



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES  
ARTS DE SANT CARLES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Bellas Artes

Diseño y virtualización de un escenario para videojuego de  
estética Solarpunk y basado en estilo Mudéjar

Trabajo Fin de Grado

Grado en Diseño y Tecnologías Creativas

AUTOR/A: Royuela Torres, Carlos

Tutor/a: Orduña Malea, Enrique

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

## RESUMEN

Este Trabajo Final de Grado (TFG) se centra en el diseño y creación de escenarios de un videojuego basado en una mezcla del Teruel pre-cristiano y el movimiento político, social y artístico conocido como *Solarpunk*. Este movimiento se basa en un futuro utópico en que la humanidad coexiste con la naturaleza sin desprenderse de la tecnología. Se investigan esas temáticas para poder diseñar un mundo enfocado a una arquitectura, tecnología y vegetación coexistentes. El motor gráfico usado es Unreal Engine 5.1 por las facilidades que da a la hora de integrar de manera óptima los elementos descritos gracias a herramientas como Nanite o Lumen. Esto permite la creación satisfactoria de 3 calles de la supuesta urbe y cómo con los bloques creados se puede ampliar para generar múltiples escenarios con las mismas bases.

## ABSTRACT

This Final Degree Project (TFG) focuses on the design and creation of scenarios for a video game based on a mixture of pre-Christian Teruel and the political, social and artistic movement known as *Solarpunk*. This movement is based on a utopian future in which humanity coexists with nature without detaching itself from technology. These themes are investigated in order to design a world focused on coexisting architecture, technology and vegetation. The graphic engine used is Unreal Engine 5.1 due to the facilities it provides when it comes to optimally integrating the elements described thanks to tools such as Nanite or Lumen. This allows the successful creation of 3 streets of the supposed city and as well as it can be extended to generate multiple scenarios with the same bases previously crafted.

## PALABRAS CLAVE

Videojuegos; diseño de escenarios; solarpunk; mudéjar; Teruel

## KEYWORDS

Videogames; environment design; solarpunk; mudéjar; Teruel

## CONTRATO DE ORIGINALIDAD

El presente documento ha sido realizado íntegramente por el alumno Carlos Royuela Torres. Este documento es el TFG realizado para obtener el título de Diseño y tecnologías creativas de la promoción 2019/2023.

El trabajo es original y no ha sido entregado como otro trabajo académico previo. Todo el material usado como referencia ha sido citado correctamente.

Firma:

Fecha:

14/06/2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos', is positioned below the signature label.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi tutor Enrique Orduña por ayudarme a comprender y guiarme con todas las partes de investigación y burocracia que no llego a comprender.

Gracias a mi tío abuelo Enrique Royuela, que en paz descansa, por mostrarme el arte múdejar. Gracias a mi tío Enrique Royuela por darme pasión por la tecnología y los ordenadores. Gracias a mi madre por enseñarme a preguntarme cosas y al resto de parte de mi familia por inculcarme el amor y respeto a la naturaleza que he intentado plasmar en este trabajo.

También gracias a mi padre y a mi madre por creer en mí y financiar los costes adicionales e inesperados que supuso el proyecto realizado en cuanto a materiales y viajes.

Gracias también a Estela Rubira y Elena López por hospedarme en su casa en el viaje de investigación a Jaén.

Gracias también a todas mis amistades, tanto presentes como pasadas, por apoyarme en mis proyectos. Sobre todo gracias a Estela Rubira por ayudarme a lo largo de mi vida con muchos de éstos y ser un inestimable apoyo.

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	<b>8</b>
2.1 EL SOLARPUNK COMO FUNCIÓN	8
2.2 EL SOLARPUNK COMO FORMA	9
2.3 TERUEL BAJO LA ARQUITECTURA MÚDEJAR Y ESTÉTICA SOLARPUNK	10
<b>3. DESARROLLO</b>	<b>11</b>
3.1 <i>BRIEFING</i>	11
3.2 PREPRODUCCIÓN	12
3.2.1 REFERENTES	12
3.2.2 BOCETOS	13
3.3 PRODUCCIÓN	14
3.4 POSTPRODUCCIÓN	24
3.5 RESULTADOS	24
3.6 IMPACTO	26
3.7 PRESUPUESTO	26
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>27</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>28</b>
<b>6. INDICE DE FIGURAS</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO I. CRONOGRAMA DE TRABAJO</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO II. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030</b>	<b>35</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

El Solarpunk es una corriente política, artística y filosófica que presenta un futuro utópico en el que la humanidad coexiste con la naturaleza sin desprenderse de la tecnología por completo.

El propósito principal de este trabajo fin de grado (TFG) es aplicar la estética del Solarpunk para diseñar un escenario a ser utilizado principalmente en un videojuego

Para ello el trabajo parte del planteamiento de un supuesto histórico, en el que la ciudad española de Teruel nunca fue invadida por los cristianos, de forma que conservó su estilo mudéjar que habría ido evolucionando en el tiempo. De esta forma, se plantea un hipotético Teruel futurista cuya estética podría entonces adaptarse a los principios del Solarpunk (ver sección 2 para más detalles acerca de este movimiento).

Tanto el estilo mudéjar evolucionado combinado con el Solarpunk constituirían las bases para la creación de una urbe virtual para un videojuego.

Se ha elegido Teruel como punto de partida debido a mi cercanía con la ciudad (el autor de esta memoria es natural de esta ciudad), lo que permite un mayor conocimiento del entorno a nivel histórico, urbano, cultural, económico y social, que puede permitir la realización de un diseño más preciso. Además, el tamaño medio de Teruel facilita su adaptación cultural y tecnológica al movimiento Solarpunk, permitiendo además que la adaptación de la ciudad pueda expandirse no sólo a un sector o distrito, sino a todo el municipio en su totalidad, algo imposible de realizar en grandes ciudades.

Además, al ser una capital de provincia pequeña, la comunicación entre los diversos actores implicados es más fácil y manejable. Este tamaño también le ha permitido que históricamente esté más conectada y sea más dependiente del medio natural. Por otro lado, la desconexión con el resto de poblaciones cercanas hace que tenga que depender menos de importaciones. Debido a ello, los materiales de construcción son locales, como son la arcilla o maderas de los árboles autóctonos. Esto hace que exista una mayor afinidad al movimiento Solarpunk. En Teruel, como en otras localidades pequeñas, siempre ha existido la cultura de reparar en vez de comprar o crear, lo cual es otra de las bases del ecologismo que defiende el Solarpunk. Por estas razones se ha elegido Teruel como lienzo para empezar a montar este entorno.

Por tanto, el objetivo principal de este TFG es diseñar y producir un escenario completo de un nivel de un videojuego centrado en la ciudad de Teruel, combinando en su estilo tanto las influencias del islam como las pautas estilísticas que vienen marcadas por el Solarpunk. Para lograr este objetivo, se plantean las siguientes tareas específicas:

- Diseñar plano de los niveles navegables.
- Diseñar y conceptualizar el uso y aspecto de los edificios en base al diseño de niveles.
- Estructurar módulos de los edificios diseñados para poder implementarlos.
- Implementar los módulos en el motor gráfico para construir la ciudad.
- Experimentar y diseñar vegetación de manera estilizada en base al workflow Physically Based Rendering (PBR).
- Implementar la dirección fotográfica y de luces aplicada a la temática del escenario.
- Renderizar cinemáticas del escenario.

A nivel metodológico, este trabajo ha usado una combinación del flujo de trabajo estándar en la industria, como es el PBR, mezclado con las ventajas proporcionadas por la nueva herramienta de *Unreal Engine 5*, como es *Nanite*, el cual permite millones de polígonos con apenas impacto en el rendimiento debido a las técnicas de autogenerado de nivel de detalle en la geometría de los modelos.

El proceso de trabajo comenzó con la investigación de los tres elementos que se desean combinar: el solarpunk, las influencias del islam y Teruel. Tras esto se planeó cómo esta ciudad puede existir de manera autosuficiente bajo estas medidas. Para ello se diseñaron los planos de todos los sistemas implicados en la creación de los elementos. Una vez se tuvo claro cómo podían llegar a combinarse se hicieron bocetos e iteraciones del elemento a crear para estudiar cómo podía quedar la geometría del elemento en sí. Tras esto se modeló y se crearon las UV del objeto en cuestión. Luego, partiendo de una librería de materiales personal creada específicamente para este trabajo se añadió color y textura a los modelos. Una vez los modelos estuvieron preparados y texturizados, se integraron en el motor gráfico y, dentro del mismo, se hicieron los cambios necesarios para luego poder ser adaptados a las necesidades del mismo.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

“Somos solarpunks porque nos han arrebatado el optimismo y estamos tratando de recuperarlo. Somos solarpunks porque las únicas otras opciones son el negacionismo o la desesperación.” (*Regenerative design*, s.f.).

### 2.1 EL SOLARPUNK COMO FUNCIÓN

El solarpunk es un movimiento artístico, social y político que busca una alternativa de futuro más optimista en la que se creen sociedades con una convivencia armoniosa con la naturaleza (Canal Andrewism, 2020). Estas sociedades están adaptadas a todo el mundo independientemente de sus capacidades, y han prescindido de las jerarquías sociales, ya que se oponen al sistema colonialista y capitalista.

