

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO:

Título: Reconstrucción 3D para medición de volumen					
Línea Matriz de Investigación: (Manual de Líneas de Investigación): Línea de Investigación en Automatización, Instrumentación, Control y Robótica (Grupo GIS)					
Nombre de la Sede de ejecución del Proyecto: Central (Medellín)					
Nombre del(los) Objetivo(s) de Desarrollo(s) Sostenible: 9 – Industria, innovación e infraestructura					
Duración del Proyecto (en meses): 12					
Financiación					
Valor solicitado al Politécnico (en efectivo): \$ 0					
Valor solicitado al Politécnico (en especie): \$ 18.400.000					
Valor aprobado por otra entidad (en efectivo): \$ 0					
Valor aprobado por otra entidad (en especie): \$ 0					
Valor total del proyecto (efectivo + especie): \$ 18.400.000					
Administrador del Presupuesto (solo personal vinculado, si aplica):			C.C.		
Correo electrónico:			Tel.:		
Dirección de correspondencia:					
Nombre del Grupo de Investigación:					
Equipo Investigador					
Investigador Principal: Camilo Chamorro Rivera			C.C.		
Correo electrónico: lcchamorro@elpoli.edu.co			Tel.:		
Nombre de la Facultad: Ingeniería					
Tipo de Vinculación con la Institución: Docente vinculado de Tiempo Completo					
Nombre de la Sede: Central					
Dirección de correspondencia: Carrera 48 7-151 Oficina P19-147					
Nombre del Grupo de Investigación: Grupo en Ingeniería Sostenible (GIS)					
Coinvestigador 1: N.A.			C.C.		
Correo electrónico:			Tel.:		
Nombre de la Facultad:					
Tipo de Vinculación con la Institución:					
Nombre de la Sede:					
Dirección de correspondencia:					
Nombre del Grupo de Investigación:					
Estudiantes en Formación			Trabajo de pregrado*		
			Si	No	
			Estudiante 1: N.A.	C.C.	
			Correo electrónico:	Tel.:	
Nombre del Semillero de Investigación:			Facultad:		

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

2. RESUMEN PROYECTO

En diferentes sectores industriales como en la minería se deben conocer los volúmenes de material extraído que pueden determinarse tanto en el frente de extracción como en el sitio de almacenamiento. Existen sistemas para medir el volumen, pero no entregan una medida directamente, sino que requieren intervención manual. La medición de volumen se puede desarrollar a través de una línea de la visión por computador denominada reconstrucción 3D. Por lo tanto, hay una gran oportunidad para desarrollar una metodología que automatice la medición del volumen, utilizando visión por computador, que se pueda aplicar tanto en minería, como en otras áreas.

En la visión por computador, la reconstrucción 3D es el proceso de captura de la forma y apariencia de los elementos en una escena generando una nube de puntos. A partir de una nube de puntos se pueden diferenciar los elementos que componen la escena y determinar sus características, como por ejemplo el volumen de los elementos.

Existen sistemas de adquisición de imágenes pasivos o activos. Los activos, como escáneres láser (*Lidar*) o radares, tienen un alto costo con respecto a los pasivos, como las cámaras RGB. Cuando se utilizan cámaras, las características geométricas como la ubicación y orientación de las cámaras, la distancia de las cámaras a la escena, y la separación entre las cámaras, son de mayor magnitud en un ambiente exterior que en uno interior, haciendo más complejo obtener reconstrucciones exactas. En ambientes interiores se puede controlar artificialmente la iluminación de las imágenes adquiridas. En escenas en exteriores es más difícil controlar la iluminación debido a que normalmente de día va a estar presente el fenómeno de la radiación solar, fenómeno que es variable.

Las nubes de puntos pueden ser dispersas (pocos puntos) o densas (muchos puntos), pero con nubes de puntos densas se obtienen mediciones más exactas. Para generar una nube de puntos existen técnicas multivista (varias cámaras) como la estructura a partir de movimiento (SfM) o la visión estéreo que permiten realizar la reconstrucción 3D. Una parte muy importante en estas técnicas es la calibración de las cámaras, la cual se puede realizar manualmente en interiores, por ejemplo, utilizando un tablero de ajedrez dispuesto en diferentes ángulos, pero que es más complejo hacerla en exteriores debido a la lejanía de la escena.

