



## DEPARTAMENTO DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Trabajo Práctico II

29 de septiembre de 2015

Organizacion del computador II

Integrante	LU	Correo electrónico
Gonzalez Benitez, Alberto Juan	324/14	gonzalezjuan.ab@gmail.com
Lew, Axel Ariel	225/14	axel.lew@hotmail.com
Noli Villar, Juan Ignacio	174/14	juaninv@outlook.com

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		



**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
Universidad de Buenos Aires  
Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)  
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina  
Tel/Fax: (54 11) 4576-3359  
<http://www.fcen.uba.ar>

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción . . . . .	2
1.2. Desarrollo . . . . .	3
1.3. Diff en c . . . . .	3
1.4. Diff en asm . . . . .	4
1.5. Blur en c . . . . .	4
1.6. Blur en asm . . . . .	5
<b>2. Hipotesis: Asm maneja mejor la cache</b>	<b>6</b>
2.1. Resumen . . . . .	6
2.2. Experimentaciones: . . . . .	6
2.3. Datos obtenidos: . . . . .	7
2.4. Graficos: . . . . .	7
2.5. Conclusion: . . . . .	8
<b>3. Hipotesis: El compilador ICC es mas veloz que el GCC</b>	<b>9</b>
3.1. Resumen . . . . .	9
3.2. Experimentacion . . . . .	9
3.3. Resultados . . . . .	9
3.4. Conclusion . . . . .	11
<b>4. Hipotesis: El uso de la cache de ICC es diferente al de GCC</b>	<b>11</b>
4.1. Resumen . . . . .	11
4.2. Experimentaciones: . . . . .	11
4.3. Datos obtenidos: . . . . .	12
4.4. Conclusion: . . . . .	12

## 1. Introducción

### 1.1. Introducción

En este trabajo practico trabajaremos con procesamiento de imagenes. Implementaremos dos filtros, blur y diff, ambos en dos lenguajes diferentes, assembler y c.

El diff, o diferencia de imagenes, toma como parametro dos imagenes y generara una nueva en la que se resalta donde difieren, en escala de grises. Para cada par de pixeles correspondientes, se calcula la maxima diferencia entre sus componentes y la misma se devuelve en el pixel correspondiente de la imagen de salida

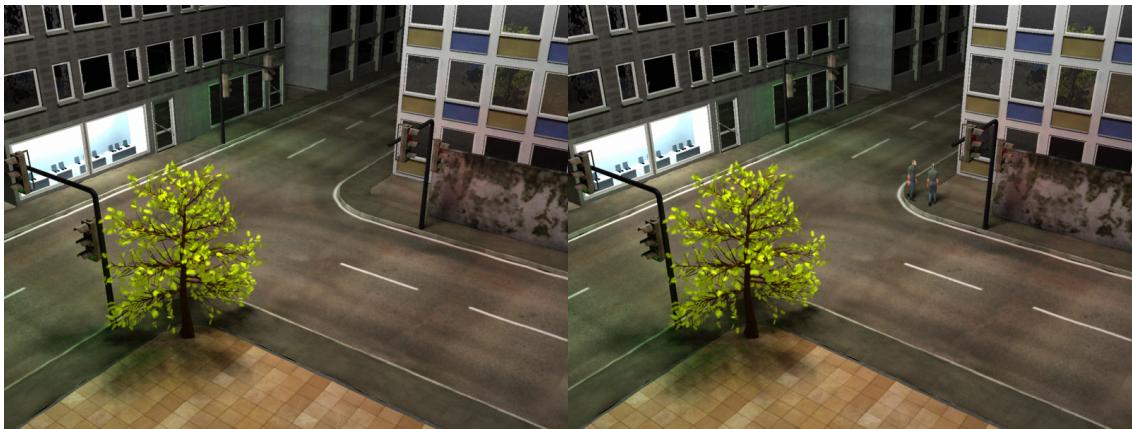


Figura 1: Imagen 1

Figura 2: Imagen 2



Figura 3: Resultado

El blur (gaussiano) consiste en un suavizado de la imagen, para darle un aspecto desenfocado a la misma. El mismo toma como parametro una imagen, un radio y un  $\sigma \in \mathbb{R}$ . El filtro se realiza de la siguiente manera. Primero se calcula, dado el  $\sigma$  y el radio, la matriz de convolucion correspondiente, utilizando la funcion gaussiana. Luego, para cada pixel, toma la matriz formada

por los vecinos (pixeles con distancia menor o igual al radio) y realiza una multiplicacion entre cada elemento de ambas, los suma, y almacena el resultado en el pixel de salida correspondiente



Figura 4: Imagen entrada



Figura 5: Imagen salida, con radio 15 y sigma 5

Ademas, vamos a explicar el funcionamiento de las 4 implementaciones y comparalas, analizando sus diferencias, tanto en tiempo de ejecución como cuanto tardan en programarse o su uso de la cache.

