



## PROPUESTA PARA PROYECTO DE GRADO

### TÍTULO

Ane-stent

### MODALIDAD

Investigación

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad técnica, de una aproximación para implementar una simulación física, en un segmento de vaso sanguíneo. La simulación, inmersa en el contexto de una cirugía de postura de stent; la aproximación, implementada usando “Bullet Physics”.

### ESTUDIANTE(S)

#### Stephanie Domínguez Andrade

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
cc. 1032474054	316 538 9615	6482703	<a href="mailto:s.dominguez@javeriana.edu.co">s.dominguez@javeriana.edu.co</a>

#### Juan Sebastián Espinosa Torres

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
cc. 1020811392	310 866 9179	4748609	<a href="mailto:espinosa_j@javeriana.edu.co">espinosa_j@javeriana.edu.co</a>

#### Jose Antonio Quintero Gómez

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
cc. 1019116109	300 502 0538	5338876	<a href="mailto:j.quinterog@javeriana.edu.co">j.quinterog@javeriana.edu.co</a>

#### David Alonso Villamizar Lizcano

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
cc. 1032476549	301 627 1740	3016271740	<a href="mailto:villamizar.david@javeriana.edu.co">villamizar.david@javeriana.edu.co</a>

### DIRECTOR

#### Ing. Leonardo Florez Valencia

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano	Empresa donde trabaja y cargo
cc. 18615040	314 893 2219	3208320 ext 5317	<a href="mailto:florez-l@javeriana.edu.co">florez-l@javeriana.edu.co</a>	Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Sistemas

## Contenido

<b>VISIÓN GLOBAL .....</b>	<b>3</b>
ANTECEDENTES, PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA .....	3
<i>Descripción de la problemática u oportunidad .....</i>	3
<i>Formulación del problema .....</i>	3
<i>Propuesta de solución .....</i>	3
<i>Justificación de la solución .....</i>	3
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	4
<i>Objetivo general .....</i>	4
<i>Objetivos Específicos .....</i>	4
ENTREGABLES, ESTÁNDARES UTILIZADOS Y JUSTIFICACIÓN .....	4
<b>ANÁLISIS DE IMPACTO.....</b>	<b>7</b>
<b>PROCESO.....</b>	<b>8</b>
FASE METODOLÓGICA 1: COMIENZO .....	8
<i>Método.....</i>	8
<i>Actividades .....</i>	8
<i>Resultados esperados .....</i>	8
FASE METODOLÓGICA 2: ELABORACIÓN .....	8
<i>Método.....</i>	8
<i>Actividades .....</i>	8
<i>Resultados esperados .....</i>	9
FASE METODOLÓGICA 3: CONSTRUCCIÓN .....	9
<i>Método.....</i>	9
<i>Actividades .....</i>	9
<i>Resultados esperados .....</i>	9
FASE METODOLÓGICA 4: TRANSICIÓN.....	9
<i>Método.....</i>	10
<i>Actividades .....</i>	10
<i>Resultados esperados .....</i>	10
<b>ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....</b>	<b>11</b>
COMPROMISO DE APOYO DE LA INSTITUCIÓN.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
DERECHOS PATRIMONIALES.....	11
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS RELEVANTES PARA EL PROYECTO. ....	12
TRABAJOS IMPORTANTES EN EL ÁREA .....	12
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>



## Visión global

### Antecedentes, problema y solución propuesta

#### Descripción de la problemática u oportunidad

Según Courbebaisse *et al.* “Gracias a avances en tecnología, mejoras en visualización y un mercado creciente para dispositivos mínimamente invasivos, actualmente los practicantes de medicina tienen un conjunto de opciones de tratamiento más amplio para tomar una decisión objetiva adaptada de manera cercana a las condiciones específicas del paciente. Sin embargo, hay muchas preguntas sobre la influencia de estos dispositivos en el proceso de curación de aneurismas que permanecen abiertas, requiriendo un mejor y más profundo estudio de estos métodos, combinando aproximaciones numéricas y virtuales con datos específicos de cada paciente.” (Courbebaisse, 2014)

#### Formulación del problema

El trabajo de grado está inspirado en el proyecto que se ha llevado a cabo por Courbebaisse *et al.* El proyecto que se propone tiene como fin dar continuación a éste, agregando grosor a las paredes de los vasos sanguíneos y el stent como un objeto sólido y no una malla solamente.

