



|  |                               |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
|    | <b>VICERRECTORADO DOCENTE</b> | <b>Código:</b> GUIA-PRL-001   |
|  | CONSEJO ACADÉMICO             | <b>Aprobación:</b> 2016/04/06 |
| <b>Formato:</b> Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación |                               |                               |

|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|----|--|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   |    |  | PRÁCTICA DE LABORATORIO          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CARRERA: COMPUTACION   |    |  | ASIGNATURA: COMPUTACION PARALELA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| NRO. PRÁCTICA:   | 1  | TÍTULO PRÁCTICA: Desarrollo e implementación de aplicaciones de cómputo paralelo basado en CUDA C  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| OBJETIVOS  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Desarrolla soluciones para aplicaciones paralelas basadas en computación heterogénea</li></ul>   |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| INSTRUCCIONES  |    | <h3>Convolución de imágenes</h3> <p>Convolución es un técnica que puede ser usada en varias tareas de procesamiento de imágenes, como por ejemplo: suavizado y detección de bordes. Matemáticamente, una convolución mide la cantidad de superposición entre dos funciones. En el contexto de procesamiento de imágenes un filtro de convolución es un producto escalar del filtro de los pesos (máscara del filtro) con los píxeles de entrada de una ventana. Este producto escalar es una operación en paralelo que esta adecuado correctamente a la computación en paralelo utilizando hardware como por ejemplo una GPU.</p>  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    | <div><div><table><tr><td>35</td><td>40</td><td>41</td><td>45</td><td>50</td></tr><tr><td>40</td><td>40</td><td>42</td><td>46</td><td>52</td></tr><tr><td>42</td><td>46</td><td>50</td><td>55</td><td>55</td></tr><tr><td>48</td><td>52</td><td>56</td><td>58</td><td>60</td></tr><tr><td>56</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td></tr></table></div><div>*</div><div><table><tr><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr></table></div><div>=</div><div><table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>78</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div></div> <div><math display="block">35 \cdot (-2) + 40 \cdot (-1) + 41 \cdot 0 + 40 \cdot (-1) + 40 \cdot 1 + 42 \cdot 1 + 42 \cdot 0 + 46 \cdot 1 + 50 \cdot 2 = 78</math></div> |                                  |    |    | 35 | 40 | 41 | 45 | 50 | 40 | 40 | 42 | 46 | 52 | 42 | 46 | 50 | 55 | 55 | 48 | 52 | 56 | 58 | 60 | 56 | 60 | 65 | 70 | 75 | -2 | -1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |  |  |  |  |  |    | 78 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    | 35   | 40                               | 41 | 45 | 50 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    | 40   | 40                               | 42 | 46 | 52 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    | 42   | 46                               | 50 | 55 | 55 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 48   | 52 | 56   | 58                               | 60 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 56   | 60 | 65   | 70                               | 75 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -2   | -1 | 0  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1   | 1  | 1  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0  | 1  | 2  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 78 |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div><div><table><tr><td>35</td><td>40</td><td>41</td><td>45</td><td>50</td></tr><tr><td>40</td><td>40</td><td>42</td><td>46</td><td>52</td></tr><tr><td>42</td><td>46</td><td>50</td><td>55</td><td>55</td></tr><tr><td>48</td><td>52</td><td>56</td><td>58</td><td>60</td></tr><tr><td>56</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td></tr></table></div><div>*</div><div><table><tr><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr></table></div><div>=</div><div><table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>87</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div></div> <div><math display="block">40 \cdot (-2) + 41 \cdot (-1) + 45 \cdot 0 + 40 \cdot (-1) + 42 \cdot 1 + 46 \cdot 1 + 46 \cdot 0 + 50 \cdot 1 + 55 \cdot 2 = 87</math></div> |    |  |                                  | 35 | 40 | 41 | 45 | 50 | 40 | 40 | 42 | 46 | 52 | 42 | 46 | 50 | 55 | 55 | 48 | 52 | 56 | 58 | 60 | 56 | 60 | 65 | 70 | 75 | -2 | -1 | 0  | -1 | 1 | 1  | 0 | 1 | 2 |   |   |  |  |  |  |  | 87 |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 35   | 40 | 41   | 45                               | 50 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 40   | 40 | 42   | 46                               | 52 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 42   | 46 | 50   | 55                               | 55 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 48   | 52 | 56   | 58                               | 60 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 56   | 60 | 65   | 70                               | 75 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -2   | -1 | 0  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1   | 1  | 1  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0  | 1  | 2  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    | 87   |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>Imagen 1 Método de convolución</p>  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>Ejemplo:</p> <p>Los filtros gaussianos producen pequeñas variaciones en la imagen, debido generalmente a espectros de energía constante, los píxeles se ven alterados en la imagen. Cuando se habla de diferencia de gaussianas se hace alusión a la detección de bordes usando el algoritmo llamado</p>  |    |  |                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