En este trabajo se propone estudiar y diseñar una metodología para reconstruir en 3D una escena de superficie de gran volumen en exteriores usando técnicas de visión por computador, con el fin de medir el volumen de los elementos en la escena, abordando las dificultades antes mencionadas de un ambiente exterior.

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un tema importante en el sector de la minería es la medición de volúmenes, tanto para el minero productor, como para el ente fiscalizador. Se deben conocer los volúmenes de material extraído que pueden determinarse tanto en el frente de extracción como en el sitio de almacenamiento (Zhao, Lu, Koch, & Hurdsman, 2012). Existen equipos relacionados como el escáner láser que entrega una nube de puntos de la superficie de una escena, pero no entrega una medida del volumen directamente (Li, Liu, & Liu, 2017). En este trabajo no se ha encontrado aún un sistema completo que periódicamente entregue la medición del volumen del material de minería. Los sistemas revisados requieren intervención manual (Molnar & Domozi, 2018). La medición de volumen se puede trabajar a través de una línea de la visión por computador denominada reconstrucción 3D. Por lo tanto, hay una gran oportunidad para desarrollar una metodología que automatice la medición del volumen, utilizando visión por computador, que se pueda aplicar tanto en minería, como en otras áreas.

En visión por computador, la reconstrucción 3D es el proceso de captura de la forma y apariencia de los elementos en una escena generando una nube de puntos (Hartley et al., 2004). A partir de una nube de puntos se pueden diferenciar los elementos que componen la escena y determinar sus características. Si se requiere medir el volumen de los elementos a partir de la reconstrucción 3D, el proceso se puede dividir en 3 temas: la adquisición de las imágenes, la generación de una nube de puntos, y la medición del volumen de los elementos en la escena. Además de los problemas a tener en cuenta en el proceso, si se trabaja con superficies de grandes volúmenes en ambientes exteriores aumenta la complejidad de los problemas y aparecen otros que se mencionan a continuación.

Existen sistemas de adquisición de imágenes pasivos o activos (Szeliski, 2010). Los activos, como escáneres láser (*Lidar*) o radares, tienen un alto costo con respecto a los pasivos, como las cámaras RGB. Existen sensores activos de bajo costo como el *Kinect* (Shen et al., 2013) con el que se puede obtener una imagen de profundidad, pero por su corto alcance no se puede utilizar con exactitud en profundidades mayores a 3 metros. Cuando se utilizan cámaras son muy importantes las características geométricas como la ubicación y orientación de las cámaras, la distancia de las cámaras a la escena, y la separación entre las cámaras. Estas características geométricas son de mayor magnitud en un ambiente exterior que en uno interior, haciendo más complejo obtener reconstrucciones exactas. En ambientes interiores se puede controlar artificialmente la iluminación de las imágenes adquiridas. En escenas en exteriores es más difícil controlar la iluminación debido a que normalmente de día va a estar presente el fenómeno de la radiación solar, fenómeno que es variable. Por las anteriores razones surgen las siguientes preguntas: ¿Cuál es el mejor sistema de adquisición de imágenes en exteriores? ¿Qué características geométricas debe tener el sistema de adquisición de imágenes en exteriores para lograr una buena exactitud en la reconstrucción 3D? ¿Cómo compensar el efecto de la radiación solar en la adquisición de imágenes en exteriores?

Las nubes de puntos pueden ser dispersas (pocos puntos) o densas (muchos puntos). Las densas permiten obtener reconstrucciones más confiables. Para generar una nube de

FIN01	Página 3 de 19
-------	----------------

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

puntos existen técnicas multivista (varias cámaras) como la estructura a partir de movimiento o la visión estéreo que permiten realizar la reconstrucción 3D (Hartley et al., 2004). Una parte muy importante en estas técnicas es la calibración de las cámaras, la cual se puede realizar manualmente en interiores, por ejemplo, utilizando un tablero de ajedrez dispuesto en diferentes ángulos, pero que es más complejo hacerla en exteriores debido a la gran escala y lejanía de la escena. De acuerdo a esto se podría preguntar: ¿Cuál es la mejor técnica para generar una nube de puntos densa de una escena de gran volumen en exteriores? ¿Cómo hacer la calibración de las cámaras, ya que no es posible utilizar un patrón artificial manipulable?