#### Propuesta de solución

Se propone investigar acerca de la aplicabilidad de la tecnología de simulación física “Bullet Physics” en el contexto del proceso de postura de un stent en los vasos sanguíneos.

Dicha simulación, debería mostrar la deformación de un segmento de vaso sanguíneo (e.g. segmentos venas y arterias) y los cambios del flujo sanguíneos causados por la colocación del stent.

#### Justificación de la solución

Se espera que el resultado de este proyecto pueda ser aplicado en los vasos sanguíneos con aneurismas para aumentar el conocimiento en el proceso de tratamiento de aneurismas. Así mismo, se puede entrenar a los médicos en proceso de aprendizaje para la realización de la cirugía de postura de stent.

La herramienta “Bullet Physics” brinda una oportunidad de investigación para la representación de la colocación de un stent en un vaso sanguíneo con aneurisma, aumentar para el conocimiento en esta área de la medicina y la computación gráfica. Así mismo, se puede entrenar a médico en proceso de aprendizaje para la realización de la cirugía.

## Descripción general del proyecto

### Objetivo general

Evaluar la factibilidad de implementar una simulación de la física de un segmento de vaso sanguíneo, usando “Bullet Physics”, en el contexto de una cirugía de postura de stent.

### Objetivos Específicos

1. Definir una arquitectura basada en “Bullet Physics”.
2. Elaborar una prueba de concepto de una simulación física de un aneurisma con stent usando “Bullet Physics”.
3. Definir un criterio y usarlo para evaluar la factibilidad de la implementación de la prueba de concepto de la simulación, usando métricas calculadas a partir de mediciones obtenidas durante el desarrollo.
4. Elaborar un informe del proyecto en el que se detallan los problemas y soluciones según lo especificado en el la plantilla generada por el grupo.

### Entregables, estándares utilizados y justificación

- Poster
- SPMP
  - Estándares
    - 16326-2009 - ISO/IEC/IEEE Systems and Software Engineering--Life Cycle Processes--Project Management
    - Software Metrics and Software Metrology
  - Justificación
    - Se eligió este estándar en su versión de 2009 ya que es la más reciente con el fin de tomar los elementos a manera de plantilla que puedan adaptarse al desarrollo de este proyecto, también, tomando como referencia el SEBOK, se tiene que éste es el estándar que ahí se utiliza.
- SRS
  - Estándares
    - 1016-2009 - IEEE Standard for Information Technology--Systems Design--Software Design Descriptions
    - 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications
  - Justificación
    - Se escogió el estándar del 2009 ya que especifica el contenido que deben tener las secciones del mismo, como

plantilla se usará el del 1998 ya que a pesar de estar obsoleto, especifica una plantilla.

- SDD
  - Estándares
    - 29119-5-2016 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Software and systems engineering -- Software testing. Partes 1-5
  - Justificación
    - Se escogió este estándar a que los otros estándares encontrados eran obsoletos y anunciaban que habían sido actualizados al que se va a usar.
- Documentación de pruebas
  - Estándares
    - 29119-5-2016 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Software and systems engineering -- Software testing. Partes 1-5
  - Justificación
    - El estándar fue escogido atendiendo la recomendación del profesor de la asignatura.
- Código fuente
  - Estándares
    - Google Style Guides
  - Justificación
    - Google Style Guides provee una serie de parámetros y lineamientos que permiten organizar y el código para tener un control de la complejidad de éste, para así poseer un código legible, ordenado. Google Style Guides está disponible para múltiples lenguajes de programación que incluyen: C++, Java, Python, JavaScript, entre otros.
- Post-mortem proyecto
  - Estándares
    - A defined process for project post mortem review
  - Justificación
    - Se escoge como guía para la creación de postmostem.
- Manual de uso, instalación y configuración.
  - Estándares

- 26514-2010 - IEEE Standard for Adoption of ISO/IEC 26514:2008 Systems and Software Engineering-- Requirements for Designers and Developers of User Documentation
- Justificación
  - Se escoge con el fin de poder diseñar el contenido del manual de usuario. En primera instancia se optó por el estándar de la ISO, pero por accesibilidad al mismo, se escoge el estándar de la IEEE, ya que por medio de la plataforma de biblos de la universidad Javeriana, se puede acceder al mismo.
- Memoria de trabajo de grado

## Análisis de impacto

En el corto plazo, el proyecto ofrece un aporte al estado del arte, brindando una evaluación en la factibilidad del uso de “Bullet physics” como tecnología para construir simulaciones de vasos sanguíneos y postura de *stents* en estos. A partir de lo planteado e implementado en este proceso investigativo, en el largo plazo, próximos proyectos investigando el área de computación gráfica apoyando a la bioingeniería, tendrán una base para expandir esta investigación. Finalmente, en el largo plazo, se espera que se pueda utilizar el conjunto de herramientas construidas a partir de los diferentes proyectos para que se implemente una aplicación la cual, pueda emplearse en el entrenamiento de médicos para el tratamiento de aneurismas mediante la postura de *stent*.



