



PRESENTACIÓN PROYECTO DE TITULACIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA

1. TÍTULO DEL PROYECTO

“Computación paralela en el HPC: Técnicas de optimización y escalabilidad para aplicaciones científicas y de ingeniería, con enfoque en la comunicación de servicios de emergencia”

2. IDENTIFICACIÓN DEL ALUMNO

Nombre Completo	Sebastian Ignacio Allende Cuello
ID	20.011.568-6
Carrera	Ingenieria Civil Informatica y Telecomunicaciones
Año de Titulación	2023
Dirección	Los Alerces 2700, Ñuñoa, Santiago
Correo Electrónico	sallendec@uft.edu
Celular	+569 6822 4559
Profesor Guía	Dario Rojas



USO INTERNO DE LA ESCUELA

PROFESOR

COMISIÓN _____

PROFESOR

COMISIÓN _____

CALIFICACIONES:



3. RESUMEN

En la era moderna de la información, el progreso científico y de ingeniería se fundamenta en la capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos. Una investigación de calidad superior se logra a través del acceso a un gran poder computacional superior a máquinas cotidianas de uso, en combinación con un estudio detallado del área. En este contexto, la Computación de Alto Rendimiento (HPC) emerge como un catalizador esencial para obtener conclusiones más precisas y fundamentadas con respecto a los datos procesados.

Los sistemas multiagente, donde diversas entidades o "agentes" interactúan entre sí y con su entorno, representan un área de investigación creciente. Estos sistemas pueden simular eficazmente situaciones de la vida real en diversas escalas, entregando datos de confianza para impulsar la toma de decisión.

Las simulaciones basadas en sistemas multiagente permiten a los investigadores explorar una variedad de escenarios, comprender sistemas y fenómenos complejos y prever comportamientos en diferentes circunstancias. La gran ventaja de los sistemas multiagente radica en su nivel de realismo y detalle, proporcionando una valiosa herramienta para analizar e incluso llevarlo a una mejora continua de los servicios de emergencia reales en entornos aislados, visualizando su comportamiento a lo largo de un tiempo determinado.

No obstante, a medida que la escala de estas simulaciones aumenta, también lo hace la demanda de recursos computacionales. Este aumento exponencial de necesidades presenta desafíos significativos para la eficiencia y el rendimiento.

En esta tesis, emplearemos el simulador RoboCup Rescue en un entorno de HPC, proporcionado por la plataforma NLHPC (Acerca del NLHPC | NLHPC, s. f.), para explorar técnicas de optimización y escalabilidad utilizando algoritmos de comunicación e implementar una lógica de coordinación en la toma de decisiones de comunicación de servicios de emergencia. Mediante el uso de OpenJDK Java 17 y Gradle. Se propone una metodología para implementar y mejorar la eficiencia de estos sistemas en contextos de alta demanda.

Se espera que los hallazgos de este estudio hagan una contribución significativa al campo al permitir a otros investigadores a entender cómo se utiliza un entorno aislado de HPC con sus propias simulaciones y fomentar el uso efectivo de los recursos. Este trabajo tiene el potencial de impulsar el progreso en numerosas áreas de la ciencia y la ingeniería al desvelar el potencial de los entornos HPC y al demostrar cómo pueden utilizarse para optimizar las simulaciones de sistemas multiagentes.

En resumen, esta tesis se centra en el uso de HPC para implementar comunicación con multiagentes en base a las hallazgos que ocurran en un tiempo determinado, se busca mejorar el rendimiento de las simulaciones de sistemas multiagente, permitiendo un procesamiento más eficiente y una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados. Los resultados de esta investigación tendrán un impacto significativo en varios campos científicos y sentarán las bases para futuros avances en simulaciones de sistemas multiagente a gran escala.