La primera mención al solarpunk aparece en un blog de 2008 llamado *Republic of bees*, en el que se propone la creación de un nuevo género literario, inspirado por la imagen de un barco de carga que resulta más eficiente porque se le ha añadido una vela. Esto inspira posteriormente a múltiples libros recopilatorios de historias basadas en el solarpunk, como por ejemplo “Solarpunk histórias ecológicas e fantásticas em um mundo sustentáve” (Lodi-Ribeiro [coord.], 2014) y *Glass and Gardens: Solarpunk Summers* (Patt y Nickel, 2018), que reflejan dos corrientes de pensamiento.

La primera, de mayoría angloparlante, toma al solarpunk como un mero futuro utópico. De esta forma, se concibe el solarpunk desde una perspectiva capitalista del progreso y crecimiento infinito, el cual lleva a plantear mundos de rascacielos acristalados cubiertos de plantas sobre parques urbanos. Esta visión contrasta con la propia definición previamente dada del movimiento, ya que para perpetuar ese sistema de crecimiento infinito es necesario perpetuar el sistema de clases. Bajo este sistema tampoco se podría suplir la demanda energética únicamente con energías renovables. En el caso de poderse, para generar toda la materia prima necesaria, se tendría que explotar al sur global y, por consiguiente, a su fuerza de trabajo (Reina-Rozo, 2021). Es decir, se tendría que perpetuar un sistema colonialista que, lejos de facilitar una convivencia con el entorno, la empeoraría. La versión capitalista anglosajona del solarpunk se podría definir como un tipo de capitalismo verde, que perpetúa el *status quo* haciendo creer que se puede crear un futuro mejor comprando productos más sostenibles (Canal Andrewism, 2020).

La segunda corriente del Solarpunk, que será la utilizada en este trabajo, corresponde con la variante hispano-latina. Esta corriente se basa en todo lo contrario a lo antes mencionado. Considera necesario la aplicación de un decrecimiento planificado para poder sostener un sistema de vida equitativo en el que una minoría no explote a una mayoría. Sin embargo, este decrecimiento requiere de varias condiciones para que pueda ser funcional. Algunas de ellas son las siguientes: crear objetos sin obsolescencia programada, prescindir de un sistema de publicidad masivo, prescindir de la propiedad privada para pasar a un sistema de usufructo, y pasar de un sistema masivamente industrializado a uno basado en la creación de productos bajo necesidad y demanda.

Aunque este tipo de solarpunk se base en el decrecimiento, se proponen unos mínimos irreducibles para vida humana, como son el libre acceso a comida, agua, refugio, ropa, educación y sanidad (Canal Andrewism,2022). Todos estos servicios y productos tienen que ser distribuidos de alguna manera y, al ya plantear la disolución de las relaciones de poder, no pueden ser brindados por instituciones, gobierno ni empresas. Por ello se plantea el sistema de las “bibliotecas del todo”.

Al igual que las bibliotecas actuales de préstamo de libros, las bibliotecas del todo se basarían en el usufructo. Éste implica que el individuo tiene derecho al uso de propiedad ajena mientras pueda conservar su forma y sustancia. Es decir, al igual que se prestan libros, se prestan objetos; como taladros, sierras, muebles, casas etc. De ese modo, cada biblioteca de las cosas tendría la obligación de proveer de bienes a quien los requiriese.

## 2.2 EL SOLARPUNK COMO FORMA

El solarpunk como forma tiene varios orígenes. Algunos de éstos provienen del *Art Nouveau* o el *Arts and Crafts*. (Canal The Solarpunk Scene,2022). Más allá de la estética, estos movimientos buscaban la función y defendían una artesanía con motivos naturales frente al industrialismo de la época en la que se concibieron. Sin embargo, al ser el solarpunk un movimiento que defiende la descolonización del mundo, no tiene una estética predefinida en la que basarse, aunque todas sus ramificaciones tengan aspectos en común.

Las variaciones estéticas dentro del solarpunk suelen ir definidas por el entorno. Por ejemplo, la visión afro-futurista del solarpunk o visiones de convivencia de aldeas con la naturaleza basadas en pueblos de países del sudeste de Asia como Vietnam (Canal The Solarpunk Scene, 2022). Sin embargo, lo que hace al solarpunk ser definido como una estética única es la integración de elementos tecnológicos con la naturaleza. Por ello, en las obras visuales catalogadas como solarpunk casi siempre se pueden identificar paneles solares, molinos de viento, molinos de agua, sistemas de riego automáticos, etc. Aunque la tecnología tiene un papel fundamental en la estética del solarpunk, éste pierde su sentido sin una extrema integración de elementos naturales en la vida cotidiana.

Al ser un movimiento que defiende la integración de la actividad humana con la naturaleza, no se pretende desplazar a ésta de los núcleos urbanos, sino proponer una convivencia de ambas. Por ello, siempre van a estar presentes los huertos de tamaño reducido, jardines verticales, integración de plantas en edificios, fuerte presencia de zonas verdes, prioridad absoluta a transportes de propulsión humana y peatones, etc.

### **2.3 TERUEL BAJO LA ARQUITECTURA MUDÉJAR Y ESTÉTICA DEL SOLARPUNK**

Se tiene la intención de hacer un ejercicio de imaginación y reflexión sobre cómo sería la actual ciudad de Teruel bajo la estética y filosofía de vida del solarpunk pero sin desprenderse de uno de sus valores culturales y artísticos como es la arquitectura mudéjar.

Para poder representar un Teruel actual con características de arquitectura mudéjar, y con una filosofía de vida solarpunk, el movimiento tiene que venir asentado de antes. Y, la manera de imaginar un Teruel arquitectónicamente mudéjar que cumpla con la filosofía solarpunk, se supone que no debería haber evolucionado desde la mezcla del cristianismo y del islam, sino sólo del islam, para luego desprenderse del mismo.

Para que todo este movimiento pueda llegar a quedar plasmado en la arquitectura y vida de una hipotética y utópica visión de Teruel. Actualmente la ciudad ha llegado a lo que es desde las bases de pensamiento judeocristianas, mezcladas con valores artísticos musulmanes. No obstante, para que se pueda llegar a un futuro como el antes descrito, el pensamiento que describe el corán proporciona muchas más facilidades.

Esto se debe a que el islam, al contrario que el cristianismo, tiene múltiples puntos en común con el solarpunk. Por ejemplo, el corán le da valor en sí mismo al mundo natural y no sólo el valor potencial de los recursos que éste posee (Ibrahim Ozdemir ,2003). Así mismo, en el libro sagrado del islam se habla de cómo antes desértica la naturaleza, ésta debe ser apreciada, incidiendo en el hecho de que los recursos naturales son finitos y el ser humano se debe valer de ello en su justa medida (*El Sagrado Corán*. s.f., 55:5-9). También da gran importancia a la preservación del agua como recurso necesario para la vida.

Respecto al mundo musulmán, desde éste ya se han hecho imaginaciones del futuro muy aproximadas al solarpunk incluso 100 años antes de que el término fuera acuñado, como puede ser el relato corto que escribió Rokeya Sakhawat Hossain (1905) en la revista “The Indian Ladies’ Magazine” de título “Sultana’s Dream”. En este texto se presenta una ciudad llena de jardines, sin humo de chimeneas, hornos que calientan con energía solar, dirigibles ultra eficientes etc.

Hay que tener en cuenta que, aunque este trabajo tome el islam como punto de partida cultural por sus semejanzas con la filosofía del solarpunk, resulta imprescindible que, en el escenario diseñado de un Teruel solarpunk, los espacios públicos se desprendan de la ocupación religiosa para poder considerar el diseño como realmente solarpunk.

## 3. DESARROLLO

### 3.1. BRIEFING

Se desea diseñar el escenario de un videojuego basado en una mezcla de las estéticas mudéjar y solarpunk basándose en la localidad de Teruel. Para ello se tiene que planificar cómo la estética, además de tener ser visualmente atractiva, debe tener una función dentro del sistema de la ciudad. Por tanto, todos los elementos tienen que ser diseñados con ese objetivo.

Para ello los modelos resultado tienen las cualidades estéticas del arte arquitectónico mudéjar y la funcionalidad en pos de la comunidad que propone el solarpunk.

Estos modelos serán piezas que formarán edificios o estructuras intercambiables entre sí para poder construir y montar diversos escenarios para que, con unos pocos módulos, se puedan hacer múltiples estructuras.



Figura 1. Cimborrio de la catedral de Teruel.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Campanario de la catedral de Teruel.

Source: elaboración propia.



Figura 3. Tragaluz baños de Jaén  
Fuente: elaboración propia.

Los módulos se pueden dividir en cuatro categorías: edificios, torres, máquinas y plantas. Todas estas categorías están correlacionadas entre sí, incorporando parte de las otras. Los edificios tienen que ser funcionales y servir a la comunidad pero no tienen que chocar con la estética y principios que quieren representar. Las torres, aun siendo la mayor expresión del arte mudéjar dentro del escenario, no se les puede separar de su función de refrigeración y regulación de temperatura de las viviendas. Las máquinas tendrán la función de dar energía a la red para la comunidad pero, al igual que los edificios, tendrán que estar integradas con la estética. Y por último, las plantas serán esenciales para mostrar el punto de unión entre la religión de la que parte la teorización de proyecto y el movimiento solarpunk.

Estas estructuras ya montadas y los módulos mismos serán mostrados en una cinemática final, la cual mostrará el trabajo y funcionamiento de todos los módulos disponibles y las combinaciones entre ellos.

## 3.2. PREPRODUCCIÓN

Este apartado integra tanto los referentes y los bocetos.

