

CONSTRUCCION DE UN ESPECTROFOTOMETRO

Carlos Educaro Orrego A.

CUADERNOS DE INVESTIGACION

CINDEC N° 17

Investigador Principal:

CARLOS EDUARDO ORREGO A., Ingeniero
Químico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SECCIONAL MANIZALES

MAYO DE 1990

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SECCIONAL MANIZALES

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS

Informe Final De Investigación

TITULO: CONSTRUCCION DE UN ESPECTROFOTOMETRO

Investigador Principal: CARLOS EDUARDO ORREGO ALZATE

Manizales, Octubre de 1989

CONSTRUCCION DE UN ESPECTROFOTOMETRO

CARLOS EDUARDO ORREGO ALZATE

MANIZALES

UNIVERSIDAD NACIONAL

1989

CONTENIDO

PAGINA

1 INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	1
2 BASES TEÓRICAS	4
2 1 Emisión de radiación	4
2 2 Absorción de radiación	6
2 3 Ley de Beer	6
2 4 Refracción	9
3 TECNICA EXPERIMENTAL	11
3 1 Descripción general	11
3 2 Descripción detallada de los diversos elementos	12
3 2 1 Optica	12
3 2 1 1 Fuente luminosa	12
3 2 1 2 Condensador	13
3 2 1 3 Monocromador	13
3 2 2 Mecanica	15
3 2 3 Electrónica	16
3 2 3 1 Fococelda y circuito de amplificación	17
3 2 3 2 Generador de rampa	19
3 2 3 3 Fuentes	20
3 3 Dperación del aparato	23
3 3 1 Conexión	23

3 3 2 Sincronización	24
3 3 3 Calibración	25
3 4 Lectura por computador	26
4 RESULTADOS	28
4 1 Calibración	28
4 2 Resolución	28
5 CONCLUSIONES	29
5 1 Objetivos alcanzados	30
5 2 Limitaciones y futuras mejoras	30
BIBLIOGRAFIA	31

LISTA DE FIGURAS

	<u>PAGIN</u>
	<u>A</u>
Figura # 1 Ley de Beer	6
Figura # 2 Esquema general	11
Figura # 3 Condensador	13
Figura # 4 Monocromador	14
Figura # 5 Plano mecánico general	16
Figura # 6 Amplificador, primera etapa	17
Figura # 7 Amplificador, segunda etapa	17
Figura # 8 Generador de ramba	19
Figura # 9 Fuente dual	20
Figura # 10 Fuente del motor	21

ANEXO DE MEDICIONES

Gráfica # 1: Espectro del mercurio

Gráfica # 2: Composición

Gráfica # 3: Espectro del mercurio (en lotus 123)

Gráfica # 4: Espectro del Zn^{+2} en Cc140.6 p pn

Gráfica # 5: Espectro del Zn^{+2} en Cc140.04 p pn

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El diseño del aparato que constituye éste trabajo fué motivado por dos razones principales: la primera la de aliviar la escasa disponibilidad de equipo instrumental en los laboratorios de química de la Seccional Manizales mediante un equipo que ,además de servir de elemento didáctico para ilustrar los principios en que se basa, pudiera ser utilizado en el estudio de algunas reacciones químicas o análisis de compuestos simples en soluciones líquidas diluidas.

El segundo motivo, de carácter mas personal, fué el de adquirir entrenamiento en el diseño de equipos de medida con el propósito último de hacer parte del equipo de trabajo en instrumentación científica que desde la época del inicio del proyecto se ha estado conformando en la Universidad.

El origen del diseño original fué el artículo de Jearl Walker en la sección THE AMATEUR SCIENTIST que apareció en el número de Enero de 1.980 (Vol 242 #1) de la revista SCIENTIFIC AMERICAN, en donde se describe un espectrofotómetro casero con posibilidades de hacer lecturas en un treintaavo de segundo. La imposibilidad de consecución de una rejilla de difracción tipo Rowland (su costo superaba las posibilidades de financiación del proyecto-aproximadamente US\$1000-) hizo modificar drásticamente el

2

diseño para adaptarlo a las rejillas de transmisión de que se disponía.

La intención de fabricar un espectrofotómetro de doble haz fué también cancelada dada la dificultad de conseguir en la ciudad de Manizales un taller de mecánica fina que permitiera operar el aparato con niveles razonables de vibración. Por la misma razón se decidió operar el mecanismo de barrido a una velocidad menor a la sugerida por el artículo referido.

A pesar de las dificultades debidas casi todas a la situación de un mercado de provincia que no ofrece ni los elementos ni los servicios mínimos para una labor como la encarada, se ha logrado fabricar un aparato de medida con unas especificaciones técnicas razonablemente aceptables para éstas circunstancias.

2. BASES TEORICAS

Gran parte de los métodos analíticos se basan en la interacción de la energía radiante con la materia, siendo la medición de su absorción un medio muy utilizado en el análisis de numerosas especies orgánicas e inorgánicas.

2.1 Emisión de radiación

Las ondas electromagnéticas se producen por aceleraciones de partículas cargadas o cuando osciladores caen a los niveles mas bajos de un conjunto discreto de energías posibles.