También planteamos un conjunto de hipótesis. Estas estan hechas con el objetivo de maximizar la eficiencia en terminos de tiempo. Realizaremos experimentos para corroborarlas o no, para , de esta forma, lograr un mayor comprendimiento sobre el comportamiento de los filtros y las implementaciones. Y de aquellas conclusiones, vamos a deducir cuales son las implementaciones mas convenientes

## 1.2. Desarrollo

### 1.3. Diff en c

Esta implementacion del diff, es bastante sencilla y se puede codear en relativamente poco tiempo (comparándola con la de assembler ). Básicamente comienza transformando el vector en un matriz para trabajar con mas comodidad.

Luego realiza dos ciclos, uno para iterar sobre las filas y otro sobre las columnas, y de esta forma se accede a cada pixel de la imagen. Se crean 3 int que representan cada color del pixel y se hace la respectiva cuenta para lograr el efecto del filtro, que en pocas palabras es hacer una resta de los dos pixeles de las imágenes y poner el máximo valor en las 3 componentes del pixel. Luego de

realizar esta cuenta se escriben estos valoren en la imagen que se devuelve (agregando ademas, la transparencia, con valor 255). Si bien esta implementacion tiene la ventaja de ser sencilla, fácil de leer y fácil de codear, solo procesa un pixel por iteración, y accede tres vez a la memoria por pixel procesado. Por lo tanto con imágenes muy grandes este problema se cuantifica.

#### 1.4. Diff en asm

Esta implementacion del filtro ya requiere mas tiempo y cuidado asi como una explicacion mas detallada de su funcionamiento. Comenzamos creando, en la section .data, 3 mascaras, las cuales utilizaremos mas adelante para conseguir todas las permutaciones de las 3 componentes del pixel. Se procede crear el stack frame y pushear los registros que usaremos. Esta implementacion utiliza solo un ciclo, ya que se recorren la imagen como si fuera un vector. Este ciclo itera filas × columnas/4 ya que se procesaran 4 pixeles a la vez, (se podrían procesar mas y realizar menos iteraciones) esto ya muestra una ventaja con respecto a la implementacion en c, ya que se realizan menos accesos a memoria.

El ciclo realiza lo siguiente, primero mueve 4 pixeles de cada una de las dos imágenes a registros dos xmmx, luego avanza los punteros en 16 para la próxima iteracion. Como hay que quedarse con el modulo de la resta, realizamos la resta de las dos formas diferentes, para eso creamos en otro registro xmmx una copia de los pixeles de la primera imagen y procedemos a hacer una resta entre el registro que contiene a la primera imagen con el registro que contiene a la segunda, guardando el resultado en el primero, y luego hacemos la misma resta pero con los operandos en el orden inverso, utilizando el registro con la copia. De esta forma al tomar el máximo entre los dos registros que contiene las restas, nos aseguramos de tener el modulo de la resta.

Ahora hay que poner el máximo de las 3 componentes, en las 3 componentes, para ello realizamos todas las permutaciones posibles de las 3 componentes y las guardamos en 3 registros xmmaxx. Para ello utilizamos la instrucción pshufb con las mascaras anteriormente explicadas.

Para poner el máximo en las 3 componentes, vamos realizando un máximo entre los 3 registros con las permutaciones, de esta forma al ir aplicando máximo, la mayor componente va sobreviviendo y pisando las mas chicas, al final queda la mayor componente en los 3 lugares.

Por ultimo, ponemos en la componente de la transparencia el valor 255, aumentamos el contador y llamamos al ciclo devuelta.

Se ve a simple vista que esta implementacion es mas eficiente, pues no utiliza variables temporales y realiza más trabajo por iteracion que su implementacion en c, sin embargo requiere de mucho mas conocimiento y por ende su lectura y comprendimiento deja de ser tan sencillo.

#### 1.5. Blur en c

La implementacion del blur en c tampoco es muy complicada. La realizamos en dos pasos, primero creamos la matriz de combolución ya que como la misma no varia a lo largo del proceso, decidimos crearla al principio. Esta matriz es de floats, ya que sus valores van entre 0 y 1, y necesitan de bastante precision. Luego el segundo paso es procezar cada pixel.

Para esto el código consta de 4 ciclos, dos para situarnos en los pixeles, y otros dos para cuando se quiere aplicar el filtro al pixel, recorrer la matriz de combolucion. En resumen, cuando nos situamos en un pixel, creamos 3 floats que utilizaremos como acumuladores, en los cuales vamos guardando el resultado de multiplicar las 3 compoenentes de los vecinos del pixel a procesar por cada una de los elementos de la matriz. Para ello se utilizan dos ciclos. Aqui tambien se utilizan floats para no perder precision en las cuentas.

