



## Ingeniería de Sistemas

### PROPUESTA PARA TRABAJO DE GRADO

<b>TÍTULO</b> Grid Móvil para procesar imágenes médicas				
<b>MODALIDAD</b> Investigación				
<b>OBJETIVO GENERAL</b> Extender BOINC para ejecutar algoritmos, previamente implementados, que procesan imágenes médicas basados en la estrategia dividir y conquistar.				
<b>ESTUDIANTE(S)</b>				
<b>David Francisco Calle</b>				
<b>Documento</b> cc. 1020800046 9	<b>Celular</b> 301 661 7071	<b>Teléfono fijo</b> 470 7214	<b>Correo Javeriano</b> calle.d@javeriana.edu.co	
<b>David Felipe Suárez</b>				
<b>Documento</b> cc. 1018466546	<b>Celular</b> 320 896 0515	<b>Teléfono fijo</b> 237 3425	<b>Correo Javeriano</b> d-suarezg@javeriana.edu.co	
<b>Alfredo Santamaría</b>				
<b>Documento</b> cc. 1020787426	<b>Celular</b> 318 601 7866	<b>Teléfono fijo</b> 637 3016	<b>Correo Javeriano</b> alfredo.santamaria@javeriana.edu.co	
<b>DIRECTOR</b>				
<b>Mariela Josefina Curiel</b>				
<b>Documento</b> Ce. 450167	<b>Celular</b> No requiere	<b>Teléfono fijo</b> (+57 1) 320 8320 Ext. 5377	<b>Correo Javeriano</b> mcuriel@javeriana.edu.co	<b>Empresa donde trabaja y cargo</b> Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Sistemas; Directora de Carrera Ingeniería Sistemas

5/23/2016



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá

Ingeniería de Sistemas

5/23/2016

## Ingeniería de Sistemas

Contenido

**1 OPORTUNIDAD O PROBLEMÁTICA**

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD O PROBLEMÁTICA

1.2 FORMULACIÓN

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.4 IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO

**2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.3 ENTREGABLES O RESULTADOS ESPERADOS

**3 PROCESO**

3.1 FASE METODOLÓGICA 1 - CONCEPCIÓN

3.1.1 Método

3.1.2 Actividades

3.1.3 Resultados Esperados

3.2 FASE METODOLÓGICA 2 – DISEÑO

3.2.1 Método

3.2.2 Actividades

3.2.3 Resultados Esperados

3.3 FASE METODOLÓGICA 3 – IMPLEMENTACIÓN

3.3.1 Método

3.3.2 Actividades

3.3.3 Resultados Esperados

3.4 FASE METODOLÓGICA 4 - PRUEBAS

3.4.1 Método

3.4.2 Actividades

3.4.3 Resultados Esperados

**4 GESTIÓN DEL PROYECTO**

4.1 CALENDARIZACIÓN

4.2 PRESUPUESTO



## Ingeniería de Sistemas

[4.3 ANÁLISIS DE RIESGOS](#)

[4.4 DERECHOS PATRIMONIALES](#)

### **[5 MARCO TEÓRICO / ESTADO DEL ARTE](#)**

[5.1 FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS RELEVANTES PARA EL PROYECTO](#)

[5.2 TRABAJOS IMPORTANTES EN EL ÁREA](#)

[5.3 GLOSARIO](#)

### **[6 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA](#)**

[6.1 REFERENCIAS](#)

## Ingeniería de Sistemas

### 1.1 Descripción de la Oportunidad o Problemática

El procesamiento de imágenes médicas es un problema computacional ampliamente estudiado que sirve de apoyo a los médicos cuando deben tomar decisiones con respecto al diagnóstico y tratamiento de pacientes. La mayoría de los algoritmos para procesar imágenes requieren de una gran cantidad de recursos, con el fin de terminar en un tiempo aceptable [1] [2].

Es por esta razón que se utilizan técnicas para mejorar su rendimiento. Por ejemplo, dividir la imagen con el fin de procesarla en forma paralela. Para lograr esta paralelización se podría usar la estrategia de dividir y conquistar, que consiste en segmentar el problema original en dos o más sub-problemas que requieren un tipo de procesamiento idéntico. Cabe resaltar que, cada uno de estos sub-problemas es una instancia del problema original. Estos se pueden ejecutar paralelamente y posiblemente en distintas máquinas [3] [4]. En el trabajo *Computing Connected Components on Parallel Computers* [5] se propone solucionar, usando la estrategia de dividir y conquistar, el problema de etiquetado de regiones que busca poner una etiqueta a cada uno de los componentes conexos en una imagen binaria. Con esto se evidencia un ejemplo de aplicación real en el procesamiento de imágenes médicas [6].

La estrategia mencionada anteriormente ha sido una forma inherente de explotar el paradigma de computación conocido como paralelismo [4]. El procesamiento paralelo consiste en utilizar en conjunto dos o más unidades de procesamiento para resolver un problema [7]. Se inició en supercomputadores de gran tamaño y costo [8], pero desde 1990 se ha pasado a utilizar en redes de computadores ya que han mejorado las capacidades tanto de las redes como de los computadores personales y estaciones de trabajo [7]. Esto, ha llevado a utilizar sistemas distribuidos donde el objetivo principal es aprovechar recursos de máquinas ubicadas en distintos puntos geográficos. A raíz del uso de dichos sistemas, se manifiesta el paradigma de computación *Grid* [9].

