



Revista EIA  
ISSN: 1794-1237  
revista@eia.edu.co  
Escuela de Ingeniería de Antioquia  
Colombia

# Cinética de renderizado y relación de hardware para la digitalización de imágenes del Neurobanco de la Universidad de Antioquia

**Villegas Lanau, Carlos Andrés; Jaramillo González, Laura; Rueda Pérez, Carlos Alberto; Soto Ospina, Alejandro; Araque Marín, Pedronel**

Cinética de renderizado y relación de hardware para la digitalización de imágenes del Neurobanco de la Universidad de Antioquia

Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020

Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860025>

**DOI:** <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1405>

# Cinética de renderizado y relación de hardware para la digitalización de imágenes del Neurobanco de la Universidad de Antioquia

Rendering kinetics and hardware relationship for the digitization of images of the Neurobank of the University of Antioquia

Relação cinética e hardware de renderização para a digitalização de imagens do Neurobank da Universidade de Antioquia

Carlos Andrés Villegas Lanau andres.villegas@udea.edu.co  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

Laura Jaramillo González laura.jaramillo9@udea.edu.co  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

Carlos Alberto Rueda Pérez calberto.rueda@udea.edu.co  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

Alejandro Soto Ospina pfalejandro.soto@gmail.com  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

Pedronel Araque Marín pedronel.araque@eia.edu.co  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020

Escuela de Ingeniería de Antioquia,  
Colombia

Recepción: 03 Marzo 2020  
Aprobación: 18 Junio 2020

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1405>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860025>

**Resumen:** Los cortes encefálicos en regiones anatómicas específicas, son claves para el entendimiento y descripción de algunas patologías relacionadas con enfermedades neurodegenerativas, el procesamiento de imágenes es un área emergente que permite la digitalización de la información, para la creación de un banco digital a partir de las imágenes de los cortes de encéfalo en la línea de investigación del Neurobanco del Grupo de Neurociencias de Antioquia. El software utilizado para el procesamiento de las imágenes fue Agisoft® Metashape, con el cual se hace el renderizado tridimensional de las fotos, ya que es clave conocer las condiciones de hardware para explorar las potencialidades del render en el software, para un menor tiempo, considerando conceptos de mask\_tie point y mask\_key point, unidades de procesamiento de cómputo y unidades de procesamiento gráfico. Los conjuntos de software obtenidos, cálculos cinéticos y relación de procesamiento independiente y combinado de gráfico, se determina que el mejor conjunto de hardware desde un aspecto técnico y funcional es un computador de escritorio con la combinación de una unidad de procesamiento Intel-i7 8700 con una tarjeta de video GTX 1060. No obstante, respecto a una relación de economía, el mejor hardware es Intel i5 9400 con una tarjeta de video GTX 1660, dado a que esta combinación da una mayor potencia en el procesamiento de imagen tridimensional, que un hardware con solo procesador, así este sea de alta potencia. Finalmente, como aspecto relevante, se espera complementar el análisis a partir del estudio de un conjunto de hardware de la compañía Radeon, que ofrece alternativas como las tarjetas de video AMD Rx 5700XT.

**Palabras clave:** Renderizado, neurobanco; digitalización, cortes encefálicos; fotogrametría.

**Abstract:** Brain cuts in specific anatomical regions are key to the understanding and description of some pathologies related to neurodegenerative diseases, image processing is an emerging area allows the digitalization of information, for the creation of a digital

bank from brain, cuts images in the Neurobanco research line of the Neuroscience Group of Antioquia. The software used for image processing was Agisoft © Metashape, with which the three-dimensional rendering of photos is done since it is essential to know the hardware conditions to explore the potential of rendering in the software, for a shorter time, considering concepts of mask\_tie point and mask\_key point, computational processing units and graphics processing units. The obtained software sets, kinetic calculations and independent and combined graphics processing ratio, determined that the best hardware set from a technical and functional aspect is a desktop computer with the combination of a high power processing unit with high power a video card (Intel-i7 8700 with a GTX 1060 video card). However, regarding an economic relationship, the best hardware is a medium power processing and a medium or high power graphic card (Intel i5 9400 with a GTX 1660 video card), given that this combination gives greater potential in the three-dimensional image processing than hardware with only one processor, even if it is of high power. Finally, as a relevant aspect, it is expected to complement the analysis from the study of set hardware from the Radeon company, which offers alternatives such as AMD Rx 5700XT video cards.