## Proceso

### Fase metodológica 1: Comienzo

La primera fase metodológica se conoce como comienzo, en esta fase, se define la propuesta del proyecto, su alcance y los parámetros con los cuales el equipo planea desarrollar las siguientes fases del proyecto.

#### Método

Dentro del marco de "Agile UP", ésta es la fase donde se establece el alcance del proyecto, el calendario, los riesgos y la factibilidad del proyecto.

#### Actividades

1. Definición de la propuesta del proyecto final.
2. Calendarización del proyecto.
3. Definición de riesgos.
4. Elaboración del plan de proyecto.
5. Cierre de iteración.

#### Resultados esperados

Al terminar la primera fase, el grupo debe entregar la propuesta del proyecto final y su respectivo plan de desarrollo para ser validados por el director de tesis con el objetivo de comenzar la fase de elaboración.

### Fase metodológica 2: Elaboración

La segunda fase metodológica es la de elaboración, en esta fase, se construye el conjunto de documentos que definen los requerimientos junto con la revisión y planteamiento de la versión final de la propuesta del proyecto.

#### Método

Esta etapa, siendo una continuación directa de la fase de comienzo, continua basada dentro del marco de "Agile UP", acá se construye una serie de entregables finales que definen la propuesta final del proyecto, su especificación de requerimientos y la planeación de este.

#### Actividades

1. Especificación de requerimientos.
2. Crear SRS.
3. Descripción del diseño.
4. Documento de control de calidad.
5. Entrega definitiva.
6. Versión final de propuesta.
7. Plan de Proyecto

8. SRS
9. Cierre de iteración de planeación.

### **Resultados esperados**

Al terminar la segunda fase, el equipo debe entregar un conjunto de documentos (propuesta, planeación y especificación de requerimientos), previamente validados por el director de tesis con el fin de continuar con la fase de construcción.

### **Fase metodológica 3: Construcción**

La tercera fase metodológica corresponde con construcción, en esta fase se implementa el prototipo junto con la respectiva documentación del código fuente producto del desarrollo.

### **Método**

Utilizando la metodología “Scrum”, se plantea el uso de “sprints” semanales con el fin de llevar un control del progreso en cada etapa, adicionalmente, el proceso de desarrollo se apoya en las metodologías ágiles de mob programming y extreme programming con el fin de implementar código fuente funcional robusto.

### **Actividades**

1. Planificación del sprint.
2. Seguir el sprint código.
3. Plantear pruebas.
4. Ejecutar pruebas.
5. Revisar sprint.
6. Retrospectiva del sprint.
7. Almacenar.
8. Cierre de iteración.

### **Resultados esperados**

Al finalizar esta fase, se espera entregar un prototipo funcional que permita dar inicio a la etapa de transición en la cual se validará el prototipo y se documentará la evidencia del proceso de investigación.

### **Fase metodológica 4: Transición**

La cuarta fase metodológica es la de transición, en esta fase, se realizan pruebas de prototipo, se elaboran los documentos finales que definen la entrega del prototipo y se elabora un informe con los resultados del proceso investigativo.

**Método**

En esta etapa, siendo la última de la metodología de “Agile UP”, se construye una serie de entregables finales que definen la documentación de resultados, incluidas pruebas, la construcción de manuales y la entrega final del producto.

**Actividades**

1. Pruebas de prototipo.
2. Documentación de resultados
3. Construcción de manuales
4. Entrega de proyecto.

**Resultados esperados**

Como resultado del proceso investigativo, se espera entregar el conjunto de documentos que evidencien los resultados del proceso de desarrollo, explicados en los objetivos específicos, y así mismo, entregar un prototipo funcional.