Luego de obtener el resultado, es necesario transformar los floats en numeros de 8 bits, ya que cada

componente va de 0 a 255, por eso los transformamos a unsigned char, notar no nos preocupamos por la saturacion, ya que ningun acumulador puede pasarse de 255, esto se debe a los valores de la matriz son chicos (su suma da 1).

Por ultimo guardamos los valores en la imagen destino. Notar que la cantidad de iteraciones de esta implementacion es muy alta si el radio elegido y la resolucion de la imagen son grandes, ya que por cada pixel se itera una cantidad de veces igual a aproximadamente 4 veces el radio al cuadrado. Aquí juega un papel fundamental el tamaño de la cache, ya que mientras mas grande sea, se podría usar un radio mas grande sin perder mucho rendimiento.

## 1.6. Blur en asm

La implementacion de este filtro en assembler ya pasa a ser bastante complicada, ya que se requiere muchísimo cuidado al iterar, un error puede generar un acceso a memoria no valido, un corrimiento en el efecto blur, o incluso un efecto totalmente inesperado en la imagen. Ademas hay que ser cauto con el uso de registros que no sean xmmx ya se necesitan guardar varios valores y hay pocos registros.

Antes de comenzar a procesar calculamos varias cosas, filas a procesar, pixeles por fila a procesar, saltos para pasar a la siguiente fila (teniendo en cuenta el radio), pixeles a procesar, pixel en donde se comienza y como calcular la posición del primer vecino teniendo en cuenta el pixel en donde estoy parado.

Para facilitar un poco el trabajo, calculamos la matriz de combolucion en c, por eso desde assembler hacemos un llamado a esta función, la cual debe pedir memoria para guardar susodicha matriz.

Luego de obtener todo esto un ciclo que pasa por todos los pixeles a procesar realizara lo siguiente. Primero agarra 4 pixeles de la imagen a procesar y los guarda, luego trae los primeros 4 vecinos de los respectivos pixeles, osea, el primer vecino de cada uno y tambien los guarda. Por ultimo trae el primer valor de la matriz de combolucion y con un pshufd ubica en todo el registro el primer valor de la matriz de combolucion. Despues extiende los vecinos, los pasamos a floats, de esta forma no perdemos precision al ir multiplicando estos vecinos por registro que contiene el primer valor de la matriz de combolucion. Luego de multiplicar, guardamos el resultado y traemos los segundos vecinos de estos 4 pixeles junto con el segundo valor de la matriz de combolucion. Esto continua hasta haber procesado todos los vecinos. Una vez terminado este proceso, procedemos a transformar los floats en char, y guardarlos en la imagen destino. Notar que si el numero de pixeles a procesar por fila no es múltiplo de 4 podrían quedar pixeles a los que no se les aplicaría el filtro. Por eso en la ultima iteracion avanzamos este resto y luego retrocedemos 4 posiciones y volvemos a realizar una iteracion mas. Así aunque puede pasar que algunos pixeles vuelvan a ser procesados, nos aseguramos de aplicarles el filtro a todos.

Este ciclo aplica el filtro a todos los pixeles correspondientes de una fila, luego salta lo correspondiente a la siguiente fila y asi hasta procesar las filas que sean necesarias. Por ultimo al terminar libera la memoria utilizada por la matriz de combolucion.

Si bien devuelta es mas eficiente que su implementacion en c por realizar mas trabajo en cada iteracion, el tiempo que requiere implementarlo en assembler es muchísimo mas que el que se tarda en c, ya que hay que tener mucho cuidado con las cantidad de iteraciones, ademas de que es bastante facil quedarse sin registros, y perderse en el código, por eso aunque sea mucho mas eficiente, a veces es preferible programar en c y que luego el compilador haga el pasaje a lenguaje de maquina.

## 2. Hipotesis: Asm maneja mejor la cache

### 2.1. Resumen

Para imágenes suficientemente grandes, donde la cache no es suficiente, los filtros en asm con simd son muuucho mas rápido que los hechos en c: Analizaremos a partir de que tamaño de imagen la cache no es suficiente. Luego veremos como se comportan los filtros

### 2.2. Experimentaciones:

Nuestra hipotesis se basa en que asembler consigue un mejor uso de la cache, y le atribuimos a eso su velocidad, para comprobar eso observaremos los miss/hit de los diferentes filtros. Usaremos imagenes chicas y muy pesadas , el objetivo es ver si cuando la imagen es mas grande que la cache, los miss/hit de la misma cambian mucho o no en comparacion a los de las imagenes chicas. En este caso haremos tests en una computadora que tiene una cache de 6mb, por lo que usaremos imagenes que tienen un peso superior al de ese valor.

