



## **GUÍA DOCENTE**

# **SIMULACIÓN DE SISTEMAS DINÁMICOS Y MODELOS COMPLEJOS**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN COMPUTACIÓN  
GRÁFICA, REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACIÓN**

***MODALIDAD: PRESENCIAL***

***CURSO ACADÉMICO: 2023-2024***

<b>Denominación de la asignatura:</b>	<b>Simulación de Sistemas Dinámicos y Modelos Complejos</b>
Titulación:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN COMPUTACIÓN GRÁFICA, REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACIÓN
Facultad o Centro:	Centro Universitario de Tecnología y Arte Digital
Materia:	Realidad Virtual y Simulación
Curso:	Primero
Cuatrimestre:	Primero
Carácter:	Obligatoria
Créditos ECTS:	3
Modalidad/es de enseñanza:	Presencial
Idioma:	Castellano
Profesor/a - email	Miguel Ángel Arribas / miguel.arribas@u-tad.com
Página Web:	<a href="http://www.u-tad.com/">http://www.u-tad.com/</a>

## DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

### Descripción de la materia

Esta materia hace referencia al aprendizaje de técnicas inmersivas de programación con dispositivos de realidad virtual, algoritmos de simulación, de efectos visuales. En esta materia, el alumno aprende la aplicación de la computación gráfica en dos áreas de conocimiento como la simulación basada en físicas y los mundos virtuales. Resulta una materia esencial en el Máster Universitario, ya que es donde el alumno adquiere su especialización en Simulación de efectos o en Realidad Virtual, partes esenciales del postgrado.

### Descripción de la asignatura

La asignatura de “Simulación: Sistemas dinámicos y modelos complejos” permite a los alumnos aprender los conceptos matemáticos y físicos necesarios para entender cómo funcionan las simulaciones dinámicas, así como la implementación de las mismas. De forma práctica, los alumnos implementarán distintos sistemas dinámicos y efectos.

Los objetivos de la asignatura son los siguientes:

- Comprender las leyes físicas de la dinámica de sólidos y los conceptos básicos (masa, velocidad, fuerzas, etc.) en simulación de aplicaciones interactivas.

- Modelar el comportamiento de un sólido rígido sometido a fuerzas externas.
- Crear y usar primitivas de colisión básicas (Bounding Sphere, Bounding Box).
- Comprender y usar primitivas de colisión avanzadas (Convex Hulls, OBB-tree).
- Modelar colisiones de sólidos rígidos con un entorno estático y entre sí.
- Interacción física con objetos animados (kinematic bodies).
- Comprender las leyes físicas de la dinámica de deformables y los conceptos básicos (tensión-deformación, elasticidad, etc..) en simulación de aplicaciones interactivas.
- Modelar dinámica de pelo sometido a fuerzas externas.
- Métodos de optimización para acelerar computación de muchos pelos.
- Crear procedualmente objetos.
- Crear colisionadores y emisores.
- Simular fluidos y telas con físicas reales.
- Adquirir los conocimientos necesarios para poder enfrentarse a un efecto.

## **COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

### **Competencias básicas**

CG5 - Capacidad para la aplicación de soluciones innovadoras y la realización de avances en el conocimiento que exploten los nuevos paradigmas de la Computación Gráfica

CG6 - Capacidad para la realización de modelados matemáticos, cálculo y diseño experimental en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación e innovación en todos los ámbitos de la programación gráfica

CG7 - Capacidad para la integración de conocimientos y para la formulación de juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CG8 - Capacidad para las labores de coordinación y gestión técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos, en el ámbito de la Computación Gráfica, la Simulación y la Realidad Virtual.

CG9 - Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y para resolver problemas en entornos complejos, nuevos o poco conocidos en contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar estos conocimientos

CG2 - Capacidad para la aplicación del método científico en el estudio y análisis de fenómenos y sistemas en diversos ámbitos de la Informática, así como en la concepción, diseño y ejecución de soluciones informáticas innovadoras y originales.