**Keywords:** Rendering, neurobank, digitization, brain cuts, photogrammetry.

**Resumo:** Cortes cerebrais em regiões anatômicas específicas são fundamentais para a compreensão e descrição de algumas patologias relacionadas a doenças neurodegenerativas, o processamento de imagens é uma área emergente permite a digitalização de informações, para a criação de um banco digital a partir do cérebro, corta imagens na linha de pesquisa Neurobanco do grupo de neurociência de Antioquia. O software utilizado para o processamento de imagens foi o Agisoft © Metashape, com o qual é feita a renderização tridimensional de fotos, pois é essencial conhecer as condições do hardware para explorar o potencial da renderização no software, por um tempo mais curto, considerando os conceitos de mask\_tie point e mask\_key point, unidades de processamento computacional e unidades de processamento gráfico. Os conjuntos de softwares obtidos, os cálculos cinéticos e a taxa de processamento gráfico independente e combinada determinaram que o melhor conjunto de hardware do aspecto técnico e funcional é um computador de mesa com a combinação de uma unidade de processamento de alta potência com uma placa de vídeo de alta potência (Intel-i7 8700 com uma placa de vídeo GTX 1060). No entanto, no que diz respeito a uma relação econômica, o melhor hardware é um processamento de potência média e uma placa gráfica de média ou alta potência (Intel i5 9400 com uma placa de vídeo GTX 1660), uma vez que essa combinação oferece maior potencial no processamento de imagem tridimensional do que hardware com apenas um processador, mesmo que seja de alta potência. Finalmente, como um aspecto relevante, espera-se complementar a análise do estudo de hardware da empresa Radeon, oferecem alternativas como as placas de vídeo AMD Rx 5700XT.

**Palavras-chave:** Renderização, neurobanco, digitalização, cortes no cérebro, fotogrametria.

## 1. Introducción

La fotogrametría, se puede definir actualmente como la ciencia de obtener información de confianza de propiedades de superficies y objetos sin el contacto físico con estos, y para medir e interpretar esta información” Schenk. (2005). Como antecedente, la fotogrametría inició con la invención de la cámara fotográfica a finales del siglo XIX para medir distancia entre objetos, o proporciones de estos objetos por el análisis fotográfico. Hoy en día, con los avances tecnológicos, la fotogrametría se ha aprovechado para la digitalización 3D de objetos por medio de software; ya sea para imprimirlo en 3D, colocar el modelo en un medio de entretenimiento; o para un enfoque más investigativo Mikrut, Mikrut.

(1992); Lane, Richards and Chandler. (1993); Beltran, et al. (2018); Goodbody, Coops and White. (2019).

El software de fotogrametría se basa en los conceptos de key points” y “tie points” para generar la imagen 3D. en primer lugar, key point (KP) es un punto que destaca en la imagen por una diferencia de contraste, brillo, saturación o color con sus alrededores; cabe destacar que este punto puede variar en número pixeles. En segundo lugar, tie-point (TPM), es cuando el software reconoce el mismo key point en varias imágenes, y lo utiliza de anclaje y referencia para la renderización 3D; junto a otros parámetros como ángulo de la foto, enfoque del lente, distancia en que se tomó la foto, y puntos de referencia del fondo de la imagen, entre otros, Julien, Fauqueur, Nick , Kingsbury and Ryan. (2006); Harris Geospatial Solutions. (2020).

Siendo el primer paso para la digitalización 3D el proceso de tomar las fotos, el siguiente paso es denominado “mask” de las fotos en el software (Agisoft© Metashape). Hacerle un “mask” a una foto, es seleccionar las áreas de la imagen que no hacen parte del objeto de interés al que se quiere renderizar en 3D, ya sea porque es parte del fondo, o es una sección del modelo en la que no se está interesado Uchida. (2013); Gray, et al. (2019). Agisoft, permite configurar la anulación de este mask por KP o TPM. En una ejecución del software por KP, se considera cualquier punto que se encuentre en esa imagen y lo ignora, pero si encuentra ese KP en otra imagen, considera este punto sin omitirlo. Por otro lado, si es por TPM, cualquier KP que encuentre en esa zona con mask, será ignorado, independientemente de que se encuentre posteriormente en otra imagen sin mask R&D work Agisoft LLC. (2006).

Teniendo en cuenta lo anterior, la selección de masks en el software, por KP, o por TPM, tiene un procesamiento y conceptualización diferente, es decir cuando se realiza por KP, hay que hacer un mask imagen por imagen, proceso que se puede tardar entre 90 a 120 minutos por cada 32 imágenes. Mientras el proceso realizado por TPM, se toma una foto del fondo sin el objeto de interés, se hace un mask general de dicha foto, y si se considera necesario, se hace mask de pequeñas áreas que hayan salido en otras fotos (por ejemplo, mano del investigador). Con este último método, el proceso de mask se puede tardar 4 minutos o menos, sin embargo, se requiere conocimiento de técnicas con mayor control de los elementos de fondo, iluminación y sombras, además de asegurarse que el objeto de interés este en el centro de la bandeja rotatoria Uchida. (2013).

Posterior al masking, el software hace el sub-proceso de “alignment”. Aquí utiliza los TPM para determinar la orientación y posición de las fotos en cuanto al objeto de interés. El resultado es considerado como “sparse point cloud model”, el cual muestra la ubicación espacial de los TPM, y también se obtiene representado en rectángulos azules la posición de cada foto de manera individual. Si en el punto de procesamiento de la imagen hay diferencias entre los resultados que presenta el software y la realidad, se debe restar continuidad al proceso y reiniciar una nueva sesión de fotos. Los sub-procesos de “Matching” y “alignment”, son responsables del “Tie Points” Fathi and Brilakis (2011); Su, Hang,

Jampani, Varun, Sun, Deqing, Maji, Subhransu, Kalogerakis, evangelos, Yang, Ming Hsuan, Kautz. (2018).

