

Implementación de un efecto sobre una imagen

Cortes Gutierrez Diego Farid, Dueñas Caicedo Francisco Sebastian, Salas Mosquera Jairo Daniel

Departamento de ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

difcortesgu@unal.edu.co

frsduenasca@unal.edu.co

jsalasm@unal.edu.co

Resumen — El objetivo de este trabajo es mostrar cómo la paralelización (block wise) mediante el uso de CUDA en procesos, comparado con procesos secuenciales, toma tiempos de respuesta menores utilizando bloques con varios hilos para su ejecución. Para esto se realizó una implementación de varios efectos que se pueden aplicar a una imagen, pero solo se seleccionó un efecto de todos los implementados para la realización del análisis.

manera sucesiva hasta terminar de iterar cada uno de los píxeles de la imagen, esto se puede observar en la Figura 1.

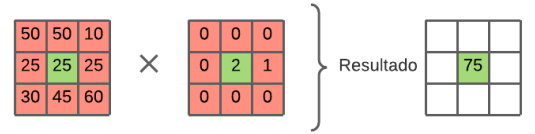


Figura 1. Ejemplo de la multiplicación y suma resultante de los píxeles en una matriz 3x3.

I. INTRODUCCIÓN

El paralelismo es una forma de computación en la cual varios cálculos pueden realizarse simultáneamente [1]. Este método es de gran ayuda al momento de realizar procesos que pueden tomar mucho tiempo de ejecución para llegar a un resultado esperado, y en particular, en la implementación de filtros sobre una o varias imágenes, la paralelización es una herramienta fundamental a la hora de reducir el tiempo que puede tomar este tipo de procesos. Es por lo anterior que se llevó a cabo un análisis del tiempo de ejecución que puede tomar un proceso de manera secuencial vs. procesos que utilizan la paralelización para dar validez a lo antes mencionado.

II. IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de la práctica 2 se procedió a realizar la implementación de un algoritmo que permitiese, a partir de una imagen, aplicar un filtro a esta con el fin de generar una nueva imagen con el filtro, todos los procesos se ejecutaron con una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 2060 ULTRA, con un total de 1920 CUDA Cores (64hilos/multiprocesador).

A. Lectura y escritura de imágenes

Se utilizó la librería OpenCV como recurso para la lectura y escritura de las imágenes utilizadas. Usando las funciones `imread()` y `imwrite()` de esta librería.

B. Filtros (kernel)

Se utilizaron matrices de convolución (kernel), las cuales proporcionan un efecto sobre la imagen, dado que el filtro examina cada píxel de la imagen, multiplicando el valor de dicho píxel y el de los 8 circundantes por el valor correspondiente en el kernel. Para luego realizar una suma de los valores resultantes de la multiplicación y asignando ese valor al píxel en la posición central de matriz generada por los píxeles utilizados para la operación, lo anterior se realiza de

C. Paralelización

La paralelización se hizo por bloques, a partir de la cantidad de bloques se dividieron las filas de la imagen, es decir a cada bloque se le asignó un grupo de filas para procesar y a su vez cada bloque divide las columnas entre el número de hilos que tenga el bloque. Se escogió esta forma de paralelización debido a que es la manera más simple de hacerlo y de igual manera produce buenos resultados, un ejemplo se puede observar en la Figura 2.

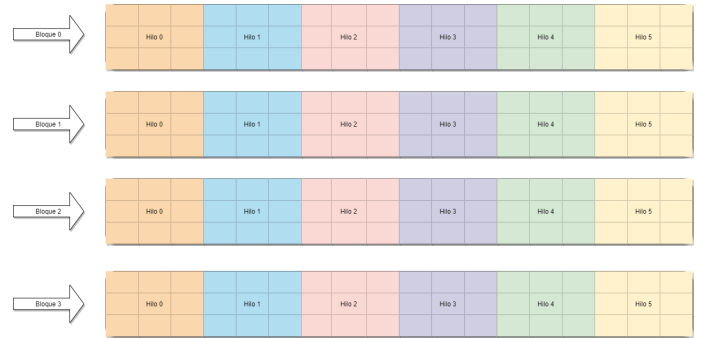


Figura 2. Ejemplo de la división de filas para 4 bloques con 6 hilos en una imagen de tamaño 18x12.

