



INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE MONTERREY

DISEÑO DE AGENTES INTELIGENTES

GRUPO 201

Reflexiones Entregable 1 - Robot en suelo marciano.

Reporte Reto

Profesor:

Dr. Santiago Enrique Conant Pablos

Autores:

Rubén Darío Castro Terrazas (A00833945)

Jorge Raúl Rocha López (A01740816)

David Matamoros Alvarado (A01655865)

Pedro Fernández Merino (A01733006)

06 Mayo 2023

Contents

1	Caracterización del entorno de trabajo de un robot explorador en Marte	2
1.1	Investiguen qué tipo de sensores utilizaría un robot explorador diseñado para recorrer la superficie de Marte, similar al Perseverance Rover, y contesten las siguientes preguntas	2
1.1.1	¿Qué propósito tiene cada uno de los sensores del explorador?	2
1.1.2	¿Qué información proporciona cada uno de ellos?	2
1.1.3	De la información proporcionada por los sensores, ¿cuál consideran que es la más relevante para el robot para poder navegar de manera segura?	2
1.2	Indiquen qué actuadores requieren típicamente un robot explorador, y qué función realizan.	2
1.3	Completen la descripción PEAS para un robot explorador de la superficie marciana, indicando los elementos necesarios para medir el rendimiento del robot. ¿Qué elementos consideran evaluar para determinar si el robot está operando de manera racional?	3
1.4	Caractericen el entorno del robot explorador en términos de sus propiedades (observable vs parcialmente observable, competitivo vs cooperativo, determinístico vs estocástico, episódico vs secuencial, estático vs dinámico, discreto vs continuo, conocido vs no conocido). Justifiquen su respuesta.	3
1.5	¿Qué tipo de agente utilizarían para explorar Marte (reactivo simple, reactivo basado en modelos, basado en objetivos, basado en utilidad)? ¿Por qué?	3
1.6	¿Es necesario que el agente sea capaz de aprender durante su exploración? ¿Qué elementos debe mejorar con la experiencia?	4
2	Planeación de rutas para la exploración en Marte	4
2.1	Prueba de algoritmos de búsqueda	4
2.1.1	¿Qué algoritmos lograron encontrar una ruta válida?	5
2.1.2	¿Es necesario utilizar búsquedas informadas para este caso?	5
2.1.3	¿Qué función heurística resultó adecuada para este problema?	5
2.2	Rendimiento de los algoritmos de búsqueda para rutas cortas y largas	5
2.2.1	¿En qué casos el algoritmo es capaz de resolver el problema en un tiempo aceptable?	6
2.2.2	En los casos que el algoritmo no encuentra un resultado, ¿qué acciones se podrían realizar para ayudar al algoritmo a resolver el problema?	6
3	Descenso al fondo de un cráter en Marte	6
3.1	Búsqueda codiciosa	6
3.1.1	Prueba del algoritmo en la posición $x = 3350\text{metros}$ y $y = 5800\text{ metros}$	6
3.1.2	¿Hasta dónde es capaz el explorador de llegar?	7
3.1.3	¿Qué tan bueno es el algoritmo para llegar al fondo del cráter es los casos probados?	7
3.2	Búsqueda con recocido simulado	7
3.2.1	¿Hasta dónde es capaz el explorador de llegar?	7
3.2.2	¿Qué tan bueno es el algoritmo para llegar al fondo del cráter es los casos probados?	7
3.2.3	¿Qué algoritmo logra llegar más profundo en el cráter?	7
3.2.4	¿Recomendarían a los ingenieros del robot utilizar alguno de estos algoritmos?	7

1 Caracterización del entorno de trabajo de un robot explorador en Marte

1.1 Investiguen qué tipo de sensores utilizaría un robot explorador diseñado para recorrer la superficie de Marte, similar al Perseverance Rover, y contesten las siguientes preguntas

1.1.1 ¿Qué propósito tiene cada uno de los sensores del explorador?