La computación *Grid* es una arquitectura de hardware y software que permite distribuir la carga de procesamiento entre múltiples recursos heterogéneos que, pueden estar ubicados en diferentes puntos geográficos. Esta técnica se entiende si se toma como ejemplo las redes eléctricas donde, los usuarios pueden acceder a la electricidad a través de tomas de corriente sin necesidad de conocer los detalles de cómo realmente se genera. Teniendo esto en cuenta, en una *Grid*, los usuarios pueden acceder a

## Ingeniería de Sistemas

distintos recursos de cómputo con poco o ningún conocimiento de dónde están ubicados o qué tecnologías están utilizando [10], creando la ilusión de un sistemas de cómputo integrado.

Dada la expansión en el uso de tecnologías móviles y la evolución de sus capacidades [11] [12] [13], la idea de *Grid* tradicional se puede extender integrando estas tecnologías. Dando lugar al concepto de *Grid* móvil que hace posible que los usuarios accedan y ofrezcan recursos a la *Grid* desde sus dispositivos móviles mejorando así la capacidad de cómputo local [14] [15].

Teniendo en cuenta que cualquier algoritmo paralelo, en particular los de procesamiento de imágenes, pueden verse beneficiados de una *Grid* móvil y la limitación de espacio y computadores con altas capacidades de cómputo que presenta algunos contextos, como los hospitales [16], la *Grid* Móvil es una solución factible para procesar imágenes. Ya que se podría usar la capacidad ociosa de los dispositivos móviles del personal para realizar un determinado procesamiento. Esto pudiera resultar más barato en término de inversiones (menos computadores físicos). Por otro lado, si la aplicación que distribuye la imagen en la *Grid* se encuentra en un dispositivo móvil, un médico pudiera diagnosticar un paciente sin interrumpir la interacción con él.

No obstante, la tecnología de *Grid* móvil está aún muy inmadura. Aunque existen varias implementaciones de *Grids* móviles como IBIS [17], MoGrid [18], Akogrimo [19], MORE [20], MiPeG [21], Mobile OGS.NET [22], estas soluciones no cuentan con una buena documentación, no ofrecen soporte porque han dejado de ser actualizados o no están disponibles para su uso. Por estas razones y tomando como referencia la investigación de Grid Accesibles [23], se decidió utilizar la tecnología BOINC [24]. Sin embargo, configurar esta herramienta para aprovechar la base de código ya existente de algoritmos para procesar imágenes médicas, es complejo y presenta un reto ya que es necesario modificar el código fuente y compilarlo en cada una de las plataformas: Android, iOS, Windows, entre otras.

### 1.2 Formulación

¿Cómo simplificar el proceso de ejecución de algoritmos que procesan imágenes médicas basados en la estrategia dividir y conquistar sobre una *Grid* móvil?



## Ingeniería de Sistemas

### 1.3 Justificación

Realizar el cómputo necesario para procesar una imagen médica implica que los médicos expertos puedan tomar decisiones acertadas en momentos críticos, que pueden significar la vida de los pacientes.

Al retomar el problema de espacio, recursos y disponibilidad de computadores especializados para realizar estas tareas, en contextos como hospitales, es necesario buscar alternativas que cumplan con estas limitantes. El uso de dispositivos móviles es una solución, que aprovecha la gran cantidad de dispositivos que potencialmente pueden estar disponibles para dividir el trabajo en sub-tareas. Adicionalmente, cabe resaltar, que la manera en que los recursos se manejan y aprovechan en una *Grid* móvil y la alta disponibilidad que esta provee, son características fundamentales que pueden permitir mejorar el procesamiento de imágenes médicas en distintos ámbitos.

Esto permitiría llegar a zonas, por ejemplo rurales, donde varios dispositivos móviles se acomodan mejor que un solo computador con mucha capacidad de cómputo. También, podría disminuir costos debido a que la infraestructura de la *Grid* puede salir más económica al usar dispositivos móviles.

El uso de estos dispositivos en *Grids* o sistemas distribuidos para procesamiento intensivo, es un área relativamente nueva de estudio que presenta varias oportunidades y dificultades. Las principales que se describen en *Grid Computing on Mobile Devices* [25] son:

- Retos:
  - Batería: Los dispositivos móviles tienen poca capacidad de batería y tareas de alta demanda computacional pueden agotarla rápidamente.
  - Plataforma: El sistema debe ser capaz de integrar dispositivos móviles con diferentes especificaciones y sistemas operativos.
  - Red: Los dispositivos móviles, usualmente, están intermitentemente conectados a diferentes redes inalámbricas.
  - Legal: Lidar con el hecho de que los usuarios no necesariamente están obligados a permitir que sus dispositivos móviles sean parte de la *Grid*.
  - Diversidad de lenguajes: Los algoritmos existentes hacen uso de distintos lenguajes de programación y herramientas lo cual dificulta su integración. En particular para procesar las imágenes médicas la mayoría de algoritmos están implementados en C++ utilizando la librería ITK [26] [27].
- Oportunidades:





## Ingeniería de Sistemas

- o CPU: La mayoría de dispositivos móviles tienen actualmente, al menos 2 GHz de velocidad de procesador y más de 1 GB de RAM. Estas especificaciones están en aumento [11].
- o Conectividad: Actualmente, existe mayor cobertura de redes con tecnologías como GPRS, 3G, 4G y Wi-Fi.
- o Almacenamiento: Aumento significativo de espacio.
- o Sensores: Uso de sensores puede ser útil para conocer el contexto en aplicaciones distribuidas.
- o Ubicuidad: Permite que los dispositivos móviles puedan colaborar sin restricciones geográficas.
- o Disponibilidad: Un dispositivo móvil generalmente está encendido y la mayor parte de este tiempo se utiliza únicamente una pequeña fracción del poder de cómputo [25] [28].

