

**Nombre del semillero de investigación**

SEMILLERO DE INVESTIGACION EN HOLOGRAFIA

**Nombre del proyecto**

IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS DE DISPLAY HOLOGRAFICOS ANALOGICOS Y SINTETICOS

**Año**

2020

**Marco del Proceso de ASC: Fortalecimiento o solución de asuntos de interés social.**

Este semillero de investigación forma parte de la estrategia de Investigación Formativa de la Universidad EAFIT que ratifica su compromiso con el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología, la Innovación y la Creación y lo establece como uno de sus ejes misionales. Con el desarrollo de iniciativas como estas, aportamos a los procesos científico-tecnológicos y creativos que se desarrollan en el seno de su comunidad universitaria y cómo estos permean las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

En el propósito de cultivar talentos y vocaciones científicas y creativas el rol del profesor es vital, ya que es quien desde su pasión, experiencia y conocimiento acerca a los estudiantes a las técnicas propias del saber científico y diseña experiencias de aprendizaje que aporten a la construcción de procesos investigativos.

En consonancia con los [Lineamientos de Investigación Formativa de la Universidad](#), se describe a continuación los principios que rigieron la ejecución del componente con sus resultados, en términos del fortalecimiento de asuntos de interés social, del presente proyecto:

**Objetivos del semillero en clave de fortalecimiento de la práctica educativa**

Los propósitos educativos-pedagógicos que se buscó con el desarrollo del proyecto en el semillero incluyeron explorar y comparar las técnicas de displays holográficos analógicos y sintéticos para analizar y entender sus respectivas ventajas y desventajas. Esto permitió a los participantes adquirir habilidades en la

**Medellín**NIT 890901389  
Carrera 49 # 7 sur-50  
(57) 604 261 95 00**Pereira**Carrera 19 # 12-70  
Megacentro Pinares  
(57) 606 321 41 15**Bogotá**Carrera 15 # 88-64  
oficina 401  
(57) 601 611 46 18**Llanogrande**Km 3.5 vía Don Diego –  
Rionegro  
(57) 322 529 4323

implementación práctica de ambas técnicas, así como desarrollar capacidad crítica para evaluar tecnologías emergentes en holografía.

### **Metodología**

Para lograr fortalecer la práctica educativo-pedagógica en el semillero y alcanzar los objetivos de realizar displays holográficos analógicos y sintéticos, se implementaron varias estrategias clave. En primer lugar, se facilitó el acceso a recursos y tecnologías avanzadas necesarias para la construcción y comparación de ambos tipos de displays holográficos. Se asignaron tareas específicas que permitieron a los participantes adquirir experiencia práctica en la configuración de sistemas ópticos y en el uso de software para la holografía sintética. Además, se llevaron a cabo sesiones de capacitación teórica y práctica, donde los semilleristas exploraron los fundamentos teóricos de la holografía y aprendieron técnicas avanzadas de registro y reconstrucción holográfica. Se fomentó el trabajo colaborativo y la discusión crítica en reuniones regulares, donde se evaluaron y compararon los resultados obtenidos de cada tipo de display holográfico. El proyecto también incluyó la elaboración de informes y presentaciones, lo cual permitió a los participantes desarrollar habilidades de comunicación científica y presentar de manera efectiva las ventajas y desventajas identificadas de cada técnica holográfica. En conjunto, estas actividades no solo fortalecieron las competencias técnicas en holografía, sino que también promovieron el pensamiento crítico y la capacidad de análisis entre los integrantes del semillero.

### **Resultados obtenidos**

Diseñamos e implementamos posibles configuraciones ópticas que permitieron realizar displays holográficos analógicos. Nos apropiamos de los conceptos propios de la holografía sintética para comprender su funcionamiento. Conocimos en profundidad el proceso completo de registro (preparación del objeto, obtención de las imágenes a registrar, configuración del sistema de registro, etc.) de un holograma sintético. Implementamos experimentalmente los procedimientos necesarios para la realización de displays holográficos sintéticos. Evaluamos las diferencias, similitudes y características de los displays analógicos y sintéticos (registrando el mismo objeto) para identificar los puntos fuertes y débiles de cada uno. Realizamos un reporte de los procesos implementados para la generación de hologramas analógicos y sintéticos para su posible reproducción.