La oscilación de átomos en una molécula o excitaciones de osciladores puede ser producida por varios medios siendo el mas simple de ellos el aumento de temperatura. De hecho, cualquiera sustancia emite radiaciones a una temperatura mayor que el cero absoluto.

En la materia, si las partículas radiantes estan muy separadas entre si como en los gases producen, en general, radiación de un número limitado de longitudes de onda. El espectro de radiación es entonces discontinuo.

El espectro continuo (en donde las longitudes de onda individuales están tan poco espaciadas que su separación es prácticamente imposible) se produce de la excitación de sólidos y líquidos o moléculas gaseosas complicadas.

La teoría de la emisión térmica se basa en la desarrollada para un cuerpo negro ideal:

$$I(f)df = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{f^3 df}{e^{hf/kT} - 1}$$

Donde:

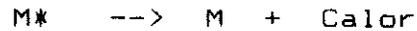
$$I(f)df = \frac{\text{Energía}}{\text{Área.Tiempo.Ancho de banda de frecuencia}}$$

Los materiales reales pueden diferir considerablemente en su comportamiento respecto del cuerpo negro. Tal es el caso de los filamentos de tungsteno que se utilizan en las bombillas comerciales.

2.2 Absorción de radiación

La materia también está en capacidad de absorber radiación electromagnética en un proceso irreversible de transición que

puede esquematizarse por dos pasos:



M es una especie excitable (núcleo, átomo, molécula) ; M* es el estado excitado correspondiente a un estado energético superior de energía electrónica , de vibración, de rotación o de estados de spin nuclear o electrónico.

Las transiciones mas importantes que tienen ocurrencia según la región espectral a la que la materia esté expuesta son :

Región espectral

Clase de transición

Rayos X (0.1 - 150 Å)

Electrones de capas K y L

Ultravioleta lejano(150-2000 Å)

Electrones de capas medias

Ultravioleta cercano(2000-4000 Å)

Electrones de valencia

Visible (4000-8000 Å)

Infrarrojo cercano

y medio (8000-25000Å)

Vibraciones moleculares

Infrarrojo lejano (0.0025-0.5 mm)

Rotaciones moleculares y vibraciones bajas

Microondas (0.5 - 300 m)

Rotaciones moleculares

Ondas de radio(0.3 m y mas)

Resonancia magnética nuclear y electromagnética

2.3 Ley de Beer

La reducción de la energía radiante de un haz de radiación monocromática es proporcional a la intensidad del haz y a la cantidad de sustancia absorbente situada en su trayectoria. En términos matemáticos esto es :

$$dP/dn = - KP$$

donde

P es la potencia del haz

dP es la potencia absorbida en el nivel P

dn es el número de moléculas absorbentes

K es una constante de proporcionalidad

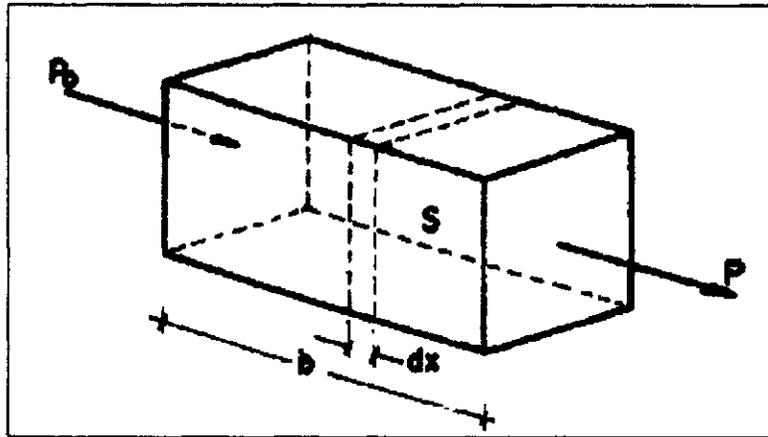


Figura #1. LEY DE BEER

En la figura se representa una celda a la que le entra P_0 de potencia radiante que se reduce a P al atravesar un espesor b de sustancia. Si N es el número de moléculas absorbentes y s el área seccional :

$$\int_{P_0}^P dp/p = - \int_0^N dn$$

$$\ln (P/P_0) = -kN = -k'NS = -k''bC$$

Donde k' y k'' son constantes de proporcionalidad

C es la concentración de partículas absorbentes.

Luego,

$$\log(P_0/P) = a b c = A$$

A se denomina Absorbancia

a es la absortividad

P/P_0 se llama transmitancia (T)

c concentración en gr/lt

b longitud en cm

P Energía /área tiempo

La ley de Beer es una expresión ideal pues en ella no se involucran los efectos de pérdidas por reflexión debidas a las paredes del recipiente en el que está contenida la muestra o por dispersión en la solución.

8

En la práctica se compara la potencia del haz transmitido por la solución problema con la de un haz que atraviesa un recipiente idéntico con el disolvente de la muestra.

$$A \approx \log \frac{P_{\text{DISOLVENTE}}}{P_{\text{SOLUCION}}}$$
$$\approx \text{Log } P_0/P$$

Otras limitaciones para el cabal cumplimiento de esta relación :

-Soluciones diluidas $< 0.01 F$

-Cuando los cambios de concentración modifican drásticamente en índice de refracción de la solución (generalmente no ocurre a concentraciones $< 0.01 F$)

-Por reacción , asociación o disociación se la sustancia absorbente con el disolvente.