En este trabajo se busca continuar con la investigación de Grid Accesibles [23], en donde se concluyó que es viable configurar una infraestructura *Grid* móvil utilizando la tecnología BOINC, la cual se seleccionó luego de comparar varias implementaciones de *Grid* teniendo en cuenta distintas características como: ejecución en móviles, lenguajes de las tareas que se pueden ejecutar en la *Grid*, tipo de *Grid* y modificabilidad; en los cuales BOINC obtuvo la mayor puntuación. Finalmente, se plantearon como trabajo futuro 3 líneas principales de investigación: desplegar el sistema utilizando la infraestructura de la universidad, extender BOINC con el fin de facilitar la ejecución de aplicaciones desarrolladas para la arquitectura Android y crear un sistema que permita administrar la *Grid*.

El presente trabajo continuará con la segunda línea, explorando la arquitectura *Grid* aplicada a una red heterogénea que pueda contener dispositivos móviles, utilizándolos como nodos en la *Grid* para ejecutar algoritmos que: procesan imágenes médicas, usan la librería ITK (un estándar de facto que impone las restricciones del proyecto: lenguaje C++ y MPI) [26] [27] y están basados en la estrategia dividir y conquistar. Para esto se busca extender BOINC facilitando la ejecución de dichos algoritmos en dispositivos móviles con sistema operativo Android.

### 1.4 Impacto Esperado del Proyecto

El presente trabajo hace parte de un proyecto de investigación a largo plazo basado en el procesamiento de imágenes médicas en dispositivos móviles, por lo cual podría tener un impacto en el campo de la medicina. Específicamente en el proceso llevado a cabo para procesar una imagen médica se aprovecharán recursos de cómputo de

## Ingeniería de Sistemas

múltiples dispositivos móviles usándolos de una forma distribuida, que pueden estar en una institución médica.

Adicionalmente se hará un importante aporte, principalmente de investigación, a la comunidad científica de la *Grid* y posiblemente se abrirá un extenso mundo de posibilidades (aplicaciones que hagan uso de la *Grid* móvil) en la computación móvil. Con lo que se espera que los resultados del trabajo de grado puedan ser usados en trabajos futuros.

## Ingeniería de Sistemas

### 2.1 Objetivo general

Extender BOINC para ejecutar algoritmos, previamente implementados, que procesan imágenes médicas basados en la estrategia dividir y conquistar.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Familiarizarse con el uso y la configuración de BOINC.
- Diseñar una solución para extender BOINC permitiendo adaptar algoritmos con características específicas.
- Implementar la solución diseñada para extender BOINC.
- Validar la solución propuesta.

### 2.3 Entregables o Resultados Esperados

- Propuesta de trabajo de grado.
- Versión final de listado de requerimientos.
- Versión final SDD.
- Versión final de documento de pruebas.
- Prototipo funcional.
- Manual de uso y configuración.
- Página web de trabajo de grado.
- Memoria.

## Ingeniería de Sistemas

La metodología del proyecto estará basada en *Disciplined Agile Delivery (DAD)*. Esta se caracteriza por ser una metodología iterativa incremental flexible orientada al aprendizaje y las personas; se conoce como una extensión de SCRUM que utiliza estrategias probadas de otras metodologías como XP. La razón por la que se escogió es; mitigar los riesgos asociados a la capacitación de los integrantes de tal manera que se pueda entregar un producto final [29].

### 3.1 Fase Metodológica 1 - Concepción

En la primera fase del proyecto se busca realizar una investigación de las alternativas que pueden extender BOINC con el fin de ejecutar algoritmos en C++ que procesan imágenes médicas, para facilitar su uso en una *Grid* móvil.

#### 3.1.1 Método

Se comenzará por una revisión de literatura en busca de tecnologías y herramientas con el fin de plantear una hipótesis sobre cómo solucionar el problema. Lo que se busca en esta etapa es determinar los criterios para realizar una matriz de decisión, utilizando la metodología DAR [30], con la cual se compararán las soluciones y se decidirá cual diseñar e implementar [31].

#### 3.1.2 Actividades

1. Plantear de soluciones basadas en la bibliografía investigada.
2. Determinar el conjunto de posibles soluciones para extender BOINC.
3. Investigar el funcionamiento e integración con BOINC de cada una de las soluciones.
4. Establecer los criterios que se utilizarán para comparar las soluciones.
5. Comparar las soluciones con respecto a los criterios seleccionados.
6. Seleccionar de la mejor opción.

#### 3.1.3 Resultados Esperados

Actividad	Entregable	Duración (Semanas)
1, 2	o Listado de las posibles soluciones para extender BOINC.	2

## Ingeniería de Sistemas

3	o Documentación de cada una de las soluciones.	2
4	o Listado de características a evaluar.	2
5, 6	o Matriz comparativa DAR o Opción seleccionada y justificación	1

**Tabla 1 Entregables fase 1**

### 3.2 Fase Metodológica 2 – Diseño

En la segunda fase se busca, a partir de la alternativa seleccionada, diseñar una solución que permita cumplir el objetivo principal del trabajo.

#### 3.2.1 Método

Durante esta etapa se busca aterrizar la alternativa seleccionada de tal manera que esta sea viable y cumpla con los requerimientos del proyecto. Debido a la poca experiencia del equipo del trabajo en estos temas se considera que habrá múltiples iteraciones en esta fase con el fin de refinar el diseño [31].

#### 3.2.2 Actividades

7. Especificar los requerimientos.
8. Diseñar la solución seleccionada.
9. Evaluar la factibilidad del diseño con el experto.
10. Diseñar pruebas unitarias y de sistema.

#### 3.2.3 Resultados Esperados

Actividad	Entregable	Duración (Semanas)
7	o Listado de requerimientos que la solución debe cumplir.	1
8	o Documento de diseño de software SDD.	2
9	o Documento de la factibilidad del diseño.	5
10	o Documento de diseño de pruebas.	5

**Tabla 2 Entregables fase 2**

### 3.3 Fase Metodológica 3 – Implementación

En la tercera fase se busca implementar la solución diseñada.