Los problemas anteriores se pueden resumir en la siguiente pregunta: ¿Cómo reconstruir en 3D una nube de puntos de una escena de superficie de gran volumen en exteriores utilizando sensores fijos, con el fin de determinar continuamente el volumen de los elementos en la escena? Por ejemplo, para monitorear el volumen de extracción de un talud en minería, como en la figura 1.



Figura 1. Frente de extracción (talud) en minería. Fuente propia.

En este caso particular, los sensores deben estar alejados de la escena varias decenas de metros para no interferir con el proceso. La masa de extracción de un talud es del orden de varias toneladas. Estas dimensiones dan una referencia para clasificar el tamaño de la superficie como grande. Para medir el volumen por ejemplo se utilizan drones con cámaras RGB (Linlin Ge, 2016), pero lo que se requiere es que el sistema no necesite la intervención de personas, como por ejemplo para manejar un dron.

Para responder la pregunta anterior, en este trabajo se propone estudiar y diseñar una metodología para reconstruir en 3D una escena de superficie de gran volumen en exteriores usando técnicas de visión por computador, con el fin de medir el volumen de los elementos en la escena, abordando las dificultades antes mencionadas de un ambiente exterior.

3.2 MARCO TEÓRICO

Según el problema planteado, es importante revisar los conceptos relacionados con adquisición de imágenes y reconstrucción 3D para medición de volumen.

FIN01	Página 4 de 19
-------	----------------

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

3.2.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

Para la reconstrucción 3D, los métodos de adquisición de imágenes se pueden dividir en dos grupos: activos y pasivos.

MÉTODOS ACTIVOS

Los métodos activos permiten reconstruir el perfil 3D de un objeto emitiendo una radiación y registrando el reflejo sobre el objeto. Estos métodos interactúan activamente con el objeto reconstruido radiométricamente usando telémetros, para adquirir el mapa de profundidad, como el escáner de rango láser (Szeliski, 2010).

Un ejemplo es el escáner de luz estructurada, que mediante una proyección de un patrón de luz es capaz de capturar la forma y las características del objeto. La tecnología del Sensor *Kinect* (Shen et al., 2013) está basada en este tipo de escáner.

También son métodos activos los sistemas de tiempo de vuelo, que emiten una señal que incide sobre la escena u objeto devolviendo el reflejo al sistema. La profundidad es proporcional al tiempo de vuelo de la señal. El sistema genera un mapa de profundidad (Vasilyev et al., 2011).

MÉTODOS PASIVOS

Los métodos pasivos de reconstrucción 3D registran el reflejo de los objetos ante radiaciones ambientales sin interactuar directamente con el objeto reconstruido; solo utilizan un sensor para medir la luminosidad reflejada o emitida por la superficie del objeto para inferir su estructura (Szeliski, 2010). Normalmente, el sensor de imagen en una cámara es sensible a la luz visible.

Los métodos pasivos son muy utilizados, debido a su bajo costo, en casi todo tipo de aplicaciones, como el monitoreo del tráfico vehicular (Laffont, et al., 2013), vigilancia (X. Huang, et al., 2007) y medición de características físicas de los objetos de la escena (Wu, 2009).

3.2.2 RECONSTRUCCIÓN 3D

Existen varios métodos para la reconstrucción 3D de una escena a partir de imágenes. Se pueden clasificar dos grupos: los de simple vista y los de múltiples vistas. A continuación, se presentarán sus principales características.

MÉTODOS DE SEÑALES MONOCULARES (SIMPLE VISTA)

Los métodos de señales monoculares se refieren al uso de la imagen desde un solo punto de vista (cámara) para proceder a la reconstrucción 3D. Hace uso de las características 2D, por ejemplo, siluetas, sombreado o textura, para medir la forma 3D, y por eso también se le llama forma a partir de X (en inglés: *Shape from X*), donde X puede ser siluetas, sombreado, textura, etc. La reconstrucción 3D a través de señales monoculares es simple

FIN01	Página 5 de 19
-------	----------------

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

y rápida, y solo se necesita una imagen digital adecuada, por lo tanto, solo se requiere una cámara. Técnicamente, evita la correspondencia estéreo, que es más compleja (Soltani, et al, 2017).