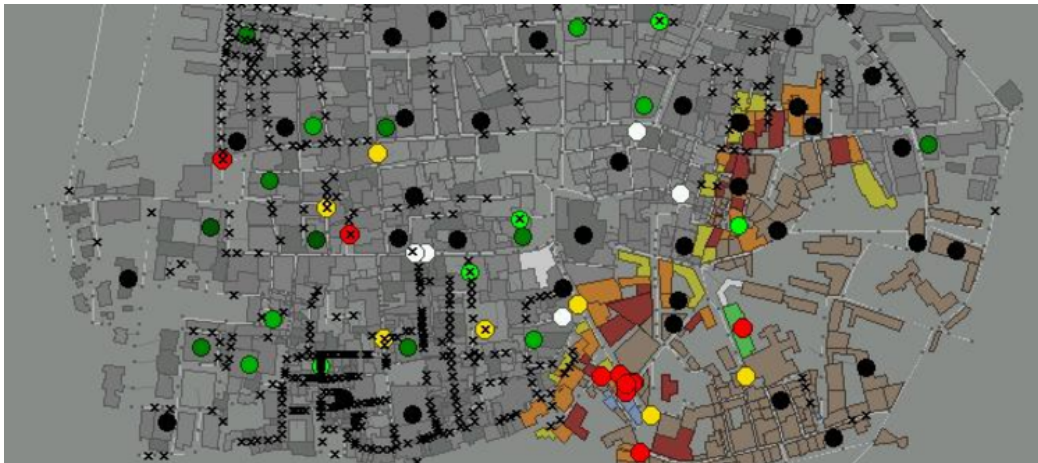


Figura 1: Simulador RoboCup



4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el panorama contemporáneo de la ciencia y la ingeniería, el análisis de datos a gran escala y la simulación de sistemas complejos son fundamentales. Gracias a los avances en tecnología de la información, los investigadores tienen acceso a grandes cantidades de datos, lo que a su vez ha generado la necesidad de herramientas de procesamiento más potentes y eficientes. En este contexto, las simulaciones de sistemas multiagentes han demostrado su utilidad en una variedad de campos (Davidsson, 2002).

Los sistemas multiagentes permiten modelar y simular sistemas complejos, en los que múltiples entidades o "agentes" interactúan entre sí y con su entorno. Este enfoque ofrece un nivel de detalle y realismo que difícilmente se logra con otros métodos. Sin embargo, a medida que la escala de estas simulaciones se incrementa, también lo hace la demanda de recursos computacionales (Olarie, 2016). En consecuencia, surgen necesidades de estrategias de optimización y escalabilidad para mejorar el rendimiento de estas simulaciones, especialmente en entornos de Computación de Alto Rendimiento (HPC).

A pesar de los avances en la tecnología de HPC, aún existen desafíos para su implementación eficiente. Los problemas comunes incluyen la escalabilidad de las simulaciones a medida que aumenta el número de procesadores y la optimización del uso de memoria y tiempo de cálculo. Estos desafíos representan una barrera significativa para la realización de simulaciones de sistemas multiagentes a gran escala, frenando el progreso en numerosas disciplinas científicas y de ingeniería.

Además, aunque existen diversas técnicas y estrategias para optimizar el rendimiento de las simulaciones en entornos de HPC, a menudo estas no son accesibles y comprensibles para los investigadores sin un conocimiento profundo de la computación paralela. Esta barrera limita la capacidad de los investigadores para utilizar de manera efectiva los recursos de HPC en sus proyectos.

Por tanto, es evidente la necesidad de investigar y desarrollar técnicas de optimización y escalabilidad para las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos de HPC, además de hacer que estas técnicas sean más accesibles para los investigadores. Este proyecto surge precisamente para atender esta necesidad, explorando dichas técnicas y aplicándolas a un caso de estudio concreto. El objetivo es mejorar la eficiencia y la escalabilidad de las simulaciones de sistemas multiagentes, facilitando un mejor uso de los recursos de HPC y, en consecuencia, impulsando los avances en diversas disciplinas de la ciencia y la ingeniería.

Por otro lado, la comunicación de los servicios de emergencia es fundamental para garantizar una respuesta rápida y eficiente en situaciones de crisis en las ciudades. La comunicación eficaz entre los distintos servicios de emergencia en un entorno urbano dinámico y complejo es esencial para coordinar acciones y asegurar una respuesta coherente y eficaz. La falta de una comunicación fluida puede resultar en retrasos, confusiones y efectos adversos en la gestión de la crisis.