- **Sensores para medir el clima:** Poder anticiparse si es que va a ocurrir alguna tormenta, para que el robot lo evite y no salga lastimado.[2]
- **Cámaras:** Evitar que el robot pueda chocar contra algo y hacerse daño, además también para percibir el entorno.[2]
- **MAHLI(Mars Hand Lens Imager):** Poder obtener información de los diferentes minerales que hay en la superficie marciana.[2]
- **MARDI:** Es una especie de cámara, la cual ayudó en seleccionar la mejor ruta a la hora de explorar el cráter de Gale.[2]
- **Alpha Particle X-Ray Espectrómetro:** Ayudar a identificar las diferentes propiedades que pueda tener las rocas y el suelo marciano.[2]

El propósito de la mayoría de los sensores es recabar información acerca de las condiciones que se tiene en el planeta Marte.

1.1.2 ¿Qué información proporciona cada uno de ellos?

- **REMS:** genera un reporte todos los días acerca de la presión atmosférica, humedad, radiación ultravioleta, la temperatura del suelo y del aire, alrededor del robot. [1]
- **Cámaras:** Imágenes y videos acerca de los distintos lugares por los que va pasando el robot.[2]
- **MAHLI y Alpha Particle X-Ray:** Información de la composición química de las rocas o el suelo en cuestión. [2]

1.1.3 De la información proporcionada por los sensores, ¿cuál consideran que es la más relevante para el robot para poder navegar de manera segura?

Consideramos que la información más relevante es la obtenida por las diferentes cámaras, ya que proporcionan información acerca del terreno en el que se está moviendo y sin esta información el robot no podría saber si su ruta está siendo buena o podría golpearse fácilmente.

1.2 Indiquen qué actuadores requieren típicamente un robot explorador, y qué función realizan.

- **Motores eléctricos:** Son los que generan movimiento para que el robot explorador pueda desplazarse de un lugar a otro.
- **Brazos robóticos:** De alguna manera el robot explorador tiene que tener la capacidad de recolectar o para analizar algo (puede ser una roca o un mineral) de manera más cerca. Lo que hace es agarrar algún elemento que considere importante en el entorno.
- **Sistemas de comunicación:** De alguna manera el robot debe de ser capaz de mandar la información de los distintos sensores que posee y de tener comunicación con personas en la Tierra para que en el caso de que ocurra algo inesperado, el robot pueda actuar en base a la información que recibe.

1.3 Completen la descripción PEAS para un robot explorador de la superficie marciana, indicando los elementos necesarios para medir el rendimiento del robot. ¿Qué elementos consideran evaluar para determinar si el robot está operando de manera racional?

El agente robot explorador tiene como propósito explorar y recopilar información acerca del entorno en el que se encuentra a través de diferentes sensores. Entre estos, sensores para medir el clima, cámaras, MAHLI, MARDI y el Alpha Particle X-Ray Espectrómetro. Con esta información, el agente consigue información necesaria para realizar sus tareas, siendo relevante que pueda observar su camino e identificar obstáculos y posibilidades de tomar diferentes direcciones. Además, hay que considerar el entorno al que el agente se debe adaptar, que corresponde a la superficie de un planeta Marte hostil, con irregularidades en su suelo, niveles más altos de radiación y menor presión atmosférica, así como temperaturas extremas.

Para lograr su propósito, es importante considerar las medidas de rendimiento descritas a continuación: que el robot pueda desplazarse con éxito de una coordenada inicial a una final e identifique los posibles caminos y los obstáculos en cada uno de ellos para conseguirlo (precisión); que la trayectoria que escoja para desplazarse sea una trayectoria óptima (en términos de eficiencia energética, tiempo de respuesta o almacenamiento en memoria, dependiendo de qué tan larga es la distancia a recorrer y qué tan importante sea el tiempo de solución en el planteamiento de la problemática).

Todo lo descrito con anterioridad se logra por medio de distintos actuadores. En particular motores electrónicos, que hacen posible desplazarse, así como sistemas de comunicación, que permiten enviar información recopilada a la Tierra y mantener una conexión que permita monitorear al robot desde este planeta. Por último, un agente se dice que es racional cuando considera todas las posibilidades y elige realizar una acción que sea eficiente. En este caso, se deben tomar en cuenta las diferentes posiciones para que escoja la que le convenga.