### 3.2.1 Referentes

El principal referente arquitectónico usado en el proyecto es la arquitectura y simbología mudéjar del siglo XIV, figuras 1 y 2. Éstas usan colores anaranjados y arcillosos que casan a la perfección con el terreno. Los detalles verdes de las torres hace que existan paralelismos entre los edificios mudéjares y la naturaleza turolense ya que ambos tienen como predominante el marrón anaranjado de la arcilla con toques de verde de la vegetación. Los colores también están inspirados por varios elementos arquitectónicos de otras partes de España. Uno de ellos es el arte musulmán de los baños de Jaén, tal y como se puede apreciar en las figuras 3 y 4.

Para las casas se usa como referente la estructura de madera y arcilla de los pueblos de Teruel. Un ejemplo de las casas mencionadas son las de Albaracín tal y como se muestra en la figura 5.

Se busca un estilo estilizado inspirado en múltiples videojuegos. Una de las inspiraciones más influyentes a la hora de definir el estilo visual es "The Legend of Zelda: Breath of the Wild" (Eiji Aonuma, 2017). La vegetación y los colores de esta, sobre todo las hierbas altas, fueron un punto de partida para definir la vegetación. Para los modelos, aun no siendo estos completamente similares, se usó como inspiración el juego independiente "Tunic" (Andrew Shouldice, 2022). Los colores están parcialmente inspirados por "Journey" (Robin Hunicke, 2012) debido a los naranjas cálidos y la atmósfera de paz que éste inspira.



Figura 4. Arcos de los baños de Jaen.

Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Casas de Albaracín en Teruel.

Fuente: elaboración propia.

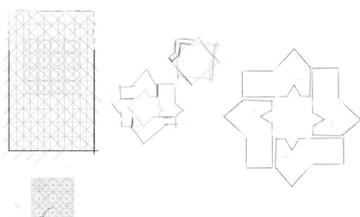


Figura 6. Estudio geometría múdejar.

Fuente: elaboración propia.

Se plantea una tecnología altamente artesanal y casera que tiene el fin de generar energía de manera renovable y sostenible. Ésta está altamente inspirada en la comunidad solarpunk. Se propone de esta manera porque en una sociedad como la que se muestra carece de sentido la existencia de industrias masivas.

### 3.2.2 Bocetos

Los bocetos creados para la reproducción se pueden separar en distintas categorías. Una de éstas son los objetos independientes que conforman el mobiliario urbano de la ciudad. Éstos tienen simbología mudéjar a la par que cumplen la función principal de servir a la comunidad. Para comprender esta simbología correctamente también se hizo un estudio gráfico de la geometría y símbolos principales de este movimiento artístico como se puede ver en la figura 6. Estos estudios convertidos en conocimientos son aplicados a la hora de elaborar todo el arte del cual se nutren los edificios.

También se elaboran tres bocetos de cómo sería conceptualmente el escenario ya acabado, representados en las figuras 7, 8 y 9. En base a estos bocetos se hace un desglose de los módulos necesarios para poder construir los escenarios y los edificios conceptualizados. No todos los elementos de los bocetos se llevan a cabo durante el proceso, ya sea por falta de tiempo o por el hecho de que durante la etapa de producción se ha visto reducida la extensión del escenario y por tanto esos elementos dejan de ser necesarios. Un ejemplo de esto son las torres y puentes de la figura 9.



Figura 7. Boceto escenario 1.

Fuente: elaboración propia.

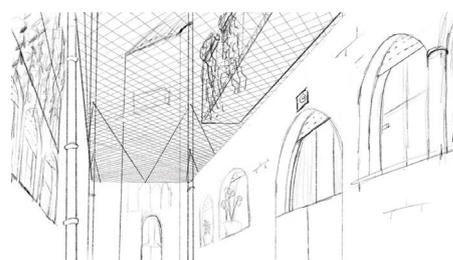


Figura 8. Boceto escenario 2.

Fuente: elaboración propia.

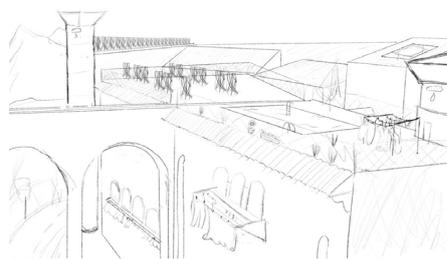


Figura 9. Boceto escenario 3.

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. PRODUCCIÓN

Se comienza con la planificación de todo el proyecto y la configuración de todo el *software* para que luego éste no de problemas.

Al principio se propuso experimentar con *software* relativamente desconocido, como es *Substance Designer*. Aun perteneciendo a la misma familia que *Substance Painter*, programa con el que el autor ya se encuentra familiarizado, *Substance Designer* cambia radicalmente, por lo que se necesitó de un proceso de aprendizaje de casi 14 horas repartidas en varios días para poder utilizarlo al nivel que el proyecto requiere.

Se pretendían crear texturas procedurales para los edificios y demás elementos, ya que el programa permite una parametrización de los elementos gráficos, que otros programas no permiten. No obstante, debido a ligeras modificaciones en la etapa de proceso de este TFG (detalladas posteriormente), este programa no fue utilizado finalmente.

Tras ello se realizó una investigación de *Unreal Engine (UE) 5.1*; se buscaba confirmar si esta herramienta podía ser utilizada para poder crear el escenario requerido, y hasta qué punto se tenían limitaciones debidas al motor gráfico. De este análisis se concluyó que *UE5* sería el motor más idóneo para la tarea, y concretamente la versión 5.1 la más óptima.

El principal motivo de esta decisión reside en el diseño de la vegetación. Al ser un mundo planteado con alta densidad de vegetación, y con un deseo de que ésta se viese de manera detallada debido a los planos cercanos, las plantas deben tener una alta densidad de polígonos. Esto *Unity* no lo implemente adecuadamente, por lo que esta aplicación quedó descartada. No obstante, en *UE5* se ha integrado *Nanite* al sistema de vegetación automática. *Nanite* es el sistema de triangulación y generación de nivel de detalle de las mallas de manera automática que *Epic Games* implementó en su motor en la versión 5.0. El nuevo sistema de geometría, que permite millones de polígonos en escena con un impacto en rendimiento mucho menor, lo cual dada la naturaleza de ornamentación cargada del estilo múdejar, hace que sea una cualidad determinante a la hora de elegir esta aplicación.



Figura 10. Planificación de sistemas urbanos en función de energías renovables.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de Google maps.

Una vez terminada la investigación previa de las herramientas y programas a usar, y aclaradas las limitaciones y capacidades del *software*, se comenzó a diseñar los bocetos generales de los escenarios que se pretenden representar, teniendo en cuenta todo el apartado teórico previamente mencionado (Fig. 7, 8 y 9). Esos bocetos también pasaron a ser modelados rápidos de bloques en el programa *Blender*. Esto se hizo para comprobar cómo de funcional era la espacialidad de los elementos que se proponen en los bocetos dibujados.

Con el fin de que toda la ciudad tenga un sentido a nivel estético, se diseñó el sistema de alcantarillado, el de agua potable, el de desagües de aguas, el de recogida de lluvia, el eléctrico, el sistema de acequias y regadío, el de recogida de basuras orgánicas, el de puntos de compostaje, la localización de las zonas verdes y la localización de los puntos de generación de electricidad (ver Fig. 10).

Además de ello, se diseñó una solución al problema de almacenaje de electricidad cuando ésta se genera de manera exclusiva de fuentes de energía renovables, consistente en disponer de reservas de depósitos de agua para que funcionen como pilas de energía potencial. Es decir, cuando hay exceso de generación de electricidad, ésta se usa para bombear agua a sitios elevados, como pueden ser los almacenes de los edificios o el pantano situado en la zona alta de la ciudad. Así, cuando no se esté generando electricidad con los paneles solares situados entre las tejas, o con las turbinas eólicas, se podrá usar la energía de los depósitos de los techos o del pantano previamente almacenada para poder abastecer las necesidades del lugar. Estas no son las únicas maneras diseñadas para abastecer de electricidad a la urbe. El propio sistema de alcantarillado y sistema pluvial usa el movimiento de las corrientes de agua para poner turbinas que generan electricidad.

Dado que es un proyecto de alto volumen, no se podría utilizar un sistema estandarizado como Github para el control de versiones ya que éste, además de estar enfocado a código y texto, tiene un límite de almacenamiento muy reducido. Entonces se optó por la solución casera. Cada día en el cual se consideró un progreso sustancial del trabajo se realizó una copia de seguridad de todo el proyecto. Esta copia se comprimió y guardó de manera redundante tanto en el disco duro interno del ordenador personal como en un disco duro externo. Las versiones estarían etiquetadas por días. Así, en caso de ocurrir un error absoluto del proyecto, se mantendrían tanto días anteriores, como copias extra en caso de que falle el disco duro. Así se puede volver a cualquier día y cualquier versión anterior.

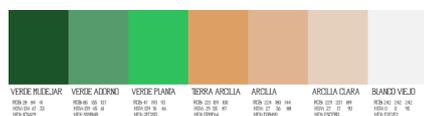


Figura 11. Leyenda de la paleta de colores usada en el proyecto.

Fuente: elaboración propia con el uso de la fuente tipográfica “La maña”.

Una vez diseñadas las estructuras y funcionamiento, se pasa seguidamente a especificar la paleta de colores y estilo. Para ello se barajaron múltiples referencias ya previamente mencionadas. Se ha contado igualmente con la suerte de que ya existe una tipografía denominada “La maña”, basada en el mudéjar turolense, que fue seleccionada para su uso en títulos y portadas. Esta paleta se crea durante la producción para poder experimentar con la gama cromática a medida que se desarrolla el trabajo y que las decisiones tomadas en la preproducción no limite completamente el estilo visual.