Algunos métodos monoculares son:

- Forma a partir del sombreado (en inglés: *Shape from shading*). Debido al análisis de la información de la sombra en la imagen, mediante el uso de la reflectancia, la profundidad de la información normal de la superficie del objeto se restaura para reconstruirse.(Richter et al., 2015)
- Estéreo fotométrico. Este enfoque es más sofisticado que el método de forma a partir del sombreado. Las imágenes tomadas en diferentes condiciones de iluminación se utilizan para resolver la información de profundidad. En este método se requiere más de una imagen tomadas con una cámara fija.(Shi et al., 2018)
- Forma a partir de la textura (en inglés: *Shape from texture*). Supone que un objeto con una superficie lisa cubierta por unidades de textura replicada, y su proyección de 3D a 2D provoca distorsión y perspectiva. Las cuales medidas en imágenes 2D brindan la posibilidad de resolver de manera inversa la profundidad de la información normal de la superficie del objeto.(Richter et al., 2015)

MÉTODO DE VISIÓN ESTEREO BINOCULAR (MULTIVISTA)

La visión estereoscópica binocular obtiene la información geométrica tridimensional de un objeto a partir de múltiples vistas o cámaras. Es basada en la investigación del sistema visual humano. Los resultados se presentan en forma de mapas de profundidad. Las imágenes de un objeto adquirido por dos cámaras simultáneamente en diferentes ángulos de visión, o por una sola cámara en diferentes momentos en diferentes ángulos de visión, se utilizan para restaurar su información geométrica 3D y reconstruir su perfil y ubicación 3D. Esto es más directo que los métodos monoculares.

El método de visión estéreo binocular requiere dos cámaras idénticas con eje óptico paralelo para observar un mismo objeto, adquiriendo dos imágenes desde diferentes puntos de vista. En términos de relaciones de trigonometría, la información de profundidad se puede calcular a partir de la disparidad. Tiene como desventaja que es computacionalmente demandante, además de que funciona mal cuando la distancia a la escena es grande.

Para adquirir información geométrica 3D del objeto, el principal enfoque de la visión estéreo binocular se basa en la disparidad visual, es decir la leve diferencia en las dos o más imágenes tomadas desde diferente punto de vista (Raajan, et al., 2012).

- Pasos del algoritmo de visión estéreo binocular:
 1. Adquisición de imágenes. Existen varios tipos de métodos para la adquisición de imágenes que dependen de los propósitos de la aplicación específica. No solo se deben cumplir los requisitos de la aplicación, sino también la disparidad visual.
 2. Calibración de cámara. La calibración de la cámara en la visión estéreo binocular se refiere a la determinación de la relación de mapeo entre los puntos de la cámara y el mundo (escena).

FIN01	Página 6 de 19
-------	----------------

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

3. Extracción de características. El objetivo es obtener las características de las imágenes a través de las cuales se procesa la correspondencia estéreo. Como resultado, las características de las imágenes se relacionan estrechamente con la elección de los métodos de correspondencia.

4. Correspondencia estéreo. Consiste en establecer la correspondencia entre las principales características en las imágenes, es decir, hacer coincidir los mismos puntos en dos imágenes. Se debe tener en cuenta ciertos factores de interferencia en la escena, por ejemplo, iluminación, textura de la superficie, entre otros.

5. Reconstrucción. Si se tiene una correspondencia precisa combinada con los parámetros de ubicación de la cámara, se puede recuperar sin dificultades la información geométrica 3D. En muchos casos también se hace una etapa de rectificación para mejorar la reconstrucción.

MÉTODO DE ESTRUCTURA A PARTIR DE MOVIMIENTO (MULTIVISTA):

El método de estructura a partir de movimiento (SfM) se originó a partir de la fotogrametría. Es uno de los logros más importantes de la visión por computador. En este método es posible que se tenga una sola cámara, pero se tienen varias imágenes tomadas en diferentes momentos y desde diferentes lugares. Se calcula la matriz fundamental que relaciona dos vistas diferentes como la fuente de comprensión de la escena.

- Pasos del algoritmo de estructura a partir de movimiento (Hartley et al., 2004):

1. Coincidencia de características. Se buscan puntos de interés que se pueden distinguir de otras imágenes en cada imagen. Alrededor de estos puntos, se extrae y se almacena en un descriptor de características.