-Cuando la radiación empleada es monocromática.

La gráfica de absorptividad molar:

$$\epsilon = A. \text{ Peso mol/ } cb$$

en función de la longitud de onda de un compuesto se llama espectro de absorción. Esta graficación es la mas usada para la región ultravioleta y visible del espectro electromagnético.

2.4 Difracción

La difracción es el fenómeno en el que una onda se desvía de su trayectoria lineal por efecto de interferencia a causa de su paso por aberturas o cerca de los bordes de objetos opacos a ella.

Si θ es el ángulo de desviación por el paso de una onda plana de longitud de onda λ por una rendija de ancho d , un patrón de difracción sobre una pantalla tras la abertura está constituido por un máximo central brillante y regiones oscuras y brillantes alternadas. Su intensidad $S(\theta)$ es:

$$S(\theta) = S_m \text{Sen}^2(\theta/2)/(\theta/2)^2$$

Para $\theta = [2\pi d \text{ sen } (\theta)]/\lambda$

Con máximos de intensidad en $\text{sen } \theta = n\lambda/d$; $n=0,1,2,\dots$

Y mínimos en $\text{sen } \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda/d$; $n = 1,2,3,\dots$

El arreglo conformado por un conjunto de rendijas paralelas igualmente espaciadas y de idéntico ancho es una rejilla de difracción. Un frente de onda plano monocromático que la atraviese sólo producirá (idealmente) intensidad en las direcciones que cumplan la relación :

$$n \lambda = d \sin \theta$$

Siendo d la distancia ente rendijas adyacentes.

Consecuentemente, un haz de radiación policromática abanicará al atravesar una rejilla de difracción en un conjunto de espectros localizados angularmente según su longitud de onda, separándola en sus componentes espectrales.

Se construyen rejillas de difracción de transmisión como la descrita, o de reflexión, en donde las líneas están grabadas sobre una lámina de metal pulida o sobre una placa de vidrio sobre la que se deposita una película metálica delgada.

3. TECNICA EXPERIMENTAL

3.1 Descripción general

El filamento de la fuente (2) se enfoca en la ranura de entrada al monocromador; dentro de éste el haz se colima mediante una lente que ilumina la rejilla de difracción, cuyo espectro de primer orden incide sobre el espejo móvil. El movimiento del espejo proporciona el barrido del espectro sobre la ranura de salida del monocromador.

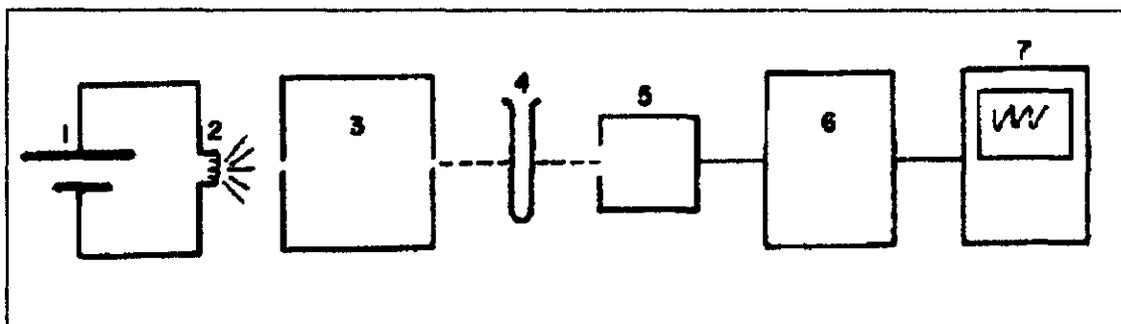


Figura #2.ESQUEMA GENERAL.

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Fuente regulada | 5. Detector |
| 2. Filamento de tungsteno | 6. Amplificador |
| 3. Monocromador | 7. Detector de señal |
| 4. Muestra | |

El circuito de disparo o trigggeado se activa al iniciarse el barrido del espectro mediante la corriente generada por un

12

fototransistor. Se desactiva haciendo que cuando el espectro recorre en sentido inverso la ranura no hay barrido en el osciloscopio. Un disco con ranura sobre el eje principal de transmisión mecánica del aparato proporciona la sincronización necesaria para el efecto descrito, evitando el efecto de doble imagen.

La emisión del monocromador(3) atraviesa la muestra a analizar(4), siendo detectada la radiación de salida por una fotocelda (5) que mediante un circuito de amplificación (6) permite determinar la distribución de intensidades en un osciloscopio (como porcentaje de transmitancia), graficador o computador (7).

3.2 Descripción detallada de los diversos elementos.

3.2.1 Optica

3.2.1.1 Fuente luminosa:

Lámpara halógena de 60 vatios, alimentada por 12 voltios. Este voltaje puede ser reducido por una resistencia en serie con la lámpara cuando se haga necesario reducir la intensidad luminosa a la entrada

(Esto ocurre cuando la amplificación de la señal de la fotocelda sea tan alta que la salida llegue a su voltaje de saturación).