## Aspectos generales del proyecto

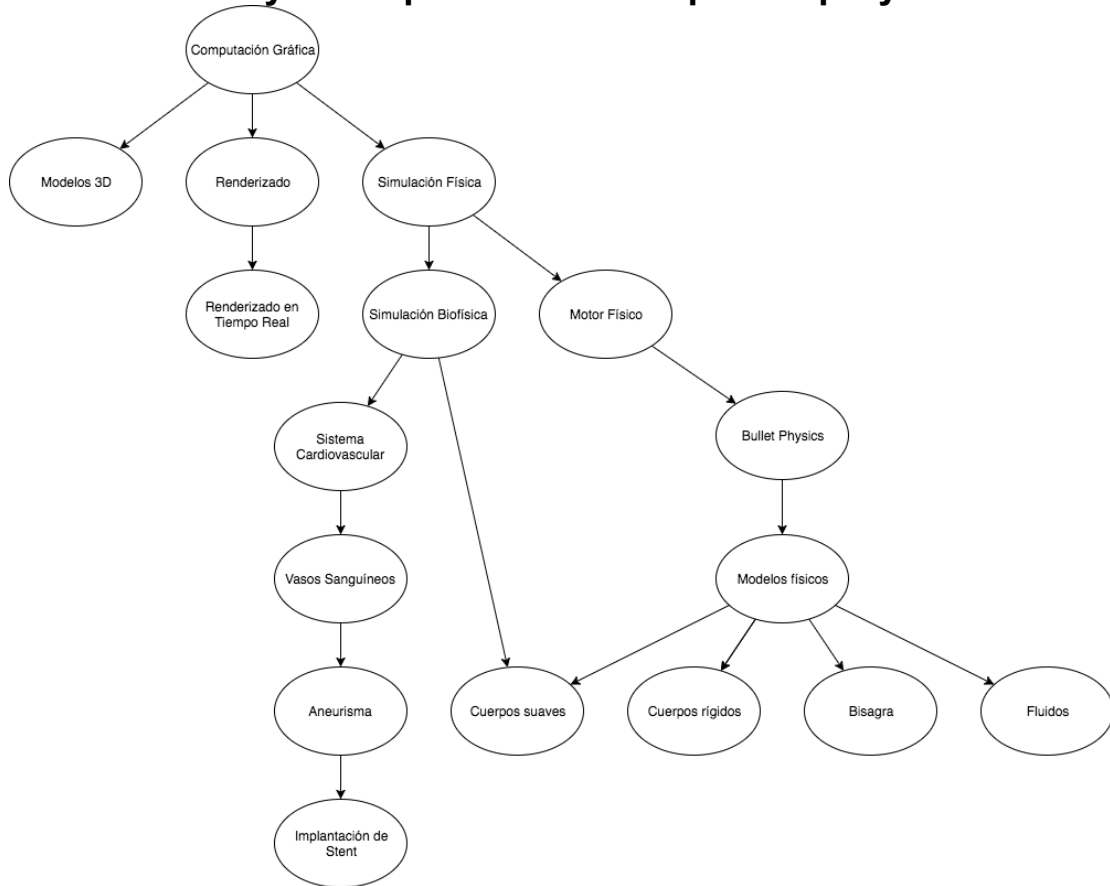
### Derechos patrimoniales

En primer lugar, los documentos derivados del proceso de desarrollo de este proyecto estarán bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Con esta licencia, se da la libertad de compartir y adaptar el material en cualquier medio o formato bajo la condición de atribuir el crédito adecuado, no usarse para fines comerciales y redistribución bajo la misma licencia. (Creative Commons, 2014)

Por otro lado, el código fuente y posibles prototipos desarrollados en la etapa de implementación, estarán sujetos a la licencia zlib, la cual permite permiso a cualquiera de usar y redistribuir el software para cualquier fin, incluyendo fines comerciales, con la condición de atribuir el crédito apropiado a los autores originales de este, marcando las versiones editadas apropiadamente sin que se hagan pasar por el software original y sin alterar estos avisos en ninguna redistribución. (zLib, 2017)

## Marco teórico

### Fundamentos y conceptos relevantes para el proyecto



#### 1. Computación Gráfica

La computación gráfica es un sub-campo de las ciencias de la computación que estudia métodos para sintetizar digitalmente y manipular contenido visual. Incluye el estudio de gráficos en dos y tres dimensiones y procesamiento de imágenes.

#### 2. Modelos 3D

Los modelos 3D son representaciones digitales en tres dimensiones de objetos del mundo real. Son insumos en procesos de renderizado y de simulación física.

#### 3. Renderizado

El renderizado es el proceso de producir una imagen en dos dimensiones a partir de una descripción de escena en tres dimensiones descrita mediante modelos.