## Ingeniería de Sistemas

### 3.3.1 Método

A lo largo de esta fase se construirá una solución evolutivamente en cada iteración. Es posible que durante el desarrollo de esta fase el equipo de trabajo descubra que no es viable implementar la solución seleccionada, si esto pasa se vuelve a la primera fase para seleccionar la siguiente solución a diseñar, implementar y probar [31].

### 3.3.2 Actividades

11. Implementar la solución basada en el diseño.
12. Verificar que la solución cumpla con los requerimientos.
13. Documentar la solución.

### 3.3.3 Resultados Esperados

Actividad	Entregable	Duración (Semanas)
11	o Prototipo funcional y código fuente.	8
12	o Lista de chequeo con los requerimientos cumplidos. o Documento de pruebas. (documento con los resultados de la validación)	2
13	o Manual de uso y configuración.	1

Tabla 3 Entregables fase 3

## 3.4 Fase Metodológica 4 - Pruebas

En esta fase se verificará con un experto, que la solución implementada satisfaga los requerimientos establecidos.

### 3.4.1 Método

Basado en los resultados de la fase anterior, se le presentará la solución implementada a un experto del tema, para que lo valide.

### 3.4.2 Actividades

14. Validar con el experto.
15. Documentar la retroalimentación del experto a cerca de la solución implementada.
16. Cierre de proyecto, en esta actividad se integrarán los distintos documentos realizados en las fases anteriores con el fin de generar los entregables esperados.

5/23/2016



## Ingeniería de Sistemas

### 3.4.3 Resultados Esperados

Actividad	Entregable	Duración (Semanas)
14	o No aplica.	5
15	o Documento con resultados de validación.	5
16	o Página web del trabajo de grado junto con sus documentos.	1

Tabla 4 Entregables fase 4

## Ingeniería de Sistemas

### 4.1 Calendarización

Para cumplir los objetivos del proyecto se asume una disponibilidad de 8 horas semanales por cada uno de los integrantes, durante 16 semanas. Como consecuencia de la metodología seleccionada, las etapas de desarrollo y diseño ocupan un mayor porcentaje de tiempo. Es importante recalcar que este calendario no refleja un posible caso en el que la solución seleccionada no sea viable.

Actividad /Tiempo	Tiempo ( Semanas )															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Concepción</b>	■	■	■													
Actividad 1	■	■														
Actividad 2	■	■														
Actividad 3		■	■													
Actividad 4		■	■													
Actividad 5			■													
Actividad 6			■													
<b>Diseño</b>				■	■	■	■	■	■	■						
Actividad 7				■												
Actividad 8				■	■											
Actividad 9						■	■	■	■	■						
Actividad 10						■	■	■	■	■						
<b>Elaboración</b>							■	■	■	■	■	■	■	■		
Actividad 11							■	■	■	■	■	■	■	■		
Actividad 12												■	■			
Actividad 13													■			
<b>Pruebas</b>											■	■	■	■	■	■
Actividad 14											■	■	■	■	■	
Actividad 15											■	■	■	■	■	
Actividad 16															■	■

Tabla 5 Calendarización de actividades [31]



## Ingeniería de Sistemas

### 4.2 Presupuesto

Para la realización del proyecto se requiere cada uno de los siguientes recursos, se manejan valores aproximados para estimar el presupuesto.

Recurso	Valor en pesos (COP)
Ingeniera de Sistemas, directora del trabajo de grado (Ing. Mariela Curiel)	\$50,000 x hora (se estima un total de 32 horas)
Estudiantes de Ingeniería de Sistemas (David Calle, David Suárez, Alfredo Santamaría)	\$ 25,000 x hora (se estima un total de 160 horas)
Servicios físicos (agua, luz, internet)	\$ 1'200,000
Papelería	\$ 100,000
Computador personal	\$ 2'000,000 (3x)
Servidor Linux - 2 Gb / 1CPu - 30Gb SSD - 2 TB transferencia	\$ 30,514 mensual (se estima uso durante 4 meses)
Dispositivo Móvil requerimientos mínimos: - Android 4.4 - 2 Gb RAM - 8 Gb Memoria - CPU Quad-core 1.5 GH	\$ 610,290 (10x)

**Tabla 6 Estimación de presupuesto**

A partir de esta tabla se estima el valor total del proyecto en \$19'334,414 (COP), los cuales son considerados para el flujo natural de desarrollo del proyecto de 16 semanas.

### 4.3 Análisis de Riesgos

Para el análisis de riesgos se identificarán los posibles problemas e inconvenientes que puedan ocurrir durante el desarrollo del proyecto, se evaluará la gravedad de cada uno de estos riesgos utilizando una matriz de riesgos para luego establecer su respectivo plan de mitigación.

5/23/2016



## Ingeniería de Sistemas

La estimación y valoración del riesgo se efectuará de manera cualitativa, definiendo escalas de valor basados en la probabilidad que ocurra el riesgo, contrastado con el impacto que pueda llegar a tener en el proyecto.

- Tanto Probabilidad como Impacto se clasifican desde Muy Bajo (MB), Bajo (B), Medio (M), Alto (A) y Muy Alto (MA).

La matriz de riesgos muestra que tan perjudicial es el riesgo, dependiendo del sector donde se ubique en la matriz, servirá como medio para priorizar en cuales se trabajará más.