2. Extracción de características. Se utiliza por ejemplo el método vecino más cercano para encontrar la distancia euclidiana más pequeña en un espacio dimensional alto, con el fin de encontrar un descriptor correspondiente para cada descriptor en otra imagen.

3. Generación de la trayectoria de la cámara. El emparejamiento de descriptores de características genera muchas trayectorias, que se pueden combinar en múltiples vistas para formar trayectorias características.

4. Reconstrucción incremental. Se lleva a cabo bajo la guía de pares de cámaras inicializados.

En el algoritmo SfM cada estimación de pose de cámara de una vista a la siguiente contiene errores. Los errores surgen de la localización imprecisa del punto en las imágenes, y de las coincidencias ruidosas y la calibración imprecisa. Estos errores se acumulan a medida que aumenta el número de vistas, un efecto conocido como deriva. Una forma de reducir la deriva, es refinar las posturas de la cámara y las ubicaciones de los puntos en 3D. El algoritmo de optimización no lineal, llamado *Bundle Adjustment* (Delaunoy et al., 2014), se puede usar para el refinamiento.

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo General

Diseñar un método para reconstruir en 3D una escena de gran superficie en exteriores usando técnicas de visión por computador, con el fin de medir el volumen de los elementos en la escena.

3.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar el hardware apropiado para reconstrucción 3D orientada a una escena de gran superficie.
- Programar el software necesario para implementar la reconstrucción 3D que produzca una nube de puntos densa de una escena de gran superficie.
- Elaborar un procedimiento de verificación y validación del método de reconstrucción 3D para medición de volumen.

3.4 METODOLOGÍA

En general, para la construcción del marco teórico y la revisión del estado del arte de cada objetivo se cuenta con acceso a bases de datos de las principales revistas y conferencias en visión por computador, como *IEEE* y *Springer*, así como también se tiene acceso a libros especializados y memorias de tesis de maestría y doctorado que hacen parte del universo temático común al estudio propuesto en este trabajo.

Se utilizará como caso de estudio una aplicación en la medición de volumen en minería, específicamente en el frente de extracción denominado talud.

Como se pretende implementar una aplicación en el área de minería, se tendrán en cuenta la normatividad tanto de seguridad industrial como de salud ocupacional que deba ser considerada.

Según las actividades de investigación que constituyen la estructura del trabajo se propone la siguiente metodología.

3.4.1 Revisión del estado del arte. Se estudiarán las técnicas para generar una nube de puntos densa de una escena de gran superficie en exteriores haciendo una revisión minuciosa de las técnicas actuales de reconstrucción 3D multivista como *Structure from Motion*, *Stereo Vision* o *DeepLearning*, y técnicas de calibración de las cámaras o sensores, incluyendo los problemas y las restricciones correspondientes a aplicaciones en ambientes exteriores.

3.4.2 Desarrollo del Método. El paso que sigue tiene que ver con la determinación de una técnica apropiada para la reconstrucción 3D en exteriores. Además, se diseñará e implementará una técnica de calibración de los sensores en exteriores, desarrollando un

FIN01	Página 8 de 19
-------	----------------

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

algoritmo que implemente las técnicas permitiendo producir una nube de puntos densa de una escena en exteriores.

3.4.3 Comprobación del método. Se debe establecer una forma de cómo puede verificarse el correcto funcionamiento del método, determinando un índice de desempeño para comprobar la eficiencia del método de reconstrucción 3D. Será necesario definir qué resulta más apropiado en relación al tema de estudio y comparar varias alternativas.

3.5 CRONOGRAMA

El proyecto completo se propone desarrollarlo en doce meses según los objetivos específicos, como se muestra a continuación:

ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.4.1 Revisión del estado del arte	X	X	X									
3.4.2 Desarrollo Método			X	X	X	X	X	X				
3.4.3 Verificación del método								X	X	X	X	
Preparación de artículo científico										X	X	X

3.6 COMPROMISOS DE PRODUCCIÓN Y ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

- Sometimiento de una publicación en revista indexada categoría B
- Divulgación interna en el PCJIC de resultados del proyecto
- Entrega del Informe Final del Proyecto
- Inclusión en el currículo de un curso de las temáticas del proyecto