Para crear los edificios modulares hay que tener varias cosas en cuenta. Una es que los módulos se dividen por tipos y función. Por ejemplo, las paredes son de un tipo, los tejados de otro, las puertas de otro, y las ventanas de otro. Cada uno de estos grupos tiene que conservar medidas entre sí para que sean intercambiables. Por ejemplo, si se crea una pared con un hueco de ventana, todos los huecos de ventana de ese tipo deben tener las mismas proporciones para que las ventanas de ese tamaño puedan encajar e intercambiarse indiferentemente. Esto permite una alta posibilidad de combinación de elementos ya que todas las paredes encajan entre sí, los tejados tienen la longitud de las paredes, los huecos de la puertas están unificados etc.

Para poder hacer un seguimiento de las estructuras se hizo una tabla del listado de los objetos necesarios con el progreso de éstos. Cada objeto tiene cuatro fases: boceto, modelado, texturizado, integración. De ese modo, se puede llevar una mejor organización de lo que hay y de lo que falta.

Ya empezada la producción de los modelos del escenario se decidió cambiar el flujo de trabajo del estándar de la industria, el PBR, a uno más rápido y eficaz el cual usa las ventajas que ofrece *Unreal Engine 5.1*.

Se decidió cambiar de método de trabajo en pos de uno en el cual sólo hay que modelar los objetos una vez en lugar de dos. Este modelo único tendrá un punto medio de cantidad de polígonos entre los dos extremos que propone el PBR. No se llega al extremo de los cientos de miles de polígonos que proponen las esculturas en *high poly* ni a la extrema simplicidad de los modelos sobre los que se “bakean” los mapas del modelo *high poly*. Se toma esta decisión debido a que, gracias a *Nanite* de *UE5*, se puede acortar enormemente los tiempos de producción evitando hacer el proceso de *bakear* un modelo sobre otro sin apenas afectar al rendimiento del juego. Por tanto, el resultado son mallas definidas en cuanto a cantidad de polígonos sin excederse con los mismos. Estos polígonos extra permiten, además de lo mencionado, interactuar directamente con el sistema de iluminación. Por tanto, se generarán sombras en base a los volúmenes extra de la geometría que añaden volumen al estilo estilizado.

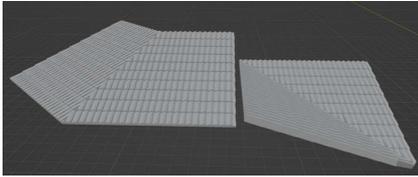


Figura 12. Modelado de los tejados.

Fuente: elaboración propia.

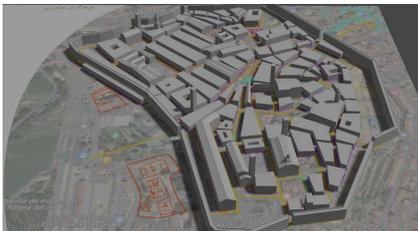


Figura 13. Modelado de los bloques de la ciudad a escala.

Fuente: elaboración propia.

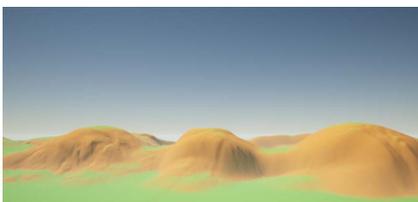


Figura 14. Primera prueba del terreno y el cielo dentro del motor.

Fuente: elaboración propia.

La creación de los tejados es un extra de complejidad, el cual retrasa el resto de modelos. Esto se debe a que, a pesar de ser patrones muy repetitivos, la geometría es mucho más compleja que la del resto de objetos. Al existir varios planos deseados para la cinemática final desde vista aérea se le da más importancia. Para hacer los módulos de los tejados se parte del mismo principio que con el de las casas, es decir, hacer pequeños fragmentos que se van añadiendo. Esto se hizo partiendo de una sola teja que se va unificando con sus copias hasta que se tiene el resultado deseado. Así se procedió con todos los tejados. Las esquinas de los tejados también representan un reto extra, ya que hay que hacer que coincidan las tejas sin que queden uniones que destaquen por encima del resto que puedan romper el patrón establecido (Fig. 12).

Para tener una idea de la escala del mapa entero se usan los mapas que se diseñaron previamente para hacer los edificios en forma de bloques simples. Esto permite saber cómo va a ser la escala de los edificios y de los módulos dentro del mundo del videojuego. También se usa como una guía para saber cuál es el recorrido de las murallas o por dónde se deben colocar las torres o incluso el posicionamiento del sol respecto a la orientación de la ciudad dentro del espacio virtual (Fig. 13).

Al momento de crear la *Skydome* y las nubes, se decide eliminarlas en pos del rendimiento y de una mejor unificación del estilo, para que no existan elementos disonantes en la escena.

El terreno sería esculpido desde cero con las herramientas internas de *Unreal*. Se empieza haciendo pruebas de tamaño. Cuando éste se decide, se pasa a esculpir las montañas, que rodearán todo el mapa para delimitarlo. A estas montañas además se les integrará una erosión creada con una brocha de terreno y una textura *alpha* creada en base a un mapa de alturas de un valle de Teruel (Fig. 14).

Para las texturas del terreno se usaron colores planos con una alta rugosidad para continuar con la estética estilizada. Luego para que fuese más fácil integrar el cambio de color entre distintas alturas de las montañas, se parametrizó el valor del color del terreno en base al ángulo que tuviera el terreno en ese punto. Por tanto, los puntos más inclinados tendrán el color marrón anaranjado de la arcilla de Teruel, y los puntos más horizontales poseen un verde vivo propio de la vegetación de los videojuegos que usan este mismo estilo artístico.

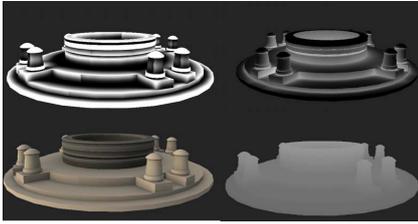


Figura 15. Visualización de los mapas creados a partir de la geometría.

Fuente: elaboración propia.

Para la creación de las texturas de los modelos se partió de unos materiales que, en base a la geometría y mapas de la malla, se generan automáticamente. Estos materiales se crearon teniendo en cuenta la información extraída de los mapas de oclusión ambiental y mapas de curvatura. Así pues, se pudieron recalcar levemente los límites externos del modelo con tonos más claros, y destacar las partes con más oclusión ambiental con tonos más oscuros. Así, a pesar de ser colores planos, se les puede añadir un volumen extra a la figura que la geometría por sí sola no da.

Además de ello, dentro de este “Smart material”, llamado así dentro de *Substance Painter*, se creó un gradiente para, de nuevo, dar más volumen a la figura. El gradiente previamente mencionado tiene la posibilidad de cambiar de dirección según requiera el modelo. Por tanto, todo está parametrizado. Esto permite agilizar enormemente la creación de texturas dentro del proceso de trabajo, pues lo que hay que hacer es generar los mapas desde los cuales se toma la información necesaria, crear máscaras en caso de necesitar más de un color y, por último, aplicar y ajustar los colores según se necesite. Con ese proceso, y partiendo del material maestro, es como se ha decidido texturizar la totalidad del escenario (Fig. 15.).

Para la hierba se usa *RVT (Runtime Virtual Texturing)*. Se trata de una técnica usada para que el modelo que se enlaza mediante los materiales con otro pueda obtener la información del material del modelo/objeto maestro. En este caso, el objeto maestro sería el terreno del mundo, y el objeto el cual tiene que obtener la información del material maestro es la hierba. De ese modo, en el lugar donde se coloque la hierba, está obtendrá el color que el terreno tiene en ese preciso lugar.

Esta no es la única técnica que se usa dentro del césped. También se ha utilizado un desplazamiento de la geometría y de las normales del modelo mediante el material para simular el movimiento del viento. Este movimiento se basa en un nodo dentro de los materiales de *Unreal* llamado “simple grass wind”, el cual permite modificar la geometría. Con un mapa de ruido que simula ondas también se puede modificar cómo se mueve el viento a gran escala para que quede más natural. De nuevo, todo el diseño está parametrizado para poder ser modificado a posteriori. Para que este movimiento de la geometría sólo afecte a la parte superior del modelo, y no se mueva la parte que tiene que estar anclada al suelo, se determina en *Blender* mediante el “vertex painting”, y un gradiente que parte de la malla se va a poder mover. Cuanto más próximo al suelo menos se va a poder mover, y cuanto más cerca del otro extremo, más le afectará el nodo de viento previamente descrito.

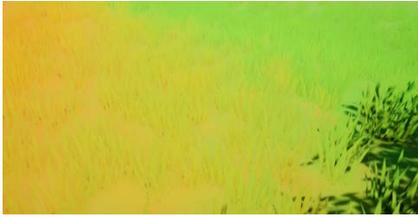


Figura 16. Hierba integrada sin sombras con el terreno.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Personaje temporal en el escenario integrado de manera funcional.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 18. Primera prueba de estructuras integradas en el mundo.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 19. Interfaz del software Tree It.  
Fuente: elaboración propia.