3.2.1.2 Condensador:

Se utiliza un sistema óptico sencillo para iluminar la rendija de entrada con una imagen uniforme del filamento de la fuente consistente en dos lentes ubicadas en la disposición que se muestra en la figura:

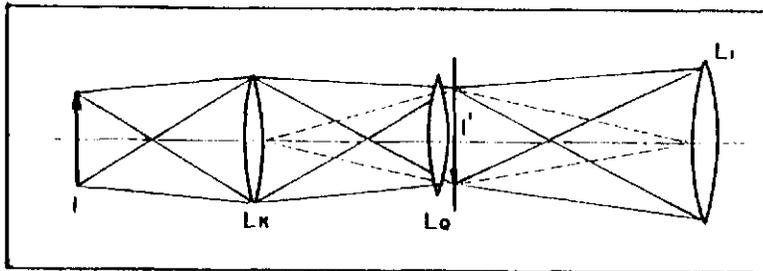


Figura # 3. CONDENSADOR

I: filamento luminoso
 L_k y L_c condensador
 I' imagen del filamento
 L_l lente colimadora

3.2.1.2 Monocromador

El esquema del sencillo selector de bandas espectrales utilizado se ilustra en la siguiente figura:

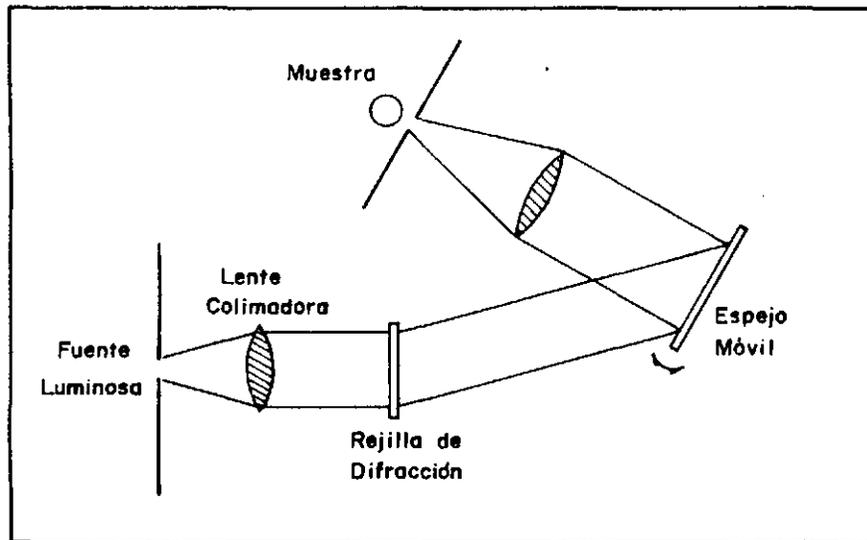


Figura # 4. MONOCROMADOR

Las especificaciones de sus elementos son:

Ranuras:

Están formadas por dos cuchillas de acero inoxidable fijadas con un espaciamiento variable (0.5 mm para los ensayos descritos).

Lentes:

Biconvexas, de distancia focal 5cm.

Rejilla de difracción :

Transparente ; 600 líneas por mm.

Espejo móvil:

De reflexión en primera superficie. Su desplazamiento angular máximo es de unos 10° .

3.2.2 Mecánica :

El motor de 12 vatios de potencia (de ventilador de automóvil) mueve mediante una pareja de poleas el eje principal al que está acoplada una excéntrica sobre la que se desliza un pequeño rodillo fijo al marco del espejo móvil. Un resorte entre la caja del aparato y el marco del espejo permite garantizar el permanente contacto entre el rodillo y la excéntrica o biela transmisora. La forma de la biela excéntrica fué diseñada para que proporcionara un desplazamiento angular uniforme del espejo móvil.

El eje principal tiene acondicionado un disco metálico ranurado que activa y desactiva el circuito de triggeado o generador de rampa. Se requiere sincronizar el comienzo de

la ranura de este disco con la posición inicial del espectro (línea roja) reflejado por el espejo móvil en la ranura de salida del monocromador, haciendo así comenzar la rampa de voltaje con el espectro; el potenciómetro controlador del período de la rampa se ajusta entonces para hacer que ésta concluya precisamente cuando acabe de pasar la luz violeta sobre la última ranura.

