas, etc.). O código fonte poderase entregar en soporte informático en formatos PDF ou postscript.

Realizar
manual
técnico

Apéndice B

Manuais de usuario

Manuais de usuario: incluírán toda a información precisa para aquelas persoas que utilicen o Sistema: instalación, utilización, configuración, mensaxes de erro, etc. A documentación do usuario debe ser autocontida, é dicir, para o seu entendemento o usuario final non debe precisar da lectura de outro manual técnico.

Realizar
manual
de usua-
rio

Apéndice C

Licencia

Insertar
licencia
apropia-
da

Completar
biblio-
grafía

Bibliografía

- [1] PMI, Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK), Quinta edición. PMI, 2013.
- [2] Definición de arquitectura según la ISO/IEC/IEEE 42010:2011. Artículo referenciado (<http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/defining-architecture.html>). Consultado el 2 de junio de 2017.
- [3] Grady Booch, James Rumbaugh, and Ivar Jacobson. El lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia. Addison Wesley, 1999.
- [4] IEEE recommended practice for software requirements specifications. Technical report, 1998.
- [5] Nielsen, J., and Molich, R. Heuristic evaluation of user interfaces, Proc. ACM CHI'90 Conf. (Seattle, WA, 1-5 April), 249-256, 1990.
- [6] Nvidia CUDA programming guide. Versión 2.0, 2010. Disponible en <http://www.nvidia.com>.
- [7] Acceso múltiple por división de código. Artigo da wikipedia (<http://es.wikipedia.org>). Consultado o 2 de xaneiro do 2010.
- [8] R.C. Gonzalez e R.E. Woods, *Digital image processing*, 3ª edición, Prentice Hall, New York, 2007.
- [9] P. González, J.C. Cartex e T.F. Pellas, “Parallel computation of wavelet transforms using the lifting scheme”, *Journal of Supercomputing*, vol. 18, no. 4, pp. 141-152, junio 2001.

Quitar
esta lista
de TO-
DOs

Todo list

Completar la organización del documento	3
Completar requisitos asociados y sus nombres	14
Completar la gestión de la configuración	40
Completar la metodología	40
Completar la planificación temporal	40
Completar la estimación de costes	40
Completar el plan de Gestión de las Comunicaciones	40
Completar Arquitectura del sistema	41
Completar Herramientas utilizadas	41
Completar Diseño e implementación	43
Completar Validación y pruebas	45
Completar Valoraciones finales	47
Quitar la sección de ejemplos	49
Completar conclusiones y posibles ampliaciones	55
Realizar manual técnico	57
Realizar manual de usuario	59
Insertar licencia apropiada	61
Completar bibliografía	63
Quitar esta lista de TODOs	67