Con esto esperamos corroborar que los filtros implementados en asembler con simd tienen mas hit que los de c en situaciones que incluyen tanto a procesar una imagen mas grande que la cache como con una mas chica, y por ende son mucho mas rapidos que los de c. Queremos ver asi, si implementar codigo directamente en Asm resulta en un mejor uso de la cache, y entonces concluir que esto es una de las razones de lo rapido que son los filtros en Asm con respecto a los de c. A medida que realizamos los experimentos iremos incrementando el tamaño de la imagen para ver si la relacion Miss/Hit de ambos filtros va variando o no. Con cada tamaño de imagen ademas variaremos los parametros del filtro.

Los siguientes experimentos los realizamos sobre el filtro blur, ya que como este es mas complicado y tiene mas ciclos consideramos que le exige mas al predictor de saltos, ademas al no ser lineal el contenido de la cache cambiara con mas frecuencia, y asi las diferencias en el uso de cache, si es que las hay, seran mas pronunciadas. Este filtro ademas recibe parametros, si bien cambiar sigma no altera el uso de la cache (pues solo afecta cuentas), cambiar el radio produciria que mientras este aumente, se utilice una parte de la imagen completamente diferente e inesperada, por eso decidimos hacer las pruebas con este filtro.

Para ver el uso de la cache utilizaremos el programa valgrind y realizaremos cada experimento varias veces para obtener un promedio sacando outliers. Fijamos como 30 el radio maximo ya que si lo incrementabamos mas, porque el valgrind demoraba demasiado en emular el comportamiento de la cache. A continuacion mostraremos algunos resultados obtenidos con las diferentes imagenes, mostrando su peso y porcentaje de miss.

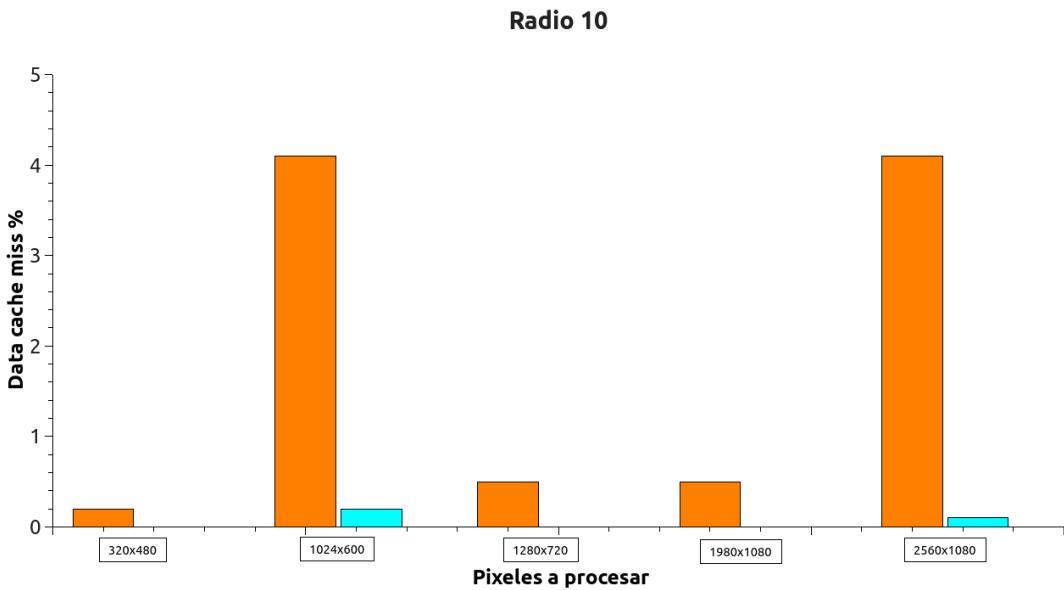
### 2.3. Datos obtenidos:

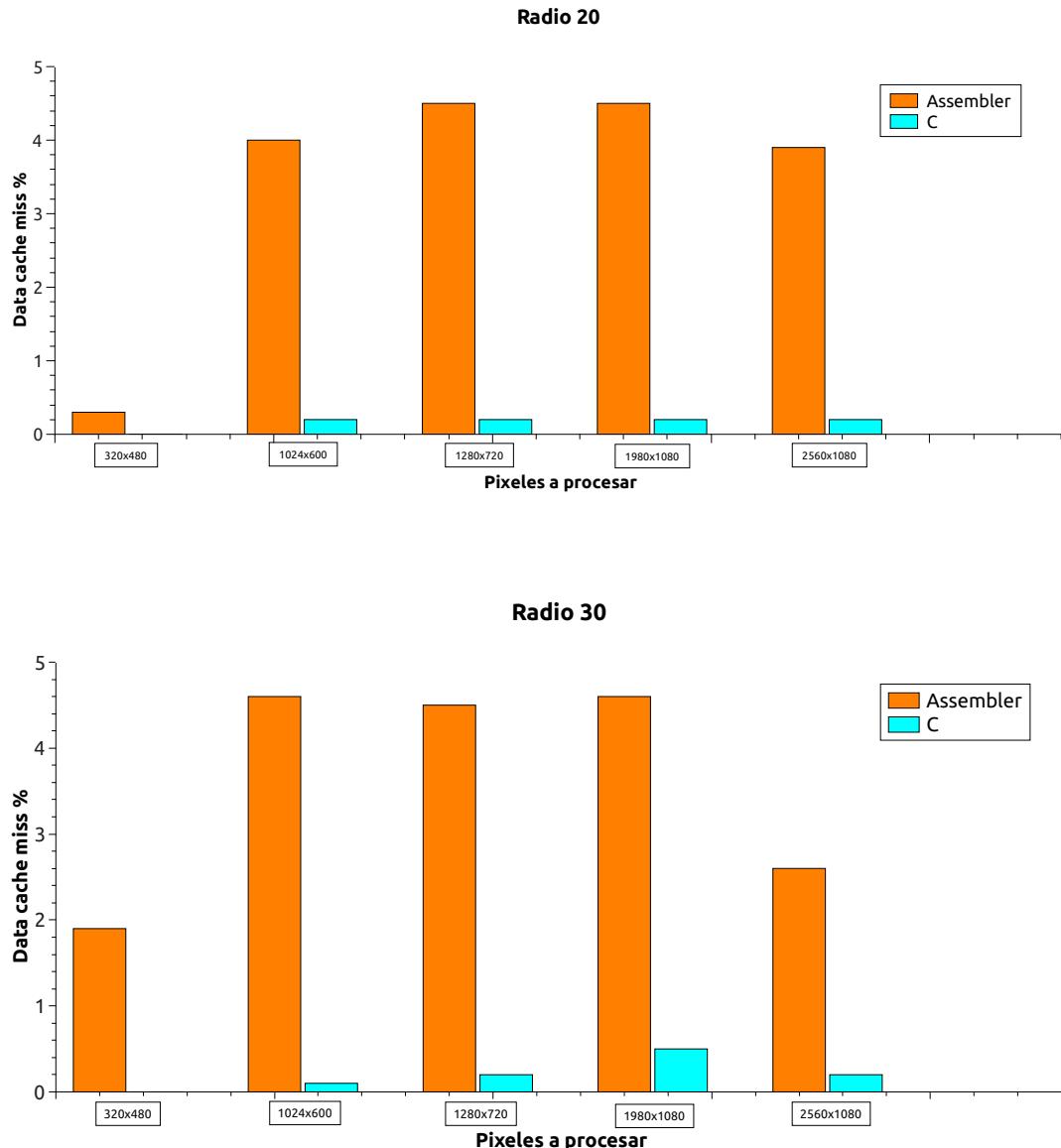
Data cache misses y Miss Jumps Blur (5,10)										
2560x1080 8,3mb 1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k										
Asm	4.1 %	4.5 %	0.5 %	4.5 %	0.5 %	4.5 %	4.1 %	4.5 %	0.2 %	4.5 %
C	0.2 %	3.9 %	0.2 %	3.9 %	0.0 %	4.4 %	0.2 %	4.4 %	0.0 %	4.4 %

Data cache misses y Miss Jumps Blur (5,20)										
2560x1080 8,3mb 1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k										
Asm	3.9 %	2.3 %	4.5 %	2.4 %	4.5 %	2.4 %	4.0 %	2.4 %	1.3 %	2.4 %
C	0.2 %	1.9 %	0.2 %	2.3 %	0.0 %	2.3 %	0.1 %	2.2 %	0.0 %	2.3 %

Data cache misses y Miss Jumps Blur (5,30)										
2560x1080 8,3mb 1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k										
Asm	2.6 %	1.5 %	4.6 %	1.6 %	4.6 %	1.6 %	3.9 %	1.6 %	1.9 %	1.6 %
C	0.2 %	1.2 %	0.2 %	1.5 %	0.0 %	1.5 %	0.1 %	1.5 %	0.0 %	1.5 %