D. Speed Up

El análisis de rendimiento de programas paralelos tiene en cuenta el mejor tiempo de respuesta del programa secuencial entre el tiempo de ejecución con P procesadores, en la ecuación (1) se expresa esto:

$$Sp(n) = T^*(n)/Tp(n). \quad (1)$$

En donde $T^*(n)$ es el tiempo de ejecución del mejor programa secuencial y $Tp(n)$ el tiempo de ejecución con P procesadores.

III. METODOLOGÍA

Se selecciona un filtro de todos los implementados,

filtro de bordes (matriz 3x3), además, se seleccionaron 3 imágenes a color de 720p, 1080p y 4K. A cada imagen seleccionada se le aplicó el filtro, realizando este proceso de manera secuencial y con CUDA (10, 20, 30, 40, 50 y 60 bloques, con 64, 128, 256, 512 y 1024 hilos) registrando los tiempos que tomaba cada proceso.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Tiempos de respuesta

En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 10 bloques.

TABLA 1
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 10 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.002476	0.001311	0.000838	0.000699	0.000616
0.002477	0.001308	0.000836	0.000694	0.000619
0.002476	0.001308	0.000839	0.000694	0.000616
0.002469	0.001308	0.000836	0.000693	0.000614
0.002971	0.001307	0.000836	0.000697	0.000613
0.002473	0.001308	0.000842	0.000696	0.000615
0.002474	0.001306	0.000835	0.000694	0.000616
0.002475	0.001306	0.000896	0.000694	0.000618
0.002474	0.001308	0.000840	0.000694	0.000614
0.002473	0.001306	0.000838	0.000697	0.000615

En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 20 bloques.

TABLA 2
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 20 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.001342	0.000712	0.000463	0.0004	0.000377
0.001341	0.000717	0.000493	0.000400	0.00038
0.001345	0.000713	0.000463	0.000402	0.000371
0.001346	0.000712	0.000461	0.000396	0.000371
0.001343	0.000713	0.000464	0.000395	0.000378
0.001338	0.000713	0.000465	0.000396	0.000373
0.001347	0.000715	0.000462	0.000394	0.000372

0.001345	0.000713	0.00047	0.000395	0.000377
0.001345	0.000716	0.000465	0.0004	0.000377
0.001342	0.000716	0.000470	0.0004	0.000376

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 30 bloques.

TABLA 3
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 30 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.000942	0.000504	0.000335	0.000286	0.000271
0.00094	0.000499	0.000326	0.000281	0.000274
0.000938	0.000502	0.00033	0.000281	0.000269
0.000942	0.000501	0.000332	0.000281	0.000271
0.000941	0.000502	0.000331	0.000281	0.00027
0.000938	0.000505	0.00033	0.000286	0.000271
0.00094	0.000503	0.000333	0.000285	0.00027
0.000937	0.000498	0.000334	0.00028	0.000267
0.000936	0.000500	0.000335	0.000283	0.000268
0.00094	0.000498	0.000331	0.000283	0.000269

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 40 bloques.

TABLA 4
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 40 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.000824	0.000454	0.00033	0.000354	0.000392
0.000828	0.000447	0.000332	0.000355	0.000386
0.000823	0.000454	0.000329	0.000359	0.000388
0.000831	0.000446	0.000331	0.000352	0.000392
0.000831	0.000450	0.000329	0.000357	0.000385
0.000833	0.000445	0.000333	0.00035	0.000388
0.00082	0.000445	0.000336	0.000352	0.000387
0.000822	0.000448	0.00033	0.000357	0.00039
0.000823	0.000449	0.000334	0.000355	0.000389
0.00082	0.000448	0.000327	0.000353	0.000387

En la Tabla 5 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 50 bloques.