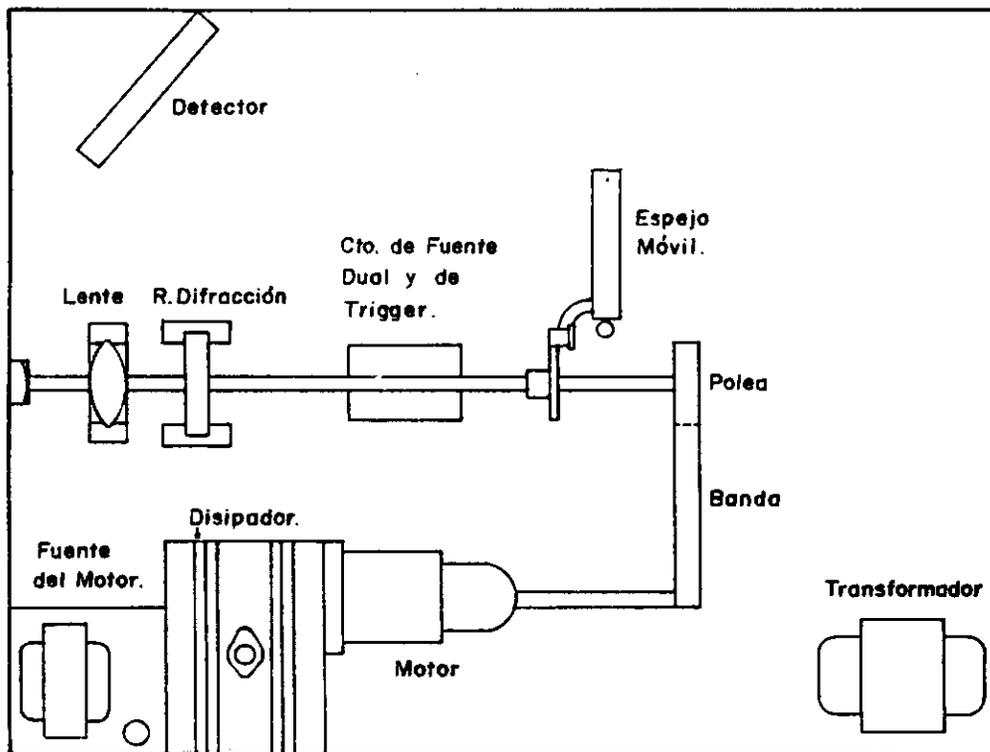


Figura #5 PLANO MECANICO GENERAL

3.2.3 Electrónica:

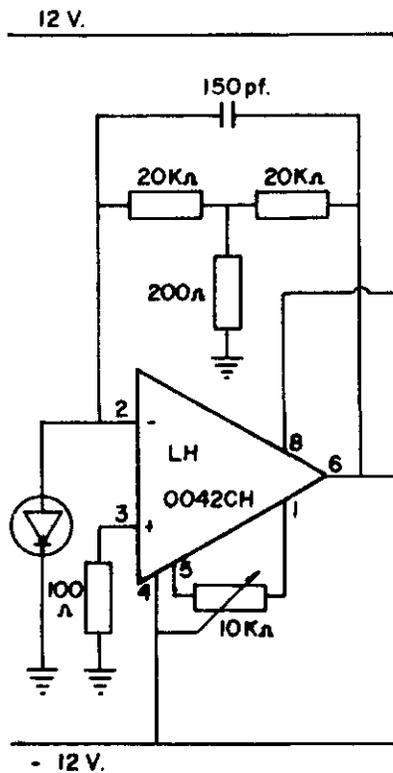


Figura #6

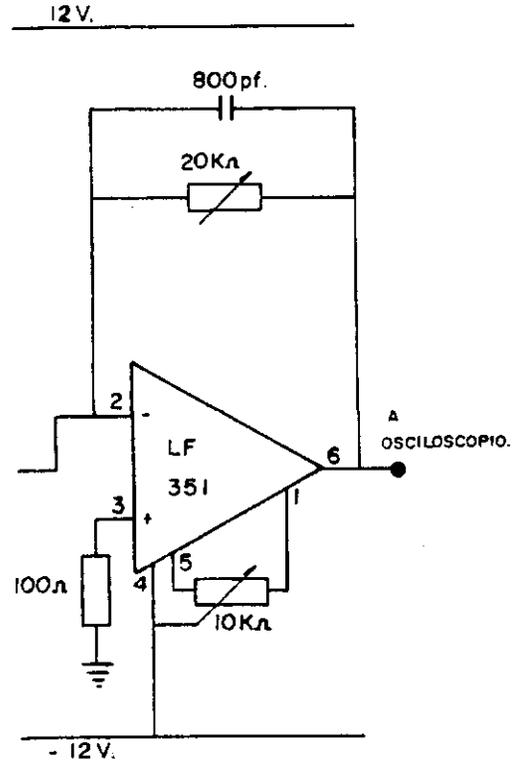


Figura # 7

3.2.3.1 Fotocelda y circuito de amplificación

Se utiliza una fotocelda que proporciona una corriente de 37 nanoamperios con luz plena de 550 nanómetros. La corriente de fotocelda se amplifica en una primera etapa con un convertidor corriente voltaje. Para ello se utilizó el

18

amplificador operacional con entrada FET LH0042 en un arreglo representado en la figura #6.

Para los valores de resistencias $R_1 = 20 \text{ K}\Omega = R_2$ y $R_3 = 200 \text{ }\Omega$, el circuito proporcionará un voltaje de salida teórico dado por

$$V_s = -i_{\text{ent}} R_{\text{eq}} \text{ para } R_{\text{eq}} = (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3) / R_3 \approx R_1 R_2 / R_3$$

$$\approx -2 \text{ mV/nA}$$

Fué necesaria la utilización del capacitor de 150 pF para evitar en parte la amplificación de la componente alterna (ruido) en la entrada, sacrificando rapidez en la respuesta. Este capacitor limita el ancho de banda del amplificador haciendo operar al circuito como un filtro pasabajos.