### 2.4. Graficos:





## 2.5. Conclusion:

A partir de los graficos y de los datos obtenidos se puede ver claramente un mejor uso de la cache por parte de los filtros en c , esto va en contra de nuestra hipotesis. Sin embargo concluimos que esto pasa porque el compilador hace un muy buen trabajo a la hora de pasar el codigo en c a lenguaje de maquina, y que lo hace de una manera que aprovecha al maximo el uso la cache. Esta conclusion sale de que sin importar demasiado el tamaño de la imagen , el porcentaje de miss de nuestra implementacion en assembler varia muy poco a medida que aumentamos el radio y el tamaño de la imagen , mientras que la de c es siempre muy similar. Por lo tanto el tamaño de imagen y el radio no afectan el radio miss/hit de la cache. Sin embargo notamos que si bien el porcentaje de miss jumps de ambas implementaciones es muy similar, la cantidad de saltos que realiza c es muchisimo mas alta que la de asm. No incluimos estos numeros en el infome porque con un radio de 20 valgrind no terminaba de procezar la imagen , sin embargo al parar la emulacion de la cache en diferentes momentos, el porcentaje de miss era siempre el mismo, tanto en asm como en c. Con radios mas chicos la emulacion si terminaba y si se podia observar una cantidad

de saltos hasta 5 veces mayor en la implementacion de c. Esto se puede atribuir a que asm utiliza simd y procesa 4 pixeles por iteracion.

### 3. Hipotesis: El compilador ICC es mas veloz que el GCC

#### 3.1. Resumen

Queremos corroborar que el compilador icc es mejor, en terminos temporales (mas adelante se analizara el comportamiento respecto de la cache), que el compilador gcc.

#### 3.2. Experimentacion

Para analizar los compiladores usaremos el filtro diff. Lo aplicaremos sobre cuatro imagenes, de diferente tamaño. Sobre cada imagen, correremos el filtro varias veces, dado que los procesos de nuestra computadora pueden afectar temporalmente a los filtros. De esta manera, nos aproximaremos mas al resultado real. Calcularemos la desviacion estandar, para reflejar que solo es una aproximacion

Para cada imagen, la procesamos utilizando ambos compiladores y anotamos los tiempos (en ciclo de clocks), y a estos, los dividimos por la cantidad de pixel de la imagen. Asi, obtenemos cuanto tarda, en promedio, procesar un pixel. Luego, de estos valores, obtenemos la media y la desviacion estandar. Tomaremos el tamaño de la imagen como la cantidad de pixeles, dado que se procesan todos los pixeles en orden consecutivo, con lo cual no habria diferencia si la imagen tuviera otra largo o ancho