**Medellín**

NIT 890901389  
Carrera 49 # 7 sur-50  
(57) 604 261 95 00

**Pereira**

Carrera 19 # 12-70  
Megacentro Pinares  
(57) 606 321 41 15

**Bogotá**

Carrera 15 # 88-64  
oficina 401  
(57) 601 611 46 18

**Llanogrande**

Km 3.5 vía Don Diego –  
Rionegro  
(57) 322 529 4323

**Descripción del fortalecimiento, la solución o el mejoramiento de la práctica educativa**

En el proceso de investigación formativa (semillero), se llevaron a cabo diversas estrategias para fortalecer las prácticas educativas, habilidades y competencias de los participantes (semilleristas). Estas estrategias incluyeron formación teórica, trabajo colaborativo, investigación activa, participación en eventos académicos, mentoría y evaluación continua. A través de estas acciones, los semilleristas pudieron aplicar conocimientos teóricos, desarrollar habilidades de investigación y mejorar su comunicación y reflexión metacognitiva.

A partir de estas consideraciones, a continuación, se encuentra la sistematización del proceso.

---

**Medellín**

NIT 890901389  
Carrera 49 # 7 sur-50  
(57) 604 261 95 00

**Pereira**

Carrera 19 # 12-70  
Megacentro Pinares  
(57) 606 321 41 15

**Bogotá**

Carrera 15 # 88-64  
oficina 401  
(57) 601 611 46 18

**Llanogrande**

Km 3.5 vía Don Diego –  
Rionegro  
(57) 322 529 4323

INFORME FINAL  
PEQUEÑO PROYECTO 2020

**Identificación de características de display holográficos analógicos y sintéticos.**

Elaborado por:  
TOMÁS VÉLEZ ACOSTA  
Coordinador

Asesor:  
CARLOS ALEJANDRO TRUJILLO ANAYA

GRUPO DE ÓPTICA APLICADA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FÍSICAS  
UNIVERSIDAD EAFIT  
MEDELLÍN, COLOMBIA  
2020

## Contenido

RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	5
A. Planteamiento del problema.....	5
B. Justificación.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
A. General.....	7
B. Específicos.....	7
C. Cumplimiento de los objetivos específicos.....	7
5. ESTADO DEL ARTE.....	9
6. METODOLOGÍA.....	10
7. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.....	11
A. Investigación previa.....	11
B. Elección del objeto.....	11
C. Imágenes Hogel.....	12
8. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	13
9. AGRADECIMIENTOS.....	14
10. ANEXOS.....	14
A. Tabla de información del semillero.....	14
B. Participación en Actividades Externas.....	14
C. Lecciones aprendidas.....	14
D. Presupuesto.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
11. BIBLIOGRAFÍA.....	15

## RESUMEN

El semillero de investigación en Holografía planteó como pequeño proyecto del 2020, la identificación de las características de hologramas analógicos y sintéticos, por medio de una comparación directa entre ambos tipos de hologramas. Dicha comparación debía tener en cuenta factores como el material de las películas fotosensibles, los montajes ópticos empleados, el tipo de objeto que se puede llegar a registrar, los pasos específicos en los procesos de registro y revelado, la calidad de la imagen final, entre otros.

El presente informe expone en detalle los resultados obtenidos para los tipos de hologramas trabajados y los diferentes medios de registro usados. Debido a la contingencia sanitaria ocasionada por el brote del virus SAR-COVID 19, los objetivos del presente proyecto no fueron alcanzados en su totalidad. No obstante, el análisis de los resultados preliminares obtenidos se presenta en la sección de análisis de resultados, y en las conclusiones se exponen una serie de inferencias y análisis que se obtuvieron de la observación y estudio de las actividades realizadas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La holografía es una técnica interferométrica que consiste en la combinación de dos haces de luz para almacenar la información óptica completa de un objeto, incluyendo aspectos como rugosidad, textura y especialmente, profundidad. Esta capacidad específica de la holografía es la que permite utilizarla como método para obtener imágenes tridimensionales, o displays tridimensionales.