3.7 RESULTADOS ESPERADOS

OBJETIVO	RESULTADO	RESPONSABLE	INDICADOR DE LOGRO	MES DE CUMPLIMIENTO
1.1 Revisión del estado del arte	Divulgación interna en el PCJIC de resultados del proyecto	Investigador principal	Divulgación en evento interno (semillero o grupo de investigación)	3

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

1.2 Desarrollo Método	Inclusión en el currículo de un curso de las temáticas del proyecto	Investigador principal	Evidencia de análisis en acta de comité de currículo de modificación de curso	8
1.3 Verificación del método	Sometimiento de una publicación en revista indexada categoría B	Investigador principal	Artículo sometido para publicación	12

3.8 COMPROMISOS DE LAS ENTIDADES EXTERNAS PARTICIPANTES

INFORMACIÓN GENERAL DE ENTIDAD PARTICIPANTE	
Entidad	N.A.
País	
Dirección	
Teléfono	
Dirección electrónica	
Compromisos	

3.9 COMUNIDAD IMPACTADA CON EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.9.1 IMPACTO SOCIAL:

Se pretende implementar una aplicación de la metodología en el área de minería de recursos naturales, en la cual la medición de volúmenes es un tema muy importante, tanto para el minero productor, como para el ente fiscalizador, con el fin de optimizar el proceso de explotación minera, mejorando la productividad industrial, y disminuyendo el impacto ambiental.

3.9.2 INCORPORACIÓN DE RESULTADOS AL CURRÍCULO:

Con el desarrollo de este trabajo se espera aportar nuevo conocimiento al área de visión por computador, específicamente en la línea de reconstrucción 3D para medición de volúmenes en ambientes exteriores. Se generarán productos académicos como artículos científicos, base de datos y software, propiciando la continuación y profundización de la línea de investigación.

4.0 FUNCIONES DEL ESTUDIANTE

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	COMPROMISOS
N.A.	

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

5. PRESUPUESTO

Tabla 5.1 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación.

RUBROS	FUENTES				TOTAL
	CONTRAPARTIDA PCJIC		OTRAS ENTIDADES *		
	Flujo de Efectivo	Recursos Propios	Flujo de Efectivo	Recursos Propios	
Personal (<i>Integrantes equipo Investigador</i>)	\$ -	\$ 8,400,000	\$ -	\$ -	\$ 8,400,000
Equipos	\$ -	\$ 10,000,000	\$ -	\$ -	\$ 10,000,000
Software	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Materiales y suministros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Salidas de campo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicaciones y patentes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestación de servicios profesionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Viajes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Totales	\$ -	\$ 18,400,000	\$ -	\$ -	\$ 18,400,000

 POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME GARZÓN	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Tabla 5.1.1. Descripción mensual del valor de la ejecución del presupuesto

RUBROS	EJECUCIÓN MENSUAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Personal <i>(Integrantes equipo Investigador)</i>	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000
Equipos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Software	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Materiales y suministros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Salidas de campo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicaciones y patentes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Prestación de servicios profesionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Viajes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Totales	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Tabla 5.2 Descripción de los gastos de personal.

INVESTIGADOR / COINVESTIGADOR/ ESTUDIANTE EN FORMACIÓN	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN	FUENTES				TOTAL
			(hora / semana)	Contrapartida PCJIC		Otras entidades		
				Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
Camilo Chamorro Rivera	PhD-c	Investigador Principal	4	\$ -	\$ 8,400,000	\$ -	\$ -	\$ 8,400,000
TOTAL				\$	\$ 8,400,000	\$ -	\$ -	\$ 8,400,000

Tabla 5.3 Descripción de los equipos que se planea adquirir y de uso propio.

EQUIPO	JUSTIFICACIÓN	FUENTES				TOTAL
		Contrapartida PCJIC		Otras entidades		
		Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
1 Sensor láser con alcance de 1000 metros	Diseño de escáner láser de bajo costo		\$ 5,000,000			\$ 5,000,000
1 Base robótica de dos grados de libertad	Diseño de escáner láser de bajo costo		\$ 2,000,000			\$ 2,000,000
1 Tarjeta electrónica de control del escáner	Diseño de escáner láser de bajo costo		\$ 1,000,000			\$ 1,000,000
1 Cámara estéreo industrial	Reconstrucción 3D estéreo		\$ 2,000,000			\$ 2,000,000
TOTAL		\$	\$ 10,000,000	\$ -	\$ -	\$ 10,000,000

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Tabla 5.4 Descripción de software que se planea adquirir y de uso propio.