TABLA 5
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 50 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.000722	0.000401	0.000324	0.000337	0.000337
0.000709	0.0004	0.000318	0.000338	0.00034
0.000722	0.000398	0.000318	0.000342	0.000337
0.000717	0.000401	0.000318	0.000342	0.000339
0.000719	0.000402	0.000319	0.000336	0.000341
0.000718	0.000403	0.00032	0.00034	0.000341
0.000709	0.0004	0.000320	0.000344	0.000335
0.000722	0.0004	0.000319	0.000335	0.000341
0.000711	0.000407	0.000319	0.000336	0.000341
0.00072	0.0004	0.000320	0.000339	0.000337

En la Tabla 6 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 720p con 60 bloques.

TABLA 6
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 720P CON 60 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.00059	0.000335	0.000267	0.000288	0.000289
0.000598	0.000335	0.000268	0.000287	0.00029
0.0006	0.000343	0.000273	0.000288	0.000288
0.000599	0.000338	0.000272	0.00029	0.000287
0.000599	0.000339	0.00027	0.000287	0.000287
0.000593	0.000335	0.000271	0.000285	0.000294
0.000593	0.000341	0.000267	0.000285	0.00029
0.000599	0.000341	0.000271	0.000283	0.000289
0.000591	0.000336	0.000275	0.000283	0.000294
0.000597	0.000342	0.000270	0.000282	0.000295

En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 10 bloques.

TABLA 7
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 10 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.005975	0.002901	0.001753	0.001234	0.001161
0.005971	0.002899	0.001756	0.001237	0.001164
0.005972	0.002899	0.001752	0.001232	0.001159
0.005967	0.002915	0.001748	0.001233	0.001159
0.005966	0.002907	0.001748	0.00123	0.001159
0.005965	0.002901	0.001749	0.001235	0.00116
0.005963	0.002909	0.001753	0.001233	0.001158
0.00597	0.002905	0.001746	0.001232	0.001163
0.005975	0.002896	0.001748	0.001232	0.001166
0.005971	0.002906	0.001750	0.00123	0.001155

En la Tabla 8 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 20 bloques.

TABLA 8
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 20 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.003143	0.001562	0.00097	0.000657	0.000824
0.003143	0.001587	0.000969	0.000659	0.000833
0.003145	0.001585	0.000964	0.000656	0.00082
0.003137	0.00159	0.000969	0.000651	0.00082
0.003151	0.001575	0.000965	0.000655	0.000823
0.003141	0.00159	0.000968	0.000653	0.000821
0.003142	0.001576	0.000971	0.000659	0.000822
0.003152	0.001572	0.000967	0.000655	0.000821
0.003141	0.001580	0.000967	0.000655	0.000822
0.003142	0.001576	0.000965	0.000658	0.000819

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 30 bloques.

TABLA 9

TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 30 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.002176	0.001113	0.000676	0.000461	0.000567
0.002174	0.001102	0.000671	0.000459	0.000568
0.002176	0.001106	0.000675	0.000459	0.000573
0.002177	0.001112	0.000672	0.000466	0.000569
0.002175	0.001105	0.000676	0.00046	0.000568
0.002176	0.001112	0.000674	0.000463	0.000568
0.002174	0.001104	0.000673	0.000464	0.000566
0.002174	0.001099	0.000672	0.00046	0.000571
0.002169	0.001098	0.000672	0.000463	0.000568
0.002177	0.001097	0.000671	0.00046	0.000569

En la Tabla 10 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 40 bloques.

TABLA 10
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 40 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.001978	0.001041	0.000733	0.000549	0.00082
0.001975	0.001044	0.00073	0.000545	0.000817
0.001989	0.001037	0.000731	0.00055	0.000818
0.001987	0.001039	0.000728	0.00055	0.000824
0.001982	0.001043	0.000729	0.000553	0.000823
0.001982	0.001043	0.000727	0.000549	0.000821
0.00198	0.001046	0.000732	0.00055	0.000824
0.001979	0.001056	0.000726	0.000547	0.000821
0.001998	0.001041	0.000728	0.000551	0.000815
0.001986	0.001049	0.000725	0.000552	0.000819

En la Tabla 11 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 50 bloques.

