

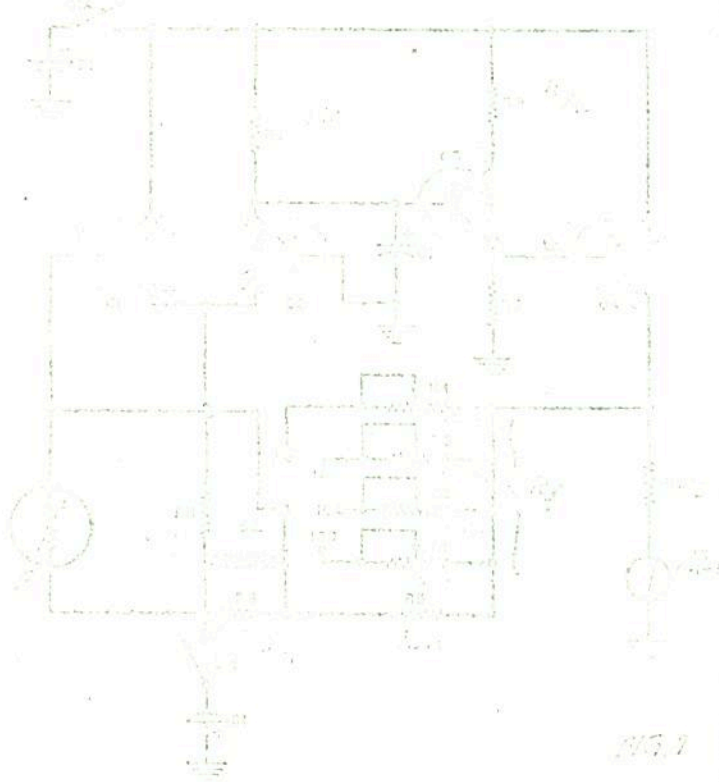
TRABAJO DE INVESTIGACION II

Realizado por el licenciado JOSE JOAQUIN LUNAZZI.

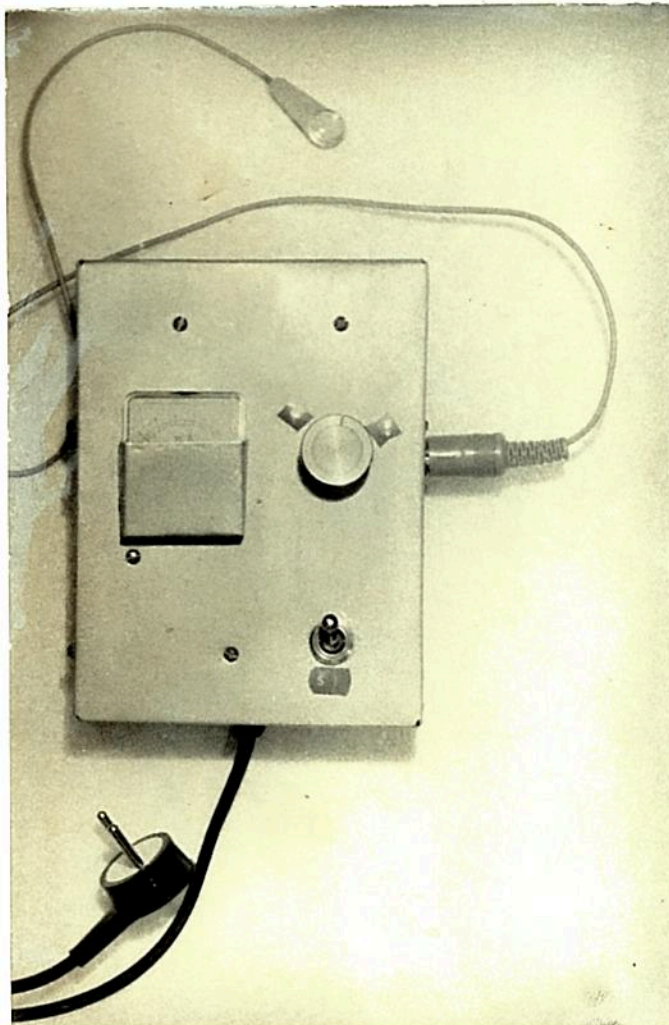
Presentado el 27 de diciembre de 1974.

