

# Retos de Renderizado en Gemelos Digitales

Alberto Esteban

alesteba@unirioja.es

Dpto. de Matemáticas y Computación, Universidad de La Rioja

**Palabras clave:** computer graphics, simulation, computational geometry, computer aided design, digital twin

Implantar un nuevo proceso industrial es una tarea compleja en la que un gemelo digital permite crear diferentes entornos virtuales sobre los que trabajar en paralelo. El propósito de este gemelo digital es la simulación precisa del movimiento de un brazo robótico junto con el comportamiento de cables flexibles que conectan sus diferentes partes mecánicas. Esta simulación de los nuevos procesos, evita realizar las primeras pruebas en la planta de manufactura.

El trabajo principal consiste en la búsqueda de diferentes modelos de curvas de interpolación, que a través de la definición de unos valores de control, aproximan las propiedades cinéticas de los cables durante el movimiento articulado del brazo robótico. Como requisito principal, debemos cumplir que todo el proceso de simulación responda en tiempo real. Por ello, la generación procedural de la malla del cable, soporta diferentes niveles de detalle acordes a la discretización concreta del modelo elegido.

Una vez superada una primera fase de implementación, presentamos los modelos seleccionados junto con métricas que permiten evaluar su comportamiento. Justificamos que la parametrización que afecta a la geometría resultante de los modelos proviene de la búsqueda del espacio de parámetros correspondiente bajo el análisis de las propiedades flexibles en materiales anisotrópicos. Para encontrar estos espacios, capturamos datos de la geometría del cable en relación con las transformaciones angulares producidas en el robot. Los escenarios planteados en la captura hacen uso de técnicas de cinemática inversa para conseguir el movimiento articulado del brazo únicamente a través de la posición de su extremo operativo.

La simulación descrita es posible gracias al framework subyacente de un motor de renderizado. En la arquitectura de un motor basado en OpenGL,

---

Trabajo en colaboración con el Centro Tecnológico Vicomtech, Departamento de Industria y Fabricación Avanzada.

el lenguaje embebido GLSL, OpenGL Shading Language, acelerar las operaciones más comunes mediante la tarjeta gráfica del dispositivo. Por último, exponemos el pipeline de renderizado con los pasos que tienen lugar en la rasterización de la geometría del cable y remarcamos los diferentes tipos de shaders presentando ejemplos concretos sobre la malla que se proyecta en pantalla.