TABLA 11
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 50 BLOQUES.

Tiempos de ejecución

64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.001736	0.000932	0.000677	0.000482	0.0007
0.00173	0.000939	0.00068	0.000481	0.000703
0.001729	0.000928	0.000675	0.000484	0.000699
0.001737	0.000929	0.000676	0.000484	0.000696
0.001734	0.000941	0.000679	0.000485	0.0007
0.001727	0.000928	0.000679	0.000482	0.000697
0.001732	0.000928	0.000681	0.000488	0.000697
0.00174	0.000932	0.00068	0.000481	0.0007
0.001733	0.000929	0.000677	0.000482	0.000698
0.001745	0.000932	0.000681	0.00048	0.000699

En la Tabla 12 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 1080p con 60 bloques.

TABLA 12
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 1080P CON 60 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.001462	0.000784	0.000594	0.000421	0.0006
0.00145	0.000783	0.000584	0.000422	0.000597
0.001461	0.000787	0.000593	0.000422	0.0006
0.001453	0.000789	0.000591	0.00042	0.000597
0.001444	0.000788	0.000587	0.000416	0.000598
0.001448	0.000783	0.000594	0.000418	0.0006
0.00146	0.000787	0.000591	0.000418	0.000601
0.001449	0.000788	0.000593	0.000417	0.000596
0.001452	0.000794	0.000595	0.000422	0.000603
0.001465	0.000786	0.000592	0.00042	0.000598

En la Tabla 13 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 10 bloques.

TABLA 13
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 10 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.028403	0.014564	0.007982	0.00475	0.003809
0.028399	0.015409	0.008116	0.004770	0.003826

0.028391	0.014952	0.007899	0.004726	0.003812
0.028438	0.014879	0.007823	0.004758	0.003827
0.02838	0.015049	0.008087	0.004767	0.003824
0.028385	0.015589	0.007889	0.004741	0.003805
0.028288	0.014812	0.008072	0.004754	0.003807
0.028393	0.015078	0.007799	0.004725	0.003811
0.028416	0.014522	0.008012	0.004756	0.003811
0.028037	0.015575	0.007772	0.004791	0.003809

En la Tabla 14 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 20 bloques.

TABLA 14
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 20 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.014556	0.007954	0.004312	0.00295	0.00214
0.014529	0.007928	0.004233	0.002942	0.002136
0.014427	0.007897	0.004261	0.002931	0.002139
0.01454	0.007941	0.004315	0.002944	0.002142
0.014515	0.007929	0.004232	0.002958	0.002136
0.014524	0.00799	0.004247	0.00294	0.002135
0.014512	0.007926	0.004330	0.002949	0.002146
0.01455	0.008014	0.004272	0.002963	0.002158
0.01442	0.007914	0.004272	0.002966	0.002144
0.014525	0.008026	0.004365	0.002971	0.002143

En la Tabla 15 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 30 bloques.

TABLA 15
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 30 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.009779	0.005499	0.002898	0.001991	0.001467
0.009985	0.005391	0.002898	0.002000	0.001468
0.00997	0.005462	0.002888	0.002002	0.001467
0.009971	0.005389	0.002975	0.002006	0.00147
0.010013	0.005391	0.002887	0.002004	0.001467

0.009973	0.005388	0.002901	0.002007	0.001466
0.009838	0.00556	0.002920	0.002026	0.001472
0.01001	0.005378	0.002892	0.002007	0.001475
0.009768	0.005519	0.002965	0.001988	0.001469
0.010015	0.005519	0.002889	0.001993	0.001471

En la Tabla 16 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 40 bloques.

TABLA 16
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 40 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.010777	0.006652	0.004019	0.002788	0.002099
0.010777	0.006651	0.004008	0.002785	0.002109
0.010774	0.006642	0.004026	0.002788	0.002092
0.01078	0.006646	0.004009	0.002772	0.002092
0.010759	0.006654	0.004026	0.002782	0.002095
0.010734	0.006643	0.004018	0.00278	0.00209
0.010749	0.006637	0.004000	0.002793	0.002095
0.010768	0.006655	0.00402	0.002783	0.002111
0.010765	0.006656	0.004007	0.002788	0.002106
0.010784	0.006657	0.004006	0.002792	0.002116

En la Tabla 17 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 50 bloques.