El sistema de iluminación propietario de *Unreal (Lumen)* da problemas a la hora de mezclar este tipo de vegetación con los gráficos estilizados que se buscan en el proyecto. Se busca que la vegetación más próxima al suelo no proyecte sombra. Así, además de ahorrar una considerable cantidad de recursos de la GPU (*Graphic Processor Unit*), se crea la sensación de una mayor integración de la vegetación con el suelo. Tras conseguir evitar las sombras arrojadas y propias del césped, y con el conjunto de las técnicas previamente descritas se consigue el resultado deseado (Fig. 16).

Aun no siendo necesario, se crean y configuran movimientos de personaje para poder mover el maniquí por defecto por el terreno. Así, el escenario puede dar más sensación de escala y se puede representar mejor como es la inmersividad y rendimiento en tiempo real dentro de un hipotético juego (Fig. 17).

Llegados a este punto, es necesario una prueba de integración y funcionamiento de varios elementos dentro del juego. Por tanto, se eligieron varias piezas de la primera casa prototipo para que se integrasen. Más allá de un ligero cambio en el punto pivote de los modelos no se cambiaría nada más del diseño e implementación de los módulos, ya que éstos dan buenos resultados tanto en rendimiento como en el apartado estético (Fig. 18).

A mitad de proceso se decidió cambiar de programa para generar algunos de los árboles. Se pasó de generarlo en *Blender* con el *addon* llamado “*Sampling Tree Gen*” a usar un *software* libre llamado *Tree It*, el cual permite generar múltiples árboles de manera bastante sencilla. Este programa también permite mucho más control sobre los distintos parámetros necesarios para poder replicar los árboles que crecen en el área urbana de Teruel (Fig. 19).

Para implementar los árboles, así como que sus hojas adquirieran más importancia, se creó un material parametrizable para las mismas. El material tiene los mismos nodos para replicar el movimiento del viento en las que tiene la hierba, pero ahí acaban las similitudes.

El color viene dado por un parámetro modificable, y éste se mezcla con un subtono el cual es la combinación del mismo valor del color con un parámetro escalar. Para mezclar ambos el color y el subtono se hace una interpolación lineal desde la cual se puede ajustar cuánto se dejan ver cada uno de los valores, y cómo éstos se mezclan entre sí.



Figura 20. Primera prueba de estructuras integradas en el mundo.

Fuente: elaboración propia.

Luego para dar la luminosidad que presentan los árboles se aplica un valor gradiente en radio a la parte del color emisivo dentro del material. Así, y modificando los valores parametrizables, se consigue el efecto deseado (Fig. 20).

Un punto relevante a la hora de crear un entorno de estas características para un videojuego es la optimización del mismo y el *hardware* sobre el que se ejecuta el juego. La complejidad de los *shaders* aplicados al mundo y cómo éstos son manejados por la tarjeta gráfica es un punto a tener en consideración. Se pueden simplificar los *shaders*, pero llega un punto en que no se pueden simplificar más sin perder la calidad que se está buscando, por ejemplo mostrando las transparencias de las texturas que componen las hojas de los árboles. Para ello hay que tener muy en cuenta el *hardware* objetivo sobre el que se quiere jugar. Por ejemplo, si es para un juego móvil estos *shaders* no podrían existir, pero si se habla de consolas sobremesa actuales o de ordenadores *gaming*, y la calidad gráfica lo requiere, se debe apuntar a esa plataforma.

Ahí precisamente es donde este TFG ha apuntado, y se ha conseguido no bajar de 60 fotogramas por segundo mostrando escenarios complejos en un PC con una tarjeta gráfica *AMD radeon RX6600* (equivalente a una *Nvidia RTX 3060*) y un procesador *AMD Ryzen 7 2700X* (equivalente a un *Intel Core i7-8700K*). Teniendo en cuenta las dificultades en cuanto a rendimiento de un nuevo motor como es UE5, y la complejidad de la escena, se podría considerar un objetivo relativamente económico para los estándares actuales.

Una estrategia de la metodología de trabajo que se sigue a la hora de crear los módulos necesarios para el trabajo es ir alternando entre los distintos tipos que existen. Es decir, mientras un día se dedica a modelar estructuras y muros de los edificios, otro se dedica a modelar ornamentos mudéjar o plantas. Así, al tener el proyecto varios frentes que abarcar, se reduce el “burnout” que se puede llegar a producir.

Otra técnica que se usó para modelar la mitad de las ventanas es modelar sólo una de ellas y multiplicar el escalado de las mismas por -1. Esto se hace dentro del motor gráfico. Así está asegurado que no se va a cambiar la orientación de las normales, y se reducen las probabilidades de encontrar problemas. Además, se generan menos modelos y texturas, ya que éstas se comparten entre la malla original y la escalada en negativo.



Figura 21. Desglose de módulos de las torres mudéjares.

Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Plano cercano de los shaders del agua.

Fuente: elaboración propia.

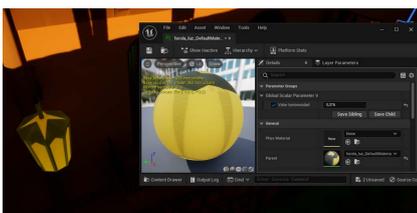


Figura 23. Funcionamiento del shader de la farola.

Fuente: elaboración propia.

Los módulos de las torres mudéjares son algo distintos al resto. Se empieza con la idea de que ésta está compuesta por cuatro paredes, un pasaje interior un techo y unas almenas. A medida que se monta la pared se ve como el desglose de los mapas UV (éstos son una proyección en 2D del modelo en 3D sobre el que se proyectarán las texturas y el resto de mapas) serían demasiado densos como para que la textura de las paredes quedase definida y no pixelada, sin aumentar la resolución de la misma. Para ello se separó la torre en los distintos tipos de ornamentación que ésta posee. En total se realizaron cinco tipos de piezas ornamentadas (Fig. 21).

Al estar la torre compuesta por módulos, al igual que el resto de partes del escenario, se pueden construir distintos tipos de torres. Se pueden hacer más altas, más pequeñas o incluso integrar esos módulos en otro tipo de estructuras. Los módulos que forman las paredes van complementados también de las piezas que crean la forma a la torre. Es decir, aunque existan las piezas de manera independiente, éstas siguen requiriendo de la base y la parte superior para que funcione y se entienda la estructura como lo que es: una torre mudéjar como las que se ven en la capital turolense.

Al ser una ciudad basada en la vida en común, se ha creado también mobiliario urbano que invita a una vida en comunidad, como por ejemplo piscinas, fuentes o bancos de descanso. Para el material del agua se usó y modificó el material del *plugin* que trae de manera gratuita el motor de *Unreal*. Éste se separó del sistema de mar, océanos y lagos que tiene, se modificó para que encaje con el estilo visual, y se aplicó a la malla un plano. Así, al no tener una malla cambiante según las olas, se da el efecto deseado ya que para el agua que apenas está en movimiento no se considera realmente necesario ese gasto de recursos. (Fig. 22).

Otra parte imprescindible para el mobiliario urbano son las farolas. Éstas, para emitir luz propia aprovechando el sistema de luz de *Unreal* (*Lumen*), que permite que los materiales emisivos proyecten luz propia que reaccione con el entorno, además de iluminar el propio material. Para poder hacer que sólo se iluminen las partes que se desean, se usó una máscara en los canales rojo y verde de la textura, de forma que los metales con subtonos azules no brillen tanto como la propia bombilla (Fig. 23).

Al ser un mundo solarpunk existen distintos métodos para generar electricidad de manera renovable y con un impacto mínimo en el entorno y el medio ambiente.

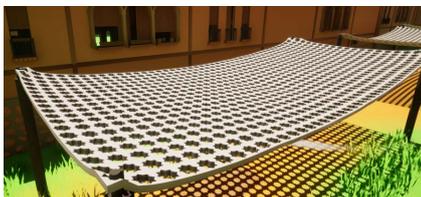


Figura 24. Representación de la "malla cinética" dentro del motor.  
Fuente: elaboración propia.

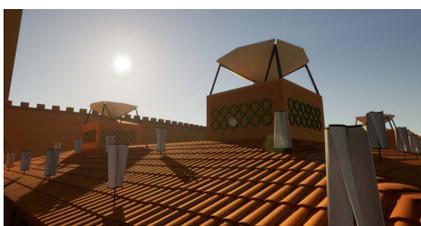


Figura 25. Depositos de agua doble función con de aerogeneradores.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 26. Representación de los generadores de las cañerías.  
Fuente: elaboración propia.

Uno de los sistemas implementados es una reinterpretación de cómo funciona la generación de corriente eléctrica mediante el electromagnetismo, tal y como lo hacen, por ejemplo, los aerogeneradores. Este sistema ha sido denominado como "malla cinética". Basándose en los puestos de mercado ambulante y en la necesidad de una sombra para los peatones de la urbe, se ha pensado en una solución que, además de cumplir con ello, permita generar electricidad. Y es que el movimiento de la malla mediante efectos naturales como la lluvia, el viento o el granizo mueven los contrapesos que sujetan la misma dentro de las columnas que soportan la estructura. Éstos, a su vez, transforman la energía lineal cinética en energía mecánica que mueve un rotor dentro de un estator del generador eléctrico para generar una corriente.

Para poder representar el anterior objeto dentro de *Unreal* se evita el uso de simulación de tejidos. Esto se debe a que es una técnica que consume una cantidad significativa de recursos. Por ello se decide modificar el material de la hierba para que se pueda amoldar a la tela. Se genera un desplazamiento de la geometría basándose en el "vertex paint" previamente aplicado en *Blender*. Así da el efecto de ser un objeto que se mueve por el viento según menos tenso está (Fig. 24).