Como segundo amplificador se usó el LF351 en la disposición detallada en la figura # 7. Con la resistencia de retroalimentación variable de 20 K Ω se puede amplificar la señal que entrega la primera etapa en un factor de:

$$A = 20 \text{ K}\Omega / 1 \text{ K}\Omega$$

que, como se observa, es una amplificación variable con límite superior de 20.

Las dos etapas permiten obtener hasta una amplificación de 400 mV/ nA de entrada.

3.2.3.2 Generador de rampa.

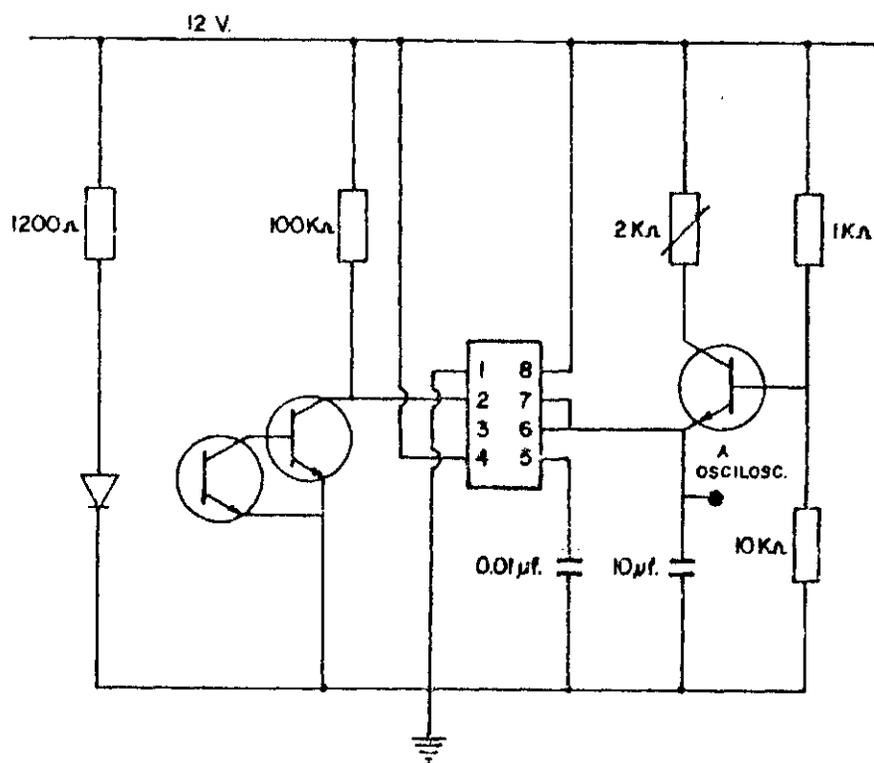


Figura B. Generador de rampa.

El integrado 555N es activado por un optoacoplador que a su vez se acciona por el disco ranurado descrito en 3.2.2: cada vez que el fototransistor recibe la luz del LED a través de la ranura manda una señal de voltaje hacia el 555N.

La entrada 2 de triggado o disparo de la pastilla se activa con un voltaje de entrada de $\frac{1}{3} V_{CC} = 4$ Voltios; cuando el condensador C_3 alcanza $\frac{2}{3} V_{CC} = 8$ Voltios, el pin 6 se activa causando su descarga por el integrado 555 que opera como un switch de resistencia muy baja. El proceso de carga se hace linealmente ya que el transistor opera como una fuente de corriente constante; como $dQ/dt = C dV/dt = i = cte$ se obtiene una rampa lineal de voltaje con un periodo

$$\tau = [\frac{2}{3} V_{CC} R_4 (R_2 + R_3)] / [R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_2 + R_3)]$$

3.2.3.3 Fuentes.

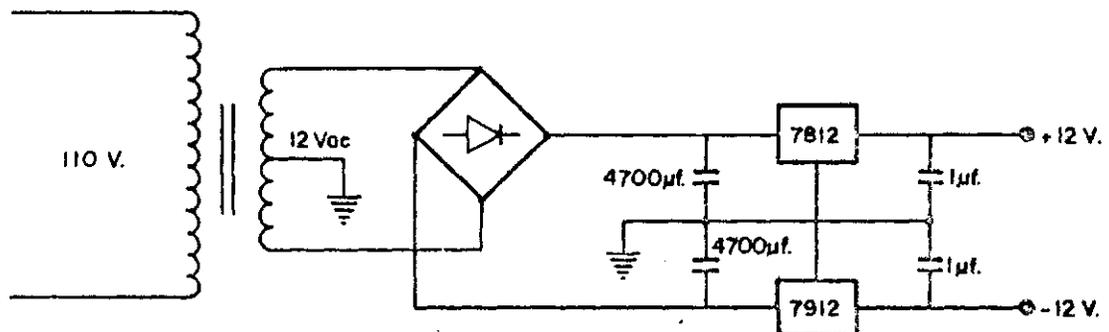


Figura # 9 .FUENTE DUAL.