TABLA 17
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 50 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.009523	0.006114	0.003839	0.002604	0.001749
0.00957	0.006063	0.003846	0.002597	0.001757
0.009573	0.006098	0.003851	0.002603	0.001756
0.009563	0.006107	0.003844	0.002597	0.001762
0.009598	0.006108	0.003853	0.0026	0.001756
0.009628	0.006101	0.003836	0.002603	0.001753
0.00961	0.006104	0.003856	0.002601	0.001745
0.009582	0.006073	0.003837	0.002593	0.001762

0.009546	0.006106	0.003840	0.002599	0.001747
0.009609	0.006094	0.003833	0.002593	0.001749

En la Tabla 18 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en una imagen de 4K con 60 bloques.

TABLA 18
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN DE 4K CON 60 BLOQUES.

Tiempos de ejecución				
64 Hilos	128 Hilos	256 Hilos	512 Hilos	1024 Hilos
0.008348	0.005667	0.003349	0.002182	0.001481
0.008311	0.005678	0.00335	0.002181	0.001483
0.008329	0.005695	0.003344	0.002187	0.001478
0.008302	0.005678	0.003335	0.002184	0.001473
0.008275	0.005678	0.003333	0.002185	0.00148
0.008296	0.005689	0.003328	0.002187	0.001481
0.008331	0.005686	0.003339	0.00218	0.001478
0.008282	0.005679	0.003359	0.00219	0.001476
0.008341	0.005685	0.003324	0.002187	0.001475
0.008329	0.00568	0.003340	0.002174	0.001483

En la Tabla 19 se muestran los valores promedios obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 720p para los bloques usados.

TABLA 19
TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN 720P.

Tiempos promedio						
Número de hilos	10 Bloques	20 Bloques	30 Bloques	40 Bloques	50 Bloques	60 Bloques
64	0.0025238	0.0013434	0.0009394	0.0008255	0.0007169	0.0005959
128	0.0013076	0.000714	0.0005012	0.0004486	0.0004012	0.0003385
256	0.0008436	0.0004676	0.0003317	0.0003311	0.0003195	0.0002704
512	0.0006952	0.0003978	0.0002827	0.0003544	0.0003389	0.0002858
1024	0.0006156	0.0003752	0.00027	0.0003884	0.0003389	0.0002903

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 3.

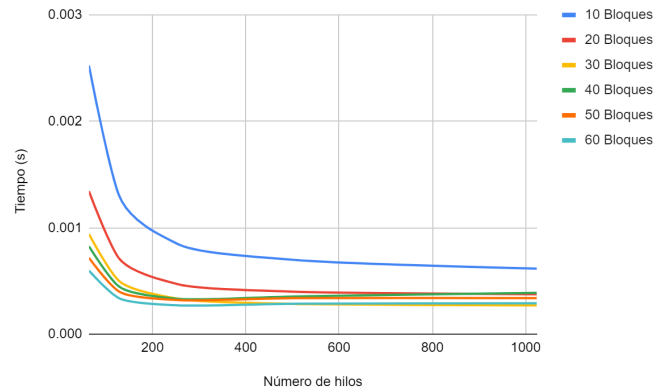


Figura 3. Gráfica de los tiempos de respuesta promedios para un filtro de bordes en la imagen de 720p con los diferentes bloques.

En la Tabla 20 se muestran los valores promedios obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 1080p para los bloques usados.

TABLA 20
TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN 1080P.

Tiempos promedio						
Número de hilos	10 Bloques	20 Bloques	30 Bloques	40 Bloques	50 Bloques	60 Bloques
64	0.0059695	0.0031437	0.0021748	0.0019836	0.0017343	0.0014544
128	0.0029038	0.0015793	0.0011048	0.0010439	0.0009318	0.0007869
256	0.0017503	0.0009675	0.0006732	0.0007289	0.0006785	0.0005914
512	0.0012328	0.0006558	0.0004615	0.0005496	0.0004829	0.0004196
1024	0.0011604	0.0008225	0.0005687	0.0008202	0.0006989	0.000599

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 4.

