

Capítulo 7.- Pruebas y resultados

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos durante la implementación del navegador. Se realizaron pruebas sobre el tiempo de respuesta del navegador utilizando enumeración explícita de vértices y apuntadores a una tabla de vértices, el tiempo empleado en generar árboles BSP y el número de polígonos obtenidos empleando varios métodos para generar el árbol y pruebas del tiempo de respuesta del navegador empleando varias técnicas de iluminación. Además se muestran imágenes comparativas de los modelos de iluminación de polígonos empleados.

7.1 Representación de polígonos

Para la elección de la estructura de datos para representar polígonos se implementaron las estructuras de enumeración explícita de vértices (EEV) y apuntadores a una tabla de aristas ATA (ver sección 2.1 y 6.2.1) en dos prototipos diferentes del navegador y se observó el tiempo de respuesta de la navegación de varias escenas. Las pruebas se realizaron dibujando los polígonos con la técnica de Lambert, repitiendo los mismos movimientos para cada escena (120 movimientos) y obteniendo el tiempo promedio de respuesta. Los resultados fueron los siguientes:

Escena	Cono y cubo	Cilindro	Computer	Mountain1	Balls1	Mountain4	Mountain5	Rings1
Polígonos	73	127	817	1533	2862	4008	11322	21557
Tiempo 1	0.1452	0.1556	0.2176	0.2785	0.4084	0.5940	1.5277	2.0482
Tiempo 2	0.1408	0.1481	0.1981	0.2444	0.3491	0.5099	1.2810	1.5790
Diferencia	0.0044	0.0074	0.0194	0.0340	0.0592	0.0841	0.2466	0.4691
Porcentaje	3.0917	4.7627	8.9556	12.2410	14.5088	14.1586	16.1481	22.9044

El tiempo uno corresponde al modelo EEV, mientras que el tiempo dos al modelo de ATA. La diferencia en la tabla es entre el tiempo más alto y más bajo y también se muestra el porcentaje que corresponde la diferencia del tiempo más alto. La figura 7.1 muestra una gráfica comparativa del tiempo de respuesta del navegador contra el número de polígonos desplegados utilizando ambas representaciones.

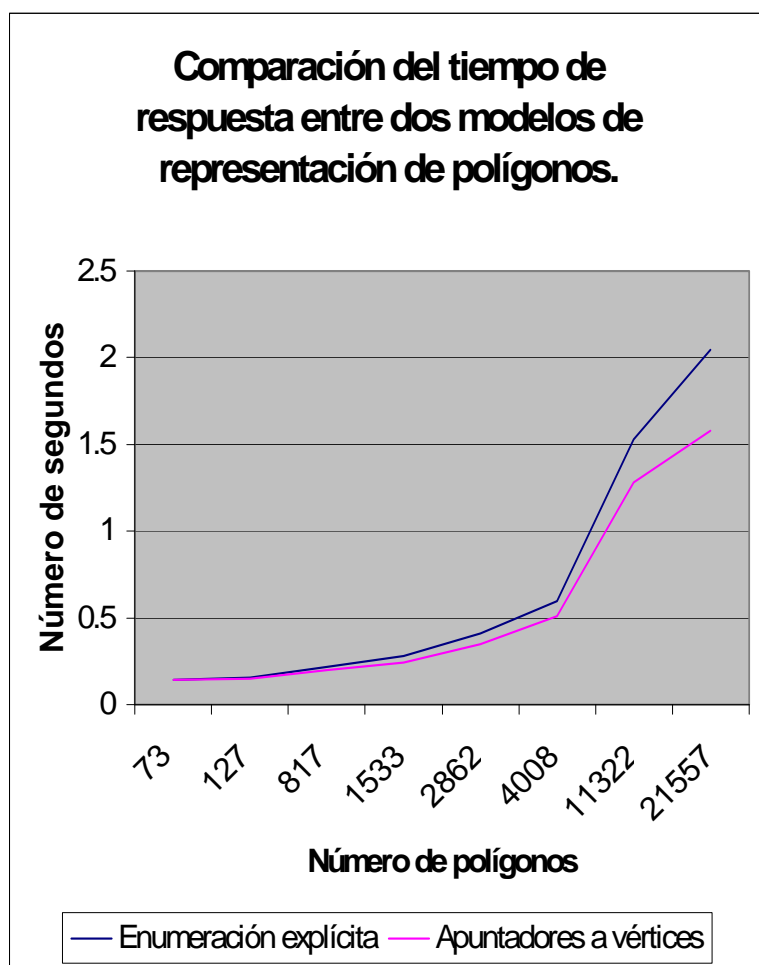


Fig. 7.1.- Comparación del tiempo de respuesta de dos navegadores utilizando el modelo de enumeración de vértices y apuntadores a una tabla de vértices.