La comunicación de los servicios de emergencia abarca muchos aspectos, incluyendo la coordinación de recursos y personal, la transmisión de información sobre la naturaleza y la ubicación de la emergencia, y el intercambio de datos en tiempo real para una toma de decisiones informada. Este desafío se vuelve aún más crítico en entornos urbanos de alta densidad y complejidad de infraestructura.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) juegan un papel vital en mejorar la comunicación entre los servicios de emergencia. Sistemas de comunicación avanzados, como redes de banda ancha, sistemas de radio digital y aplicaciones móviles, pueden potenciar la transmisión de datos en tiempo real y la colaboración entre los servicios de emergencia. En situaciones de emergencia, las técnicas de sistemas multiagente también pueden ser empleadas para mejorar la coordinación y la toma de decisiones. Los sistemas multiagente permiten modelar y simular la interacción entre diferentes actores, como los servicios de emergencia y los ciudadanos. Estos sistemas pueden optimizar la asignación de recursos y adaptarse dinámicamente a condiciones cambiantes mediante el uso de algoritmos inteligentes y reglas de comportamiento.

En resumen, la eficaz comunicación de los servicios de emergencia en las ciudades es indispensable para garantizar una respuesta adecuada a las crisis. Las TIC y los enfoques basados en sistemas multiagente pueden mejorar considerablemente esta comunicación. La investigación y desarrollo de soluciones novedosas en este campo pueden mejorar significativamente la seguridad y el bienestar de los ciudadanos, y ayudar a construir ciudades más resilientes y preparadas para emergencias.

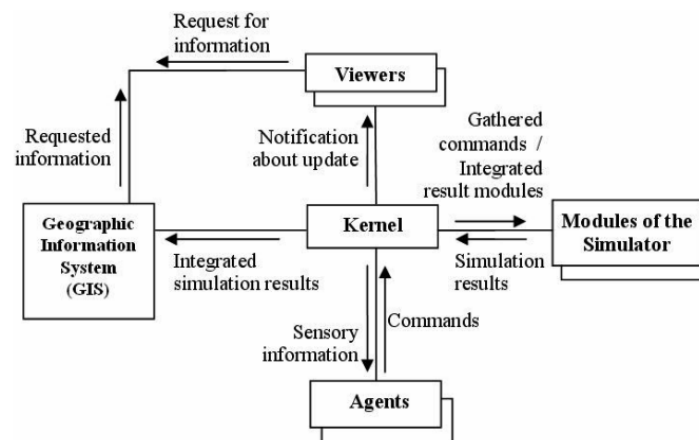


Figura 2: RoboCup Rescue Simulation System



5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema central que esta investigación busca abordar se relaciona con la escalabilidad y optimización de las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos de computación de alto rendimiento (HPC). Esta problemática es particularmente relevante en varias áreas de la ingeniería y las ciencias, donde la capacidad de modelar y simular sistemas complejos es esencial.

En la ingeniería de sistemas y la informática moderna, los sistemas multiagentes se utilizan para modelar sistemas complejos, en los que múltiples entidades interactúan entre sí y con su entorno. Estas simulaciones pueden ser extremadamente útiles, pero a medida que aumenta su escala, también lo hace la demanda de recursos computacionales como se nombró anteriormente.

Además, en la ingeniería de software y la programación paralela, el problema se amplifica aún más. Aunque existen técnicas y estrategias para optimizar el rendimiento de las simulaciones en entornos de HPC, estas a menudo no son fácilmente accesibles o comprensibles para los investigadores sin un conocimiento profundo de la computación paralela. Esto puede limitar la capacidad de los ingenieros y científicos para utilizar de manera efectiva los recursos de HPC en sus proyectos.

En el campo de la ingeniería de datos, el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos es otro problema asociado. Las simulaciones de sistemas multiagentes a gran escala pueden generar grandes cantidades de datos que deben ser gestionados de manera eficiente. Esto puede requerir soluciones de ingeniería de datos que permitan un almacenamiento, acceso y análisis de datos eficientes.