Esta categoría de displays que nace a partir de la holografía, puede dividirse en displays holográficos analógicos y sintéticos. Cada una de estas técnicas tiene algunas ventajas, pero también deficiencias. Así, es necesario conocer las características de ambas técnicas con el fin de determinar las fortalezas y debilidades específicas de las mismas.

En este proyecto, se busca obtener, en consecuencia, una comparación cualitativa entre hologramas analógicos y estereogramas holográficos (ambas técnicas en color y monocolor) de un mismo objeto.

Finalmente se debe destacar que el semillero de investigación en holografía ha trabajado previamente con displays holográficos analógicos en proyectos anteriores, pero, los displays sintéticos son algo desconocidos para el grupo, con lo que también se buscó apropiarse de esta técnica para plantear su posible uso en futuros trabajos del semillero.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

### A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El afán de las sociedades modernas por lograr que el mundo virtual se parezca más al real ha propiciado un ambiente idóneo para el desarrollo de nuevas tecnologías que logren representar de manera fidedigna el mundo en el que vivimos [4]. En este marco, se encuentran los displays<sup>1</sup> 3D. Estos dispositivos tienen diferentes clasificaciones dependiendo del tipo de mecanismo que emplean para generar la sensación de tridimensionalidad en el observador. Principalmente se clasifican en dos categorías: con y sin gafas. Dentro de las segundas, existen tres categorías: autoestereoscopia, display volumétrico y holográficos. A su vez, los displays holográficos se clasifican en dos tipos, dependiendo de la técnica con que son registrados, holografía analógica o sintética [5].

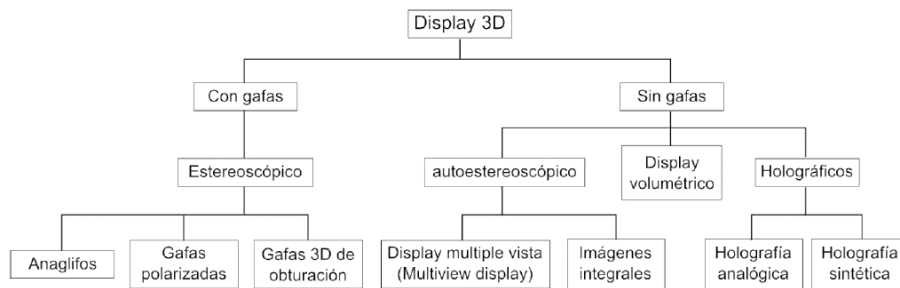


Figura 1. Clasificación general de los display 3D. Con gafas: sistemas estereoscópicos. Sin gafas: displays autoestereoscópicos, displays volumétricos y displays holográficos [1].

Ahora, la holografía es una técnica de generación de displays tridimensionales gracias a su capacidad de registrar y guardar toda la información óptica de un objeto (amplitud y fase) [6]. Gracias a esta propiedad, los hologramas analógicos reconstruyen el frente de onda original cuando son iluminados con un haz conjugado, generando una imagen tridimensional. En el caso de los hologramas, la sensación de tridimensionalidad se da gracias al fenómeno de la estereoscopia<sup>2</sup> [5]. La estereoscopia entonces es la forma específica en la que el ser humano logra interpretar la información tridimensional almacenada en un display holográfico.

Bajo este contexto, fue interés del Semillero de Investigación en Holografía de la Universidad EAFIT, establecer cuáles son las características propias que pueden presentar los hologramas analógicos y sintéticos para identificar las situaciones donde cada uno es idóneo.

### B. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto representó para el Semillero la apropiación de una nueva técnica holográfica (la holografía sintética) la cual no se había trabajado hasta el momento en los anteriores proyectos.