1.4 Caractericen el entorno del robot explorador en términos de sus propiedades (observable vs parcialmente observable, competitivo vs cooperativo, determinístico vs estocástico, episódico vs secuencial, estático vs dinámico, discreto vs continuo, conocido vs no conocido). Justifiquen su respuesta.

El entorno es parcialmente observable puesto que en ningún momento puede tener la información de todo lo que le rodea, tiene que tener un rango en el cual puede detectar ciertas cosas. Se puede decir que el ambiente es dinámico, puesto que el clima o el terreno pueden cambiar en cualquier momento, por ejemplo, como consecuencia de las diferentes tormentas. El entorno es continuo, pues se movería en una superficie con medidas de distancia continuas, así como también podría recopilar medidas como la temperatura o la presión de la atmósfera. El ambiente sería cooperativo si se llegara a enviar algún otro agente para ayudar a este primero en la realización de alguna tarea, por ejemplo, otro agente explorador trabajando en otra área del planeta.

El tiempo se puede decir que es secuencial, puesto que su comportamiento se ve afectado por su historia y percepciones anteriores, el agente debe de ser capaz de recordar lo que hizo para realizar una secuencia de tareas en un orden determinado y alcanzar diversos objetivos. El agente debe ser capaz de detectar obstáculos en su entorno y está sujeto a cambios aleatorios en él debido a las condiciones del planeta, por lo que es estocástico. Bajo el mismo razonamiento, el entorno es no conocido si se considera la totalidad del planeta; sin embargo, durante el proyecto se trabaja con un mapa de territorio conocido, por lo que este factor se vuelve conocido para el agente también.

1.5 ¿Qué tipo de agente utilizarían para explorar Marte (reactivo simple, reactivo basado en modelos, basado en objetivos, basado en utilidad)? ¿Por qué?

Dado que para explorar Marte el agente debe de adaptarse a la complejidad del entorno marciano y tomar decisiones en tiempo real. Consideramos que sería necesario tener un agente basado en objetivos. En objetivos podría ser ya que como cualquier misión de un robot, tiene un tiempo de vida útil antes de que los diferentes componentes se desgasten por las condiciones

del planeta, por lo que el robot debe de tener varios objetivos en cuanto a tomar muestras, analizar el terreno, documentara acerca del suelo y otra información que se considere relevante.

1.6 ¿Es necesario que el agente sea capaz de aprender durante su exploración? ¿Qué elementos debe mejorar con la experiencia?

Sí, debe de ser capaz de poder anticiparse a situaciones climáticas extremas como tormentas, ser bastante precavido con las diferentes alturas que puede haber en el planeta, tiene que ser capaz de identificar la topología del suelo para evitar golpearse o ser dañado. Así, el agente aprendería a evitar obstáculos más eficientemente o a identificar patrones en el suelo y relacionarlos con cierto tipo de mineral o terreno.

2 Planeación de rutas para la exploración en Marte

2.1 Prueba de algoritmos de búsqueda

Para el mapa de alturas presentado en esta actividad, utilicen al menos cuatro algoritmos de búsqueda para determinar una posible ruta de navegación desde la posición $x = 2850$ $y = 6400$ hasta el punto $x = 3150$ $y = 6800$. Entre los algoritmos de búsqueda, debe incluir el método A*.

Algoritmo de búsqueda A*:

```
Despues de moverse (10, 0) metros. Goal achieved!  
Meta lograda con un costo de 60  
3150 6800  
Elapsed time: 0.2071070671081543 seconds
```

Figure 1: Resultado de búsqueda A*

Algoritmo de búsqueda greedy:

```
Despues de moverse (10, 0) metros. Goal achieved!  
Meta lograda con un costo de 71  
3150 6800  
Elapsed time: 0.030220985412597656 seconds
```

Figure 2: Resultado de búsqueda greedy

Algoritmo de búsqueda de costo uniforme:

```
Despues de moverse (10, 0) metros. Goal achieved!  
Meta lograda con un costo de 60  
3150 6800  
Elapsed time: 0.6024670600891113 seconds
```

Figure 3: Resultado de búsqueda de costo uniforme

Algoritmo de búsqueda primero en profundidad:

```
Despues de moverse (-10, -10) metros. Goal achieved!  
Meta lograda con un costo de 33117  
3150 6800  
Elapsed time: 3424.268265724182 seconds
```

Figure 4: Resultado de búsqueda primero en profundidad

2.1.1 ¿Qué algoritmos lograron encontrar una ruta válida?