Es por esto, que el problema que se aborda en esta tesis es multifacético, abarcando áreas de la ingeniería de sistemas, software, programación paralela y datos. El objetivo es desarrollar y aplicar técnicas de optimización y escalabilidad para las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos de HPC, permitiendo un uso más eficiente de estos recursos y promoviendo el avance en disciplinas que dependen de estas simulaciones.

Además de los problemas técnicos mencionados, es imperativo utilizar estas técnicas de optimización y escalabilidad en un caso de estudio específico y relevante en el ámbito de las aplicaciones científicas y de ingeniería. La comunicación de servicios de emergencia en entornos urbanos se destaca como un área crucial que se beneficiaría enormemente de mejoras en la escalabilidad y eficiencia de las simulaciones de sistemas multiagentes.

En situaciones de crisis, la comunicación efectiva entre los servicios de emergencia es esencial para coordinar y agilizar las acciones de respuesta para no contar con contratiempos. Los investigadores podrían evaluar y mejorar las estrategias de comunicación y coordinación en caso de emergencia al modelar y simular escenarios realistas y complejos en entornos urbanos. Pero para garantizar resultados confiables y rápidos que puedan informar la toma de decisiones en tiempo real, la escalabilidad y la eficiencia de estas simulaciones son cruciales.



Como resultado, el problema que se aborda en esta tesis es el siguiente: ¿Cómo se puede optimizar y mejorar la escalabilidad de las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos HPC para la comunicación de servicios de emergencia en entornos urbanos? El objetivo es crear métodos y técnicas de optimización específicos para abordar este desafío. Esto se debe a las características de la comunicación en situaciones de emergencia y la necesidad de resultados rápidos y confiables.

La solución a este problema tendría un impacto directo en la seguridad y el bienestar de los ciudadanos, además de mejorar la comprensión de los sistemas de comunicación de servicios de emergencia en entornos urbanos. Al mejorar la escalabilidad y eficacia de las simulaciones de sistemas multiagentes en este contexto, se podrían identificar e implementar estrategias más efectivas de comunicación en situaciones de emergencia, lo que podría salvar vidas y reducir los daños.

En conclusión, este planteamiento del problema enfatiza la importancia de abordar la escalabilidad y la eficiencia en las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos HPC, con un enfoque particular en la comunicación de servicios de emergencia en entornos urbanos. La solución a este problema representa un avance significativo en la ingeniería y las ciencias de la emergencia, ya que podría mejorar la seguridad y la eficacia de la comunicación en situaciones de crisis.

6. SOLUCIÓN PROPUESTA

El objetivo de esta tesis es mejorar la comunicación de servicios de emergencia en el entorno de RoboCup mediante el desarrollo de métodos de escalabilidad y optimización. Este proyecto se basa en el hecho de que los agentes deben coordinarse de manera efectiva en situaciones de emergencia, donde la comunicación fluida y eficiente es esencial para una respuesta rápida y precisa.

En primer lugar, se revisará la literatura existente sobre computación paralela y optimización de alto rendimiento (HPC) para aplicar de forma eficiente una simulación de sistemas multiagentes. La plataforma HPC de NLHPC ayudará a identificar las mejores prácticas y técnicas en entornos similares y brindará una base sólida para el desarrollo de nuevas estrategias.

Las técnicas de optimización y escalabilidad, como los algoritmos de coordinación de multiagentes y las estrategias específicas, se implementarán y probarán en un entorno de simulación de RoboCup Rescue. Esto permitirá evaluar su capacidad para mejorar la comunicación entre los agentes de emergencia y evaluar su impacto en el rendimiento y la eficiencia. En situaciones de emergencia, se busca optimizar la coordinación y la interacción entre los agentes mediante la implementación de estos algoritmos y estrategias. Estas pruebas proporcionarán información útil sobre la eficacia de estas técnicas y su capacidad para mejorar la comunicación en entornos de estrés y tiempo crítico.

Se llevarán a cabo experimentos y pruebas detalladas para evaluar el impacto de los métodos utilizados. Se examinará la capacidad de los agentes para trabajar juntos de manera efectiva, compartir datos pertinentes y tomar decisiones rápidas.