En base en la gráfica y la tabla de datos se puede concluir que la representación de polígonos ATA es más rápida que la representación EEV. Además, conforme el número de

polígonos aumenta, también aumenta la diferencia del tiempo de respuesta del navegador usando estas representaciones. Para escenas pequeñas (menos de cien polígonos) el modelo ATA es más veloz en un 3%, mientras que para escenas grandes (más de veinte mil polígonos) hasta en un 22%. En promedio, el modelo ATA es un 12% más rápido que el modelo EEV.

7.2 Creación del árbol BSP

Durante la creación del árbol BSP, la elección el polígono raíz en cada subespacio repercute en el número de nodos del árbol BSP final. En base a los métodos para su elección vistos en la sección 5.2.3, se realizaron pruebas con 4 de ellos: tomar el primero, uno al azar, seis al azar y el mejor de todos. Se realizaron pruebas con varias escenas, obteniendo para cada método el tiempo empleado para generar el árbol BSP, el número de polígonos originales, divididos y finales, el número de vértices en memoria y en total y el tiempo promedio de movimiento de ese escenario. Para los métodos que eligen polígonos al azar la prueba se repitió cinco veces y se obtuvo los promedios de todos los elementos considerados. Para las pruebas de movimiento las escenas fueron iluminados con la técnica de Lambert. Los resultado fueron los siguientes:

Cono y cubo	Tiempo de crear árbol	Polígonos en total	Polígonos divididos	Polígonos originales	Vértices en memoria	Vértices en total	Tiempo al mover
Primero	0.16601566	73	44	29	125	317	0.146905
Azar	0.11054686	77.6	48.6	29	134.6	335.4	0.143574
6 azar	0.17773438	52.6	23.6	29	102.6	235.4	0.145529
Todos	0.1699219	54	25	29	108	241	0.143474
Engrane							
Primero	0.3300781	538	391	147	1460	2825	0.1659515
Azar	0.29570314	427.8	262.8	147	1255	2265	0.1817336
6 azar	0.31796874	165.8	18.8	147	762.6	1089	0.1566188
Todos	0.5507813	147	0	147	726	1015	0.1496394
Montañas							
Primero	0.7695313	1662	990	672	2290	6640	0.290432
Azar	0.60976564	1125.2	453.2	672	1625.8	4493.2	0.2392843
6 azar	1.5578126	980.4	310.4	672	1430.2	3925.2	0.2257508
Todos	73.98047	1377	705	672	1939	5508	0.2475652
Esferas							
Primero	1.490234	2862	1261	1601	4243	11449	0.3946289
Azar	1.205469	2283.8	682.8	1601	3556.2	9136.2	0.3458127
6 azar	3.416797	1848.8	247.8	1601	2896.6	7396.2	0.3058352
Todos	312.3613	1877	276	1601	2951	7509	0.3096823

Los resultados obtenidos son que los métodos de elegir 6 al azar o elegir el mejor de todos obtienen en promedio resultados similares, sin embargo el tiempo que toma generar el árbol BSP utilizando el mejor de todos es considerablemente más alto principalmente en escenas con más de mil polígonos. Además, para escenas donde ningún polígono intersecta a otro, el método de elegir el mejor polígono produce el mejor árbol, mientras que cuando existen intersecciones entre los objetos del mundo virtual este método no siempre obtiene los mejores árboles, pues algunas escenas tienen la característica de que elegir en un momento dado el polígono que genera el menor número de particiones, provoca que subárboles subsecuentes presenten una mayor partición que si se hubiera elegido otro polígono (aquel que intersecta al mayor número de polígonos).

Se propone el siguiente algoritmo para la elección de los polígonos base con el objetivo de generar árboles cercanos al óptimo en los casos mencionados en el párrafo anterior: en cada subespacio evaluar cada polígono contra todos los demás y elegir aquel que interseque con el mayor número de polígonos; si no hay polígonos que cumplan esta condición o hay empate elegir aquel que su plano de soporte genere el menor número de particiones; y en caso de un nuevo empate elegir el que genere el árbol más balanceado. Cabe notar que este algoritmo no fue probado en este trabajo, sino es una propuesta realizada en base a los resultados obtenidos durante la realización de este trabajo, con el objetivo de probarse en trabajos futuros.