El software prosigue en crear un “Dense point cloud”. En el cual, se aprovecha la información adquirida en el alignment en cuanto a profundidad, calidad y enfoque de las imágenes; para reconocer puntos adicionales de anclaje similares entre las imágenes. Ya teniendo una mayor cantidad de puntos de anclaje en el dense cloud, el software puede crear la malla (MESH), la cual consiste en formas poligonales del modelo 3D en donde sus vértices son precisamente los puntos de anclaje generados en el dense cloud. El Dense point cloud se crea por el proceso “Dense cloud”, que está conformado por los subprocesos “Depth map generation” y “Dense cloud generation”. Mientras que el proceso de “MESH” solo tiene un subproceso que es “Processing” Levine, Paulsen and Zhang. (2012).

Si bien con el MESH el software propone dar color al modelo, las características de las superficies en este punto son alejadas de la realidad. Para superar esto, se procede a crear el “texture”, que como su nombre lo indica, otorga a los polígonos textura para aumentar su fidelidad al modelo original. El proceso de “texture” está compuesto por los subprocesos “UV mapping” y “Blending” en la tridimensionalidad del modelo Lai. et al. (2018).

Para poder realizar los procesos previamente mencionados se necesita tanto el trabajo de unidades de procesamiento de computación (CPU) y unidades de procesamiento gráfico (GPU). En ambas hay distintos modelos en el mercado que difieren en potencia, calidad y precio. Además, muchos software son programados para aprovechar ciertas estructuras físicas de CPU o GPU particulares, por lo que es común que un software tenga mejor desempeño en un procesador de menor potencia comparado con uno de mayor potencia, simplemente porque está mejor optimizado para dicho procesador Song, Mu and Zhou. (2017); Teodoro, et al. (2017).

Agisoft© Metashape tiene dos configuraciones para generar los procesos. Puede hacer uso mixto de CPU o GPU en todos sus procesos, o puede usar un aceleramiento de GPU. En este último se usa el GPU en los procesos de “image matching”, “depth maps generation” y “mesh generation”. El manual del usuario del software recomienda usar los dos CPU y GPU, sin embargo, si hay al menos un GPU discretamente potente (Nvidia® pertenecientes a la serie GeForce GTX o AMD® pertenecientes a la serie Raedon), recomiendan el uso único de GPU. Cabe destacar que los CPUs hechos por la marca comercial Intel tienen un GPU integrado de poca potencia, por lo que, en teoría, un solo CPU relativamente potente de esta marca puede ser suficiente para suplir todos los procesos. Por otro lado, los CPUs hechos por la marca comercial AMD carecen de estos GPUs integrados, por lo que, si se va a usar un CPU de esta última marca, se debe comprar un GPU por aparte Radeon. (1969); Nvidia. (1995); R&D work Agisoft LLC. (2006).

## 2. Metodología

### *Obtención y selección de las fotos de cortes encefálicos*

Se buscó entre los intentos de fotogrametría anteriormente guardados, cuál de ellos tenía el renderizado más parecido a la realidad, los criterios de selección fueron fidelidad de polígonos y fidelidad de textura, los cuales son parámetros netamente cualitativos del software para procesar imagen Agisoft© Metashape. Todos los modelos son procedentes de encéfalos completos extraídos con los protocolos estándares del Neurobanco del Grupo de Neurociencias de Antioquía.

### *Selección de equipos de computo*

Se usaron cuatro computadores para hacer las pruebas. El primero de ellos, es un computador portátil (Laptop) que cuenta con un CPU de gama media, y la GPU integrada en dicho procesador (E1); que se incluye en el estudio cómo funciona el software sin una GPU externa. El segundo, es un computador portátil para juegos de video (gaming laptop) con un CPU de gama media y un GPU de gama alta (E2). El tercero, es un computador de escritorio (Desktop), que tiene un CPU y GPU de gama media (E3); y el último es un computador de escritorio (Desktop) que tiene un CPU y GPU de gama alta (E4). Las especificaciones de los equipos se pueden encontrar en la Tabla 1. Se ignora otros parámetros que se pueden considerar importantes (memoria RAM o características del disco duro), ya que se han visto poco relevantes en los procesos.

**Tabla 1**  
Especificaciones técnicas de los equipos de computación.

Equipo	CPU	GPU
E1	Intel i5-7200U	HD Graphics 620
E2	Intel i5-6300HQ	Nvidia GTX 960M
E3	Intel i5-8400	Nvidia GTX 1050Ti
E4	Intel i7-8700	Nvidia GTX 1060

En la Figura 1 se observan características de los CPUs que se usaron, junto con otras opciones del mercado, se recomienda ver como punto de comparación el Avarage Bench (Avg. Bench) y precio. El Avg. Bench como la comparación del hardware, con un hardware seleccionado por el portal web; mientras que los precios son los precios oficiales del mercado en USA. Los otros parámetros pueden ser ignorados.