Se espera que los hallazgos de esta investigación entreguen mejoras significativas en la comunicación de servicios de emergencia gracias al repositorio que nos brinda RoboCup Rescue. Estos hallazgos pueden influir significativamente en la creación de sistemas de respuesta ante emergencias más eficientes y efectivos en entornos urbanos.

Finalmente, este proyecto propone la creación de métodos de escalabilidad y optimización para mejorar la comunicación de los servicios de emergencia en el entorno simulado. Se busca mejorar la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia al mejorar la coordinación y la eficiencia de los agentes y contribuir al desarrollo de sistemas de respuesta más eficientes y efectivos en entornos urbanos.

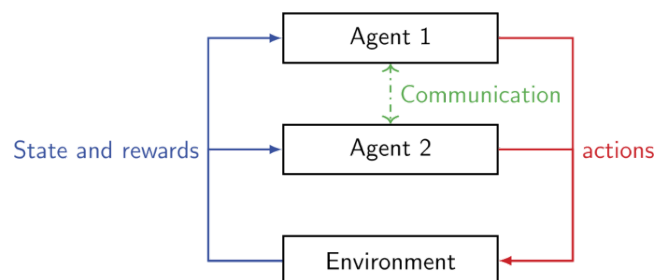


Figura 3: Ejemplo de la comunicación multiagente



7. OBJETIVOS

El propósito general de este trabajo de titulación es desarrollar y aplicar técnicas de optimización y escalabilidad para mejorar la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes, utilizando la plataforma NLHPC como medio de simulación.

7.1 OBJETIVOS GENERALES

Buscar eficiencia en la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes a través del desarrollo y aplicación de técnicas de optimización y escalabilidad, utilizando la plataforma HPC como medio de realización de pruebas simuladas y creando un manual de uso para su uso.

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un estudio exhaustivo de las técnicas y algoritmos de comunicación en sistemas multiagentes utilizados en servicios de emergencia con el objetivo de identificar las mejores prácticas y estrategias utilizadas actualmente.
2. Utilizar la plataforma NLHPC como medio de simulación y evaluación para desarrollar técnicas de optimización y escalabilidad adaptadas a la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes.
3. Implementar y evaluar la eficacia de las técnicas creadas en un entorno de simulación utilizando la plataforma NLHPC para evaluar su capacidad para mejorar la comunicación entre los agentes de servicios de emergencia.
4. Crear un manual de uso detallado que proporcione pautas claras y ejemplos prácticos para la implementación efectiva de las técnicas de optimización y escalabilidad en sistemas multiagentes utilizando la plataforma NLHPC.
5. Evaluar el desempeño y la eficacia de los métodos utilizados para mejorar la comunicación de servicios de emergencia utilizando métricas pertinentes como la latencia, el flujo, proximidad entre otros.
6. Registrar y difundir los hallazgos de la investigación tanto a través de informes técnicos como de publicaciones científicas con el objetivo de compartir los hallazgos y promover la aplicación de las técnicas desarrolladas en la comunidad científica y de ingeniería.
7. Desarrollar materiales de capacitación y colaborar con otros investigadores y profesionales del campo para promover el uso efectivo de la plataforma NLHPC como herramienta para la simulación de diferentes instituciones y mejorar la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes.

8. METODOLOGÍA A EMPLEAR

La metodología de esta tesis se basará en una investigación aplicada, enfocada en el diseño, implementación y evaluación de técnicas de optimización y escalabilidad para las simulaciones de sistemas multiagentes en HPC. A continuación, se describen las principales etapas de la metodología:

1. **Revisión de la Literatura:** Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre simulaciones de sistemas multiagentes, computación paralela, y técnicas de optimización y escalabilidad en HPC. Esto permitirá establecer un marco teórico sólido y comprender el estado actual del arte en estos campos.
2. **Diseño de las Técnicas de Optimización y Escalabilidad:** Basándose en la revisión de la literatura, se diseñarán técnicas específicas de optimización y escalabilidad adaptadas a la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes. Estas técnicas se centrarán en mejorar la eficiencia y la escalabilidad de las simulaciones.
3. **Implementación:** Las técnicas diseñadas se implementarán en un entorno de simulación utilizando software de simulación de sistemas multiagentes y la plataforma NLHPC. Se llevará a cabo un trabajo de programación y depuración para asegurar el correcto funcionamiento de las técnicas implementadas.
4. **Evaluación:** Se realizarán pruebas exhaustivas para evaluar el rendimiento de las técnicas de optimización y escalabilidad implementadas. Se utilizarán herramientas de análisis y perfilado para medir el impacto de estas técnicas en términos de eficiencia y escalabilidad de la comunicación de servicios de emergencia en sistemas multiagentes.
5. **Formación en NLHPC:** Se creará un manual de uso detallado para facilitar la implementación de las técnicas de optimización y escalabilidad en sistemas multiagentes utilizando la plataforma NLHPC. Este manual explicará cómo utilizar la plataforma, cómo implementar las técnicas desarrolladas y las ventajas de utilizar NLHPC para mejorar la comunicación de servicios de emergencia.

Durante todo el proceso, se seguirán principios de investigación rigurosa, asegurando la replicabilidad y la transparencia de los resultados. Además, se documentará y compartirá de manera abierta todos los códigos y datos generados durante el proyecto, permitiendo que otros investigadores puedan reproducir y ampliar los resultados de la investigación.



9. ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto se enfocará principalmente en la optimización y escalabilidad de las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos de computación de alto rendimiento (HPC). A continuación, se detallan los alcances y las limitaciones de este estudio:

Alcances:

1. **Optimización y escalabilidad de simulaciones de sistemas multiagentes:** El objetivo principal de este proyecto es desarrollar y aplicar técnicas de optimización y escalabilidad para mejorar el rendimiento de las simulaciones de sistemas multiagentes en entornos de HPC.
2. **Uso de la plataforma NLHPC:** El proyecto se centrará en la utilización de la plataforma NLHPC para llevar a cabo las simulaciones de sistemas multiagentes. Se buscará fomentar el uso de esta plataforma en el contexto universitario y de investigación.
3. **Documentación y formación:** Como parte del proyecto, se proporcionará documentación detallada sobre las técnicas desarrolladas y se elaborará una guía sobre el uso de la plataforma NLHPC para simulaciones de sistemas multiagentes.

Limitaciones:

1. **Recursos computacionales:** La investigación estará limitada por los recursos computacionales que nos brinde para su uso la plataforma NLHPC. Esto puede afectar el tamaño y la complejidad de las simulaciones que pueden ser ejecutadas.
2. **Foco en sistemas multiagentes:** El proyecto se centrará en las simulaciones de sistemas multiagentes. Aunque estas técnicas pueden ser aplicables a otros tipos de simulaciones, su eficacia en estos contextos no será explorada en detalle en este estudio.
3. **Generalización de los resultados:** Aunque el proyecto buscará desarrollar técnicas que sean ampliamente aplicables, los resultados obtenidos estarán basados en un caso de estudio específico. Por lo tanto, la generalización de los resultados a otros casos de estudio puede requerir ajustes adicionales.
4. **Tiempo de la investigación:** El desarrollo de este proyecto está sujeto a un tiempo determinado, por lo que puede haber limitaciones en cuanto a la profundidad de la investigación y la cantidad de técnicas de optimización y escalabilidad que puedan ser exploradas y evaluadas.