- 0 Aspectos conceptuales del trabajo.
- 1 Aspectos técnicos del trabajo.
- 2 Bases para holografía.
- 3.1 Construcción del fotómetro.
- 3.2 Calibración del fotómetro.
- 3.3 Medición de intensidades.
- 4.1 Placas holográficas.
- 4.2 Calibración de las placas.
- 4.3 Procesado.
- 5 Portaplaca.
- 6 Estabilidad del montaje holográfico.
- 7 Calibración del conjunto por la eficiencia de difracción.
Apéndice de la sección 7, filtrado espacial del haz del láser.
- 8 Tipos de hologramas obtenidos.
- 9 Holografía interferométrica, u holointerferometría, u holometría.
- 10 Conclusiones.

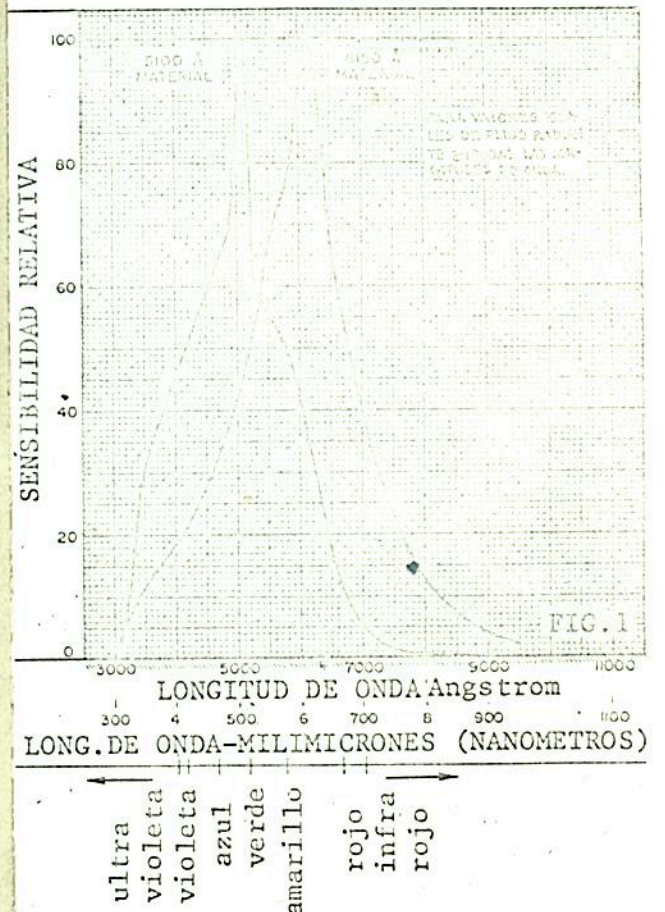
Complementado con la carpeta de la materia Seminario II, presentado conjuntamente con ésta.



LISTA DE MATERIALES:
 B1: Batería alcalina de 1.5 Volt.
 B2: batería 9 Volt. común.
 C1: 10 μ F x 15 Volt electrolítico
 C1-C2-C3: 2N3391
 Q1: 2N4129
 T: Transistor Celer CL505-L
 o similar.
 M1: medidor 0-1 mA
 R1: 10K, preajuste 500 Ohm
 R2: 10K, preajuste 20 K Ohm
 R3: 10K, preajuste 5 K Ohm
 R4: 10K, preajuste 100 K Ohm
 R5: 10 K Ohm 1/2 Watt 5%
 R6: 3K Ohm 1/2 Watt 5%
 R7: 1 K Ohm 1/2 Watt 5%
 R8-R11: 470 Ohm 1/2 Watt 5%
 R9: 10 K Ohm 1/2 Watt 5%
 R10: 3 K Ohm (ajustar para
 plena escala con 5 Volt en serie
 a través de la combinación
 R8 y el amperímetro).