	Search: Ryzen, i7 etc ...	User rating %	Value %	Avg. bench %	S-Core Pts	M-Core Pts	Mkt. share %	Age months	Price
1	Intel Core i5-9400 \$155	55	117	92.1	121	676	0.03	2+	\$155
2	AMD Ryzen 5 2600 \$154	146	112	88	111	916	3	12	\$154
3	Intel Core i5-8400 \$202	116	102	89.1	117	649	1.41	19	\$202
4	Intel Core i7-8700K \$345	165	101	107	137	1068	2.49	19	\$345
5	Intel Core i5-6300HQ	57		57.5	80.5	302	0.19	42+	
6	Intel Core i5-7200U	58		48.2	83.1	230	0.9	33+	

**Figura 1**  
Users benchmark de CPUs.

En la Figura 2, se presentan las características de los GPUs que se usaron, junto con otras opciones del mercado, se recomienda ver como punto de comparación el Average Bench (Avg. Bench) y precio. El Avg. Bench es la comparación de ese hardware, con un hardware seleccionado por el portal web; mientras que los precios son los precios oficiales del mercado en USA.

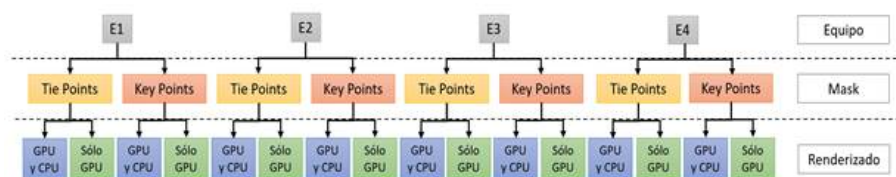
	Search: 1060 etc ...	User rating %	Value %	Avg. bench %	Mkt. share %	Age months	Price
1	Nvidia GTX 1660-Ti \$249	75	120	92.4	1.29	2	\$249
2	AMD RX 580 \$168	131	118	70.4	3.17	24	\$168
3	Nvidia GTX 1660 \$220	63	113	80.3	0.56	2	\$220
4	Nvidia GTX 1060-6GB \$200	176	106	70.7	4.31	34	\$200
5	Nvidia GTX 1050-Ti \$170	98	63.6	38.1	3.37	30	\$170
6	Intel HD 620 (Mobile Kaby Lake)	60		6.55	1.69	33+	
7	Nvidia GTX 960M	64		20.6	0.27	48+	

**Figura 2**  
User benchmark de GPUs:

### *Mask de fotos y renderización de los modelos*

En cada uno de los equipos, se hicieron dos masks. Uno para renderizar en KP y otro para renderizar en TPM. A su vez, a cada uno de los Masks, se le hizo dos renderizados, uno que usaba la configuración mixta de CPU y GPU, y otro que usaba la configuración de uso único de GPU. A cada uno de los modelos obtenidos, se le hizo una cinética del tiempo en realizar cada uno de los subprocesos y procesos, además, se guardaron los parámetros utilizados y aplicados del modelo en caso de

futuros procesamiento de imagen, este proceso metodológico, en síntesis, se resume en la Figura 3.



**Figura 3**

Esquema metodológico de mask y renderizado para los sistemas considerados.

### *Cinéticas de comparación de resultados en el renderizado*

Los resultados del tiempo se presentarán en segundos. De tal forma que tendremos diferencia absoluta ( $\text{Renderizado } a - \text{Renderizado } b$ ) y razón de tiempo ( $\frac{\text{Renderizado } a}{\text{Renderizado } b}$ ), se considerará significativo en la práctica, cualquier razón de tiempo que sea mayor de 1,15 y menor de 0,87. Asimismo, se compararán los resultados entre las renderizaciones sin TPM (Tie Points Masking) y con TPM; como los resultados entre renderización de configuración mixta y con GPU. Por último, se analizarán individualmente los resultados entre los diferentes equipos en cada una de las categorías de renderización sin TPM ni GPU, con GPU, con TPM, y con TPM y GPU.

## 3. Resultados y discusión

Durante el procedimiento computacional, se hicieron 16 renderizaciones cuyos valores se presentan en la Tabla 2. El menor tiempo de renderización fue en el equipo L4 con TPM y GPU (195 s); y el mayor fue en el equipo L1 con solo GPU. Se ve que hubo diferencia en tiempo en cada una de las renderizaciones, excepto en L4 sin TPM ni GPU, y L4 con GPU. tienen relación con el desempeño de los procesos. El promedio de tiempo en L1, L2, L3 y L4 es de 2462 s, 583 s, 306 s y 261 s respectivamente.