CG3 - Capacidad para la ampliación de conocimientos de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo. Capacidad para la obtención de información sobre las tendencias actuales en el campo de la simulación y la programación gráfica, y las comunidades y foros donde obtener información actualizada

### Competencias específicas

CE15 - Capacidad para el empleo de los estándares de visualización 2D y 3D de la industria digital para la presentación interactiva de una simulación gráfica

CE16 - Conocimiento de los métodos empleados para la simulación de fenómenos dinámicos como la interacción entre cuerpos, los fluidos, partículas, etc. y su implementación computacional

CE17 - Conocimiento de los modelos y métodos empleados en áreas diversas de aplicación de la simulación gráfica, como la física, biología, aeronáutica, medicina, industria del ocio, SIG, etc.

## CONTENIDO

En esta asignatura se estudian los conceptos fundamentales de un sistema de simulación: entrada de datos, interfaz de usuario, condiciones iniciales y de contorno, motor de simulación y resultados. Se estudia la evolución histórica y el estado del arte de la simulación de física y de fluidos con diferentes aplicaciones: videojuegos (tiempo real), animación e ingeniería. Se estudian con más detalle los algoritmos de detección de colisiones, particiones espaciales, sistemas mecánicos o articulados y optimizaciones diversas. Se estudian diversas técnicas de implementación en CPU y/o GPU analizando casos de mercado como RealFlow, Bullet y PhysX. Se estudian también las características fundamentales y aplicaciones específicas de otros sistemas de simulación y modelos complejos, como son los sistemas 1-D y los sistemas emergentes basados en reglas locales y de intelig cell-automata). Se estudia el concepto de serious game y la interconexión de diferentes sistemas de simulación en un entorno de diseño para aplicaciones civiles, militares, médicas, industriales, utilizando como ejemplo el motor Cryengine o Unity.

## TEMARIO

TEMA 1: Introducción y Presentación del Programa (2h) – Presentación del profesor. – Motivación de la asignatura (porqué y para qué la simulación basada en físicas). – Historia de los VFX. – Cuándo usar VFX y cuándo rodar efectos reales. – Debate: física para videojuegos y para VFX, diferencias y similitudes. – Proyección de diferentes vídeos de ejemplo de físicas en videojuegos y en VFX. TEMA 2: Principios Básicos de la Simulación Física (2h) – Leyes de Newton y Ley de Hooke. – Dinámica de una partícula. – Método masa-muelle. – Método masa-muelle en telas. TEMA 3: Simulación de Sólidos Rígidos (2h) – Matrices de rotación y cuaterniones. – Dinámica de un sólido rígido. – Torque, momento angular y velocidad angular. – Centro de masas y tensor de inercia. TEMA 4: Detección y Resolución de Colisiones (2h) – Particiones espaciales. – Volúmenes envolventes. – Sweep and Prune. – Jerarquías de volúmenes envolventes.

– Fuerzas de penalty. – Impulsos. – Fricción de Coulomb. TEMA 5: Simulación por Restricciones (2h) – Restricciones y grados de libertad. – Restricciones débiles. – Restricciones fuertes: multiplicadores de Lagrange. – Dinámica basada en restricciones de posición (PBD). TEMA 6: Simulación de Fluidos (2h) – Simulación Euleriana vs Lagrangiana. – Ecuaciones de Euler y Navier Stokes. – Advección, viscosidad e incompresibilidad. – Diferencias finitas. – Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH). – Métodos híbridos Fluid Implicit Particle (FLIP). TEMA 7: Introducción a Houdini (1.5h) – Navegación por la interfaz. – Trabajando con contextos (SOP, POP, VOP...). – Nodos. – Procedural vs lineal. – Ejercicio: Creación de escalera/objeto