---

<sup>1</sup> A lo largo de este documento, y para el proyecto desarrollado se entiende display como todo objeto que permite la visualización de un objeto o escena, y no se restringe únicamente a una pantalla.

<sup>2</sup> Reconstrucción de información en tres dimensiones que hace el cerebro a partir de la adquisición de imágenes ligeramente diferentes en los ojos

Esto permitió expandir el quehacer del grupo, y actualizó a los estudiantes en cuanto a una técnica que presenta más ventajas que la holografía analógica (la cual presenta limitaciones en cuanto al tipo de objetos que se pueden registrar, las condiciones de registro, entre otras [5]). Dicha apropiación implicó el reconocimiento de un montaje óptico nuevo y complejo (desde el punto de vista de los elementos empleados), la comprensión de un nuevo proceso de preparación de las imágenes que se registran, la identificación de las fases principales del proceso de registro de un holograma sintético, y un ejercicio consciente de comparación de la técnica analógica con la sintética, para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

### 3. OBJETIVOS

#### C. GENERAL

Realizar displays holográficos analógicos y sintéticos con el propósito de establecer ventajas y desventajas de cada técnica.

#### D. ESPECÍFICOS

1. Diseñar e implementar configuraciones ópticas con el fin de realizar displays holográficos analógicos.
2. Apropiarse de los conceptos propios de la holografía sintética para comprender su funcionamiento.
3. Apropiar en profundidad el proceso completo de registro (preparación del objeto, obtención de las imágenes a registrar, configuración del sistema de registro, etc.) de un estereograma holográfico.
4. Acercarse a la implementación de los procedimientos necesarios para la realización de estereogramas holográficos.
5. Evaluar las diferencias entre las técnicas de holografía sintética y analógica para evidenciar sus ventajas y desventajas en la generación de displays tridimensionales.
6. Realizar un reporte de los procesos revisados para la generación de hologramas analógicos y sintéticos.

#### E. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

##### 1. 80%

Antes de la pandemia generada por el Covid-19, se realizaron dos montajes ópticos de holografía analógica, con los cuales se capturaron hologramas de reflexión monocolor de una lámpara antigua. Este objetivo no pudo cumplirse completamente, ya que a pesar de que las configuraciones implementadas permitieron obtener hologramas que reconstruyen el campo óptico del objeto, estos no cumplen con ciertas características que consideramos importantes para obtener un buen holograma, como lo son, suficiente eficiencia de difracción, o distancias óptimas de reconstrucción.

##### 2. 100%

Este objetivo, pudo ser trabajado durante la virtualidad en su mayoría, debido a que se trataba de apropiarse de conceptos y formalismos importantes para el entendimiento de los estereogramas holográficos, vistos desde el estudio ondulatorio de la luz.

##### 3. 70%

Pudimos explorar las técnicas para la generación de objetos 3D digitales, tanto desde la digitalización de objetos, como desde el procesamiento de estos, se obtuvieron reconstrucciones digitales de una lámpara antigua como parte de este objetivo. El procedimiento para la obtención de las imágenes para registro (imágenes hogel) también fue entendido, explorando el algoritmo Holocamera [5, 7]. Sin embargo, la configuración del sistema de registro no pudo ser explorada por los estudiantes del semillero debido a que el aforo permitido en este laboratorio es de una persona,

y para poder comprender esta configuración es necesario que mínimamente haya dos personas en este laboratorio: una persona que explique el procedimiento a otra.

4. 20%

Si bien se hicieron unas cuantas actividades en el laboratorio acercándose al montaje preexistente en el laboratorio usado para registrar estereogramas holográficos, el avance que se logró en pos de llevar a cabo un registro exitoso de este tipo de displays fue bastante bajo considerando la cantidad de detalles a tener en cuenta para su correcta elaboración.