Considerando todos los procesos, la cinética de mayor tiempo fue la que tuvo en cuenta el procedimiento de Alignment, seguido de Texture, Dense Cloud y MESH. El proceso que aparenta ser más sensible es Dense Cloud, seguido por Alignment, Texture y MESH. Se puede observar que, a partir de los equipos de menor potencia, parámetros como el Dense Cloud son más lentos que el Texture (llegando a ser un 38 % más rápido), pero a medida que aumenta la potencia de la tarjeta gráfica, el Dense Cloud es más rápido (en su mejor relación, hasta 2,31 veces más rápido), lo que optimizaría en grandes proporciones el procesamiento de imágenes como se presenta en la Tabla 3.



**Tabla 2**  
Resultados de renderizaciones (en segundos).

	Mt	At	TPt	DMGt	DCGt	DCt	Pt	MSt	UVt	Bt	Tt	Tiempo total	M	S
<b>L1</b>	445	14	459	171	57	228	42	42	36	129	165	894	14	54
<b>L1 (TPM)</b>	466	22	488	168	64	232	65	65	36	146	182	967	16	7
<b>L1 (GPU)</b>	3840	16	3856	108	62	170	51	51	16	138	154	4231	70	31
<b>L1 (TPM) (GPU)</b>	3339	21	3360	100	74	174	52	52	40	132	172	3758	62	38
<b>L2</b>	277	7	284	105	42	147	26	26	57	77	134	591	9	51
<b>L2 (TPM)</b>	299	19	318	104	48	152	29	29	40	86	126	625	10	25
<b>L2 (GPU)</b>	259	10	269	122	47	169	35	35	41	92	133	606	10	6
<b>L2 (TPM) (GPU)</b>	245	11	256	26	55	81	35	35	38	102	140	512	8	32
<b>L3</b>	138	5	143	67	21	88	16	16	27	46	73	320	5	20
<b>L3 (TPM)</b>	141	4	145	63	21	84	17	17	26	46	72	318	5	18
<b>L3 (GPU)</b>	138	5	143	67	21	88	16	16	27	46	73	320	5	20
<b>L3 (TPM) (GPU)</b>	132	4	136	14	24	38	18	18	26	50	76	268	4	28
<b>L4</b>	107	4	111	79	16	95	16	16	18	39	57	279	4	39
<b>L4 (TPM)</b>	112	4	116	73	18	91	18	18	25	43	68	293	4	53
<b>L4 (GPU)</b>	107	4	111	79	16	95	16	16	18	39	57	279	4	39
<b>L4 (TPM) (GPU)</b>	78	4	82	11	18	29	17	17	25	42	67	195	3	15

TPM= renderizado por Tie Point Masking. GPU= renderizado por acelaramiento de GPU. Mt= Matching time. At= Alignment time. TPt= Tie Points time. DMGt= Depth map generation time. DCGt= Dense cloud generation time. DCt= Dense cloud time. Pt= processing time. MSt= MESH time. UVt= UV mapping time. Bt= Blending time. Tt= Texture time.

**Tabla 3**  
Relación TPM con el tiempo de renderizado.

	Tiempo sin TPM	Tiempo con TPM	Diferencia absoluta	Razón de diferencias
<b>L1</b>	894	867	27	1,0311
<b>L1 GPU</b>	4231	3758	473	1,1259
<b>L2</b>	591	625	-34	0,9456
<b>L2 GPU</b>	606	512	94	1,1835
<b>L3</b>	320	318	2	1,0063
<b>L3 GPU</b>	320	268	52	1,1940
<b>L4</b>	279	293	-14	0,9522
<b>L4 GPU</b>	279	195	84	1,4308

Se observa que hay diferencia significativa con TPM en los equipos L2, L3 y L4 cuando se usa GPU. En el equipo L1 no hay diferencia significativa en ninguna configuración. Se ve que hay una mejora del rendimiento con TPM que puede ir desde un 18 % hasta un 43 %, que presenta una aparente relación positiva dependiendo de la potencia del GPU, de igual manera se hace mandatorio realizar un análisis de las relaciones y cinética del procesamiento gráfico de imágenes, ya que la aplicación del estudio tiene como fin, ilustrar la tridimensionalidad de los cortes encefálicos, por lo que se presenta en la Tabla 4 los resultados del procesamiento gráfico con el tiempo de renderizado:

**Tabla 4**  
Relación GPU con tiempo de renderizado.

	Tiempo sin GPU	Tiempo con GPU	Diferencia absoluta	Razón de diferencia
<b>L1</b>	894	4231	-3337	0,2113
<b>L1 TPM</b>	967	3758	-2791	0,2573
<b>L2</b>	591	606	-15	0,9752
<b>L2 TPM</b>	625	512	113	1,2207
<b>L3</b>	320	320	0	1,0000
<b>L3 TPM</b>	318	268	50	1,1866
<b>L4</b>	279	279	0	1,0000
<b>L4 TPM</b>	293	195	98	1,5026

Se observa que hay diferencia significativa con GPU en todos los equipos, sin embargo, en los equipos L2, L3 y L4 solo ocurre cuando se usa TPM. En el equipo L1 parece tener un efecto nocivo en la ejecución del software, mientras que en los otros equipos mejora el rendimiento. Sin embargo, cabe resaltar que es curioso ver que no hay una relación directa respecto a la potencia del equipo, caso contrario al observado en la Tabla 3 cuando se compara en cada uno de los procedimientos con TPM.