Se intentó con 4 algoritmos de búsqueda y 3 lograron una ruta válida en poco tiempo. El único algoritmo de búsqueda que no logró encontrar una ruta válida rápidamente fue el primero en profundidad. Tanto los algoritmos de A*, greedy y costo uniforme llegaron a la meta. No obstante, al intentar correr el código que utiliza el algoritmo primero en profundidad, el compilador se queda pensando sin llegar a una solución aparente. Tuvieron que transcurrir 40 minutos para que se pudiera encontrar una solución con este método. El equipo encontró sentido en esto, puesto que, por la naturaleza del algoritmo, encontrar una solución enfocándose solo en las ramas individualmente, explorándolas hasta su máximo nivel de profundidad; es natural que el algoritmo tenga que explorar un gran número de nodos antes de llegar a una solución. Al correrlo, el código da una solución válida, solo después de mucho tiempo, por lo que se podría considerar insuficiente en tiempo de ejecución, así como en memoria, considerando que se generarán muchos nodos durante la búsqueda debido a las posibilidades de diferentes caminos a tomar con cada decisión ya tomada.

2.1.2 ¿Es necesario utilizar búsquedas informadas para este caso?

Los algoritmos que tuvieron un mejor resultado en cuanto a tiempo de búsqueda y costo fueron los de búsqueda informada, por lo que podría decirse que no es necesario, pero es mejor para el rendimiento y el tiempo de espera. Además, considerando la naturaleza de los algoritmos y del problema, los algoritmos de búsqueda informada o no informada podrían servir más para distintas situaciones. En este caso, se desea utilizar los algoritmos de búsqueda para determinar rutas probables que permitan al robot explorador llegar a un objetivo deseado en una superficie con obstáculos. En este sentido, un algoritmo de búsqueda informada sería recomendable. Esto porque utilizar una heurística para guiar la búsqueda hacia el objetivo es beneficioso para el robot y permitiría reducir el espacio de la búsqueda.

2.1.3 ¿Qué función heurística resultó adecuada para este problema?

Lo que se hizo en la función heurística es retornar la distancia euclidiana con respecto al punto en donde está y el punto final, así, el equipo trabajó con una heurística de distancia que ayudaría a estimar el costo (la distancia) que implica hacer algún movimiento. Además, la heurística de distancia resulta útil porque permite que los algoritmos utilizados sean más eficientes al eliminar estados que no lleven hacia la solución óptima del problema y, así, reducir el espacio de búsqueda.

2.2 Rendimiento de los algoritmos de búsqueda para rutas cortas y largas

Seleccionen uno de los algoritmos de búsqueda probados en el apartado anterior de esta fase del proyecto, y determinen con éste rutas de navegación para al menos dos parejas de coordenadas que seleccionen ustedes mismos, de tal manera que el punto de partida y el objetivo no estén a más de 500 metros. Hagan lo mismo, pero con al menos dos parejas que tengan una distancia entre inicio y fin de mas de 1000 metros y menos de 5000 metros. Finalmente, prueben parejas de coordenadas que estén a una distancia mayor a 10000 metros.

```
[Done] exited with code=null in 135.457 seconds
```

Figure 5: Prueba con distancias entre 1000 y 5000 metros

```
[Done] exited with code=null in 100.483 seconds
```

Figure 6: Prueba con distancias mayores a 10000 metros

Estas son diferentes pruebas con puntos arbitrarios, con distancias mayores a 500 y luego con mayores a 10000. En ambos casos el programa tardaba demasiado, entonces se detuvo el programa.

2.2.1 ¿En qué casos el algoritmo es capaz de resolver el problema en un tiempo aceptable?

En el caso de los puntos a una distancia de menos de 500 metros.

2.2.2 En los casos que el algoritmo no encuentra un resultado, ¿qué acciones se podrían realizar para ayudar al algoritmo a resolver el problema?