5. 40%

A pesar de que durante el desarrollo de este proyecto no se obtuvo ningún estereograma holográfico, se pudieron explorar los primeros pasos para obtener estos displays. Además de esto, debido a que en el laboratorio de holografía ya existen diversos estereogramas holográficos provenientes de otros proyectos, se pudo hacer una comparación cualitativa entre estos displays. A pesar de ello, esta comparación está dada en términos del resultado final y no de las ventajas y desventajas que tiene cada técnica en su desarrollo, con lo que no se pudo determinar exactamente qué tan viable es cada técnica metodológicamente hablando.

6. 100%

A pesar del no cumplimiento total de algunos objetivos del proyecto, se realizó un reporte completo y detallado que describe los objetivos que sí se cumplieron y se justifican las razones que no permitieron que se cumplieran los demás. También las comparaciones entre los displays analógicos y digitales se hacen en este documento a pesar de que estos displays no fueron registrados durante este proyecto.

**CUMPLIMIENTO TOTAL DEL PROYECTO: 65%**

#### 4. ESTADO DEL ARTE

La holografía es una técnica de interferometría que fue formulada por Denis Gabor en 1948, la cual permite registrar la información óptica de un objeto en una placa fotosensible a partir del uso de luz láser [8].

La holografía ha generado varias vertientes desde su creación. En principio se desarrolló lo que hoy se conoce como holografía analógica, donde se encuentran las técnicas trabajadas a profundidad por el semillero. Todas estas técnicas se han mostrado apropiadas para el registro de escenas tridimensionales de los objetos, sin embargo, sufren una restricción importante ya que los objetos a registrar deben tenerse a disposición, y deben tener unas condiciones de color, rigidez y tamaño determinadas para ser registrados.

Esto llevó a la creación de un nuevo tipo de holografía llamada holografía sintética. En esta, no hay restricciones sobre los objetos a registrar, dado que solo se necesita la información óptica a nivel computacional, lo que expande enormemente el abanico de posibilidades sobre los objetos a registrar. Por medio de esta técnica, entonces, es posible el registro de hologramas con objetos que desde la holografía analógica sería imposible, como hologramas de personas, edificios, objetos vivos e incluso objetos inexistentes. Además, esta técnica proporciona un mayor control sobre la escena a registrar y sobre los parámetros de registro [9].

Así como ocurre en la holografía analógica, en la sintética, debido al desarrollo de la técnica, se han creado distintos tipos o vertientes, donde cada una se diferencia por el tipo de display holográfico que generan. Las ideas originales de estereoscopía holográfica, que llevaron a establecer el concepto de holografía sintética, fueron propuestas por Yamaguchi en 1990 [10] y se conocieron como un sistema de escritura directa. Esta técnica se describe con más detalle a continuación.

La idea general de la holografía sintética consiste en, a partir de la información tridimensional computacional del objeto, obtener una serie de imágenes en dos dimensiones[11] Estas imágenes, se proyectan en un modulador espacial de luz, y se registran en pequeñas regiones de una placa holográfica de forma secuencial. Estos hologramas individuales se conocen como *hogels*, y es a partir de estos registros que se compone un holograma macro en la placa, que contiene la información óptica del objeto [5].

Para el registro de hologramas de forma sintética se requieren entonces 2 sistemas de vital importancia. Estos son:

- Un sistema computacional para la obtención de imágenes hogel.
- Un sistema óptico denominado como *Holoprinter* o *printer 3D*, que permite el registro serial de pequeños hologramas con un tamaño controlado, y moviendo la placa holográfica entre registros.

Estos sistemas se han desarrollado en el laboratorio [5, 7] y su comprensión se hizo necesaria para la obtención de hologramas sintéticos de escritura directa.

## 5. METODOLOGÍA

El proyecto propuesto tenía dos componentes principales: una parte teórica, que buscaba afianzar conceptos relacionados tanto con holografía analógica y sintética; y una parte práctica, que pretendía complementar los conceptos teóricos estudiados.

