

## Capítulo 7

### Conclusiones y Trabajo a Futuro

#### 7.1 Aportaciones

Por los resultados obtenidos de las pruebas que se aplicaron, podemos afirmar que el trabajo realizado en esta tesis es una buena opción para solucionar problemas de planeación de rutas para un actor digital. En general, a pesar de que en algunos casos la construcción del mapa se demoró por más de 10 minutos, el tiempo de respuesta a una consulta se mantuvo muy bajo, alrededor de 1 segundo. Esto es muy importante, pues deja abierta la posibilidad de utilizar esta solución en aplicaciones que requieren de un alto desempeño, por ejemplo, en comunidades virtuales disponibles a través de Internet. Además, considerando que la implementación se realizó por completo en Java, adaptarla para ser utilizada en aplicaciones web es factible.

Además, debido a que nuestra implementación permite configurar la construcción de los mapas, esto hace que su uso en una gran variedad de escenarios sea factible, pero también deja abierta la posibilidad de utilizarla en otros contextos en los que se requiera realizar planeación de rutas. Esto último representa la principal aportación de esta tesis, pues el trabajo aquí descrito puede adaptarse fácilmente a otras aplicaciones, y de esta manera, servir como punto de partida para desarrollar otros proyectos.

#### 7.2 Trabajo a futuro

**Implementación de variantes del método PRM.** La implementación descrita en esta tesis corresponde a la versión original del método PRM, por lo que a futuro se desea implementar otras variantes del método para poder responder a problemas de planeación más complejos. La versión original tiene problemas para determinar rutas que pasen por un corredor estrecho. Para solucionar este problema se han desarrollado variantes como las

descritas en [36] y [37] que atacan este problema. Otros aspectos en los que se puede explorar son la generación de configuraciones y las estrategias de conexión. Algunas opciones para esto se describen en [28]. Además, sería interesante poder considerar situaciones con ambientes dinámicos y con más de un robot, lo que plantearía problemas más complejos.

**Optimización en la detección de colisiones.** La detección de colisiones es fundamental para la planeación de rutas. Por esta razón, una optimización necesaria tiene que ver con la forma en que se lleva a cabo la revisión de detección de colisiones. En nuestra implementación del método PRM, esta revisión se realiza de forma secuencial entre el robot y cada uno de los obstáculos, por lo que una optimización de este tipo tendría un gran impacto en el tiempo de construcción del mapa. De esta manera, se podría mantener mapas más pequeños, y si es necesario, aumentarlos conforme sea necesario para poder responder a cualquier consulta. Una opción interesante para resolver este problema es el uso de árboles octales para dividir el espacio de trabajo en regiones, y de esta manera revisar si hay colisión entre el robot y los obstáculos que se encuentren en la misma región.

**Generación de movimientos más complejos.** Una optimización en la detección de colisiones nos permitiría extender el método para generar movimientos más complejos para el actor digital, que incluyan la manipulación de objetos. Una extensión de este tipo requeriría de un esqueleto más sofisticado, con un mayor número de articulaciones para permitir este tipo de movimientos. De esta manera, podríamos dotar de inteligencia y autonomía a los actores digitales.

**Mejoras a la interfaz de usuario.** La interfaz desarrollada en esta tesis sólo permite al usuario visualizar la información generada por el método PRM (mapa y rutas). Una perspectiva de trabajo a futuro es desarrollar el código necesario para que el usuario pueda editar los mapas generados por el método desde la interfaz. Por ejemplo, en algunos casos sería de gran utilidad el poder agregar o remover nodos, aristas y componentes de un mapa con el fin de optimizar la búsqueda de rutas. Otra posibilidad interesante es permitir al usuario agregar y remover obstáculos del espacio de trabajo, cambiar su ubicación, o bien

crearlos desde la interfaz. Además, para una mejor visualización de los elementos del espacio de trabajo, una buena opción es permitir que el usuario cambie el color de los obstáculos y del robot, así como de los nodos, aristas y componentes del mapa.

**Incursión en otras áreas.** Por último, a futuro se desea incursionar en otras áreas en las que la planeación de rutas tiene aplicaciones prácticas. Una de las más interesantes y prometedoras es la biología computacional en donde la planeación de rutas se aplica en el diseño de drogas.

### **7.3 Conclusión General**

El trabajo desarrollado en esta tesis representa nuestra primera incursión en el área de planeación de rutas y actores digitales. La solución que planteamos a este problema resultó ser una buena opción ya que las rutas generadas cumplieron con el requisito de mantener una apariencia real y se generaron en muy poco tiempo. Esto último nos genera satisfacción y al mismo tiempo es una fuente de motivación para seguir trabajando en el área y para explorar nuevas posibilidades. Sin embargo, el sistema desarrollado aún se encuentra en una etapa inicial, y requiere de más trabajo, antes de ser utilizado en una aplicación real.

En lo que respecta a la planeación de rutas y a los actores digitales, consideramos que éstas son áreas fascinantes y que seguirán generando el interés de un gran número de investigadores debido al gran número de aplicaciones que tienen y que seguramente seguirán surgiendo, y por esta razón nos gustaría continuar con este trabajo.