Cuando se comparan los equipos L1, L2, L3 y L4 (Figura 4), se observa que todas las razones son significativas. El desempeño del equipo 4 también es significativo cuando se compara con L1 y L2 en todas sus configuraciones, no obstante, cuando se compara con L3 solo es significativo cuando se hace TPM y GPU juntos.

En la comparación de los renderizados sin GPU ni TPM, el menor resultado significativo es la comparación entre L1 y L2, donde el desempeño de L2 fue del 51 % mejor que L1; mientras que el mayor resultado significativo es entre L1 y L4, donde el desempeño de L4 fue del 320 % mejor que L1. Cuando se compararon los renderizados con GPU, el menor resultado significativo es entre L2 y L3, donde el desempeño de L3 fue del 89 % mejor que L2; y el mayor resultado significativo es entre L1 y L4, donde el desempeño de L4 fue del 1516.0% mejor que L1. Cuando se comparan los renderizados con TPM, el menor resultado significativo es entre L1 y L2, donde el desempeño de L2 fue del 54 % mejor que L1; y el mayor resultado significativo es entre L1 y L4, donde el desempeño de L4 fue del 330 % mejor que L1. Finalmente, cuando se comparan los renderizados con GPU y TPM, el menor resultado significativo es entre L4 y L3, donde el desempeño de L3 fue del 37% mejor que L4; y el mayor resultado significativo es entre L1 y L4, donde el desempeño de L4 fue del 1927 % mejor que L1.

		Diferencia de tiempo							Razón de tiempo				
		L1	L2	L3	L4				L1	L2	L3	L4	
Sin GPU ni TPM	L1			303	574	-279	L1			1,5126904	2,79375	3,2043011	
	L2		-303		271	312			0,6610738		1,846875	2,1182796	
	L3		-574	-271		41			0,3579418	0,5414552		1,1469534	
	L4		-615	-312	-41				0,3120805	0,4720812	0,871875		
Con GPU	L1			3625	3911	3952	L1			6,9818482	13,221875	15,164875	
	L2		-3625		286	327			0,1432286		1,89375	2,172043	
	L3		-3911	-286		41			0,0756322	0,5280528		1,1469534	
	L4		-3952	-327	-41				0,0659419	0,460396	0,871875		
Con TPM	L1			342	649	674	L1			1,5472	3,0408805	3,3003413	
	L2		-342		307	332			0,6463289		1,9654088	2,1331058	
	L3		-649	-307		25			0,3288521	0,5088		1,0853242	
	L4		-674	-332	-25				0,302999	0,4688	0,9213836		
Con GPU y TPM	L1			3246	3490	3563	L1			7,3398438	14,022388	19,271795	
	L2		-3246		244	317			0,1362427		1,9104478	2,625641	
	L3		-3490	-244		73			0,0713145	0,5234375		1,374359	
	L4		-3563	-317	-73				0,0518893	0,3808594	0,7276119		

Figura 4

Comparación entre equipos y tratamientos de renderizado

El hecho de que haya surgido la necesidad de rehacer un renderizado, nos indica que, bajo las mismas condiciones, un mismo proceso puede tener tiempos diferentes. No obstante, según la experiencia de los investigadores, la frecuencia que se den estos cambios en el tiempo de renderizado depende de la calidad de fotos (Figura 5) con las que se estén trabajando, y cuando se dan las diferencias, estas son realmente significativas y se pueden identificar desde el principio del renderizado, por lo que, según las especificaciones de la RAM y el trabajo gráfico, es preferible detener la ejecución y reiniciar el software. Los promedios de tiempo de renderizado mejoran, mientras aumenta la potencia de la combinación CPU con GPU. Además, al observar de una forma superficial de como un GPU aumenta el desempeño del proceso más largo (Alignment), y como convierte al segundo proceso más largo al tercero (Dense Cloud); se puede ver cómo va adquiriendo importancia el GPU en todo el renderizado, ya que la velocidad y el número de procesamientos con base en la cantidad de núcleos, es clave en la cinética del procedimiento del render.