CARACTERISTICAS TIPICAS DE RESPUESTA AL ESPECTRO LUMINICO



ASPECTOS TÉCNICOS DEL TRABAJO

Los aspectos teóricos de este trabajo están comprendidos en la carpeta de la materia "Seminario II" que presento simultáneamente a ésta.

PARA HACER HOLOINTERFEROMETRÍA ERA NECESARIO POSEER UN BUEN DOMINIO DE LA TÉCNICA HOLOGRÁFICA y por eso es que buena parte de este trabajo trata de esta última. La primera etapa de un proceso holográfico elemental comienza por la interferencia de dos ondas sobre una superficie detectora. En cada punto de ésta la intensidad resultante vale

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi$$

con I_1 = intensidad de la onda 1

I_2 = " " " " 2

$\Delta\varphi$ = diferencia de fase entre ambas ondas

Para que esta intensidad no se altere apreciablemente es necesario que la diferencia de fase $\Delta\varphi$ se mantenga por debajo del valor $\pi/2$ durante la exposición. Vemos pues la importancia que tiene la estabilidad del dispositivo holográfico para la toma de hologramas con exposiciones largas, como en este trabajo que fue hecho íntegramente con un láser de He-Ne marca Spectra-Physics modelo 130C de 2 mW de potencia en emisión continua de longitud de onda de 633 nm, que, por otra parte, era el único con que se podía contar.

2. Bases para holografía.

Describiré los tipos de mesas empleados:

Al principio trabajé en una mesa común de madera, con espuma de nylon bajo sus patas y unos 80 kg. de peso distribuidos sobre ella.

Luego usé una mesa muy sólida, también de madera pero con un colchón de espuma de nylon sobre el que iba una plancha de hierro de 1 x 100 x 150 cm³. En esta mesa hicimos hologramas interferométricos y simultáneos inclusive.

No podría decir a ciencia cierta en qué medida las vibraciones que podían haber llegado a estas mesas afectaron a los hologramas tomados, pero sí que es posible obtener buenos hologramas en ellas.

Finalmente trabajé sobre un pilar de cemento que está ubicado en un subsuelo del edificio y que tiene algunos (¿cuántos?) metros de profundidad bajo tierra, estando separado del piso hasta una profundidad de 1 m. y con una superficie de 62 x 77,5 x 85 cm³ y tres gruesos vástagos roscados empotrados colocados en él.

Este pilar constituye una base casi ideal para experiencias de interferometría, que empero no posee la rigidez de una mesa de granito. Por ello iniciamos los trámites para unir otros dos pilares como el mencionado formando una base para hacer una camada de arena sobre la cual colocar una piedra de granito de 80 x 110 x 14 cm³ y tener así a bajo costo una mesa inmejorable.

La base se gestionó con fecha Agosto 1973 ante la Dirección de Construcciones Universitarias y la piedra con fecha Octubre/73 ante la Dirección de Establecimientos Penales; por diversos motivos estamos aún a la espera de los resultados de estos trámites.

3.1 Construcción del fotómetro.

Las ondas 1 y 2 se obtienen dividiendo el frente de onda en dos partes, o por división de amplitud y se requería medir las intensidades I_1 e I_2 con un fotómetro de alta sensibilidad.

Lo construí en base a un circuito conocido (fig.1) en el que empleé una fotocélula de CdS (RCA SQ2520) que tiene una buena respuesta para la longitud de onda utilizada ($\lambda = 633$ nm), si bien existe otra de la misma marca y mejor respuesta (fig.2), pero que no se consigue en el mercado.

La fig. 3 es una foto del fotómetro realizado, de alta sensibilidad pues posee un circuito amplificador de tres etapas.