#### 4. Simulación Física

Una simulación física es un conjunto de ecuaciones diferenciales que describen la evolución de variables (geométricas y de fuerzas) en el tiempo. (myPhysicsLab, 2009)

En el contexto de este proyecto, un computador lleva a cabo este cambio en las variables para procesar los resultados y presentarlos como salida del modelo.

#### **5. Sistema Cardiovascular**

El sistema cardiovascular es el sistema que tiene como función el distribuir los nutrientes, oxígeno a las células, nutrientes y distribuir hormonas. La sangre es un fluido que consiste en plasma, glóbulos rojos, glóbulos blanco y plaquetas que circulan por el corazón a través del sistema, el sistema cardiovascular se divide en dos componentes, circulación sistémica y circulación pulmonar.

El sistema transporta a todas las partes del cuerpo, este proceso de flujo sanguíneo dentro del cuerpo se llama circulación. Las arterias transportan la sangre rica en oxígeno lejos del corazón y por el contrario las venas transportan la sangre pobre en oxígeno.

#### **6. Vaso sanguíneo**

Los vasos sanguíneos forman parte del sistema circulatorio y cumplen la función de transportar la sangre a todo el cuerpo. Estos corresponden a arterias y venas. La estructura es la misma para ambas, el revestimiento interno es el endotelio y está rodeado de tejido conectivo. Alrededor de esto hay una capa de músculo liso vascular, que está altamente desarrollado en las arterias. Finalmente, hay una capa de tejido conectivo conocida como la adventicia, que contiene los nervios que suministran la capa muscular, así como también los capilares nutrientes en los vasos sanguíneos más grande. (Science Daily, 2006)

#### **7. Aneurisma**

Un aneurisma es un abultamiento anormalmente grande que ocurre cuando la pared de un vaso sanguíneo se debilita. Este puede romperse causando una hemorragia interna y puede aparecer en cualquier parte del cuerpo.

Las causas pueden variar desde herencia, el endurecimiento de las arterias (aterosclerosis) o por envejecimiento. (American Heart Association, 2016)

#### **8. Dinámica de cuerpos suaves**

La dinámica de cuerpos suaves es un campo de la computación gráfica está focalizada en simular el movimiento y las propiedades de los objetos deformables. A diferencia de los cuerpos rígidos, la forma de los cuerpos suaves puede cambiar, por lo cual la distancia relativa entre dos puntos no es fija. Por ejemplo, se utiliza para simular la materia orgánica blandas como el músculo, la grasa, el cabello y la vegetación, así como otros materiales deformables como la ropa y la tela.

#### **9. Dinámica de cuerpos rígidos**

La dinámica de cuerpos rígidos se refiere al estudio de las interacciones

#### **10. Stent**

Es un pequeño tubo de metal, que se coloca directamente en la arteria para que permanezca abierta.

#### **11. Postura de stent**

El Stent se coloca en un micro catéter más allá del aneurisma, sin tener que ingresar al aneurisma. Luego, el dispositivo de desviación de flujo se despliega a través del cuello del aneurisma en el vaso sanguíneo principal. Inmediatamente, el flujo

sanguíneo dentro del aneurisma se reduce y el cierre completo del aneurisma ocurre entre 6 semanas y 6 meses después del procedimiento. (John Hopkins Medicine, 2011)

## 12. Motor Físico

El motor físico es un software que provee una aproximación simular sistemas físicos, como lo de los cuerpos rígidos incluyendo detenciones de colisiones, dinámica de cuerpo suaves y física de fluidos.

Generalmente hay dos clases de motor físico: de tiempo real y de alta precisión. Motores de alta precisión requieren más procesión para calcular la física y usualmente lo utilizan computadores para la película animada. Motores de tiempo real usa simples cálculos y disminuye la precisión para poder responder más rápidos a los requerimientos del juego. El alcance de la dinámica de los cuerpos blandos es muy amplio.

## 13. “*Bullet Physics*”

“*Bullet Physics*” es un motor físico, se encarga de simular colisiones y la dinámica de cuerpos suaves y rígidos. Normalmente se utiliza para los videojuegos, Es software libre.

## 14. Modelos físicos

Tomando como base que “Un modelo es una descripción interpretativa de un fenómeno que facilita el acceso al fenómeno (‘fenómeno’ refiere a ‘cosas que acontecen’)”. Para Bailer-Jones, el autor de la anterior frase, el modelo se puede aplicar tanto a cosas materiales, hasta teóricas.