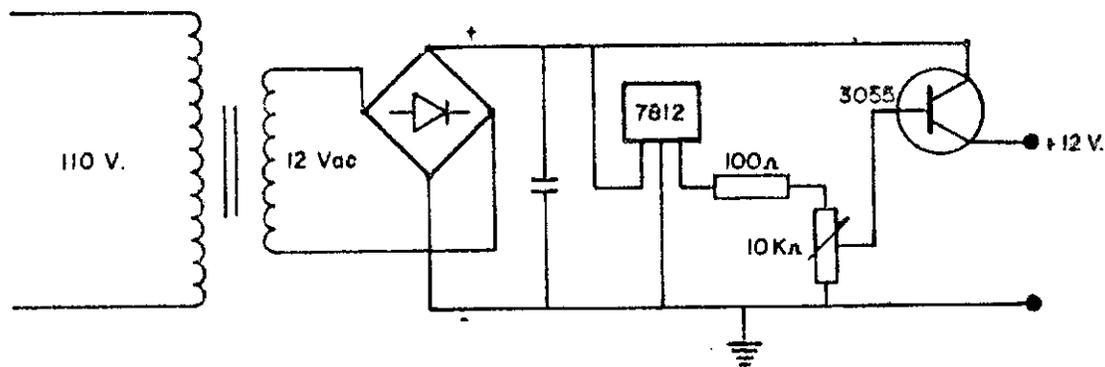
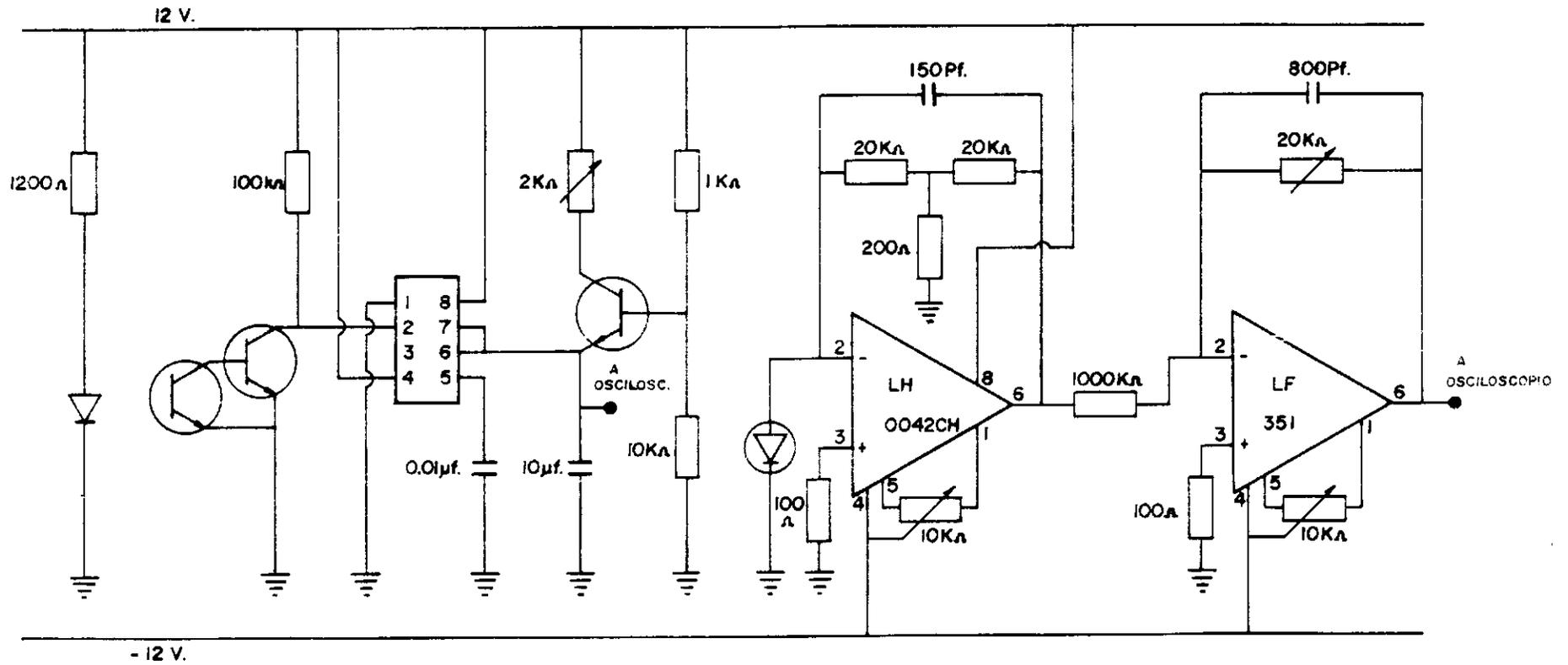


Figura # 10 . FUENTE DEL MOTOR.

Se fabricaron dos fuentes de 12 voltios DC. La primera de ellas, dual, (FIGURA # 9) se usa de fuente de alimentación a los circuitos electrónicos; la segunda (Figura # 10) opera el motor, que gracias al arreglo mostrado en su esquema, proporciona un voltaje variable entre 5 y 10 voltios mediante el potenciómetro de 2 K Ω , lo que permite el ajuste de la velocidad de giro del motor, que a su vez maneja la frecuencia de barrido del espectro sobre la muestra y la fotocelda. El transistor 3055 N opera como una resistencia variable o "buffer" que permite al regulador 7812 manejar la potencia suficiente para operar el motor.