Tiene 4 escalas que abarcan con holgura el rango necesario,

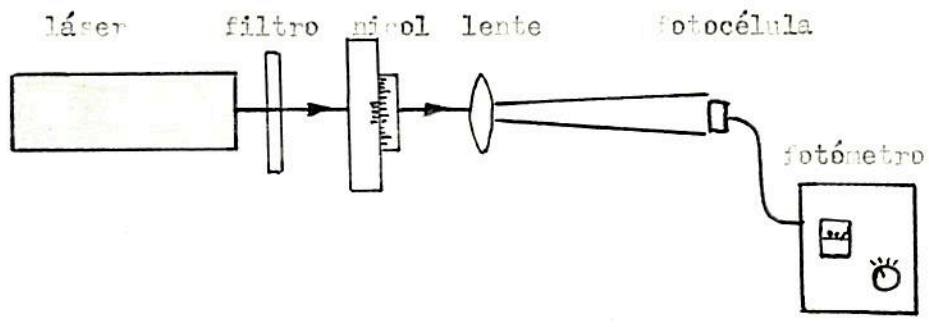


FIGURA 4

$\langle E \rangle = 500$
 $400 < E < 600$
 para tener $Z = 0,6\lambda$
 y $Z = 0,4\lambda$
 en hologramas sin blanquear

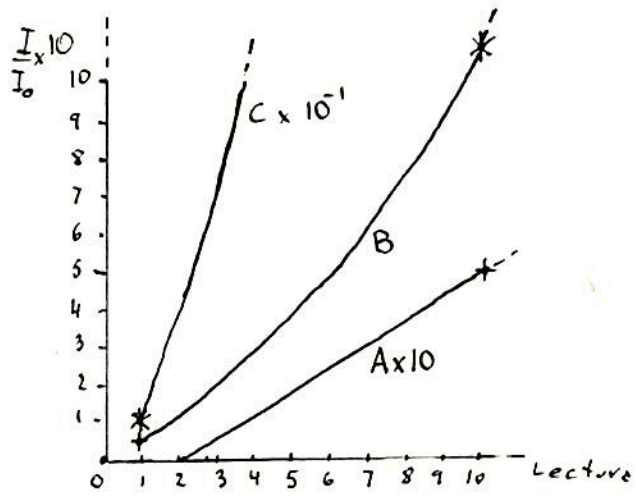
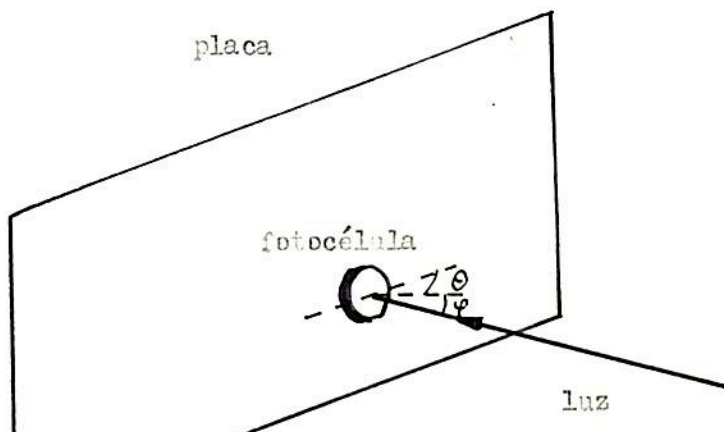


FIGURA 5



fue la de una lamparita para iluminar la escala, ya que las lecturas se hacen oscureciendo la sala, porque las experiencias son hechas generalmente al descubierto.

3.2 Calibración del fotómetro.

Como no disponía de ninguna fuente luminosa ni fotómetro calibrado para las intensidades requeridas, recurrí a la calibración relativa en base a la ley de Malus. Para ello puse a la salida del láser un prisma de nícol, que era el prisma polarizador de que disponía, montado en un soporte giratorio con limbo graduado.

Este prisma tiene el inconveniente (ya superado por otros diseños) de que su geometría exterior no encaja con la de los ejes ópticos, de modo que al girarlo no conserva en su centro al haz de luz sino que lo hace girar aproximadamente alrededor de un punto. Este defecto lo compensé en su mayor parte colocando una lente de modo que su foco objeto estuviera ubicado aproximadamente coincidente con dicho punto. Esta lente además expandía el haz de modo de llenar con él la fotocélula.