Toda la electricidad generada es completamente inservible si ésta se desperdicia y no se almacena adecuadamente. En un mundo en el cual no existe la explotación de recursos masiva como es el que se propone, tampoco deberían existir las baterías de litio y materiales similares. Y, aunque se propongan baterías basadas en materiales fáciles de conseguir como las baterías de sal, éstas no serían tan eficientes como lo que se propone. El método es el siguiente: en los tejados de los edificios hay almacenes de agua. Estos almacenes cumplen dos funciones en función de su contenido. Funcionan o bien como almacenes pluviales para el regadío, o como almacenes de energía (Fig. 25).

Los almacenes de energía se basan en que, para no desperdiciar la energía sobrante de la red eléctrica, ésta se bombea a los tejados. Dada la altura a la que se encuentra el agua, esa energía eléctrica usada pasa a convertirse en energía potencial. Así, en los momentos en los que no se genere suficiente energía renovable se puede utilizar ese agua para bajarla de los tejados y, mediante los generadores de las cañerías, se convierta la energía potencial previamente almacenada en electricidad.

Se ha hablado de los generadores de las cañerías. Éstos, al igual que las presas hidroeléctricas o los molinos de agua, se basan en transformar el movimiento rotatorio en electricidad. Por ello se ponen tres pequeños molinos que funcionan como rotores, los cuales aprovechan la caída del agua y el movimiento de la misma para generar electricidad (Fig. 26).



Figura 27. Muestra de los sistemas de partículas reusados de proyectos anteriores.

Fuente: elaboración propia.

En los tejados se encuentran múltiples aerogeneradores; éstos no tienen fundamento distinto a los ya conocidos en la actualidad y tienen el mismo principio para generar electricidad. La única diferencia es que son verticales, esto hace que los animales voladores como aves o murciélagos tengan una visión más clara del objeto y no tengan tantos problemas con las aspas de los molinos.

Pero no todo van a ser generadores eléctricos y maneras de aprovechar la energía. También se han usado sistemas de calefacción pasiva. Esta función la cumplen las torres mudéjares, que pasan de tener una función religiosa a resignificarse y reusarse como torres de temperatura. Las torres filtran el aire caliente que puede entrar al edificio y enfriarlo con plantas interiores en verano. Y en invierno, cuando las temperaturas bajan considerablemente, estos sistemas se cierran y la torre pasa a tener una función de aislar los edificios con respecto al exterior debido a sus gruesos muros.

Como ya se ha mencionado, no todo el proyecto ha sido creado de cero. Algunos de los elementos han sido reciclados de trabajos previos propios. Los *assets* reusados son viento y las hojas que caen de los árboles, ambos efectos de partículas sacados del juego "Gotta go hamster", creado también por el autor de esta memoria. Esta decisión ha sido tomada debido a que supone una reducción de tiempo de desarrollo, y el estilo visual no difiere del que se busca en este proyecto (Fig. 27).

Una de las herramientas creadas expresamente para este proyecto, la cual ha agilizado enormemente el proceso de trabajo, es la generación procedural de mallas mediante *splines*. Las *splines* Dentro del entorno *Unreal*, los *splines* son como curvas vectoriales tridimensionales. En base a éstas se programó una herramienta que mostraba a lo largo de la *spline* las mallas deseadas. Ya podrían ser tuberías, murallas, tejados etc. De ese modo no hace falta ir colocando uno a uno todos los modelos que se muestran en el entorno (Fig. 28).

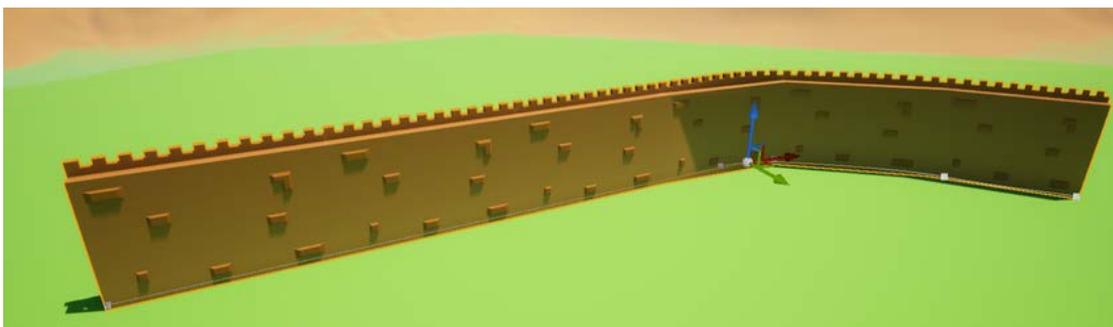


Figura 28. Generación procedural de mallas mediante *splines*.

Fuente: elaboración propia.

Una última herramienta que se creó fue un generador de vegetación me-

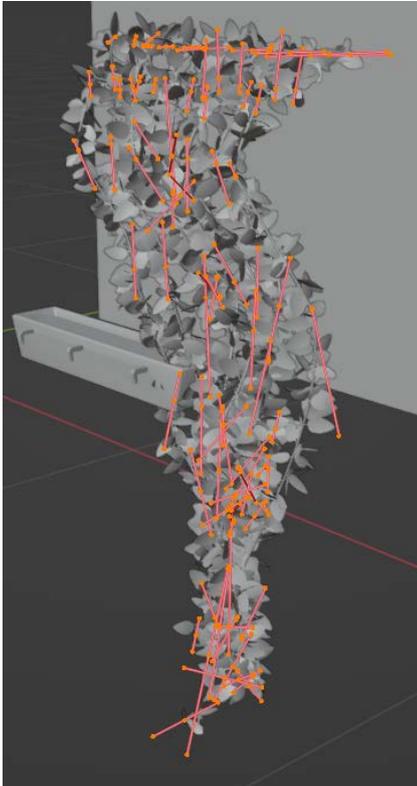


Figura 29. Generación procedural de mallas mediante splines.  
Fuente: elaboración propia.

diante trazos dentro de *Blender*. Eso permitió que atando un modelo que genera poligonos a lo largo de una curva me generase el tallo y las hojas de las plantas que deseaba conseguir para las enredaderas de las ventanas y balcones La herramienta usada dentro de *Blender* para llevar a cabo esta herramienta fue “geometry nodes”. (Fig. 29)

Una vez estuvieron todos los elementos integrados y las herramientas creadas, y dadas las limitaciones de tiempo, se buscó recrear el arte conceptual indicado al inicio del proyecto.

Por ello se recrearon unicamente dos de los escenarios propuestos, los correspondientes a la figura 7 y a la figura 8, con el fin de priorizar la calidad antes que la cantidad.

### 3.4. POSTPRODUCCIÓN

Cuando se tiene el escenario final, al no cubrir este toda la extensión de los límites de la ciudad se tienen que elegir cuidadosamente los planos desde los cuales se desean realizar las cinemáticas. Gran parte de los planos son contrapicados, por esta razón, así no se llega a ver el vacío de la ciudad. Se mezclan planos detalle, planos generales y un plano picado. Los detalle se usan para enseñar la geometría y movimiento de cerca de las plantas y los lejanos para mostrar como todo se llega a integrar. Las rotaciones de cámara que se hacen tienen la finalidad de añadir dinamismo al resultado, pero necesitan ser lentas para evitar mareo y confusión y que se siga permitiendo contemplar el detalle de la escena.

### 3.5. RESULTADOS

Se ha generado un vídeo con el resultado del renderizado del escenario, que se encuentra accesible en el siguiente URL: [https://drive.google.com/file/d/1PU-zpuo7TFsSxNDRSRGuS4sh\\_0oDMjQZ/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1PU-zpuo7TFsSxNDRSRGuS4sh_0oDMjQZ/view?usp=drive_link)

También se han seleccionado algunas imágenes renderizadas dentro del motor como imágenes promocionales para redes sociales. (Fig. 30, 31 y 32)

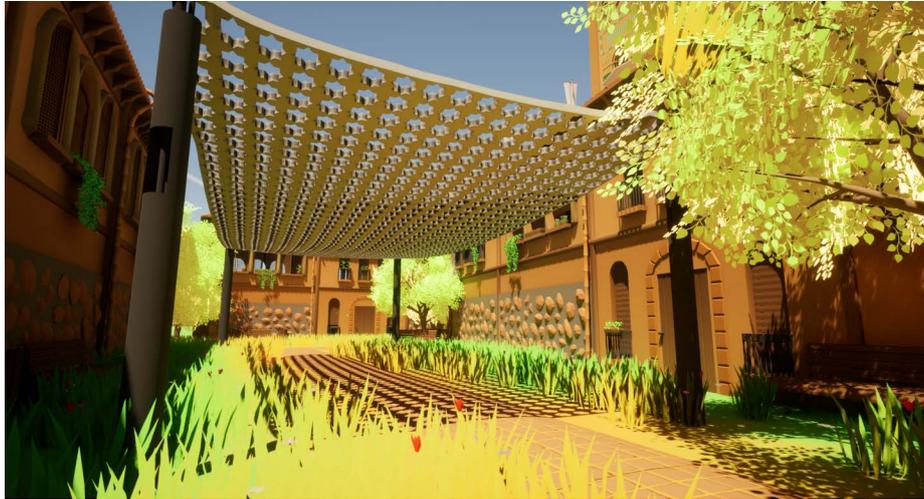


Figura 30. Escenario final representando la figura 8.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 31. Escenario final representando la figura 7.  
Fuente: elaboración propia.