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá

Ingeniería de Sistemas



5/23/2016



## Ingeniería de Sistemas

Riesgo	Efecto del Riesgo	Probabilidad	Impacto	Matriz de Riesgo (Para priorizar el riesgo dado su prioridad e impacto)	Estrategia	R
La solución no es factible	Retraso en el calendario de actividades porque obliga al grupo buscar una solución alternativa	Alto	Alto	<p>Probabilidad</p> <p>Impacto</p>	Mitigar	e fas
El nivel de conocimiento técnico de los integrantes no es suficiente para desarrollar la solución	El tiempo que tomaría la capacitación necesaria no es suficiente para el alcance del proyecto	Medio	Muy Alto	<p>Probabilidad</p> <p>Impacto</p>	Aceptar	a
Los integrantes no dedican el tiempo necesario al desarrollo del proyecto	Retraso en el calendario de actividades	Alto	Muy Alto	<p>Probabilidad</p> <p>Impacto</p>	Prevenir	Pa un in un



## Ingeniería de Sistemas

				Impacto		
Estimación incorrecta de los tiempos de las actividades	Cambio en la calendarización del proyecto	Alto	Medio	<div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> </div>	Mitigar	D doc est
Disponibilidad de tiempo de la Directora de Tesis	Falta de retroalimentación en las distintas iteraciones	Bajo	Alto	<div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> </div>	Mitigar	S ay et
Falta de literatura relacionada al tema	El campo de acción se acota	Bajo	Medio	<div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> </div>	Mitigar	sol
Problemas personales entre los miembros del grupo	No hay un buen ambiente de trabajo	Bajo	Alto	<div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> <div> <div>MA</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>B</div> <div>MB</div> <div>Pr</div> <div>ob</div> <div>ab</div> <div>ili</div> <div>da</div> <div>d</div> </div> </div>	Prevenir	Pla c ma d



## Ingeniería de Sistemas

				Impacto		
Problemas familiares o personales/ Compromisos ineludibles/ Compromisos académicos	Detener el desarrollo de las actividades del área de la persona y bajo rendimiento	Bajo	Alto	<div> <div> Pr ob ab ili da d </div> <div> MA A M B MB </div> <div> MB B M A MA </div> </div>	Mitigar	Ba ent
Falta de recursos	No se pueden realizar pruebas	Medio	Muy Alto	<div> <div> Pr ob ab ili da d </div> <div> MA A M B MB </div> <div> MB B M A MA </div> </div>	Mitigar	I
Falla de plataformas de trabajo	Perdida del trabajo acumulado	Muy Bajo	Muy Alto	<div> <div> Pr ob ab ili da d </div> <div> MA A M B MB </div> <div> MB B M A MA </div> </div>	Transferir	E a gr t pr
Incurrir en plagio	El grupo puede afrontar problemas legales	Bajo	Muy Alto	<div> <div> Pr ob ab ili da d </div> <div> MA A M B MB </div> <div> MB B M A MA </div> </div>	Prevenir	Re



Ingeniería de Sistemas					
P ro ba bil id ad	MA				
	A				
	M				
	B				
	MB				
Impacto					
Infringir la ley	El grupo puede afrontar problemas legales	Bajo	Muy Alto		Prevenir

Tabla 7 Análisis de Riesgos

## Ingeniería de Sistemas

### **4.4 Derechos Patrimoniales**

Este trabajo de grado se realizará dentro del marco de investigación de los grupos de investigación SIDRe (Sistemas de Información, Sistemas Distribuidos y Redes) de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Debido a que servirá como base para futuros trabajos y proyectos, todos los derechos patrimoniales de cada objeto creado durante su desarrollo se encontrarán bajo la licencia *GNU General Public License Version 2*.



## 5.1 Fundamentos y conceptos relevantes para el proyecto

En el último informe trimestral de 2014 que realiza el **Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones** (Mintic) se revela que el número de líneas en telefonía móvil superó los 55 millones en Colombia, un aumento de 3,7% en el índice de penetración con relación al trimestre anterior [12] [13]. Se estima que para 2018 habrá aproximadamente 1.8 millardos de dispositivos móviles [32]. Ahora bien, estos no solo han aumentado en cantidad, se debe también tener en cuenta el crecimiento y avances en el hardware; actualmente el dispositivo promedio cuenta con procesadores de 2GHz y 1Gb de memoria RAM [11]. Como consecuencia, surge una oportunidad de involucrar estos dispositivos en el área de sistemas distribuidos y redes. Para lograrlo, es necesario determinar una infraestructura que coordine y administre los recursos de estos millones de dispositivos de cómputo para la solución de problemas complejos.

Esta infraestructura se creó en 1998, cuando Ian Foster estableció el término de Computación *Grid* en su trabajo *The grid: blueprint for a new computing infrastructure* [8] la cual brindaba acceso a recursos computacionales heterogéneos. Inicialmente, las *Grids* estaban enfocadas hacia computadoras de escritorio y se presentaba como una evolución de la tecnología clúster, el cual existe desde la década de los 60's y consiste en una configuración de computadores orquestados por un Middleware; fueron creados con el propósito de aprovechar los recursos de otros computadores (nodos) [33]. Aunque la computación *Grid* y los clústeres comparten la misma finalidad, es de importancia aclarar que la *Grid* se diferencia del clúster en que sus recursos se encuentran geográficamente dispersos, no necesariamente pertenecen a una sola institución. También, aunque tanto clúster como *Grids* se basan en procesadores heterogéneos, en una *Grid* esta heterogeneidad se extiende a la red de comunicaciones y al tipo de componentes en cada nodo que pueden ser procesadores, instrumentos o sensores [34].

Existen múltiples plataformas que facilitan el proceso de creación, administración y balanceo de procesos en una *Grid*. Una de estas plataformas es BOINC, un proyecto *Open Source* de la universidad de Berkeley California, que permite a terceros poner a disposición capacidades de cómputo de equipos de escritorio para contribuir a diferentes proyectos de investigación [24] [35].