Para el correcto cumplimiento de los objetivos planteados se propuso el siguiente proceso metodológico:

- Revisión y estudio de la literatura de las técnicas de estereoscopía holográfica monocolor y color.
- Estudio y apropiación del montaje óptico y del proceso completo de registro de hologramas sintéticos.
- Selección de los posibles objetos que cumplan los requerimientos para las configuraciones ópticas de registro, tanto sintéticas como analógicas.
- Diseño e implementación del montaje óptico para el registro de displays holográficos analógicos.
- Implementación del proceso de registro de hologramas sintéticos.
- Evaluación de los resultados, condiciones y características específicas de cada técnica para cada objeto.
- Evaluación de las condiciones de reconstrucción de los hologramas obtenidos y seleccionar las fuentes de iluminación que permitan la reconstrucción más eficiente y óptima de los mismos.
- Realización de un reporte completo de las características y procesos utilizados en las diversas técnicas.

## 6. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

### A. INVESTIGACIÓN PREVIA

Con el proceso de revisión bibliográfica se hace una comparación de gran utilidad para el proyecto. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos con las dos técnicas holográficas a color con un mismo objeto [2, 3].

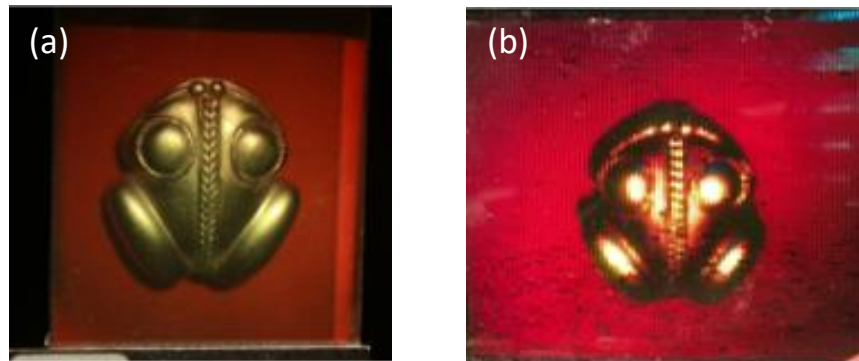


Figura 2. Comparación entre las dos técnicas holográficas a color con Rana precolombina. (a) Holograma analógico [2], (b) Holograma sintético con técnica de superposición [3].

En primera instancia, se observa que los dos hologramas logran una buena eficiencia de difracción, siendo posible además distinguir en ambos casos las características espaciales del objeto con diferentes intensidades. Sin embargo, el holograma sintético [Figura 2 (b)] presenta algunos *hogels* apagados, que pueden ser explicados por inestabilidades en el proceso de registro[3]. Como observación general, se logra apreciar que los colores amarillo y dorado, característicos de la pieza, son mejor logrados con la técnica analógica.

### B. ELECCIÓN DEL OBJETO

Dado a la disponibilidad de instrumentos dentro del laboratorio, se requería un objeto que no contara con tonalidades azules y en el que predominaran matices de colores cálidos, dado a que no se contaba con un láser azul. Además, inicialmente se buscó que el objeto tuviera propiedades ligeramente reflectivas para agregar un carácter retardador al proceso de registro. En este orden de ideas, se seleccionó una pequeña pieza de colección, una lámpara dorada, con detalles en su tapa y una geometría curvilínea (ver figura 2).

Una vez seleccionado el objeto, se procedió al registro de hologramas analógicos en paralelo con el registro de imágenes desde diferentes ángulos a la pieza para con ellas crear las imágenes hogel. En el registro de hologramas analógicos se realizaron dos montajes: rayo simple y reflexión. Esto con el fin de obtener el holograma más eficiente y apto para la comparación con el estereograma holográfico, sin embargo, en la elaboración de ambos montajes no se tomó en cuenta el ángulo de reconstrucción lo que influyó notablemente en resultados deficientes.

Además, aunque el objeto cumplía con todos los requisitos propuestos inicialmente, el reto de registrar el material reflectivo de la pieza generó conflictos tanto en el registro análogo como en la parte sintética, ya que en la parte análoga la distribución poco uniforme de la luz que se reflejaba en el objeto generó una imagen deficiente donde los puntos de mayor reflexión quemaron la placa holográfica; y en la parte sintética fue complicado tomar las imágenes con pocas reflexiones y buena iluminación, por lo que no se obtenían una reconstrucción digitalización exitosa del objeto.