#### 3.3. Resultados

Hechas las mediciones, obtenemos lo siguiente

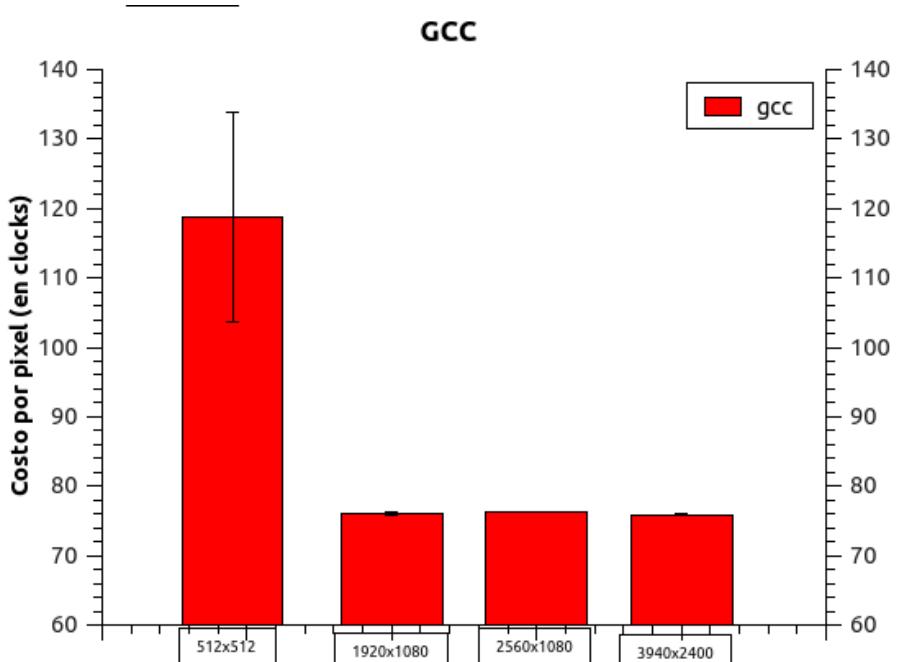


Figura 6: Medicion de gcc

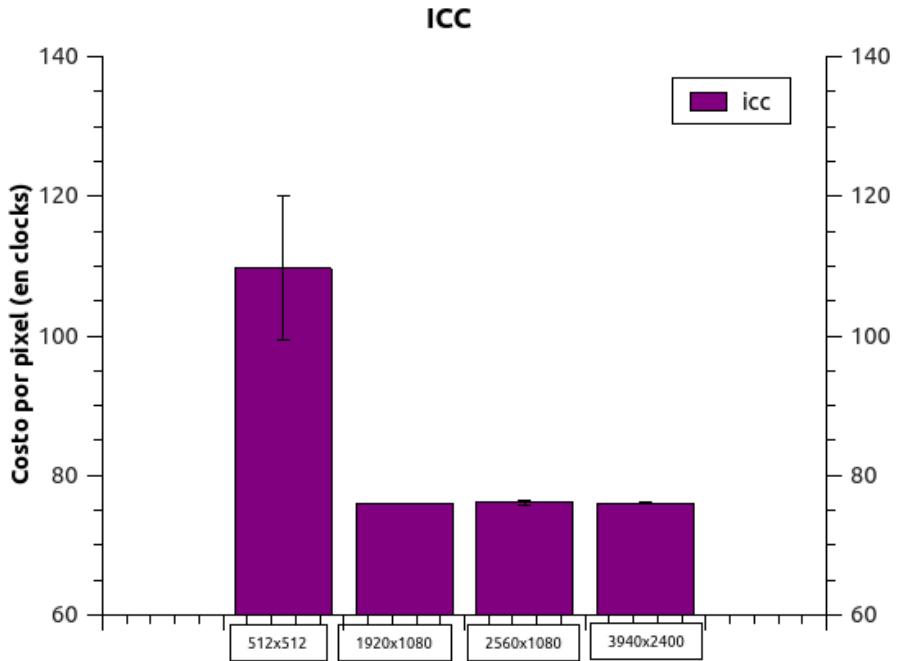


Figura 7: Medicion de icc

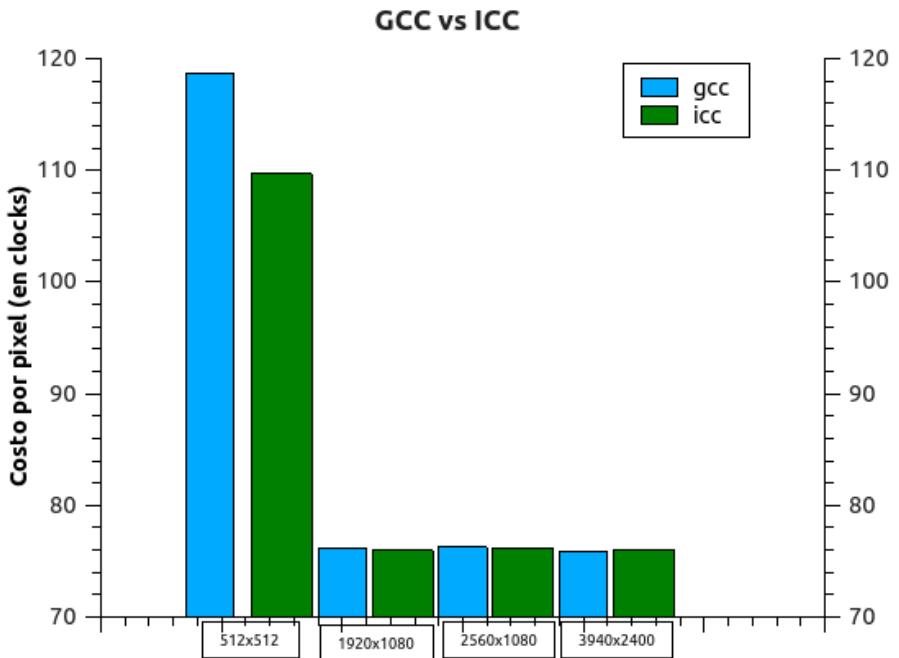


Figura 8: Comparacion entre gcc y icc

Podemos analizar las siguientes cosas de los resultados obtenidos:  
 Primero, en la imagen mas pequeña, el tiempo de procesamiento por pixel es bastante mayor que

### **3.4 Conclusión HIPOTESIS: EL USO DE LA CACHE DE ICC ES DIFERENTE AL DE GCC**

en las imagenes mas grandes, en las cuales el tiempo por pixel es casi el mismo. Esto sucede en ambos compiladores. Creemos que esto puede deberse a que hay alguno/algunos procesos en la computadora que no son constantes (es decir, no ocurren cada x cantidad de ciclos) y que influyen en los tiempos. Por eso para imagenes pequeñas se nota su influencia, pero para imagenes grandes no. Tiene sentido entoneces, que la desviacion estandar nos de mucho mas alta en la imagen de menor tamaño Segundo, si bien para la imagen mas pequena se puede observar que el compilador icc procesa mas rapido, no existe tal diferencia para las imagenes mas grandes. Incluso, en la imagen mas grande, es mas rapido (aunque la diferencia es cercana al 1%)

#### **3.4. Conclusion**

Refutamos, tristemente, nuestra hipotesis y concluimos entonces que el compilador icc no tiene ventaja sobre gcc. Compararemos mas adelante el uso de la cache, pero, a priori, no vale la pena gastar plata en icc.