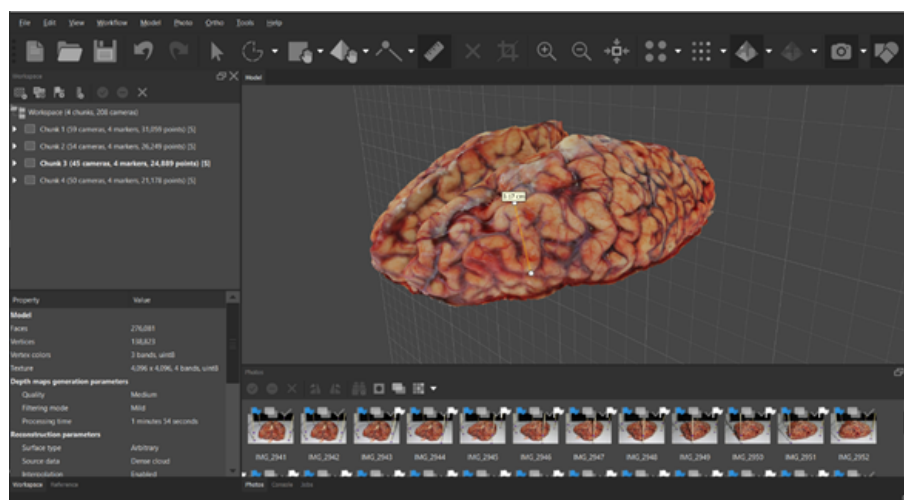


Figura 5

Renderización 3D de cortes de encéfalo.

Cuando se usa TPM, este resulta ser solo benéfico en la configuración GPU, cuando este GPU es una tarjeta gráfica aparte, y no cuando es una integrada en el CPU (como es en el caso del equipo L1). No obstante, se recomendaría usar este tipo de mask aunque no se tenga una tarjeta gráfica aparte, ya que el tiempo de edición de fotos que se ahorra, alcanza a cubrir cualquier demora que se pueda dar en el tiempo de renderizado. Como es de esperar, el tiempo mejora, mientras se está en relación directa con la potencia en la relación CPU/GPU.

Cuando se usa la configuración con GPU, la mejora en tiempos de renderizado no tiende a ser tan lineal como en TPM. En primer lugar, es perjudicial colocar esta configuración cuando no se posee una tarjeta gráfica por aparte; por lo que se recomienda no usar esta configuración para este caso particular. Además, a pesar de que tanto el CPU y GPU del equipo L3 son mejores que su contraparte del equipo L2, el desempeño del segundo fue mejor que el primero, esta diferencia se debe a que el software no está optimizado para un hardware específico, sin embargo, no estamos seguros si es en CPU, GPU o la interacción de estos dos; por lo que se demuestra, que es necesario hacer una prueba del hardware antes, con el software que se desea instalar, para asegurarse que la potencialidad del equipo pueda ser aprovechada al máximo.

#### 4. Conclusiones

El estudio de las cinéticas de renderizado y relaciones en los sistemas CPU como unidad de procesamiento y GPU como unidad de procesamiento gráfico, facilitan la selección de los equipos adecuados para el procesamiento del software, buscando obtener la máxima respuesta y el aprovechamiento del recurso computacional. Teniendo en cuenta el estudio realizado, se recomienda el computador más accesible y acorde al recurso financiero, ya que el mejoramiento en el procesamiento de imagen para una fotogrametría, va a ser altamente significativa, por relación costo-

beneficio de igual manera, se considera una mejor opción un equipo de escritorio (Desktop), que un computador portátil (laptop), dado que un computador portátil de la mismas características y potencia, tiende a ser mucho más caro, desde sus características físicas y sin diferencias funcionales.

Bajo una visión económica en el mercado, existen dos empresas de hardware, Intel y AMD. Las partes de AMD tienden a ser más baratas que sus contrapartes de Intel, pero tienen la desventaja que sufren calentamiento con el tiempo de trabajo, por lo que requieren sistemas más eficientes de refrigeración, lo que implicaría un costo adicional. Como perspectiva se tiene para un estudio futuro de un sistema de almacenamiento de imágenes de los diversos cortes encefálicos; la comparación de un sistema acoplado CPU y GPU de la misma compañía en venta e incluso en sistema híbrido. Consecuentemente, como no se hicieron las pruebas respectivas bajo las características de cada una de las compañías, no se puede concluir el efecto en la GPU del software Agisoft© Metashape en el procesamiento de las imágenes de encéfalo de las tarjetas de video de AMD, aunque la compañía no presenta ninguna opción real para hardware de sistemas de cómputo de alta gama, sin embargo, para equipos de gama media tiende a ser muy buena opción entre los consumidores.

De ser posible, se debería usar una torre con un CPU y GPU de gama alta, ya que cuando se usa la configuración TPM y GPU, el tiempo de renderizado es significativamente menor que los de gama media. Sin embargo, la mejor opción costo-efectivamente hablando se consideraría una combinación entre una CPU de gama media junto con una GPU de gama alta; ya que la pendiente de tiempo/potencia de CPU parece ser menor que la pendiente de tiempo/potencia de GPU, por lo que, si se le tiene que dar prioridad a un componente entre estos dos, sería al GPU.

## Agradecimientos

AS-O fue financiado por la beca para doctorados colombianos (FP44842-124-2017). Este proyecto fue sostenido por el consejo nacional de investigación, Francisco José de Caldas de Colombia, Colciencias con número de afiliación de 23411.

AS-O, AVL y PAM agradecen a la “CONVOCATORIA PARA EL APOYO A PROYECTOS DE I+D” de la Universidad EIA, por la financiación del proyecto CII20180016

AVL agradece al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia, el apoyo brindado por el proyecto de sostenibilidad 2018-2019 código ES84180101.