Por lo tanto, se decidió hacer una nueva selección, incluyendo entre los criterios que fuera un objeto poco o no reflectante. Finalmente se seleccionó una pequeña figura de un duende (ver figura 2). es importante aclarar que debido a la contingencia no fue posible realizar un registro analógico ni sintético de la pieza, dado que no se tuvo acceso al laboratorio con suficiente prontitud, sin embargo, fue posible obtener digitalmente las imágenes hogel de la nueva pieza, lo cual se explicará de una forma más amplia en la siguiente sección.

### C. IMAGENES HOGEL

En lo que respecta al uso del código desarrollado por Alejandro Madrid [5, 7] titulado “holocamara” se logró con éxito adoptar su funcionamiento para la obtención de las imágenes hogel necesarias para la elaboración del registro sintético, a pesar de que no se logró un adecuado registro.

El uso del código es simple, se requiere de la modificación de parámetros dentro del editor de texto Spyder para el lenguaje Python. Allí se modifican los valores de luminosidad de fondo. Con el valor de adquisición en falso se corre el código para modificar mediante una interfaz la posición y orientación del objeto digitalizado. En la consola de resultados se obtienen los parámetros necesarios que posteriormente se reemplazan en el grueso del código. Una vez hecho esto se cambia también el valor de adquisición a verdadero y se pone a correr el código nuevamente. Los archivos necesarios para el uso del código consisten de un objeto tridimensional en formato .obj con sus correspondientes texturas, y el resultado será una carpeta con las imágenes que posteriormente deben registrarse en el sistema óptico diseñado [5, 7]. Un último aspecto técnico del código es que corre en una versión de Python que no es la más reciente, esto dado que para su funcionamiento se requiere de determinadas librerías solo existentes para dicha versión.

## 7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

- Con los resultados obtenidos preliminarmente se puede apreciar la ventaja en nitidez y el contraste de los display analógicos, mientras que los sintéticos proveen mayores posibilidades en cuanto al objeto a holografar, por ejemplo, se pueden construir hologramas de rostros humanos.
- El montaje de *holoprinter* es complejo dada la cantidad de elementos que integra y los conceptos ha apropiado para usarlo, con lo que tanto su reproducción como su uso implica grandes cantidades de tiempo si se desean hacer de una forma adecuada.
- Si bien con las actividades llevadas a cabo a lo largo de este proyecto se pueden determinar conclusiones preliminares sobre las características de los display estudiados, es necesario llevar a cabo una investigación más profunda para lograr establecer unos criterios definitivos que permitan diferenciarlos de forma cuantitativa.
- Como trabajo futuro se propone ejecutar las actividades experimentales y metodológicas postergadas. Entre estas se incluye la adecuación y apropiación del sistema óptico a disposición para el registro de hologramas sintéticos (*holoprinter*), así como de la metodología de registro. También se propone revisar el algoritmo de obtención de imágenes hogel, y familiarizarse con el uso de los programas de control desarrollados para el registro.

## 8. AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de descubrimiento y creación por el presupuesto, los espacios y las herramientas facilitadas para la elaboración del proyecto.

Al grupo de investigación en óptica aplicada de la misma universidad, por acoger a los estudiantes del semillero y apoyarlos en la respuesta de las preguntas que surgieron durante el proyecto.

Y al profesor Carlos Trujillo por acompañarnos en la elaboración de este proyecto durante este año lleno de dificultades.