## Ingeniería de Sistemas

Dada la oportunidad que brindan la cantidad de dispositivos móviles que existen actualmente, y la infraestructura *Grid* mencionada anteriormente, surge el concepto que recibe el nombre de *Grid* Móvil; una infraestructura que administre la carga teniendo en cuenta las restricciones de procesamiento, memoria y ancho de banda de los dispositivos móviles, con el fin de resolver tareas que van más allá de la capacidad de cómputo individual.

Un ejemplo de aplicación de esta infraestructura es el procesamiento de imágenes médicas, en donde el uso de cómputo es intensivo y es necesario reducir tiempos de procesamiento, dado que esto puede significar la vida o la muerte de un paciente, dividiendo el trabajo en diferentes máquinas. Para lograr esto, es necesario que la tarea a dividir en los diferentes nodos tenga la capacidad de representarse a sí misma como un conjunto de problemas más pequeños, que al combinar sus resultados independientes se obtiene la solución del problema original. A esta técnica se le conoce como dividir y conquistar [36].

## 5.2 Trabajos Importantes en el área

Los dispositivos móviles se han utilizado ampliamente en diversos contextos médicos. La mayoría de estas aplicaciones ayudan a gestionar y monitorear enfermedades y usualmente hacen uso de sensores de los dispositivos para recopilar información de los usuarios [37] [38]. Aun así, estos proyectos no han hecho uso de los recursos que los dispositivos móviles ofrecen para procesar imágenes médicas de forma distribuida. Con el fin de aprovechar estos recursos, nace la necesidad de utilizar una infraestructura donde se pueda distribuir trabajos en distintos nodos. Donde, cada nodo colabore ejecutando pequeñas instancias para así balancear la carga de procesamiento y la tecnología *Grid* representa una clara oportunidad.

El concepto de *Grid* no es nuevo, y por esta razón existen muchos proyectos en torno a esta noción, últimamente ha crecido la idea de adicionar dispositivos móviles a este tipo de infraestructuras con el fin de aprovechar la gran cantidad de dispositivos móviles que existen en el mundo [12]; aunque un solo dispositivo cuenta con recursos muy limitados, la unión de muchos de estos puede llegar a alcanzar las capacidades de servidores poderosos especializados.

A continuación se presentan algunos de los proyectos que utilizan la idea de incorporar dispositivos móviles como nodos de una *Grid*:

**Mobile OGS.NET:** OGS (Open Grid Service Infrastructure) Es una plataforma para computación *Grid* sobre .NET desarrollada por el Grupo de computación *Grid* de la universidad de Virginia [39], define una serie de comportamientos para servicios web



## Ingeniería de Sistemas

relevantes para computación *Grid*. Marty Humphrey de la universidad de Berkeley en el trabajo Mobile OGS.NET: Grid Computing on Mobile Devices [40][25][24][23][22][21][20] planteó la extensión de esta implementación para dispositivos móviles, en esta investigación se pudieron hacer avances hacia la colaboración entre dispositivos tomando diseños de computadores de alto desempeño y adaptándolos a dispositivos móviles.

**MADAM** (*Mobility and Adaptation Enabling Middleware*): Es un middleware creado por Simula Research Laboratory de Noruega, busca ayudar a la formación de *Grids* móviles y ubicuas, solucionando los problemas de heterogeneidad de los dispositivos y la naturaleza dinámica de estos [41].

**MISCO**: Es un *framework* para computación distribuida con dispositivos móviles implementado en Python. En este sistema se utiliza el modelo *Map Reduce* para procesar y generar conjuntos de datos muy grandes donde se especifica una función *map* que procesa parejas llave/valor y generar valores intermedios y una función de reducción para unir estos valores (muchos problemas pueden ser expresados utilizando este modelo)[42]. Con este proyecto se espera hacer uso de las características de los dispositivos móviles como cámara, micrófono, GPS, y otra información que puede ser procesada localmente, en donde se obtuvo [43] [44].

**ELASTIC**: Proyecto realizado para el curso *Parallel Computer Architecture and Programmin* en la universidad *Carnegie Mellon* en Pittsburgh. Este es un Framework para ejecutar tareas en paralelo con múltiples teléfonos inteligentes con sistema operativo Android. Esta plataforma se probó con una aplicación de descifrar contraseñas a partir de fuerza bruta obteniendo resultados positivos [45].

**BOINC** (The Berkeley Open Infrastructure for Network Computing): Es una plataforma de código abierto desarrollada por U.C Berkeley, que permite crear proyectos que operan con recursos de computación públicos. Fue creada para computación voluntaria donde, individuos que poseen maquinas con sistema operativo Windows, Linux, Mac o hasta Android y que tiene acceso a internet, pueden ofrecer sus recursos para participar en proyectos de investigación. Aunque esta fue concebida inicialmente como computación voluntaria, esta plataforma, también puede ser utilizada para crear una *Grid* exitosamente [24] [46].

A pesar de existen muchos proyectos que permiten utilizar los recursos de los dispositivos móviles como parte de una *Grid*, existen muy pocos proyectos o investigaciones que propongan utilizar estos recursos para procesar imágenes médicas con la infraestructura *Grid*.



## Ingeniería de Sistemas

El trabajo "Desarrollo de un software para el análisis de electrocardiogramas utilizando dispositivos móviles" [47] es una tesis de maestría que buscaba desarrollar una aplicación en dispositivos móviles con sistema operativo Android, la cual tomara una imagen de una porción de un electrocardiograma, asilará la señal de esta para su análisis y permitiera la transmisión de estos datos. En esta investigación se logró procesar una imagen tomada a un electrocardiograma e interpretar su contenido, pero este acercamiento utilizaba un único dispositivo para realizar el procesamiento; esto es suficiente para este contexto pues el procesamiento no es tan intensivo. En el presente proyecto se propone plantear una solución para procesar imágenes donde no es suficiente un único dispositivo móvil y por esta razón se propone utilizar la infraestructura *Grid*.