Los modelos son básicamente interpretaciones de fenómenos, involucran interpretaciones y se incluyen en él, la selección de algunos aspectos y la exclusión de otros del fenómeno.

Los modelos son conceptualizaciones de sistemas físicos que obedecen la teoría, mientras que las leyes son aplicadas para comprender los sistemas. Entre más desidealizado pueda ser el modelo, más realista se vuelve, lo que contribuye a la interpretación propia del fenómeno. (Rolleri, 2013)

## 15. Dinámica de fluidos

La dinámica de fluidos es “la rama de la ciencia aplicada que se ocupa del movimiento de líquidos y gases”, según el American Heritage Dictionary. La dinámica de fluidos es una de las dos ramas de la mecánica de fluidos, y cómo las fuerzas los afectan. Esta proporciona métodos para estudiar las corrientes oceánicas y la circulación sanguínea. (Eckbert, 2006)

## 16. Prueba de concepto

Una prueba de concepto corresponde con la investigación empírica y técnicas cuyo objetivo es proporcionar información objetiva e independiente de la calidad del software. Es un documento para validar la decisión arquitectural del uso de “*Bullet Physics*”.

## 17. Métricas para desarrollo de software

### a. Definición

Medir es asignar números a objetos o eventos. La regla de medida sólo puede ser consistente la única regla no admitida sería una asignación aleatoria.

Medir es el proceso en el cual se asignan números a atributos de entidades del mundo real de tal modo que se caracterizan y clasifican de acuerdo a reglas claramente asignadas. (Kaner & Bond, 2004)

**b. ¿Qué se mide?**

En primer lugar, hay que tener en cuenta que hay varios tipos de medidas, tales como directas, indirectas e indirectas.

Las directas son medidas que sólo dependen de una función para obtenerse, las derivadas, en cambio, dependen de dos variables, como por ejemplo la productividad de un programador (tamaño del código/tiempo de trabajo), densidad de defecto de módulo (bugs/tamaño del módulo), etc.

Las medidas indirectas son medidas que parecen depender de sólo una variable, pero mirando detalladamente, depende de más, por ejemplo, el tiempo ¿Qué se mide en el tiempo? ¿Tiempo productivo? ¿Tiempo de fallas? ¿Tiempo de procesador? ¿Tiempo de calendario?; las fallas ¿Qué es una falla? ¿Cuándo el programa se detiene inesperadamente? ¿Cuándo los datos se corrompen? (Kaner & Bond, 2004)

**18. “Agile Unified Process”**

Proceso Unificado Ágil por sus siglas en inglés, es un modelo de ciclo de vida de software que se basa principalmente en las metodologías ágiles, pero manteniéndose fiel a algunas de las propuestas de RUP en versión simplificada. El AUP recurre a técnicas ágiles como el desarrollo orientado a desarrollo (TDD), desarrollo orientado a modelos ágiles (AMDD), gerencia de cambios ágil y refactoría de base de datos. El modelo de ciclo de vida propuesto en UP Ágil engloba el modelo, las disciplinas de análisis y diseño y los requerimientos planteados en RUP. (Ambysoft Inc., 2005)

**19. “SCRUM”**

Según el autor de Essential Scrum se define como “la aproximación para desarrollar productos y servicios innovadores”. Scrum empieza a utilizarse en 1986 en el artículo de Harvard Business review, llamado el nuevo juego de desarrollo de producto (The new new Product development game) escrito por el ingeniero Takeuchi. El término se generó por un concepto de rugby en el cual los jugadores empiezan de nuevo el juego cuando hay una infracción no intencional. El término evolucionó hasta llegar a el año 1993 donde la compañía Easel Corporation, junto a el ingeniero Jeff Sutherland, creó scrum como proceso para el desarrollo de software. Fue un trabajo en el cual combinaban los conceptos del artículo The new new Product development game con desarrollo orientado a objetos, control de proceso empírico y de desarrollo iterativo e incremental. El primer artículo oficial de esta innovadora metodología fue realizado en 1995 por Ken Shawaber en OOPSLA. (Rubin, 2013)

**20. “Extreme Programming”**



Extreme programming se enfatiza en el trabajo en grupo. Administradores, consumidores y desarrolladores trabajan en parejas en un grupo colaborativo. Extreme programming implementa un simple pero efectivo ambiente, creando equipos para ser más productivos. El equipo se organiza automáticamente alrededor de un problema.