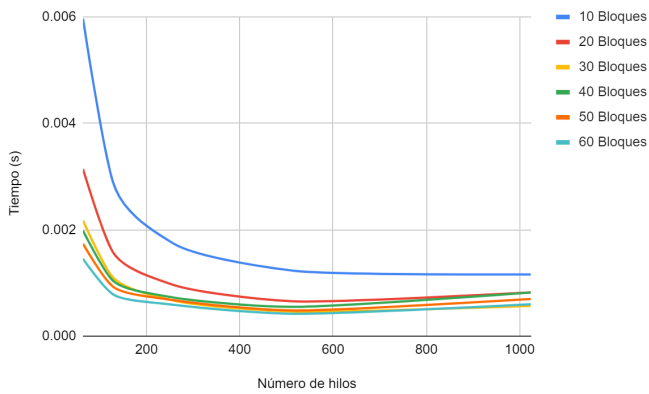


Figura 4. Gráfica de los tiempos de respuesta promedios para un filtro de bordes en la imagen de 1080p con los diferentes bloques.

En la Tabla 21 se muestran los valores promedios obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 4K para los bloques usados.

TABLA 21
TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN IMAGEN 4K.

Tiempos promedio						
Número de hilos	10 Bloques	20 Bloques	30 Bloques	40 Bloques	50 Bloques	60 Bloques
64	0.028353	0.0145098	0.0099322	0.0107667	0.0095802	0.0083144
128	0.0150429	0.0079519	0.0054496	0.0066493	0.0060968	0.0056815
256	0.0079451	0.0042839	0.0029113	0.0040139	0.0038435	0.0033401
512	0.0047538	0.0029514	0.0020024	0.0027851	0.002599	0.0021837
1024	0.0038141	0.0021419	0.0014692	0.0021005	0.0017536	0.0014788

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 5.

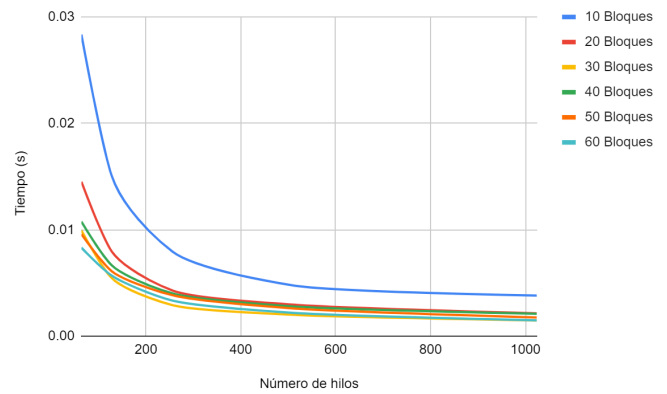


Figura 5. Gráfica de los tiempos de respuesta promedios para un filtro de bordes en la imagen de 4K con los diferentes bloques.

En la Tabla 22 se muestran los valores obtenidos de los mejores tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 720p para los bloques usados.

TABLA 22
MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 720p.

Mejores tiempos de respuesta						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	0.002469	0.001338	0.000936	0.00082	0.000709	0.00059
128	0.001306	0.000712	0.000498	0.000445	0.000398	0.000335
256	0.000835	0.000461	0.000326	0.000327	0.000318	0.000267
512	0.000693	0.000394	0.00028	0.00035	0.000335	0.000282
1024	0.000613	0.000371	0.000267	0.000385	0.000335	0.000287

En la Tabla 23 se muestran los valores obtenidos de los mejores tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 1080p para los bloques usados.

TABLA 23
MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 1080p.