NOMBRE DE SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	FUENTES				TOTAL
		Contrapartida PCJIC		Otras entidades		
		Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
TOTAL						

 POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME GARZÓN	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Tabla 5.5 Descripción y justificación de los viajes para el cumplimiento de la presentación de resultados del proyecto en eventos de socialización.

Lugar	Justificación**	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	FUENTES				TOTAL
					Contrapartida PCJIC		Otras Entidades		
					Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
TOTAL						\$ -	\$ -	\$ -	

Tabla 5.6 Descripción y justificación de las salidas de campo.

Lugar /No. de viajes	Justifica ción**	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	FUENTES				TOTAL
					Contrapartida PCJIC		Otras Entidades		
					Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
TOTAL									

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Tabla 5.7 Materiales, suministros y bibliografía.

Materiales*	Justificación	FUENTES				TOTAL
		Contrapartida PCJIC		Otras Entidades		
		Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
TOTAL						

Tabla 5.8 Prestación de servicios profesionales.

Tipo de servicio	Justificación	FUENTES				TOTAL
		Contrapartida PCJIC		Otras Entidades		
		Flujo de efectivo	Recursos Propios	Flujo de efectivo	Recursos Propios	
TOTAL						

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

6. BIBLIOGRAFÍA

- Berger, M., Alliez, P., Tagliasacchi, A., Seversky, L. M., Silva, C. T., Levine, J. A., & Sharf, A. (2014). State of the Art in Surface Reconstruction from Point Clouds. *Eurographics*.
- Bernal-Guzmán, L. (2018). Minería de oro en el Nordeste antioqueño: una disputa territorial por el desarrollo. *Gestión y Ambiente*, 21(2Supl), 74–85. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.77865>
- Carmona-Londoño, L., & Manco-Ciro, Y. (2020). San Roque-Antioquia (Colombia): A territory between the private and the traditional. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 52(206), 875–886. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.206.10>
- Delaunoy, A., & Pollefeys, M. (2014). Photometric bundle adjustment for dense multi-view 3D modeling. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1486–1493. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.193>
- Eck, D. J. (2018). *Introduction to computer graphics*. Hobart and William Smith Colleges. <https://doi.org/10.1145/1508044.1508070>
- Eslava, A., & Preciado, A. (2019). Ideas sobre la minería en Antioquia. Desarrollo, gobernanza comunitaria y arreglos colectivos. *Sociedad y Economía*, (38). <https://doi.org/10.25100/sye.v0i38.6212>
- Hartley, R., & Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press.
- Huang, X., Gao, J., & Yang, R. (2007). Calibrating Pan-Tilt Cameras with Telephoto Lenses. *Computer Vision – ACCV 2007 SE - 11*, 4843, 127–137. https://doi.org/10.1007/978-3-540-76386-4_11
- Laffont, P. Y., Bousseau, A., & Drettakis, G. (2013). Rich intrinsic image decomposition of outdoor scenes from multiple views. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(2), 210–224. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.112>
- Li, J., Liu, G., & Liu, Y. (2017). A dynamic volume measurement system with structured light vision. *Proceedings - 2016 31st Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation, YAC 2016, M*, 251–255. <https://doi.org/10.1109/YAC.2016.7804898>
- Linlin Ge, X. L. and A. H. N. (2016). UAV for Mining Applications : A Case Study at an Open - Cut Mine and a Longwall Mine. *IEEE IGARSS 2016*, 16(1), 5422–5425.
- Maier, R., Kim, K., Cremers, D., Kautz, J., & Nießner, M. (2017). Intrinsic3D: High-Quality 3D Reconstruction by Joint Appearance and Geometry Optimization with Spatially-Varying Lighting. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2017-Octob*, 3133–3141. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.338>
- Molnar, A., & Domozi, Z. (2018). Some practical problems of photogrammetry based volume control of open-pit mines. *SAMI 2018 - IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics Dedicated to the Memory of Pioneer of Robotics Antal (Tony) K. Bejczy, Proceedings, 2018-Febru*, 217–224. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2018.8324843>
- Raajan, N. R., Ramkumar, M., Monisha, B., Jaiseeli, C., & Venkatesan, S. P. (2012). Disparity estimation from stereo images. *Procedia Engineering*, 38, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.057>
- Restrepo, O., & Martínez, L. (2021). Sustainability of the Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Northeast Antioquia-Colombia. *Sustainability*, 13, 1–12.

