

PROGRAMA DE CURSO

PROCESAMIENTO GEOMETRICO Y ANALISIS DE FORMAS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ciencias de la Computación					
Nombre del curso	Procesamiento geométrico y análisis de formas	Código	CC5513	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Geometry Processing and Shape Analysis</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo	X	
Requisitos	CC4102 Diseño y Análisis de Algoritmos CC3501 Modelación y Computación Gráfica para Ingenieros					

B. Propósito del curso:

El propósito del curso *Procesamiento Geométrico y Análisis de Formas* es introducir a los y las estudiantes en el estudio de algoritmos que procesan y analizan información 3D. Existen muchas aplicaciones que hacen uso de datos 3D, por ejemplo, diseño asistido por computador (CAD), entretenimiento (películas y videojuegos), medicina (tomografías y resonancia magnética), en donde es cada vez más importante contar con algoritmos eficientes para manipular estos datos. Los métodos típicos involucran la adquisición de datos 3D, la reconstrucción de escenas desde dispositivos, la mejora de la calidad de los datos y la extracción de conocimiento desde representaciones geométricas. Al término del curso se espera que los y las estudiantes comprendan e implementen las estructuras de datos y algoritmos para procesar y analizar datos 3D, además de conocer técnicas recientes en este campo de estudio.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Analizar problemas computacionales, construir modelos, expresándolos en representaciones y lenguajes formales adecuados.

CE2: Analizar, diseñar y/o adoptar, algoritmos y estructuras de datos que cumplan con las garantías requeridas de correctitud y eficiencia.

CE5: Concebir, diseñar y construir soluciones de software, siguiendo un proceso sistemático y cuantificable, acorde a los fundamentos, eligiendo el paradigma y las técnicas más adecuadas.

CE6: Desarrollar software en una amplia variedad de plataformas y lenguajes de programación.

CG1: Comunicación académica y profesional:

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés:

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos y abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Analiza problemas en aplicaciones de datos 3D y toma decisiones sobre las alternativas de solución para resolver esos problemas.
CE2, CE5, CE6	RA2: Adopta librerías para manipular información geométrica y facilitar la implementación de soluciones más avanzadas, garantizando integridad de la solución.
CE2	RA3: Mejora la calidad de datos 3D para solucionar problemas reales en aplicaciones como herencia cultural, fotogrametría y reconstrucción de escenas 3D.
CE5	RA4: Construye software que contienen implementaciones de algoritmos de procesamiento e interfaces gráficas para visualizar los resultados.
CE1, CE6	RA5: Analiza la aplicabilidad de algoritmos de análisis de formas en distintos escenarios de aplicación, y propone variaciones de los algoritmos, garantizando su efectividad.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA6: Elabora reportes sobre el funcionamiento de los algoritmos, especificando concretamente las entradas y salidas deseadas, y utilizando correctamente el lenguaje propio del área de estudio.
CG2	RA7: Lee y presenta en detalle artículos académicos sobre métodos del estado del arte en procesamiento geométrico y análisis de formas.

D. Unidades temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA4	Introducción al procesamiento geométrico y análisis de formas	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Datos 3D, representación y aplicaciones. 1.2. Introducción a las técnicas básicas de manipulación de datos 3D. 1.3. Casos de estudio: software de modelamiento, animación de personajes y fabricación digital. 1.4. Implementación de visualizador de datos 3D. 1.5. Representaciones de datos 3D: volumétricas, nubes de puntos, mallas geométricas. 1.6. Estructuras de datos para representaciones. 1.7. Casos de estudio: OpenVDB, OpenMesh.		La/el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Maneja conceptos relacionados a datos 3D y relaciona estos conceptos con el funcionamiento de aplicaciones de su entorno. Identifica los diferentes tipos de datos 3D existentes y valora la pertinencia de usar un tipo de dato en aplicaciones específicas. Introduce con facilidad cambios en un programa de visualización de datos 3D. Describe, de manera concisa, las ventajas y desventajas de cada representación en diferentes escenarios de aplicación como: animaciones y efectos especiales 3D, captura de escenas 3D y modelamiento geométrico. Analiza la complejidad computacional de los algoritmos de acceso de información 3D en cada representación. Compara, a través de la lectura de textos académicos, las representaciones estudiadas con representaciones más avanzadas como representación de tetraedros y representaciones implícitas. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulos 1 y 2 [2] Capítulo 4 [3] Capítulo 6	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA7	Geometría diferencial	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Geometría de curvas. 3.2. Geometría de superficies. 3.3. Espacios tangentes. 3.4. Curvaturas media y Gaussiana. 3.5. Análisis diferencial.		La/el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Describe e interpreta los conceptos de geometría diferencial, utilizando un lenguaje formal y objetivo. Reconoce la relación que existe entre los conceptos abstractos de geometría y las representaciones computacionales de datos 3D. 	