Se podría cambiar la restricción de que la diferencia de altura sea mayor de 0.25, que sea menor o igual a 0.4, para que pueda tener mayor movilidad y, con eso, considerar más acciones posibles y tal vez encontrar una solución. La restricción de 0.25 de diferencia de altura limitaría al robot a solo tomar direcciones en las que el terreno no sufra un cambio de altura mayor a esta medida, cuando estos cambios podrían llevar a una solución más rápidamente.

3 Descenso al fondo de un cráter en Marte

3.1 Búsqueda codiciosa

El algoritmo de búsqueda codiciosa se basa en buscar la acción en la que el estado pueda ser beneficiado inmediatamente. Es decir, en este caso es buscar la menor diferencia de altura entre un píxel y otro (considerando que la diferencia no puede ser mayor a 2). Para probar la eficiencia de este algoritmo, utilizamos cinco posiciones distintas como meta del agente para ver que tan lejos de la posición inicial puede llegar.

3.1.1 Prueba del algoritmo en la posición $x = 3350$ metros y $y = 5800$ metros

Para nuestra posición meta más alejada, vimos que pudo encontrar la correcta serie de acciones para bajar en la coordenada (588,290) de la matriz, la cual representa una altura de 2.47 metros. A continuación presentaremos los resultados obtenidos de las diferentes posiciones meta que evaluamos desde la posición inicial.

Cabe mencionar que la coordenada que el agente arroja, es la coordenada que se utiliza para encontrarla en la matriz del mapa

Coordenada meta (transformada)	Costo (metros)	Altura
(3555,5323)	46.28	89.39
(3495,5434)	41.8593603515625	90.64911132812522
(2511,5464)	90.50873046875	98.46879882812522
(2641,5163)	103.39601562500002	37.21817871093772
(2913,4912)	154.1415185546875	2.4700292968752184

3.1.2 ¿Hasta dónde es capaz el explorador de llegar?

Como se mostró en la tabla anterior, pudimos ver que la altura mínima que el robot logró llegar es de 2.47, muy cerca del centro del mismo cráter. En el código anexado, se puede observar detalles como tiempo de ejercicios de cada ruta y el número de iteraciones realizadas.

3.1.3 ¿Qué tan bueno es el algoritmo para llegar al fondo del cráter es los casos probados?

En base a los resultados obtenidos, pudimos observar que se arrojaron buenos resultados, ya que las restricciones eran cubiertas en la función de acciones, la cual señalaba estrictamente en filtrar todas aquellas vecindades que tuvieran como valor -1 o si la diferencia de relieve resultará en mayor de dos metros.

3.2 Búsqueda con recocido simulado

3.2.1 ¿Hasta dónde es capaz el explorador de llegar?

Como se mostró en la tabla anterior, pudimos ver que la altura mínima que el robot logró llegar es de 2.47, muy cerca del centro del mismo cráter. En el código anexado, se puede observar detalles como tiempo de ejercicios de cada ruta y el número de iteraciones realizadas.

3.2.2 ¿Qué tan bueno es el algoritmo para llegar al fondo del cráter es los casos probados?

En base a los resultados obtenidos, pudimos observar que se arrojaron buenos resultados, ya que las restricciones eran cubiertas en la función de acciones, la cual señalaba estrictamente en filtrar todas aquellas vecindades que tuvieran como valor -1 o si la diferencia de relieve resultará en mayor de dos metros.

3.2.3 ¿Qué algoritmo logra llegar más profundo en el cráter?

Puesta en práctica, observamos que el algoritmo de búsqueda codiciosa es mejor que el de recocido simulado. Para el algoritmo de recocido simulado, establecimos una temperatura de $T = 1000$ y $\alpha = 0.95$

3.2.4 ¿Recomendarían a los ingenieros del robot utilizar alguno de estos algoritmos?

Recomendamos utilizar cualquiera de los dos algoritmos, encontramos que el recocido simulado es mas volatil en cuanto a los minimos que encuentra, pero eso esta relacionado a como esta implementado el codigo.

References

- [1] NASA Science. *REMS*. URL: <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/remss/>.
- [2] NASA Science. *SUMMARY*. URL: <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/summary/>.