procedural. TEMA 10: Introducción al DOP Network (1h) – Qué es el contexto DOP. – Distintos solvers. – Ejemplos básicos. TEMA 11: Introducción a Partículas (2h) – Creación de una simulación de partículas básica. – Diferencia entre POP Solver y FLIP Solver. – Uso de Fuerzas para controlar simulaciones. – Colisiones en sistemas dinámicos – Ejercicio: Simulación abstracta de partículas. TEMA 12: Emisores avanzados (2h) – Creación de emisores de partículas avanzados. – Ejercicio: Simulación de disparos en el suelo. TEMA 13: Creación de un Digital Asset (HDA) (2h) – Proceso de creación de un Digital Asset. – Ejercicio: Creación de Digital Assets. TEMA 14: Simulación de Volúmenes(2h)

– Introducción a volúmenes. – La importancia de un buen emisor – Diferencias entre volúmenes y fields. – Simulación básica de volúmenes. – Introducción a los microsolvers – Ejercicio: Simulación de humo de incendio. TEMA 15: Simulación de RBD básicas(2h) – Preparación de un modelo para su fractura – Técnicas de fracturado. – Introducción a las constraints. – Simulación de RBD Básica. – Ejercicio: Rotura de pared. TEMA 16: Simulación de Vellum básicas(2h) – Que es y como funciona vellum – Introducción a las constraints. – Simulación de tela básica.

## ACTIVIDADES FORMATIVAS Y METODOLOGÍAS DOCENTES

### Actividades formativas

Actividad Formativa	Horas totales	Presencialidad
<i>Clases teóricas / Expositivas</i>	22,5	100
<i>Clases Prácticas</i>	7,5	100
<i>Tutorías</i>	7,50	100
<i>Estudio independiente y trabajo autónomo del alumno</i>	30	11
<i>Elaboración de trabajos (en grupo o individuales)</i>	7,5	0
<i>Actividades de Evaluación</i>	2	100
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>	

## DESARROLLO TEMPORAL

TEMA 1: Introducción y Presentación del Programa Febrero

TEMA 2: Principios Básicos de la Simulación Física Marzo

TEMA 3: Simulación de Sólidos Rígidos Marzo

TEMA 4: Detección y Resolución de Colisiones Marzo

TEMA 5: Simulación por Restricciones Marzo

TEMA 6: Simulación de Fluido Marzo

TEMA 7: Introducción a Houdini Marzo

TEMA 8: Introducción al DOP Network Marzo

TEMA 9: Introducción a Partículas Marzo

TEMA 10: Emisores Avanzados Marzo

TEMA 11: Creación de HDAs Marzo

TEMA 12: Simulación de volúmenes Marzo

TEMA 13: Simulación de RBDs Marzo

TEMA 14: Simulación de Vellum Básicas Marzo

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN	VALORACIÓN MÍNIMA RESPECTO A LA CALIFICACIÓN FINAL (%)	VALORACIÓN MÁXIMA RESPECTO A LA CALIFICACIÓN FINAL (%)
<i>Evaluación de la participación en clase, en prácticas o en proyectos de la asignatura</i>	10	20
<i>Evaluación de trabajos, proyectos, informes, memorias</i>	40	80
<i>Prueba Objetiva</i>	10	50

## CRITERIOS ESPECÍFICOS DE EVALUACIÓN

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN	CONVOCATORIA ORDINARIA	CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA
<i>Evaluación de la participación en clase, en prácticas o en proyectos de la asignatura</i>	10	10
<i>Evaluación de trabajos, proyectos, informes, memorias</i>	40	40
<i>Prueba Objetiva</i>	50	50

### Consideraciones generales acerca de la evaluación

Se valorará la participación en clase y la voluntariedad en los trabajos en grupo, suponiendo esta parte un 10% en la nota final.