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Identifica la relación entre curvatura Gaussiana y características de mallas poligonales tales como: genus, topología, manifoldness. 4. Utiliza librerías de cálculo diferencial discreto para visualizar curvaturas en objetos 3D. 5. Comparte con sus pares sus hallazgos al implementar algoritmos de geometría diferencial en datos 3D.
Bibliografía de la unidad	[1] Capítulo 3

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA4, RA6, RA7	Procesamiento geométrico	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> 4.1. Reconstrucción de superficies: funciones de distancia con signo, funciones implícitas, reconstrucción de Poisson, algoritmo marching cubes. 4.2. Registro 3D: punto más cercano iterativo (ICP), sparse ICP. 4.3. Simplificación de mallas: operación de colapso de arista, quadric error. 4.4. Remeshing de mallas: distribución uniforme y adaptativa de aristas, parametrización y remeshing local. 4.5. Suavizamiento y deformación: suavizamiento Laplaciano, perfeccionamiento de superficies, edición Laplaciana de superficies. 		<p>La/el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investiga aplicaciones en donde se utilizan algoritmos de procesamiento geométrico y las reporta a través de un manuscrito técnico. 2. Aplica métodos de reconstrucción de superficies para reconstruir objetos escaneados en 3D. 3. Implementa eficientemente métodos de procesamiento geométrico, usando estructuras de datos eficientes. 4. Construye un software para modelar objetos 3D con deformaciones. 5. Elabora un reporte sobre el funcionamiento de sus algoritmos implementados, especificando garantías de funcionamiento e identificando potenciales mejoras. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulos 4, 6, 7 y 9 [2] Capítulo 6 [3] Capítulo 8	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA4, RA5, RA6, RA7	Análisis de formas	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	

<p>5.1. Operador Laplaciano: Laplaciano de grafos, operador Laplace-Beltrami.</p> <p>5.2. Teoría de difusión de calor: ecuación de calor, kernel de calor, solución de matriz exponencial, relación con la descomposición propia del Laplaciano.</p> <p>5.3. Descriptores espectrales: heat kernel signatures, wave kernel signatures, descriptores simétricos.</p> <p>5.4. Distancias de difusión: distancia Coifman, distancia de tiempo conmutado, distancia biarmónica.</p> <p>5.5. Mapas funcionales: preservación de descriptores, conmutatividad de Laplaciano, implementación.</p>	<p>La/el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica la importancia del operador Laplaciano para describir fenómenos intrínsecos en datos 3D. 2. Describe la relación entre el operador Laplaciano de un objeto 3D y los conceptos de geometría diferencial de superficies. 3. Analiza el comportamiento de descriptores locales en superficies 3D bajo diferentes tipos de geometría y reporta su experiencia en un manuscrito técnico. 4. Discute con sus pares las ventajas y desventajas de las distintas distancias de difusión, especificando su robustez a malformaciones en las superficies. 5. Implementa algoritmos de correspondencias y transferencia de texturas usando el método de mapas funcionales.
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[2] Capítulos 5 y 7 [3] Capítulos 7, 9 y 11 [4] Capítulos 3 y 4</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA6, RA7	Aplicaciones	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>6.1. Técnicas de recuperación por contenido de objetos 3D: descriptores locales y Bag of Features.</p> <p>6.2. Correspondencias: enfoques jerárquicos.</p> <p>6.3. Análisis de simetrías.</p>		<p>La/el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lee y resume textos académicos en donde se presentan métodos del estado del arte en recuperación de formas 3D y algoritmos de correspondencias. 2. Implementa un algoritmo de análisis de simetrías usando conceptos de difusión de calor y aplica su implementación en un problema de reconstrucción 3D. 3. Analiza la complejidad de los algoritmos de correspondencias en objetos con deformaciones no rígidas. 	
Bibliografía de la unidad		[3] Capítulos 12, 13 y 14	

E. Estrategias de enseñanza:

El curso considera diversas estrategias de enseñanza - aprendizaje:

- **Clases expositivas:** se presentan en detalle los conceptos fundamentales de cada unidad. Los estudiantes resuelven pequeños problemas de implementación que permitan interiorizar los conceptos teóricos.
- **Uso de demos:** se utilizan herramientas tales como Polyscope (<https://polyscope.run/py/>) o LibIGL (<https://libigl.github.io/>), que facilitan el Desarrollo y despliegue de aplicaciones para el área de estudio del curso.
- **Trabajo de proyecto:** se trabaja en un proyecto que resuelva un problema de complejidad intermedia. Se realizan 3 entregas que permitirán medir el grado de avance en el curso y el manejo de los conceptos en la práctica.

En las clases auxiliares los estudiantes trabajan con demos de los algoritmos vistos en clase y se resuelven problemas de análisis e implementación de variaciones de algoritmos de procesamiento geométrico y análisis de formas.

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

El curso considera distintas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
Tareas	Con estas actividades se evalúan: Familiarización con datos 3D. Evalúa los RA1, RA2. Algoritmos de procesamiento geométrico. Evalúan los RA2, RA3, RA4 Algoritmos de análisis de formas. Evalúa los RA2, RA5.
Presentaciones de artículos del estado del arte.	La/el estudiante lee artículos del estado del arte en el área y lo presenta ante la clase. Se evalúan los RA1, RA6, RA7.
Un proyecto dividido en 2-3 iteraciones	- Informes. Se evalúa: RA6, RA7. - Análisis del problema. Se evalúa: RA1, RA6, RA7. - Diseño de solución. Se evalúa: RA2, RA3, RA4, RA5. - Implementación de algoritmos e interfaces gráficas. Se evalúa: RA1, RA2, RA3, RA4, RA5.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Polygon Mesh Processing, M. Botsch and L. Kobbelt and M. Pauly and P. Alliez and B. Levy. CRC Press Taylor & Francis Group. 2010.
- [2] 3D Imaging, Analysis and Applications (First edition). Y.Liu and N. Pears and P. Rosin and P. Huber. Springer. 2012.
- [3] 3D Imaging, Analysis and Applications (Second edition). Y.Liu and N. Pears and P. Rosin and P. Huber. Springer. 2020.
- [4] Processing, Analyzing and Learning of Images, Shapes and Forms, R. Kimmel and X. Tai. Elsevier. 2018.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa del curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Ivan Sipiran
Validado por:	Revisión académico par: Benjamin Bustos Validación CTD de Computación
Revisado por:	Área de Gestión Curricular