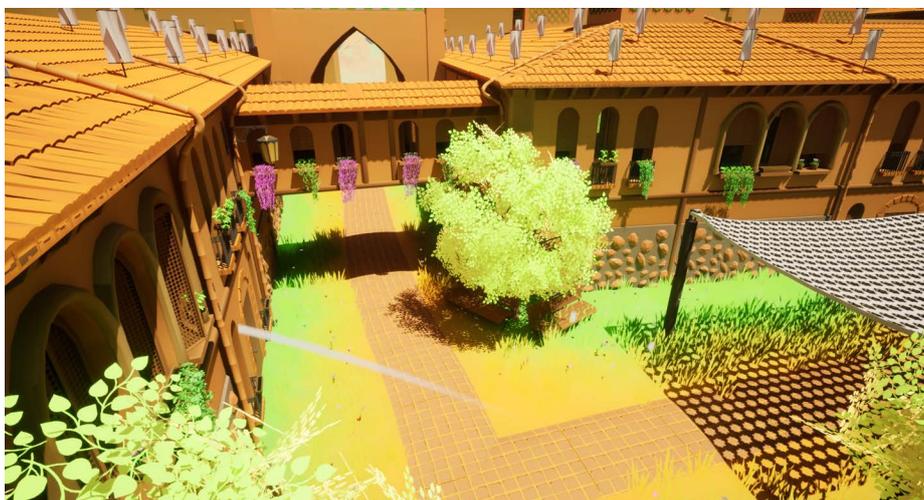


Figura 32. Escenario final desde un ángulo picado.  
Fuente: elaboración propia.

### 3.6. IMPACTO

Los modelos y proyecto de *Unreal Engine* de este TFG Se prevé depositar tanto los modelos como el proyecto diseñado en Unreal Engine en la tienda online itch.io, a través de la cual se distribuirán de forma completamente gratuita y libre para que la gente pueda usarlos en sus videojuegos. No se contempla sacar rédito económico de esta obra ya que se estaría contradiciendo con el movimiento solarpunk. Por ello las obras que se creen usando los *assets* y elementos creados a partir de este proyecto estarán protegidas bajo la licencia más usada por el *software libre*, conocida como la licencia *GNU GPL*.

Los archivos públicos pueden ser usados con múltiples fines, el más claro es el de crear entornos basados en la estética y propuesta realizada para videojuegos no comerciales. Al no hacer falta usar todos los elementos del escenario dada su naturaleza modular, también se pueden usar algunas partes para crear escenarios que no tengan que ver con la idea original. Aparte de los videojuegos se puede usar para cinemáticas y animaciones con estética estilizada, de nuevo, éstas deberán deberán distribuirse mediante licencias que impidan su comercialización con ánimo de lucro.

Al no ser un videojuego completo el cual se pueda empaquetar y jugar no se puede presentar a festivales y eventos. La función que sí que cumple es la de enriquecer el portfolio y generar contenido para redes sociales, principalmente Tik Tok, Twitter y ArtStation.

### 3.7. PRESUPUESTO

El grueso en horas del proyecto fueron 152 horas repartidas entre todas las fases del proceso del proyecto, sin incluir el tiempo dedicado a la memoria. Si según *jooble* el rango de sueldo por hora para el trabajo de *3D Environment Artist* ronda entre los 16 y los 60 euros aproximadamente, con una media de 33 euros la hora. Al ser junior cobraría lo mínimo. Por tanto el precio del proyecto en horas de trabajo se estima en 2432€.

Al coste debe incluirse los gastos derivados de dos viajes de investigación y trabajo de campo, realizados a Teruel y Jaén, con el fin de recopilar referencias e imágenes. La suma de estos dos viajes ascendería a 500 euros

A ese precio hay que añadirle el inconveniente de la actualización del hardware del ordenador usado, el cual supuso 220€.

Por tanto considerando todas las partidas presupuestarias comentadas previamente, el presupuesto final ascendería a 3152 euros, sin IVA.

## 4. CONCLUSIONES

Se considera que se ha cumplido con el objetivo principal propuesto desde un principio, al menos parcialmente. La idea era diseñar y producir el escenario entero. En cuanto a diseño así ha sido, pero desde el principio se había contemplado la limitación del tiempo. Así al ser escalable se ha podido terminar con los objetivos y calidad deseadas el porcentaje suficiente de ciudad como para poder mostrarse y construir desde este.

Uno de los objetivos específicos era diseñar planos y ciudad en base al solarpunk. Eso se considera realizado con éxito pero teniendo en cuenta que hay algunos puntos a mejorar. Como por ejemplo el funcionamiento y las estructuras interconectadas de las bibliotecas, las cuales necesitan una red de comunicación y estructuras que no fueron diseñadas para que estas funcionasen de manera más eficiente.

Los módulos que se crearon alcanzan la calidad deseada, pero no la cantidad debido a la falta de tiempo. Por ejemplo faltarían los módulos de los edificios de las bibliotecas previamente mencionadas o de las estructuras de red de carreteras extramuros para conectar con las huertas, las cuales tampoco pudieron ser realizadas.

Por otro lado, un punto muy positivo fue la integración de todos los módulos y el funcionamiento de los mismos dentro del motor. Todos los sistemas funcionan de manera satisfactoria, tanto el sistema del viento, como las rotaciones, como la generación de sombras. Además el rendimiento conseguido es óptimo a pesar de la alta calidad gráfica que se obtiene.

Algo que suele dar problemas y tiene una complejidad elevada dado que son elementos orgánicos son las plantas y vegetación. Estas fueron implementadas también de manera satisfactoria a pesar de la complejidad que tenía la simplificación que supone adaptar formas orgánicas complejas a un estilo más simple y estilizado.

Para finalizar se consiguió hacer numerosos renders que pudiesen mostrar el trabajo y dedicación que se ha dado en el proyecto. El único problema que ha surgido es que al tener el escenario parcialmente acabado la mayor parte de las cinemáticas tienen un ángulo de cámara contrapicado.

Para todos los problemas que se han presentado se propone continuar con los elementos a los cuales no se ha dado tiempo de terminar a posteriori. Así se podrá brindar un pack más completo y funcional para el que el resto del mundo se lo descargue y lo pueda usar.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Canal Andrewism. (16 diciembre 2020) What is Solapunk? [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=hHI61GHNGJM>

Canal Andrewism. (5 octubre 2022) We need a library economy [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=NOYa3YzVtyk&t=432s>

Canal Andrewism. (2 noviembre 2022) How degrowth can save the world [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=oQrI2GBvn5Q>

Canal Andrewism. (24 septiembre 2021) How We Can Make Solarpunk A Reality (ft. @OurChangingClimate) [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=u-JvyfZVkIM&t=958s>

Canal Andrewism. (10 noviembre 2021) Solarpunk is not enough [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=rKaSb2gi1Ew>

Canal Equinoctial Heritage. (28 octubre 2021) Solarpunk - La utópica distopía [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=eLSpv7-333c>

Canal GarajeFram Academy (30 septiembre 2020) Smart Materials in substance designer [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=7rbaxC2KB3o>

Canal Max E. Westfall. (15 septiembre 2015). How to make a Solarpunk Story [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=HJ1cMML318Q>

Canal Matt Aspland (26 noviembre 2022) How to create God Rays in Unreal Engine 5 in 3 minutes [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=i0KE6dAlVgg>

Canal Our Changing Climate. (20 Abril 2022) How We Can Build A Solarpunk Future Right Now (ft. @Andrewism) [Archivo de Vídeo] [https://www.youtube.com/watch?v=twGcjDnOb\\_U&t=1s](https://www.youtube.com/watch?v=twGcjDnOb_U&t=1s)

Canal Polygon Academy (31 octubre 2018) Creating modular environments in unreal engine 4 (UE4) | ArtStation Challenge EP.003 [https://www.youtube.com/watch?v=xCOuL\\_QQWeY](https://www.youtube.com/watch?v=xCOuL_QQWeY)

Canal Smart poly (18 noviembre 2022) EVERYTHING NEW IN UNREAL ENGINE 5.1 [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=fRgRNJF88dY>

Canal The solarpunk Scene .(4 enero 2021)10 Signs You May Be a Solarpunk [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=jKHf9XKMhC0>

Canal The solarpunk Scene .(23 julio 2022)How Cities Can Be Sanctuaries for Nature and Biodiversity [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=RLGJu7t7sUk>

Canal The solarpunk Scene .(24 junio 2022)Real Life Solarpunk Places to Amaze You [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=N16M1cr9sK8>

Canal The solarpunk Scene .(30 abril 2022)5 Solarpunk communities that will bring you hope [Archivo de video] [https://www.youtube.com/watch?v=b\\_g9VgYx228](https://www.youtube.com/watch?v=b_g9VgYx228)

Canal The solarpunk Scene .(18 marzo 2022)Real Life Solarpunk Buildings That Will Blow Your Mind [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=AzTvd1PmZVA>

Canal The solarpunk Scene .(4 marzo 2022)A guide to solarpunk fashion [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=SxRv-g2l3lY>

Canal Think That Through. (20 julio 2022) Solarpunk in 7 minutes: The case for utopia [Archivo de video] <https://www.youtube.com/watch?v=qc9lfrsnhvQ>

Canal Tech-Art Academy(22 noviembre 2022) Unreal Engine 5 is INSANE! Here's why [Archivo de video] [https://www.youtube.com/watch?v=lp2\\_WHcSPGE](https://www.youtube.com/watch?v=lp2_WHcSPGE)

Canal Unreal Engine (23 noviembre 2022) Unreal engine 5.1 Feature Highlights [Archivo de video] [https://www.youtube.com/watch?v=lp2\\_WHcSPGE](https://www.youtube.com/watch?v=lp2_WHcSPGE)

Ibrahim Ozdemir. (2003). La relación de todo con todo. La ética ecologista desde la perspectiva del coran. Una coedición entre oozebap y Vida Halal, Barcelona, 2012. <https://audir.org/wp-content/uploads/2021/05/ecologia-islam.pdf>

Reina-Rozo, J. D. (2021). Art, Energy and Technology: the Solarpunk Movement. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace*, 8(1), 47-60.