- Las calificaciones de los trabajos realizados durante el curso (dentro y fuera del aula) supondrán el 40% de la nota final. Es necesario sacar un 5 en este apartado para aprobar la asignatura.
- La Prueba Objetiva Final supondrá el 50% de la nota. Consistirá en la creación de una escena en la que haya elementos de agua y simulaciones de tela, se valorará cada elemento por separado y la integración entre ellos, contando las dos simulaciones la mitad de la nota y, la otra mitad, la integración entre ellas (25% de la nota final).
- La prueba objetiva final se compondrá del proyecto a entregar, junto con un video donde el alumno explicará lo realizado. El alumno debe activar la webcam para el video. Adicionalmente, la prueba objetiva deberá defenderse ante el profesor.
- Aquellos alumnos que suspendan algún trabajo tendrán la posibilidad de repetirlo en la siguiente convocatoria.
- En la convocatoria extraordinaria se deberán entregar todos los trabajos realizados durante el curso.
- La asignatura COMPLETA estará suspensa si se descubre que un alumno ha copiado a otro (ambos estarán suspensos) o bien ha copiado de un libro o de Internet. Además, la universidad abrirá expedientes disciplinarios a ambos alumnos, pudiendo desembocar incluso en su expulsión.

Se valorará la participación en clase y la voluntariedad en los trabajos en grupo, suponiendo esta parte un 10% en la nota final.

- Las calificaciones de los trabajos realizados durante el curso (dentro y fuera del aula) supondrán el 40% de la nota final. Es necesario sacar un 5 en este apartado para aprobar la asignatura.
- La Prueba Objetiva Final supondrá el 50% de la nota. Consistirá en la creación de una escena en la que haya elementos de agua y simulaciones de tela, se valorará cada elemento por separado y la integración entre ellos, contando las dos simulaciones la mitad de la nota y, la otra mitad, la integración entre ellas (25% de la nota final).
- La prueba objetiva final se compondrá del proyecto a entregar, junto con un video donde el alumno explicará lo realizado. El alumno debe activar la webcam para el video. Adicionalmente, la prueba objetiva deberá defenderse ante el profesor.
- Aquellos alumnos que suspendan algún trabajo tendrán la posibilidad de repetirlo en la siguiente convocatoria.
- En la convocatoria extraordinaria se deberán entregar todos los trabajos realizados durante el curso.
- La asignatura COMPLETA estará suspensa si se descubre que un alumno ha copiado a otro (ambos estarán suspensos) o bien ha copiado de un libro o de Internet. Además, la universidad abrirá expedientes disciplinarios a ambos alumnos, pudiendo desembocar incluso en su expulsión.

### BIBLIOGRAFÍA / WEBGRAFÍA

#### Bibliografía básica

- Kenny Erleben. Stable, Robust, and Versatile Multibody Dynamics Animation.

PhD Thesis. University of Copenhagen, Denmark, 2004.

- A. Nealen et al. Physically Based Deformable Models in Computer Graphics.

Proceedings of EUROGRAPHICS, 2005.

- S. Hadap et al. Strands and Hair: Modeling, Simulation and Rendering. ACM SIGGRAPH Course Notes, 2007.

#### Bibliografía recomendada

- Brian Mirtich. Impulse-based Dynamic Simulation of Rigid Body Systems. PhD Thesis. University of California, Berkeley, December, 1996.

- E. Guendelman, R. Bridson, R. Fedkiw. Nonconvex rigid bodies with stacking. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH), vol 22, No. 3, 2003.

- K. Ward. A survey on hair modeling: Styling, simulation, and rendering. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2007.

- M. Müller et al. Fast Simulation of Inextensible Hair and Fur. VRIPHYS, 2012.

## **MATERIALES, SOFTWARE Y HERRAMIENTAS NECESARIAS**

### **Tipología del aula**

Aula de nuevo modelo tecnológico

### **Materiales:**

Materiales del aula:

- Equipo de proyección y pizarra.

- Internet.

Material del alumno:

- Ordenador personal moderno para cada alumno.

### **Software:**

- Microsoft Visual Studio C++

- SideFX Houdini