### 5.3 Glosario

- **Grid:** Es un tipo de sistema distribuido /paralelo que permite seleccionar, compartir e integrar recursos autónomos geográficamente distribuidos que pueden ser computadores, software, bases de datos, instrumentos, dispositivos especiales y recursos humanos. Un Grid es una configuración colaborativa que se puede adaptar dinámicamente según lo requerido por el usuario, la disponibilidad y potencia de cómputo de los recursos conectados. De hecho a partir de una infraestructura de Grid "real" se pueden configurar varios sistemas "virtuales" que atienden requerimientos de diferentes usuarios [11].
- **Grid Móvil:** Es un tipo de Grid el cual dispositivos móviles son integradas a una Grid cableada tradicional a través de canales inalámbricos para compartir recursos [48].
- **BOINC:** Es una solución al problema de poder utilizar la gran capacidad de procesamiento que se encuentra en los computadores personales y los teléfonos inteligentes de las personas alrededor del mundo. A esto se le conoce como computación de recurso público. No tener control sobre el hardware, el software, la red, personal calificado para configuración ni las personas que utilizan estos recursos son los retos que se intentan resolver con esta plataforma de cómputo [24].



## Ingeniería de Sistemas

- **Dividir y Conquistar:** Hace referencia a algoritmos que dividen el problema en sub-problemas similares al anterior pero más pequeños en tamaño. Una vez resueltos estos problemas se combinan los resultados para obtener la solución al problema original [36].
- **Procesamiento de imágenes médicas:** A partir de una imagen médica inicial, como radiografías, tomografías, ultrasonidos entre otras, se aplican ciertos algoritmos con el fin de obtener datos relevantes del paciente con el fin de apoyar las decisiones diagnóstico o tratamiento [1] [2].
- **ITK:** (Insight Segmentation and Registration Toolkit) Esta es una librería de código abierto para el procesamiento y análisis de imágenes que funciona con el paradigma de tuberías y filtros. Es utilizada principalmente en aplicación médicas [26] [27].

## 6.1 Referencias

- [1] A. Restrepo, «Procesamiento de imágenes médicas», *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 34, n.º 110, pp. 86–92, 2012.
- [2] M. J. McAuliffe, F. M. Lalonde, D. McGarry, W. Gandler, K. Csaky, y B. L. Trus, «Medical Image Processing, Analysis and Visualization in clinical research», en *14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2001. CBMS 2001. Proceedings*, 2001, pp. 381–386.
- [3] P. B. Hansen, «Model programs for computational science: A programming methodology for multicomputers», *Concurr. Pract. Exp.*, vol. 5, n.º 5, pp. 407–423, 1993.
- [4] V. Bharadwaj, D. Ghose, y T. G. Robertazzi, «Divisible Load Theory: A New Paradigm for Load Scheduling in Distributed Systems», *Clust. Comput.*, vol. 6, n.º 1, pp. 7–17, ene. 2003.
- [5] D. S. Hirschberg, A. K. Chandra, y D. V. Sarwate, «Computing Connected Components on Parallel Computers», *Commun ACM*, vol. 22, n.º 8, pp. 461–464, ago. 1979.
- [6] Q. F. Stout, «Supporting divide-and-conquer algorithms for image processing», *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 4, n.º 1, pp. 95–115, 1987.
- [7] L. M. Silva y R. Buyya, «Parallel programming models and paradigms», *High Perform. Clust. Comput. Archit. Syst.*, vol. 2, pp. 4–27, 1999.
- [8] I. Foster y C. Kesselman, Eds., *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999.
- [9] Q. Morante, N. Ranaldo, A. Vaccaro, y E. Zimeo, «Pervasive grid for large-scale power systems contingency analysis», *IEEE Trans. Ind. Inform.*, vol. 2, n.º 3, pp. 165–175, ago. 2006.
- [10] B. Jacob y International Business Machines Corporation, Eds., *Introduction to grid computing*, 1st ed. United States? IBM, International Technical Support Organization, 2005.
- [11] K. B. Parmar, N. N. Jani, P. S. Shrivastav, y M. H. Patel, «Mobile Grid Computing: Facts or Fantasy?», *IJMSE*, vol. 4, n.º 1, p. 8, J ANUARY 2013.
- [12] «En Colombia hay 55 millones de líneas de telefonía móvil», *ElEspectador*, 30-mar-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/colombia-hay-55-millones-de-lineas-de-telefonía-movil-articulo-552382>. [Accedido: 19-may-2016].