Extreme programming mejora los proyectos de software en ciertos modos:

1. Comunicación
2. Simplicidad
3. Retroalimentación
4. Respeto
5. Coraje

Los programadores de esta metodología se comunican constantemente, se centran en un diseño simple, obtienen retroalimentación por probar desde el primer día, entregan el sistema a los consumidores tan pronto como sea posible e implementan los cambios si son necesarios. Cada éxito hace que se intensifique el respeto por los miembros y los equipos. Todo esto le da una posición muy valiente al grupo frente a los constantes cambios de requerimientos y de la tecnología. (Wells, 2005)

## 21. “*Mob Programming*”

Programación *mob* es una aproximación de desarrollo de software en el cual todo el equipo de trabajo trabaja en lo mismo, al mismo tiempo, en el mismo tiempo y en el mismo computador. Es similar a la programación en parejas, sólo que trabaja todo el grupo, no sólo dos.

En adición al trabajo en parejas, el grupo hace trabajos típicos del desarrollo de software tales como, definir historias, diseño, pruebas, despliegues y relacionarse con el consumidor. (Zuill, 2015)

Es un paso sobre “*Extreme programming*” ya que se amplifican conceptos como comunicación cara a cara, alineación del grupo, colaboración, revisión de código continua, entre otras. (Zuill, 2015)

Adicionalmente, esta metodología puede agregar un “factor de felicidad” al trabajar en equipo, puede mejorar la relación entre los integrantes, los cuales se preocupan por la salud y el estado de sus compañeros, lo cual también da un sentimiento de apropiamiento del trabajo. (Zuill, 2015)

Entre los problemas de esta metodología, se encuentran las personas como individuos, ya que, de este modo, se exponen las vulnerabilidades, cualquier error se nota y todo el equipo lo evidencia, haciéndolo imposible para algunos. De todos modos, se puede mitigar un poco, haciendo los aportes más flexibles y dependientes de cada persona. (Zuill, 2015)

## Trabajos importantes en el área

1. *Blood flow simulation within stented aneurysms* (Thrombus-VPH, 2013)

Como parte del proyecto THROMBUS-VPH se hizo una simulación de un vaso sanguíneo con aneurisma con un stent desviación de flujo dentro, con el objetivo de observar la efectividad del stent para desviar flujo fuera de la cavidad del aneurisma.

Este trabajo resuelve los problemas de simulación de la física del vaso sanguíneo con stent.

Se simuló la dinámica del flujo de sangre dentro del vaso con el stent usando métodos de enrejado de Boltzmann o “LBM” (*Lattice Boltzmann Methods*). Resulta extraña la elección de esta técnica, cuando los métodos más usados para este tipo de simulaciones son soluciones a las ecuaciones de Navier-Stokes, pero según Perumal & K. Dass, aunque LBM ocupa más espacio en memoria, es más paralelizable gracias a que su cómputo es completamente local, y permite obtener resultados más detallados. (Perumal & K. Dass, 2015)

El vaso sanguíneo y el stent se simularon como restricciones estáticas, es decir, modelos tridimensionales que no se mueven ni cambian de forma a lo largo de la simulación, ignorando sus propiedades de elasticidad. Esta simplificación hace que la simulación de resultados con una amplia diferencia con la realidad, por tanto, no funciona para apoyar la toma de decisiones médicas, donde la vida del paciente está en riesgo.

En la simulación se consideran casos de pacientes específicos, lo cual puede ayudar a proveer una decisión médica más precisa.

## *2. Real-time surgery simulation of intracranial aneurysm clipping with patient -specific geometries and haptic* (Fenz & Dirnberger, 2015)

Los autores Fenz y Dirnberger realizaron una simulación en tiempo real de una cirugía intracraneal sobre un aneurisma en pacientes con retroalimentación háptica.

Este trabajo resuelve los problemas de:

- La creciente popularidad del tratamiento endovascular de aneurisma intracraneal lleva una escasez de situaciones quirúrgicas simples para operaciones de recorte, dejando principalmente casos complejos, que llegan a ser un desafío para cirujanos experimentados.
- Hacer una implementación que permita simular el procedimiento quirúrgico en tiempo real, buscando el método que mejor se acople a las necesidades del usuario.

Con estos problemas, surge que la complejidad geométrica de los aneurismas cerebrales y sus relativos vasos delgados constaría de al menos 10000 elementos. La primera aproximación se definió usando un número finitos de elementos en modelos de elasticidad no lineales, lo que permitiría que en largas deformaciones sea más precisas la simulación, pero con más demanda en tiempos computación. Por lo que el rendimiento en tiempo real no era suficiente.