10. PLAN DE TRABAJO

Nombre Etapa	Descripción y Resultados Esperados	Fechas Comienzo y Fin
Fase 1: Preparación y planificación	Análisis y familiarización con el framework Java para la implementación de sistemas multiagentes. Identificación de desafíos y objetivos particulares en la comunicación de sistemas de emergencia a través de la revisión de trabajos existentes. Diseño detallado del modelo de simulación del sistema multiagente para modelar la comunicación de servicios de emergencia.	13-5-23 30-6-23
Fase 2: Desarrollo e implementación	Implementación del modelo de simulación en el entorno de HPC usando el framework de Java. Aplicación y ajuste de técnicas de optimización y escalabilidad para el modelo de simulación. Realización de pruebas iniciales para evaluar la eficacia de las técnicas implementadas.	1-7-23 15-9-23
Fase 3: Evaluación y Mejoras	Evaluación detallada del rendimiento y escalabilidad del modelo de simulación, seguido de iteraciones y mejoras basadas en los resultados de la evaluación.	16-9-23 30-11-23
Fase 4: Documentación y Diseminación	Creación de documentación detallada del proyecto que incluye el diseño, implementación, técnicas aplicadas y resultados obtenidos. Preparación del material para la presentación de los resultados a la comunidad científica y la preparación de manuscritos para la publicación.	1-12-23 31-12-23

Duración del Proyecto: 40 semanas

Dedicación promedio semanal: 7 Hrs./semana (depende de tu disponibilidad)

El plan de trabajo se explica más detalladamente en el archivo adjunto de Carta Gantt.



11. TEMARIO DETALLADO TENTATIVO

1. Introducción
 - 1.1 Antecedentes
 - 1.2 Justificación del Proyecto
 - 1.3 Objetivos del Proyecto
 - 1.4 Alcance y Limitaciones
2. Marco Teórico
 - 2.1 Sistemas Multiagentes
 - 2.2 Computación de Alto Rendimiento (HPC)
 - 2.3 Optimización y Escalabilidad en Simulaciones de Sistemas Multiagentes
3. Metodología
 - 3.1 Descripción de la Metodología de Desarrollo
 - 3.2 Diseño de la Metodología
4. Desarrollo e Implementación
 - 4.1 Preparación y Configuración del Entorno de HPC
 - 4.2 Diseño e Implementación del Sistema Multiagente
 - 4.3 Implementación de Técnicas de Optimización y Escalabilidad
5. Ingeniería de Datos
 - 5.1 Desarrollo e Implementación de la Ingeniería de Datos en las Simulaciones
6. Evaluación y Mejora
 - 6.1 Análisis y Evaluación del Rendimiento de las Simulaciones
 - 6.2 Comparación con Otros Enfoques
 - 6.3 Ajustes basados en los Resultados
7. Resultados y Discusión
 - 7.1 Descripción e Interpretación de los Resultados
 - 7.2 Discusión
8. Conclusiones y Recomendaciones
 - 8.1 Conclusiones
 - 8.2 Recomendaciones y Trabajo Futuro
9. Referencias
10. Anexos

Este es un temario tentativo y puede necesitar ajustes dependiendo del desarrollo de tu proyecto y de los resultados obtenidos.



12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davidsson, P. (2002). Multi agent based simulation: Beyond social simulation. Department of Software Engineering and Computer Science, University of Karlskrona/Ronneby. Recuperado de: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=fa31867d257e54ede301dddb05f5d85eedb7684d>
2. Olarte Zapata, S. (2016). Sociología computacional: Panorama colombiano (Trabajo de grado). Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de : <https://core.ac.uk/download/pdf/71399642.pdf>
3. Mei, C., Sun, Y., Zheng, G., Bohm, E. J., Kale, L. V., Phillips, J. C., & Harrison, C. (2011, November). Enabling and scaling biomolecular simulations of 100 million atoms on petascale machines with a multicore-optimized message-driven runtime. In Proceedings of 2011 International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (pp. 1-11). Recuperado de: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2063384.2063466>
4. Asanovic, K., Bodik, R., Catanzaro, B. C., Gebis, J. J., Husbands, P., Keutzer, K., Yelick, K. A. (2006). The landscape of parallel computing research: A view from berkeley. Recuperado de : <https://webdocs.cs.ualberta.ca/~paullu/C497/Public/parallel.computing.berkeley.EE-CS-2006-183.pdf>
5. Acerca del NLHPC | NLHPC. (s. f.). Recuperado de : <https://www.nlhpc.cl/acerca/>
6. Repositorio RoboCup Rescue: <https://github.com/roborescue/adf-core-java>
<https://github.com/roborescue/rcrs-server>
7. Página oficial RoboCup: <https://www.robocup.org/leagues/26>