7.3 Técnicas y modelos de iluminación

La última prueba realizada consistió en comparar el tiempo de respuesta del navegador dibujando diversos escenarios con las técnicas de iluminación de Lambert (eliminando y sin eliminar caras ocultas), Gouraud, Phong y modelos de alambre. La siguiente tabla muestra el tiempo en segundos obtenido en diferentes escenarios aplicando estas técnicas:

Escenas	Poligonos	Alambres	Lambert	Lambert sin eliminar caras	Gouraud	Phong
Cilindros	196	0.14938354	0.15090763	0.1639348	0.21887207	0.37346311
Submarino	674	0.16477555	0.18979965	0.24704072	0.28180339	0.55019531
Cohete	786	0.16790575	0.22720287	0.29083807	4.40195953	18.3880208
Computer	813	0.16864014	0.21299744	0.27199915	0.29058501	0.52284997
Saturno	1279	0.19223873	0.23687744	0.33546875	0.29969262	0.49632161
Balls1	1877	0.21701389	0.29973958	0.4319987	0.27526042	0.36287716
Rings1	21557	0.96618852	1.74947917	3.1108724	1.40133102	2.28726947
Promedio	27182	0.28944945	0.4381434	0.69316465	1.02421487	3.28299964

Los resultados obtenidos muestran que con los modelos de alambres y la iluminación de Lambert el tiempo de respuesta del navegador aumenta proporcional al número de polígonos en escena, mientras que con las técnicas de Gouraud y Phong el tiempo de respuesta depende más del área que cubren los polígonos (obsérvense que los tiempos de movimiento para la escena del cohete son mucho mayores que escenas con mayor número de polígonos). Esto ocurre debido a que en estas técnicas, el color de cada píxel es calculado y por lo tanto, mientras mayor sea la escena más píxeles tendrán que ser evaluados.

La figura 7.2 muestra estos resultados comparados gráficamente:

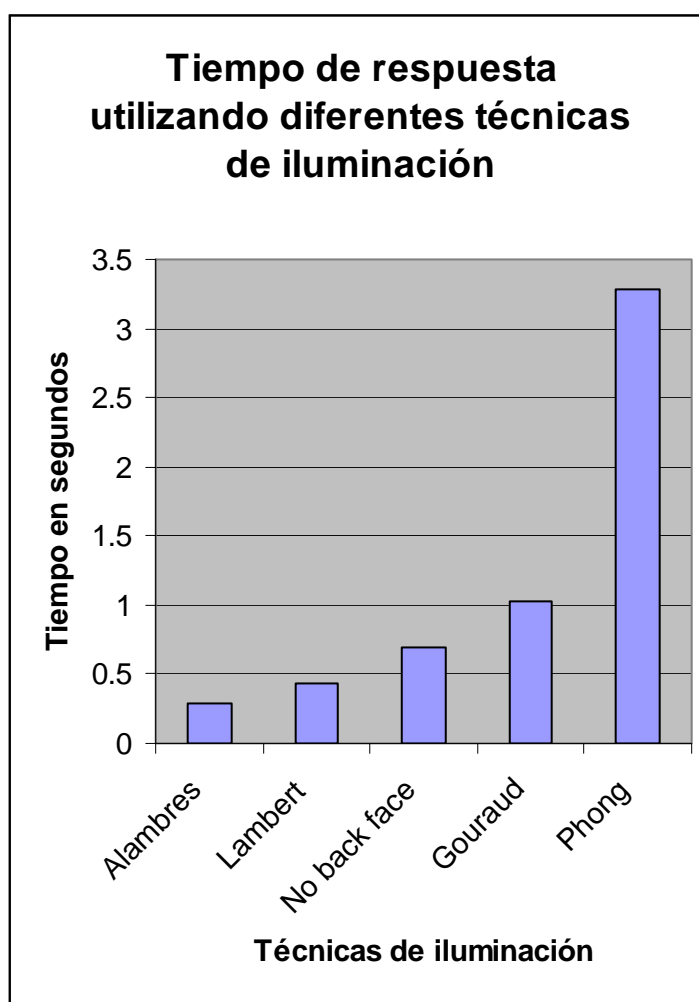


Fig. 7.2.-Comparación gráfica del tiempo de respuesta del navegador dibujando los polígonos con diferentes técnicas de iluminación.

En base a estos datos, los modelos de alambre permiten un despliegado muy rápido de las escenas, siendo un 33.94% más rápido que la iluminación de Lambert y un 91.18% más rápido que Phong. Por otro lado, la gráfica permite observarse el alto costo en tiempo que requiere la iluminación de Phong. La siguiente tabla muestra los porcentajes en los que algunas técnicas son más rápidas que otras:

	Más rápido que Alambres	Más rápido que Lambert	Más rápido que Gouraud	Más rápido que Phong
Alambres es	---	33.94%	71.74%	91.18%
Lambert es	---	---	57.22%	86.65%
Gouraud es	---	---	---	68.80%
Phong es	---	---	---	---

Por otro lado, comparando el tiempo de respuesta del navegador empleando Lambert eliminando caras ocultas y sin eliminarlas, se obtuvo que eliminando caras ocultas se obtiene un despliegado del 36.79% más rápido que pintando todos los polígonos.