La segunda aproximación que se usó fue usar un modelo elástico lineal, el cual, gracias a la complejidad que proporcionaba, funcionó para el prototipo final.

El resultado de este proyecto fue una simulación física de una cirugía acortar aneurismas intracraneales con retroalimentación en tiempo real, debilitó el proyecto fue el uso de procesadores (hardware), No apto para la simulación y al usar un modelo lineal no es tan preciso.

Un problema que se identifica es que el proyecto se llevó a cabo basándose en la experiencia de los desarrolladores del proyecto, con la cual no se cuenta por los integrantes este grupo.

## References

- Ambyssoft Inc. (2005, Octubre 4). *The Agile Unified Process (AUP)*. Retrieved from Ambyssoft.com: <http://www.ambyssoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>
- American Heart Association. (2016, Agosto 12). *What is an Aneurysm?* Retrieved from American Heart Association: [http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/VascularHealth/AorticAneurysm/What-is-an-Aneurysm\\_UCM\\_454435\\_Article.jsp#.Wf9NGNCnHIV](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/VascularHealth/AorticAneurysm/What-is-an-Aneurysm_UCM_454435_Article.jsp#.Wf9NGNCnHIV)
- Courbebaisse, G. (2014, Junio 25). *A new model for the construction of virtual fully resolved flow-diverters | Thrombus-VPH*. Retrieved from Thrombus-VPH: <http://thrombus-vph.eu/a-new-model-for-the-construction-of-virtual-fully-resolved-flow-diverters>
- Creative Commons. (2014, Junio 6). *Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)*. Retrieved from Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>
- Eckbert, M. (2006). *The Dawn of Fluid Dynamics: A Discipline Between Science and Technology*. Wiley.
- Fenz, W., & Dirnberger, J. (2015, Marzo 18). *Real-time surgery simulation of intracranial aneurysm clipping with patient-specific geometries and haptic feedback*. Retrieved from EDGE: <http://edge.rit.edu/edge/P15083/public/Build%20Test%20Document/haptic%20simulator%20paper.pdf>
- John Hopkins Medicine. (2011, Marzo 2). *Flow Diversion for Aneurysms with Stents*. Retrieved from John Hopkins Medicine: [https://www.hopkinsmedicine.org/neurology\\_neurosurgery/centers\\_clinics/aneurysm/treatment/flow-diversion.html](https://www.hopkinsmedicine.org/neurology_neurosurgery/centers_clinics/aneurysm/treatment/flow-diversion.html)
- Kaner, C., & Bond, W. (2004). *Software Engineering Metrics: What Do They*. *IEEE CS*.
- myPhysicsLab. (2009, Julio 15). *Physics Simulations*. Retrieved from myPhysicsLab: <https://www.mypysicslab.com/>
- Perumal, D., & K. Dass, A. (2015, Diciembre). *A Review on the development of lattice Boltzmann computation of macro fluid flows and heat transfer*. Retrieved from Science Direct: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016815001362>
- Rolleri, J. L. (2013, Mayo 20). *¿Qué son los modelos físicos?* Retrieved from Scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-25382013000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-25382013000100007)
- Rubin, K. S. (2013). *Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process*. Michigan: Addison-Wesley.
- Science Daily. (2006, Octubre 9). *Blood Vessel*. Retrieved from Science Daily: [https://www.sciencedaily.com/terms/blood\\_vessel.htm](https://www.sciencedaily.com/terms/blood_vessel.htm)

- Thrombus-VPH. (2013, Diciembre 20). *Thrombus-VPH*. Retrieved from Blood flow simulation within stented aneurysms: <http://thrombus-vph.eu/blood-flow-simulation-within-stented-aneurysms>
- Wells, D. (2005, Junio 20). *Extreme Programming*. Retrieved from Extreme Programming Project: <http://www.extremeprogramming.org/map/project.html>
- zLib. (2017, Enero 15). *zLib License*. Retrieved from zLib: [https://zlib.net/zlib\\_license.html](https://zlib.net/zlib_license.html)
- Zuill, W. (2015, Diciembre 20). *Mob Programming-A Whole Team Approach*. Agile Alliance. Retrieved from [https://www.agilealliance.org/wp-content/uploads/2015/12/ExperienceReport.2014.Zuill\\_.pdf](https://www.agilealliance.org/wp-content/uploads/2015/12/ExperienceReport.2014.Zuill_.pdf)