Finalmente coloqué un filtro Corning #2408 para no dejar pasar la radiación espontánea que acompaña a la radiación láser y que podía afectar a la calibración de la escala de bajas intensidades.

El simple esquema experimental es el de la fig.4.

Se notó que el comportamiento de la fotocélula no era isótropo en su superficie y no poseía ningún tipo de simetría, lo que puede explicarse por el alto grado de inercia del material fotosensible respecto de su historia anterior; por ello es recomendable hacer la calibración variando lentamente las condiciones de iluminación del mismo; la primera fotocélula empleada debió ser descartada a los tres años de uso.

La ley de Malus la empleamos de forma de saber la variación de la intensidad I_{θ} que emerge del prisma cuando su eje formaba un ángulo θ con respecto a la posición cruzada del Nícol. Elegimos esta posición como referencia porque es la más exacta en determinarse, pues las variaciones alrededor de esta posición de transmisión nula son fáciles de detectar. Así, la ley de Malus nos expresa I_{θ} relativa a I_{MAX} , la intensidad máxima que emerge del prisma cuando su eje coincidía con el eje de polarización de la luz:

$$\frac{I_{\theta}}{I_{MAX}} = \text{sen}^2 \theta$$

Así calibramos al fotómetro dando valores a θ y graficando los valores de $\text{sen}^2 \theta$ como función de la lectura del fotómetro.

Al terminarse una escala pasaba a la siguiente y comenzaba con una nueva curva que tenía un factor 10 respecto de la anterior. En la fig. 5 está la curva de calibración en la que se ve que la respuesta conjunta de la fotocélula y el amplificador es casi lineal.

3.3 Medición de intensidades luminosas con el fotómetro.

Precaución: Es importante que el haz del láser no dé en la fotocélula sin antes haber sido expandido, o atenuado de otra forma.

Dado el tamaño de la fotocélula la medición de intensidades sólo puede hacerse en áreas no menores de 1 cm², ubicando la fotocélula apoyada sobre una placa que simula a la que se colocará al realizar la toma, despreciándose la diferencia de posiciones debida al espesor de la fotocélula (1/2 cm).

Como por lo general la luz no incide perpendicularmente a la placa, puede que el borde de la célula haga sombra sobre la superficie sensible, por lo que recomiendo poner la fotocélula perpendicular al haz (posición de máxima lectura I_M) y luego estimar la iluminación correspondiente a la extensión del área iluminada oblicuamente así:

$$I = I_M \cos \theta \cos \varphi \text{ siendo } \theta \text{ y } \varphi \text{ los de la fig.6 y cuya medición explico en la sección explicativa del portaplacas,(5).$$

Es conveniente para verificar el estado de la fotocélula contar con una iluminación patrón en unidades arbitrarias, ubicando la fotocélula a una distancia fija de una lámpara eléctrica destinada a ese

constatar el estado del fotómetro SIN la fotocélula.

Es evidente que, como el diámetro de la fotocélula es de 2 cm y la distribución espacial de intensidad del láser es gaussiana si oscila en el modo TEM₀₀ y aún más despareja en otros modos, las áreas iluminadas no pueden suponerse de iluminación constante en un diámetro de 2 cm. Por otra parte la respuesta de la fotocélula tampoco es uniforme para distintas posiciones de su superficie sensible debido a la propiedad de gran inercia luminosa que posee.

Es por esto que, en lo posible, se debe medir siguiendo una convención como p.ej. la de centrar en lo posible la distribución luminosa con la simetría circular de la fotocélula y esperar al menos 5 s para hacer la lectura, asegurándose siempre de que la luz ilumine toda la superficie sensible. (El estudio del caso general sería complicadísimo aún en el caso de suponer respuesta lineal para cada punto de la superficie sensible pues no podemos suponer que esta respuesta se mantenga invariante a la historia luminosa de la misma, y además, la lectura debiera hacerse entonces por barrido y deducirla por propiedades de correlación).