

Índice de Contenido

Introducción	IX
1. Simuladores virtuales quirúrgicos	1
1.1. Medicina y Ambientes virtuales	2
1.2. Simuladores quirúrgicos	3
1.2.1. Simulador de cirugías de mínima invasión: <i>proMIS</i>	3
1.2.2. Simulador quirúrgico para procedimientos de laparoscopia esofágica	4
1.2.3. Simulador quirúrgico para histeroscopia	6
1.2.4. Simulador para procedimientos de endourología de Simbionics .	7
1.2.5. Simulador RTUP del CCADET	8
1.3. Simulación de partículas en ambientes virtuales	9
1.3.1. Sistemas de partículas	10
1.3.2. Importancia de la simulación de partículas físicas en los ambientes virtuales	10
1.3.3. Simulación de partículas y el ambiente gráfico RTUP del CCADET	14
2. Dinámica de fluidos: Fundamentos	15
2.1. Antecedentes y definiciones	16
2.2. Flujo laminar	18
2.3. Flujo turbulento	18
2.4. Compresibilidad	19
2.5. Principio de Arquímedes	19
2.6. Modelos que describen la dinámica de fluidos	20

ÍNDICE DE CONTENIDO

2.6.1. Ecuaciones de Navier - Stokes	20
2.6.2. Ley de Stokes	24
2.6.3. Ecuación de Euler para el movimiento de los fluidos	25
3. Integración de partículas a un sistema de cirugía de próstata	26
3.1. Movimiento de una partícula en un fluido	26
3.2. Integrador de Euler	30
3.3. Visualización de las partículas	32
3.4. Adaptación de las partículas al simulador RTUP	34
3.4.1. Estructura de las partículas	35
3.4.2. Estructura del programa	37
3.5. Simulación de burbujas	42
3.6. Simulación de sangre	43
3.7. Simulación de tejido	43
4. Experimentos y resultados	45
4.1. Experimentos de visualización	45
4.2. Pruebas de rendimiento	49
5. Conclusiones y trabajo a futuro	55
5.1. Conclusiones	55
5.2. Trabajo a futuro	56
A. Ecuaciones de Navier - Stokes en diferentes sistemas coordenados	57
B. Ecuaciones Euler en diferentes sistemas coordenados	59
Bibliografía	61

Índice de figuras

1.1. Ambientes Virtuales	2
1.2. Funcionamiento del simulador proMIS	4
1.3. Vista de las cámaras de rastreo	4
1.4. Laparoscopia esofágica	5
1.5. Simulación de corte en la parte baja del esófago	5
1.6. Representación del conjunto de datos de <i>Visible Female</i>	6
1.7. Simulador de endourología de <i>Simbionics</i>	7
1.8. Biblioteca de patologías del <i>URO Mentor</i>	8
1.9. Escaneo por ultrasonido de la próstata	9
1.10. Resectoscopio, interfaz mecatrónica.	9
1.11. Control de un personaje con un fluido	12
1.12. Pruebas de control de un fluido	12
1.13. Ejemplo de simulación de agua hirviendo	13
1.14. Generación de burbujas alrededor de un objeto	14
2.1. Régimen laminar de un fluido viscoso	17
2.2. Descripción del flujo laminar	18
2.3. Flujo turbulento con diferentes ángulos de ataque	18
2.4. Principio de Arquímedes	20
2.5. Movimiento de una partícula en un campo de flujo	21
2.6. Elemento diferencial de un fluido	22
3.1. Movimiento vertical de una esfera en un fluido	27

ÍNDICE DE FIGURAS

3.2. Flujo a lo largo de un tubo	29
3.3. Caso Particular de la ecuación de Bernoulli	30
3.4. Método de Euler	31
3.5. Vista superior de dos técnicas de alineamiento de billboard	33
3.6. Nubes generadas con planos	33
3.7. Estructura general del bloque de ejecución del programa del simulador	34
3.8. Estructura general del bloque de ejecución del programa del simulador con el módulo de partículas.	36
3.9. Estructura de una partícula.	36
3.10. Estructura general del programa para partículas.	37
3.11. Diagrama del submódulo de procesamiento de partículas.	41
3.12. Textura de las burbujas.	42
3.13. Movimiento del plano texturizado.	42
3.14. Movimiento del plano texturizado.	43
3.15. Modelo del tejido desprendido.	43
4.1. Prueba del movimiento ascendente de la partícula.	45
4.2. Prueba del movimiento en el plano XY	46
4.3. Versión final de la visualización de las burbujas	47
4.4. Texturas de prueba para sangrado.	47
4.5. Prueba de sangrado con planos texturizados.	48
4.6. Versión final de la visualización del sangrado.	48
4.7. Versión final de la visualización del tejido implementada en el simulador.	49
4.8. Gráfica de rendimiento de Partículas contra Memoria para burbujas . .	50
4.9. Gráfica de rendimiento de Partículas contra Cuadros por segundo para burbujas	51
4.10. Gráfico de rendimiento de Partículas contra Memoria para sangrado . .	52
4.11. Gráfico de rendimiento de Partículas contra Cuadros por segundo para sangrado	52
4.12. Gráfica de rendimiento de Partículas contra Memoria para sangrado y burbujas	53

ÍNDICE DE FIGURAS

4.13. Gráfica de rendimiento de Partículas contra Cuadros por segundo para sangrado y burbujas	54
---	----

Índice de tablas

1.1. Ciclo de vida de una partícula	11
2.1. Valores de densidad para diferentes sustancias	16
4.1. Texturas para burbujas.	46
4.2. Pruebas de texturas para burbujas.	50
4.3. Pruebas de texturas para sangre.	51
4.4. Pruebas de texturas para burbujas y sangre.	53
A.1. Ecuaciones de Navier - Stokes en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas	58
B.1. Ecuaciones Euler en coordenadas cartesianas cilíndricas y esféricas	60