## 6. Referencias

Beltran, R. S.; Ruscher-Hill, B.; Kirkham, A. L.; Burns, J. M. (2018) ‘An evaluation of three-dimensional photogrammetric and morphometric techniques for estimating volume and mass in Weddell seals

- Leptonychotes weddellii', *PLoS ONE*, 13(1), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0189865.
- Fathi, H.; Brilakis, I. (2011) 'Automated sparse 3D point cloud generation of infrastructure using its distinctive visual features', *Advanced Engineering Informatics*. Elsevier Ltd, 25(4), pp. 760–770. doi: 10.1016/j.aei.2011.06.001.
- Goodbody, T. R. H.; Coops, N. C.; White, J. C. (2019) 'Digital Aerial Photogrammetry for Updating Area-Based Forest Inventories: A Review of Opportunities, Challenges, and Future Directions', *Current Forestry Reports*. Current Forestry Reports, pp. 55–75. doi: 10.1007/s40725-019-00087-2.
- Gray, P. C.; Bierlich, K. C.; Mantell, S. A.; Friedlaender, A. S.; Goldbogen, J. A.; Johnston, D. W. (2019) 'Drones and convolutional neural networks facilitate automated and accurate cetacean species identification and photogrammetry', *Methods in Ecology and Evolution*, 10(9), pp. 1490–1500. doi: 10.1111/2041-210X.13246.
- Harris Geospatial Solutions, I. (2020) *Collect and Edit Tie Points, L3Harris Geospatial solutions*. Available at: <https://www.harrisgeospatial.com/docs/CollectingEditingTiePoints.html> (Accessed: 11 February 2020).
- Fauqueur, J.; Kingsbury, N.; Ryan, A. (2006). 'Multiscale keypoint detection using the dual-tree complex wavelet transform', *IEEE Computer Graphics and Applications*. doi: 10.1109/ICIP.2006.312656.
- Lai, J. Y.; Wu, T. C.; Phothong, W.; Wang, D. W.; Liao, C. Y.; Lee, J. Y. (2018). 'A high-resolution texture mapping technique for 3D textured model', *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). doi: 10.3390/app8112228.
- Lane, S. N.; Richards, K. S.; Chandler, J. H. (1993) 'Developments in photogrammetry; the geomorphological potential', *Progress in Physical Geography*, 17(3), pp. 306–328. doi: 10.1177/030913339301700302.
- Levine, J. A.; Paulsen, R. R.; Zhang, Y. (2012) 'Mesh processing in medical-image analysis-a Tutorial', *IEEE Computer Graphics and Applications*. IEEE, 32(5), pp. 22–28. doi: 10.1109/MCG.2012.91.
- Mikrut, S.; Mikrut, Z. (1992). 'Neural Networks in the Automation of Photogrammetric', *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 1988(4), pp. 331–336.
- Nvidia. (1995). *GEForces-Gtx serie 10, Nvidia Corporation*. Available at: <https://www.nvidia.com/es-la/geforce/products/> (Accessed: 11 February 2020).
- R&D work Agisoft LLC. (2006). *Agisoft-metashape software, Agisoft software solution*. Available at: <https://www.agisoft.com/> (Accessed: 11 February 2020).
- Radeon. (1969). *AMD-Radeon Rx-5700 XT, Silicon valley*. Available at: <https://www.amd.com/es/corporate/about-amd> (Accessed: 11 February 2020).
- Schenk, T. (2005). *Introduction of Photogrammetry, The Ohio State University*. Available at: <http://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/IntroPhototo.pdf> (Accessed: 11 February 2020).
- Song, Z.; Mu, X.; Zhou, H. X. (2017). 'High Performance Computing of Complex Electromagnetic Algorithms Based on GPU/CPU Heterogeneous Platform and Its Applications to em Scattering and Multilayered Medium Structure', *International Journal of Antennas and Propagation*, 2017. doi: 10.1155/2017/9173062.



- Su, H.; Jampani, V.; Sun, D.; Maji, S.; Kalogerakis, E.; Yang, M. H.; Kautz, J. (2018). 'SPLATNet#: Sparse Lattice Networks for Point Cloud Processing', *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2530–2539. Available at: [http://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2018/papers/Su\\_SPLATNet\\_Sparse\\_Lattice\\_CVPR\\_2018\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/papers/Su_SPLATNet_Sparse_Lattice_CVPR_2018_paper.pdf).
- Teodoro, G.; Kurc, T.; Andrade, G.; Kong, J.; Ferreira, R.; Saltz, J. (2017). 'Application Performance Analysis and Efficient Execution on Systems with multi-core CPUs, GPUs and MICs: A Case Study with Microscopy Image Analysis', *International Journal of High Performance Computing Applications*, pp. 1–39. <https://doi.org/10.1177/1094342015594519>
- Uchida, S. (2013). 'Image processing and recognition for biological images', *Development Growth and Differentiation*, 55(4), pp. 523–549. doi: 10.1111/dgd.12054.