## 9. ANEXOS

### D. TABLA DE INFORMACIÓN DEL SEMILLERO

<b>Nombre del semillero de investigación</b>	Semillero de investigación en Holografía
<b>Nombre del proyecto de investigación</b>	Identificación de características de display holográficos analógicos y sintéticos.
<b>Nombre del investigador principal</b>	Carlos Alejandro Trujillo Anaya
<b>Estudiantes que participaron en la investigación</b>	Isabella Gómez Gallego, Jose Hernán Ortiz Ocampo, Cristian Lopera Trujillo, Sofía Obando Vásquez, Maria Josef Lopera Acosta, Mariana Escobar Quiceno, Tomás Vélez Acosta

### E. PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES EXTERNAS

Durante el año 2020, el semillero presentó los resultados preliminares de este proyecto en el “XIX ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN” de RedColSI, y en el “XXIII ENCUENTRO NACIONAL Y XVII ENCUENTRO INTERNACIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN” organizado por la misma entidad.

### F. LECCIONES APRENDIDAS

- Si bien el trabajo en pandemia ha sido difícil considerando que el semillero tiene una componente experimental bastante grande, las reuniones semanales han sido una forma de mantener el contacto entre los miembros mediante la virtualidad y no perder la esperanza en el desarrollo del proyecto.
- Los semilleristas tenemos una gran ventaja al contar con el apoyo de la Vicerrectoría para intentar cumplir los objetivos planteados en las propuestas presentadas.
- La organización y planeación es vital para alcanzar los objetivos planteados. Sin embargo, es todavía más importante la flexibilización de los cronogramas preestablecidos para ir incluyendo las anomalías que no se tuvieron en cuenta en la planeación inicial

### G. EJECUCIÓN PRESUPUESTAL

Para el presente proyecto la ejecución presupuestal consistió en el incentivo económico para los estudiantes coordinadores para ambos semestres académicos:

GASTOS DE PERSONAL			GASTOS VARIOS							
NOMBRE	TIEMPO	VALOR	BIBLIOGRAFIA		CAFETERIA		TAXIS Y BUSES		OTROS GASTOS	
			CONCEPTO	VALOR	CONCEPTO	VALOR	CONCEPTO	VALOR	CONCEPTO	VALOR
Mariana Escobar Quiceno	1/4	877.500								
Tomás Vélez Acosta	1/4	975.000								

Tabla 1. Ejecución presupuestal del semillero de holografía a fecha del 15.12.20

El resto del presupuesto que estaba destinado a los insumos necesarios para el trabajo presencial del semillero, considerando la situación actual de pandemia, no se gastó como estaba presupuestado dado que el trabajo presencial no lo ameritó.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Bjelkhagen and D. Brotherton-Ratcliffe, *Ultra-realistic imaging: advanced techniques in analogue and digital colour holography*: CRC press, 2016.
- [2] G. Saxby, *Practical holography*: CRC Press, 2003.
- [3] H. I. Bjelkhagen, *Silver-Halide recording materials: For Holography and their processing* vol. 66: Springer, 2013.
- [4] Slavich. (2013). *HOLOGRAPHY MATERIALS*. Available: [https://www.slavich.com/holo\\_summary](https://www.slavich.com/holo_summary)
- [5] E. Ramos, L. I. Rojas, M. Escobar , and S. Obando "INFORME SOBRE EL PROCESO FOTOGRAFICO DE REVELADO PARA LA HOLOGRAFÍA," ed, 2019, p. 19.
- [6] M. J. LOPERA, M. ZAMBRANO, and J. H. ORTIZ, "Informe de la exposición: placas ", ed, 2019.
- [7] L. Intergraf. (2019). *PGF-03M Holographic Plates*. Available: <https://www.integraf.com/shop/pgf-03m-holographic-film-plates>
- [8] P. formulary, "GP-2 Holography processing kit," Intergraf, Ed., ed.
- [9] P. formulary, "JD-4 (JARB) HOLOGRAPHY PROCESSING KIT ", L. Intergraf, Ed., ed.
- [10] S. Vorobyov. (2003). *25 holography lessons*. Available: <http://www.holography.ru/les10eng.htm>
- [11] F. Wikimedia. (2017). *Interferometría de moteado*. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Interferometr%C3%ADa\\_de\\_moteado](https://es.wikipedia.org/wiki/Interferometr%C3%ADa_de_moteado)