“Diferencia de Gaussianas”, el mismo ejecuta dos desenfoques en la imagen, teniendo como resultado una imagen con bordes.



*Imagen 2 Fotografía original*



*Imagen 3 Diferencia de Gaussianas*

### Objetivo.


Implementar algoritmos de convolución de imágenes de al menos 6000 x 6000 tanto en la CPU como en la GPU utilizando tres filtros lineales diferentes. Como por ejemplo: Media, Gaussiana, Detección de Bordes, entre otros. La convolución se debe llevar a cabo de manera paralela donde cada hilo se encarga del cálculo necesario para un pixel y obtiene los datos requeridos de la memoria global. Finalmente, se deben utilizar **bloques e hilos** para la ejecución de la función de la GPU.

### Referencias:

- [1] V. Podlozhnyuk, “Image Convolution with CUDA,” *NVIDIA Corp. white x*, p. 21, 2007.
- [2] N. Wilt, *The CUDA HandBook: A Comprehensive Guide to GPU Programming*. 2013, p. 522.
- [3] J. Sanders and E. Kandrot, *Cuda By Example*. Boston: Pearson Education, Inc., 2010.
- [4] D. Kirk and W.-M. W. Hwu, *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach*. 2010, p. 280.

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

1. Desarrollar una función en el host que permita procesar la convolución de la imagen con diferentes filtros.

|  |                               |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
|   | <b>VICERRECTORADO DOCENTE</b> | <b>Código:</b> GUIA-PRL-001   |
|  | CONSEJO ACADÉMICO             | <b>Aprobación:</b> 2016/04/06 |
| <b>Formato:</b> Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación |                               |                               |

|   |
|---|
| 2. Desarrollar una función en el device que permita procesar la convolución de la imagen con diferentes filtros utilizando tanto bloques como hilos del device en la dimensión de x.  |
| 3. Ejecutar las funciones del punto 1, 2 utilizando una imagen de al menos 6000x6000. Además, ejecutar con diferentes ventanas o máscaras de convolución de 9x9, 13x13 y 21x21.   |
| 4. Comprobar que los resultados de la función del host sean igual a los resultados de la función del device   |
| 5. Obtener y recopilar los tiempos de procesamiento de cada una de las ejecuciones descritas en el punto 3.   |
| 6. Generar una gráfica comparativa de los tiempos de ejecución obtenidos entre CPU y GPU.   |
| 7. Generar el informe de la práctica con el desarrollo de cada uno de los puntos descritos anteriormente. Además, el informe debe incluir la imagen original y las imágenes resultantes de cada ejecución descritas en los puntos anteriores. |
| 8. Subir al AVAC el informe del proyecto en formato *.pdf. El informe debe contar con conclusiones apropiadas y la firma de cada estudiante   |
| <b>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseña e implementa aplicaciones en paralelo usando CUDA C.</li> </ul>  |
| <b>CONCLUSIONES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes podrán interactuar con el análisis y diseño de algoritmos paralelos</li> </ul>  |
| <b>RECOMENDACIONES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar el tiempo de ejecución de cada proceso por separado utilizando las funciones de tiempo de CUDA</li> </ul>  |

**Docente:** Ing. Gabriel León Paredes, PhD.



**Firma:**