Regenerative design (Re-des). A solarpunk manifesto(s.f.). Regenerative design (Re-des) [blog]. Disponible en: <http://www.re-des.org/un-manifiesto-solarpunk>

Malpas, I. (2021). Climate fiction is a vital tool for producing better planetary futures. *The Lancet Planetary Health*, 5(1), e12-e13.

Rivero-Vadillo, A. (2022). NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA FICCIÓN CLIMÁTICA ACTUAL: LA TECNOFILIA SOLARPUNK FRENTE AL IMAGINARIO DEL DECRECIMIENTO. *Nueva revista del Pacífico*, (76), 183-204.

Rivero-Vadillo, A. (2022). Challenging Solarpunk's Technophilia through Degrowth Imaginaries in Julia K. Patt's "Caught Root" and Linda Jordan's "Reclaiming". *Ecocene: Cappadocia Journal of Environmental Humanities*, 3(1), 41-55.

Williams, R. (2019). 'This Shining Confluence of Magic and Technology': solarpunk, energy imaginaries, and the infrastructures of solarly. *Open Library of Humanities*, 5(1).

## 6.INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cimborrio de la catedral de Teruel.	12
<b>Figura 2.</b> Campanario de la catedral de Teruel.	12
<b>Figura 3.</b> Tragaluz baños de Jaen.	12
<b>Figura 4.</b> Arcos de los baños de Jaen.	13
<b>Figura 5.</b> Casas de Albarracín en Teruel.	13
<b>Figura 6.</b> Estudio geometria mudejar.	13
<b>Figura 7.</b> Boceto escenario 1	13
<b>Figura 8.</b> Boceto escenario 2	13
<b>Figura 9.</b> Boceto escenario 3	13
<b>Figura 10.</b> Planificación de sistemas urbanos en función de energías renovables.	15
<b>Figura 11.</b> Leyenda de la paleta de colores usada en el proyecto.	16
<b>Figura 12.</b> Modelado de los tejados.	17
<b>Figura 13.</b> Modelado de los bloques de la ciudad a escala.	17
<b>Figura 14.</b> Primera prueba del terreno y el cielo dentro del motor.	17
<b>Figura 15.</b> Visualización de los mapas creados a partir de la geometria.	18
<b>Figura 16.</b> Hierba integrada sin sombras con el terreno.	19
<b>Figura 17.</b> Personaje temporal en el escenario integrado de manera funcional.	19
<b>Figura 18.</b> Primera prueba de estructuras integradas en el mundo.	19
<b>Figura 19.</b> Interfaz del software Tree It. (elaboración propia).	
<b>Figura 20.</b> Primera prueba de estructuras integradas en el mundo.	20
<b>Figura 21.</b> Desglose de modulos de las torres mudejares.	21
<b>Figura 22.</b> Plano cercano de los shaders del agua.	21
<b>Figura 23.</b> Funcionamiento del shader de la farola.	21
<b>Figura 24.</b> Representación de la “malla cinética” dentro del motor.	22
<b>Figura 25.</b> Depositos de agua doble función con de aerogeneradores.	22
<b>Figura 26.</b> Representación de los generadores de las cañerías.	22
<b>Figura 27.</b> Muestra de los sistemas de particulas rehusados de proyectos anteriores.	23
<b>Figura 28.</b> Generación procedural de mallas mediante splines.	23
<b>Figura 29.</b> Generación procedural de mallas mediante splines.	24
<b>Figura 30.</b> Escenario final representando la figura 8.	25
<b>Figura 31.</b> Escenario final representando la figura 7.	25
<b>Figura 32.</b> Escenario final desde un angulo picado.	25

## ANEXO I. CRONOGRAMA DE TRABAJO

08/01/2023	2h	planificar el trabajo de producción
08/01/2023	10 min	personalizar la instalación de <i>Blender</i>
08/01/2023	1h 30min	aprender <i>Substance Designer</i>
10/01/2023	3h 30min	aprender <i>Substance Designer</i>
15/01/2023	2h 30min	aprender <i>Substance Designer</i>
16/01/2023	1h	investigar <i>UE5.1</i>
16/01/2023	30min	bocetos de escenarios
17/01/2023	30min	organización de archivos
17/01/2023	25min	investigar <i>UE5.1</i>
18/01/2023	40min	aprender <i>Substance designer</i>
19/01/2023	1h 30min	diseño sistemas públicos urbanos
20/01/2023	2h	diseño sistemas públicos urbanos
20/01/2023	10min	investigación plantas
06/02/2023	1h 10min	aprender <i>Substance Designer</i>
06/02/2023	50min	organizar sistema de archivos
06/02/2023	30min	recopilar referentes visuales
07/02/2023	50min	probar e investigar paleta de colores
07/02/2023	2h 10min	mapas de diseño edificios ciudad
08/02/2023	20min	planificación edificios modulares
08/02/2023	2h 30min	bocetos ciudad
09/2/02/2023	2h 10min	bocetos ciudad
10/02/2023	15min	organizar archivos
11/02/2023	1h 30min	organizar lista modulos edificios
11/02/2023	3h	generador de texturas no funcional
12/02/2023	2h	bocetos modulos edificios
13/02/2023	1h 50min	terminar modulos edificios
15/02/2023	3h	crear en blender modulos de las casas
16/02/2023	3h 30min	crear en blender puertas de las casas
		se cambia de metodologia de trabajo
07/03/2023	2h 30min	modulos de casas con nuevos procesos
08/03/2023	40min	optimizar modulos de los tejados
09/03/2023	3h 45min	terminar de crear el resto de tejados
12/03/2023	2h	modelado de aleros y juntas de tejados
14/03/2023	2h 30min	terminar puertas y crear ventanas
14/03/2023	50min	modelado de fuentes publicas
21/03/2023	2h 30min	modelado bloques mapa ciudad 3D
21/03/2023	30min	crear y delimitar el mundo en <i>UE5</i>
24/03/2023	30min	creación del cielo dentro del motor

24/03/2023	50min	esculpido de montañas terreno en UE5
26/03/2023	1h	pruebas de vegetación y modelado
27/03/2023	40min	crear automatización de texturas
28/03/2023	1h 15min	crear automatización de texturas
05/04/2023	40min	modelando edificios sin utilizar
06/04/2023	1h 40min	texturas terreno y código hierba
07/04/2023	1h 35min	arreglar vegetación e iluminación
07/04/2023	25min	usar nuevos movimientos UE5.1
08/04/2023	2h 25min	pruebas uso de texturas en motor
13/04/2023	1h	prueba de generación de arboles
15/04/2023	1h 38min	prueba de generación de arboles
15/04/2023	40min	uso de gradientes y optimizar mundo
15/04/2023	15min	optimización del mundo
15/04/2023	2h 15min	texturizar las casas con el generador
16/04/2023	1h 48min	texturizar las casas con el generador
16/04/2023	2h 30min	importar modelos y texturas a UE5
17/04/2023	3h 30min	modelar adornos estética múdejar
18/04/2023	38min	texturizar todas las ventanas
18/04/2023	1h 12min	importar los modelos a UE5
19/04/2023	1h 40min	modelado del puente entre casas
22/04/2023	2h 15min	modelado patrones estilo múdejar
24/04/2023	6h 5min	modelado torre múdejar principal
25/04/2023	1h 22min	modelado torre múdejar principal
26/04/2023	1h 20min	modelado torre múdejar principal
27/04/2023	4h 30min	optimizado y texturas de la torre
27/04/2023	2h 15min	texturizado de la torre
27/04/2023	1h 15min	integración de la torre en UE5
02/05/2023	2h 20min	modelado fuentes públicas
02/05/2023	1h	texturizado e integración en UE5
03/05/2023	20min	modelado de aerogeneradores
04/05/2023	1h 40min	modelado malla cinética
06/05/2023	2h	modelos de estética solarpunk
06/05/2023	3h 50min	texturas modelos estética solarpunk
06/05/2023	1h 30min	integrar todo solarpunk en UE5
07/05/2023	1h 30min	programar herramientas en UE5
07/05/2023	3h 35min	crear escenario con los modulos
08/05/2023	3h 5min	programar herramientas en UE5
09/05/2023	3h 10min	crear escenario con los modulos
10/05/2023	4h	crear modulos extra para detalles
11/05/2023	1h 30min	creación tomateras

13/05/2023	5h	programación y carreteras
21/05/2023	5h	flores y enredaderas
23/05/2023	2h 15min	definir escenarios para render
24/05/2023	2h 15min	depurar y pulir los escenarios
25/05/2023	2h 40min	crear las cinemáticas para resultados
09/06/2023	3h	depurar cinemáticas y generar 1 más

## **ANEXO II. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030**

## ANEXO I. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>				
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>				
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>				
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>				
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto.



**Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster:  
Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.**