Mejores tiempos de respuesta						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	0.0059	0.0031	0.0021	0.0019	0.0017	0.0014

	63	37	69	75	27	44
128	0.0028 96	0.0015 62	0.0010 97	0.0010 37	0.0009 28	0.0007 83
256	0.0017 46	0.0009 64	0.0006 71	0.0007 25	0.0006 75	0.0005 84
512	0.0012 3	0.0006 51	0.0004 59	0.0005 45	0.0004 8	0.0004 16
1024	0.0011 55	0.0008 19	0.0005 66	0.0008 15	0.0006 96	0.0005 96

En la Tabla 24 se muestran los valores obtenidos de los mejores tiempos de respuesta al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 4K para los bloques usados.

TABLA 24
MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 4K.

Mejores tiempos de respuesta						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	0.0280 37	0.0144 2	0.0097 68	0.0107 34	0.0095 23	0.0082 75
128	0.0145 22	0.0078 97	0.0053 78	0.0066 37	0.0060 63	0.0056 67
256	0.0077 72	0.0042 32	0.0028 87	0.004 72	0.0038 33	0.0033 24
512	0.0047 25	0.0029 31	0.0019 88	0.0027 72	0.0025 93	0.0021 74
1024	0.0038 05	0.0021 35	0.0014 66	0.0020 9	0.0017 45	0.0014 73

B. Speed Ups

Se procedió a calcular el Speed Up a partir de la ecuación (1) para el filtro en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

En la Tabla 25 se muestran los valores obtenidos de los Speed Ups al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 720p para los bloques usados.

TABLA 25
SPEED UPS PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 720p.

Speed Ups						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	82.380 934	154.76 6265	221.32 5314	251.86 3113	290.01 6739	348.90 5857
128	159.00	291.19	414.83	463.47	518.22	614.21

	3518	4678	0407	0798	7817	8612
256	246.45 9222	444.63 8580	626.81 0371	627.94 6240	650.74 4914	768.90 9024
512	299.06 9333	522.65 7114	735.45 4545	586.66 1964	613.49 3656	727.47 7257
1024	337.74 0416	554.13 9126	770.04 8148	535.30 6385	613.49 3656	716.20 0482

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 6.

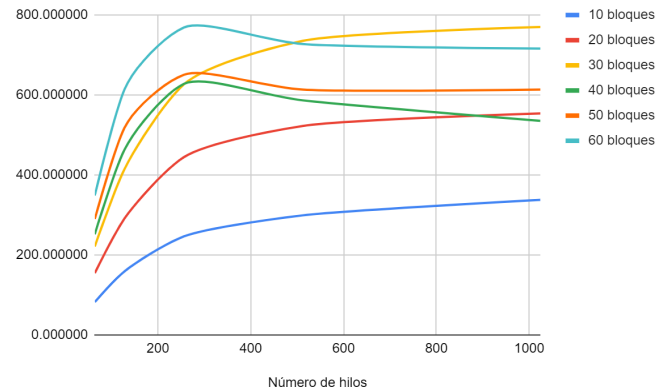


Figura 6. Gráfica de los Speed Ups para un filtro de bordes en la imagen de 720p.

En la Tabla 26 se muestran los valores obtenidos de los Speed Ups al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 1080p para los bloques usados.

TABLA 26
SPEED UPS PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 1080p.

Speed Ups						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	78.236 402	148.56 1313	214.74 7195	235.44 6763	269.29 1472	321.116 749
128	160.83 4837	295.72 1016	422.73 0087	447.39 1704	501.21 5068	593.50 8959
256	266.82 9801	482.72 0620	693.74 9554	640.73 5629	688.33 0435	789.70 6121
512	378.83 8579	712.15 6450	1011.98 7432	849.76 7467	967.14 0609	1113.04 1468
1024	402.47 5181	567.82 0304	821.22 7712	569.41 2582	668.23 8947	779.68 6477

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 7.