### **4. Hipotesis: El uso de la cache de ICC es diferente al de GCC**

#### **4.1. Resumen**

El uso de la cache es el mismo sin importar el compilador: Usando programas para ver el contenido y el uso del cache (como por ejemplo valgrind) procesaremos varias imágenes, de distintos tamaños, e imágenes no cuadradas, para corroborar que sin importar el compilador, el uso de la cache es el mismo.

#### **4.2. Experimentaciones:**

Veremos a continuacion si el uso de la cache por ambos compiladores es similar, para esto relizaremos varias pasadas con los filtros implementados en c a diferentes imagenes. Esperamos ver que el funcionamiento de la cache es igual en ambos.

Para corroborar esto utilizaremos el valgrind, el cual nos muestra los misses y las predicciones de saltos fallidas, dependiendo de esos resultados podremos concluir si el uso de la cache es igual de eficiente o si varia .

Primero veremos como es el comportamiento con el filtro blur, por cuestines de cuanto se tarda en emular la cache a medida que se aumenta el radio, decidimos probar los casos con un radio chico e ir aumentando solo el tamaño de la imagen. Si hay diferencias en el uso de la cache con radios chicos, con radios mas grandes esta diferencia se va a mantener o incluso aumentar, por eso consideramos que fijar el radio no perjudica nuestro experimento.

#### 4.3 Datos obtenidos

##### 4.3. Datos obtenidos:

<b>Data cache misses y Miss Jumps Blur (5,10)</b>				
<b>1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k</b>				
<b>ICC</b>	Dm:0.2% Mj:3.9%	Dm:0.0% Mj:4.4%	Dm:0.2% Mj:4.4%	Dm:0.2% Mj:4.4%
<b>GCC</b>	Dm:0.2% Mj:3.9%	Dm:0.0% Mj:4.4%	Dm:0.2% Mj:4.4%	Dm:0.2% Mj:4.4%

<b>Data cache misses y Miss Jumps Blur (5,10)</b>				
<b>1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k</b>				
<b>ICC</b>	Dm: 3,414,935 Mj: 44,316,774	Dm: 1,555,908 Mj: 19,412,416	Dm: 28,968,342 Mj: 12,819,354	Dm: 121,320 Mj: 3,044,089
<b>GCC</b>	Dm: 3,416,876 Mj: 44,316,403	Dm: 1,555,552 Mj: 19,411,551	Dm: 28,967,956 Mj: 12,818,470	Dm: 120,936 Mj: 3,043,229

<b>Data cache misses y Miss Jumps Diff</b>				
<b>1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k</b>				
<b>ICC</b>	Dm:0.2% Mj:0.0%	Dm:0.2% Mj:0.0%	Dm:0.3% Mj:0.1%	Dm:0.3% Mj:0.3%
<b>GCC</b>	Dm:0.2% Mj:0.0%	Dm:0.2% Mj:0.0%	Dm:0.3% Mj:0.1%	Dm:0.3% Mj:0.3%

<b>Data cache misses y Miss Jumps Diff</b>				
<b>1920x1080 6,2mb 1280x720 2,8mb 1024x600 1,8mb 320x480 600k</b>				
<b>ICC</b>	Dm: 1,295,470 Mj: 9,349	Dm:651,145 Mj: 8,712	Dm: 490,247 Mj: 8,432	Dm: 134,168 Mj: 7,611
<b>GCC</b>	Dm: 1,295,437 Mj: 8,964	Dm: 651,114 Mj: 8,324	Dm: 490,202 Mj: 8,069	Dm: 134,126 Mj: 7,238

##### 4.4. Conclusion:

Luego de obtener los resultados y analizarlos observamos que si bien los valores de misses y miss jumps son muy parecidos , no son lo suficientemente parecidos como para concluir que el uso de la cache que hacen es el mismo. Esto lo deducimos de correr dos veces el mismo filtro a la misma imagen con un compilador, al ver los resultados varian en casi nada (mas menos diez), pero si compramos los resultados de compiladores diferentes estas variaciones son suficientemente grandes como para ver que hacen usan la cache de formas diferentes. Por otro lado si miramos los porcentajes ambos tienen exactamente los mismos, por eso concluimos que no eran necesarios graficos, pues los valores son exactamente iguales, para cualquiera de los dos filtros, en cualquier situacion. Por ende concluimos que en realidad los compiladores manejan la cache de maneras distintas. Como un detalle, se puede ver que ICC tiende a tener mas misses y miss jumps que GCC. Antes habiamos visto que ICC es un poco mas rapido que GCC, bueno aqui podemos confirmar que eso no se debe a un mejor uso de la cache