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

- <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13169345>
- Richter, S. R., & Roth, S. (2015). Discriminative shape from shading in uncalibrated illumination. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 07-12-June*, 1128–1136.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298716>
- Shen, J., & Cheung, S. C. S. (2013). Layer depth denoising and completion for structured-light RGB-D cameras. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June*, 1187–1194.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2013.157>
- Shi, B., Mo, Z., Wu, Z., Duan, D., Yeung, S. K., & Tan, P. (2018). A Benchmark Dataset and Evaluation for Non-Lambertian and Uncalibrated Photometric Stereo. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(2), 271–284.
<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2799222>
- Soltani, A. A., Huang, H., Wu, J., Kulkarni, T. D., & Tenenbaum, J. B. (2017). Synthesizing 3D shapes via modeling multi-view depth maps and silhouettes with deep generative networks. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-Janua*, 2511–2519.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.269>
- Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0>
- Vasilyev, Y., Zickler, T., Gortler, S., & Ben-Shahar, O. (2011). Shape from specular flow: Is one flow enough? *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2561–2568.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2011.5995662>
- Wu, C. (2009). Accurate 3D Reconstruction Via Surface-Consistency. *3DTV-Conference*, 1–4.
- Zhao, S., Lu, T. F., Koch, B., & Hurdsmann, A. (2012). Stockpile modelling using mobile laser scanner for quality grade control in stockpile management. *2012 12th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2012, 2012(December)*, 811–816. <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2012.6485262>

7. ASPECTOS NORMATIVOS ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

El Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid como entidad de educación superior e investigación, viene fortaleciendo los procesos para garantizar el apoyo a grupos e investigadores que buscan la generación de nuevo conocimiento, es por tal motivo que se conforma el Comité de Ética de la Institución CEPI cuyo objetivo es evaluar el cumplimiento de la normatividad nacional e internacional relacionada con la ética de la investigación, garantizando la protección animal y humana en la investigación y la cualificación de la producción científica dentro de la institución.

Los proyectos deben estar ajustados a la normatividad internacional tal como la declaración de Helsinki, las pautas éticas para la investigación biomédica preparadas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas –CIOMS, el Código Núremberg y a los parámetros establecidos en la Resolución 8430 de 1993 expedida por el Ministerio de Salud de Colombia, la ley 84 de 1989 en los casos que competa.

	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Código: FIN01
		Versión: 11

Adicionalmente se debe tener en cuenta la siguiente normativa (en caso de que aplique):

- República de Colombia. Ministerio de Salud. Resolución 8430. 4 de octubre de 1993.
- República de Colombia. Ministerio de la Protección Social. Resolución 2378. 25 de junio de 2008.
- República de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Resolución 068. 22 de enero de 2002.
- República de Colombia. Congreso de la República. Ley 84. 27 de diciembre de 1989.
- República de Colombia. Congreso de la República. Ley 576. 15 de febrero de 2000.
- República de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Decreto 1375. 21 de junio de 2013.
- República de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Decreto 1376. 27 de junio de 2013.
- República de Colombia. Presidente de la República. Decreto 309. 25 de febrero de 2000.
- República de Colombia. Organización de las Naciones Unidas. Protocolo de Cartagena sobre seguridad en la biotecnología. Ley 165 de 1994.
- Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), Organización Mundial de la Salud - OMS. Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos. 2002.
- International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use. Good Clinical Practice (GCP). Published in the Federal Register, 9 May 1997, Vol. 62, No. 90, p. 25691-25709.
- Council for International Organization of Medical Sciences, International Council for Laboratory Animal Science. Guía internacional para investigación biomédica que involucre animales. Pág. 4. 2012.
- Manila conference on animal welfare, Costa Rica steering committee meeting for ministerial conference. Universal Declaration on Animal Welfare. 2007. Pág. 2.
- Directive 86/609/EEC on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes.

Fecha de entrega: febrero 23 de 2024

Firma del Investigador principal: CAMILLO CHAMORRO R.