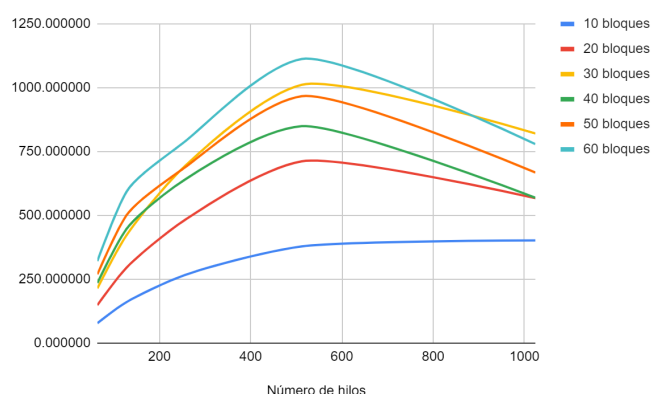


Figura 7. Gráfica de los Speed Ups para un filtro de bordes en la imagen de 1080p.

En la Tabla 27 se muestran los valores obtenidos de los Speed Ups al aplicar el filtro de bordes en la imagen de 4K para los bloques usados.

TABLA 27
SPEED UPS PARA FILTRO DE BORDES EN LA IMAGEN 4K.

Speed Ups						
Número de hilos	10 bloques	20 bloques	30 bloques	40 bloques	50 bloques	60 bloques
64	63.513 484	124.10 9071	181.30 9055	167.25 6244	187.97 0794	216.58 7824
128	119.710 814	226.46 1324	330.44 5868	270.82 5170	295.36 7701	316.95 8162
256	226.65 5146	420.36 4107	618.55 4529	448.64 0425	468.53 0714	539.14 4876
512	378.81 2276	610.15 0369	899.31 9716	646.58 2816	692.88 1031	824.65 4394
1024	472.14 2262	840.74 7841	1225.6 99564	857.31 8638	1026.9 14804	1217.7 42629

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 8.

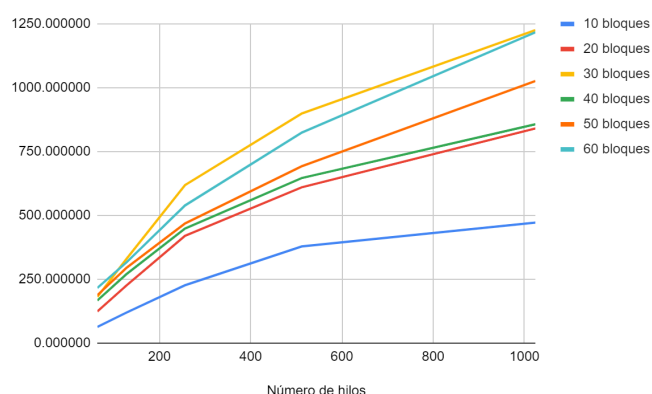


Figura 8. Gráfica de los Speed Ups para un filtro de bordes en la imagen de 4K.

Se observa que el tiempo de respuesta, a medida que el número de hilos utilizados para su ejecución aumenta, es menor al tiempo de respuesta del proceso secuencial, el cual en todos los casos es el mayor. Obteniendo un Speed Up mayor a medida que se aumentaba el número de hilos utilizados para la ejecución del proceso.

V. CONCLUSIONES

- Se encontró una mejora notoria con el uso de una tarjeta gráfica (GPU) con respecto al desempeño encontrado utilizando solo una CPU con múltiples núcleos, para realizar los filtros de imágenes.
- A medida que el tamaño de una imagen se incrementa, el hecho de implementar métodos de paralelización es fundamental para lograr que los tiempos de respuesta sean menores a los que se pueden esperar en programas secuenciales.
- Realizando pruebas utilizando, la memoria compartida de los bloques se encontró que si mejora el rendimiento, sin embargo para imágenes de gran tamaño no es posible pasar toda la información a dicha memoria haciendo que se tenga que acceder únicamente a la memoria global lo cual reduce un poco la eficiencia.
- Para imágenes de baja resolución aumentar el número de hilos por bloque no influye de manera representativa en el desempeño del programa, sin embargo para imágenes de mayor resolución esto si se cumple.

REFERENCIAS

- [1] O. Sergio y M. Vicente. *Introducción a la computación paralela con GPUs*. Alicante, España: Universidad de Alicante, 2014.