## Ingeniería de Sistemas

- [13] «Colombia, el país de los 'smartphones'». [En línea]. Disponible en: <http://www.semana.com/tecnologia/articulo/colombia-el-pais-de-los-smartphones/432806-3>. [Accedido: 19-may-2016].
- [14] S. P. Ahuja y J. R. Myers, «A survey on wireless grid computing», *J. Supercomput.*, vol. 37, n.º 1, pp. 3–21, 2006.
- [15] J. M. Rodriguez, A. Zunino, y M. Campo, «Introducing mobile devices into Grid systems: a survey», *Int. J. Web Grid Serv.*, vol. 7, n.º 1, pp. 1-40, ene. 2011.
- [16] «Hospital construction survey results are in».
- [17] N. Palmer, R. Kemp, T. Kielmann, y H. Bal, «Ibis for mobility: solving challenges of mobile computing using grid techniques», 2009, pp. 1-6.
- [18] L. dos S. Lima, A. T. A. Gomes, A. Ziviani, M. Endler, L. F. G. Soares, y B. Schulze, «Peer-to-peer resource discovery in mobile Grids», 2005, pp. 1-6.
- [19] J. M. Jaehnert, S. Wesner, y V. A. Villagra, *The akogrimo mobile grid reference architecture-overview*. Citeseer.
- [20] A. Wolff, S. Michaelis, J. Schmutzler, y C. Wietfeld, «Network-centric Middleware for Service Oriented Architectures across Heterogeneous Embedded Systems», 2007, pp. 105-108.
- [21] A. Coronato y G. De Pietro, «MiPeG: A middleware infrastructure for pervasive grids», *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 24, n.º 1, pp. 17-29, ene. 2008.
- [22] A. Litke, D. Halkos, K. Tserpes, D. Kyriazis, y T. Varvarigou, «Fault tolerant and prioritized scheduling in OGSA-based mobile Grids», *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 21, n.º 4, pp. 533-556, mar. 2009.
- [23] R. R. García, «Grids Accesibles», Pontificia Universidad Javeriana.
- [24] D. P. Anderson, «BOINC: a system for public-resource computing and storage», en *Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, 2004. Proceedings*, 2004, pp. 4-10.
- [25] k R Sriraman, «Grid Computing on Mobile Devices». ALTIMETRIK.
- [26] L. Ibanez, W. Schroeder, L. Ng, y J. Cates, «The ITK software guide», 2003.
- [27] «ITK - Segmentation & Registration Toolkit». [En línea]. Disponible en: <https://itk.org/>. [Accedido: 20-may-2016].
- [28] H. Ba, W. Heinzelman, C.-A. Janssen, y J. Shi, «Mobile computing - A green computing resource», en *2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2013, pp. 4451-4456.
- [29] «Disciplined Agile 2.0 A Process Decision Framework for Enterprise I.T.», *Disciplined Agile 2.0*, 08-abr-2014. .
- [30] The Process Group, «DECISION ANALYSIS AND RESOLUTION PROCESS», *POST*, vol. 12, No. 2, oct-2005.
- [31] «Full Agile Delivery Lifecycles», *Disciplined Agile 2.0*, 06-may-2014. .
- [32] «Worldwide Smartphone Growth Forecast to Slow from a Boil to a Simmer as Prices Drop and Markets Mature, According to IDC», *www.idc.com*. [En línea].



## Ingeniería de Sistemas

Disponible en: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25282214>.  
[Accedido: 19-may-2016].

- [33] G. F. Pfister, *In Search of Clusters (2Nd Ed.)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1998.
- [34] A. E. De Giusti, M. Naiouf, L. C. De Giusti, F. Chichizola, M. M. Denham, I. P. Rodriguez, A. Pousa, J. E. Pettoruti, D. M. Montezanti, D. Encinas, y others, «Algoritmos paralelos sobre arquitecturas multicluster y GRID», en *IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2007.
- [35] University of California, «The BOINC Wrapper», *Boinc Open-source software for volunteer computing*, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/WrapperApp>. [Accedido: 19-may-2016].
- [36] «Introduction to Algorithms», *MIT Press*. [En línea]. Disponible en: <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-algorithms>. [Accedido: 19-may-2016].
- [37] D. West, «How mobile devices are transforming healthcare», *Issues Technol. Innov.*, vol. 18, n.º 1, pp. 1–11, 2012.
- [38] M. Boulos, S. Wheeler, C. Tavares, y R. Jones, «How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX», *Biomed. Eng. OnLine*, vol. 10, n.º 1, p. 24, 2011.
- [39] «OGSI.net Main page». [En línea]. Disponible en: <http://www.cs.virginia.edu/~gsw2c/ogsi.net.html>. [Accedido: 09-may-2016].
- [40] D. C. Chu y M. Humphrey, «Mobile OGSI.NET: Grid Computing on Mobile Devices», en *Proceedings of the 5th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing*, Washington, DC, USA, 2004, pp. 182–191.
- [41] M. Alia, S. Hallsteinsen, N. Paspallis, y F. Eliassen, «Managing Distributed Adaptation of Mobile Applications», en *Distributed Applications and Interoperable Systems*, J. Indulska y K. Raymond, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 104-118.
- [42] J. Dean y S. Ghemawat, «MapReduce: simplified data processing on large clusters», *Commun. ACM*, vol. 51, n.º 1, pp. 107–113, 2008.
- [43] A. Dou, V. Kalogeraki, D. Gunopulos, T. Mielikainen, y V. H. Tuulos, «Using mapreduce framework for mobile applications», *Multimed. Serv. Streaming Mob. Devices Chall. Innov.*, vol. 181, 2011.
- [44] A. Dou, V. Kalogeraki, D. Gunopulos, T. Mielikainen, y V. H. Tuulos, «Misco: A MapReduce Framework for Mobile Systems», en *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, New York, NY, USA, 2010, p. 32:1–32:8.
- [45] Austin Davis y Ronald Lai, «Elastic Parallel Execution Framework on Android», *15-418 S14: Parallel Computer Architecture and Programming*, 2014. [En línea].





## Ingeniería de Sistemas

Disponible en: <https://www.contrib.andrew.cmu.edu/~awdavis/15418/project/>.  
[Accedido: 19-may-2016].

- [46] University of California, «BOINC», *Boinc Open-source software for volunteer computing*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://boinc.berkeley.edu/>. [Accedido: 19-may-2016].
- [47] J. P. Folador, «Desenvolvimento de um software para análise de eletrocardiogramas utilizando dispositivos móveis», Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2015.
- [48] W. Y. Zeng, Y. L. Zhao, J. W. Zeng, y W. Song, «Mobile Grid Architecture Design and Application», en *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2008, pp. 1-4.