Una tercera fuente regulada de 12 V y 10 A acciona la lámpara o filamento.



3.3 OPERACION DEL APARATO

Externamente el espectrofotómetro esta conformado por cuatro elementos :

- Fuente de alimentación de la lámpara (F)
- Lámpara(L).
- Monocromador y detector(MD).
- Osciloscopio(O).

La forma de operación de estas partes del aparato es la siguiente:

3.3.1 Conexión

Se debe conectar el MD en un toma con polo a tierra. De lo contrario se puede enmascarar la respuesta por el ruido.

L tiene varias posibilidades de conexión a F según sea la necesidad de potencia de iluminación en la ranura de entrada de MD (puede variar según la mayor o menor coloración de la muestra a analizar).

El plano óptico de L debe coincidir con el de MD. Esto se logra teniendo a L y a MD nivelados y enfocando el

filamento aproximadamente en la parte media de la ranura de entrada de MD.

Conectar la señal de salida de la fotocelda(conexión derecha de NVC) al canal Y de O;el segundo coaxial deberá unir el canal X de O con la salida del circuito de rampa de MD.

Suministrar corriente a MD posicionando hacia arriba sus interruptores. De izquierda a derecha éstos corresponden al interruptor general,el del motor, el de la fuente dual y circuito de rampa, y , finalmente el del circuito de la fotocelda.

3.3.2 Sincronización.

Superponiendo las señales de los canales X e Y de O y utilizando la perilla mas larga (potenciómetro de variado de período de rampa) hacer que el extremo superior de la rampa coincida con uno de los extremos del espectro que se vé en el canal Y (el otro extremo debe coincidir con el comienzo del espectro; de no ser así deberá posicionarse manualmente el disco ranurado en el interior de MD hasta obtener esta condición).

Pasar al modo XY de 0 y observar el canal Y . De realizarse sin contratiempos los pasos anteriores deberá aparecer la curva de radiación (espectro) del filamento.

Introducir la muestra en un tubo de ensayo por el orificio superior de MD (o entre el filamento y la ranura de entrada a MD) y detectar los picos de absorción en 0, en una gráfica que reproduzca la lectura de la pantalla. Realizar el mismo procedimiento para un tubo de ensayo que contenga solamente el solvente de dilución. (Ver gráficas # 1 y # 2 del anexo de mediciones).

Comparar estas lectura con las gráficas de calibración (Gráficas 3, 4 y 5 del anexo) y determinar las longitudes de onda en las que ocurra la absorción ; la resta de las dos lecturas (muestra mas solvente - solvente puro) permitirá identificar los picos de absorción del soluto o sustancia problema, y con ellos la determinación cualitativa de su composición.

3.3.3 Calibración.

Mediante una lámpara de mercurio se ilumina la ranura de entrada a MD . Con las previsiones de conexión y sincronización previamente indicadas se obtendrá el espectro

de esta sustancia, cuyas líneas de emisión son conocidas (Gráfica 3).

3.4 Lectura por computador.

Para las gráficas referidas y las medidas experimentales se utilizó un computador que mediante una interfase apropiada, puede hacer las veces de osciloscopio con la ventaja adicional de permitir el almacenamiento de la información para someterla luego a un posterior procesamiento.

El paquete utilizado se denomina SNAP SHOT, uno de los adquiridos por la Seccional Manizales para procesar la información de los modelos hidráulicos de LA MIEL I.

En este caso sólo se utilizó la señal amplificada por la fotocelda, por lo que las lecturas incluyen espectros duplicados intercalados entre la señal de fondo que corresponde a ausencia de radiación sobre la fotocelda. Utilizan una escala de voltaje vs tiempo, que son directamente proporcionales al porcentaje de transmitancia vs longitud de onda respectivamente.

Como única previsión fué necesaria la reducción del voltaje de salida (entre +/- 3 V) mediante un potenciómetro instalado como

divisor de voltaje para adaptarla a las especificaciones del paquete y del computador (compatible IBM, 640 K,dos Drives,una impresora EPSON).

4. RESULTADOS.

4.1 Calibración

Se utilizó una lámpara de mercurio para el efecto. La gráficas detalla las curva detectada. Es de anotar que debido a que estas fuentes operaban con corriente alterna los picos de emisión son de amplitud variable. En el osciloscopio resulta bastante difícil su lectura por este motivo.

La ubicación de las líneas características de estos espectros permitió la construcción de una escala, aparentemente lineal.

4.2 Resolución.

Este parámetro depende , en principio, de la calidad de la rejilla de difracción y de la anchura de las ranuras del monocromador. En la ubicación de la segunda de ellas el espectro visible es de aproximadamente 20mm de ancho con unas ranuras de 0.5 mm. La fracción de espectro que incide sobre la fotocelda es entonces :

$$0.5/20 = 1/40 \text{ del espectro.}$$

Como la fotocelda es sensible en un rango comprendido aproximadamente entre 400 y 700 nM, el límite superior de resolución estaría, en estas condiciones alrededor de 300 nM/40 , es decir, unos 7.5 nM.

El aparato proporciona al momento de elaborar este reporte una resolución de alrededor de 30 nM correspondientes a la separación de los picos de emisión de los colores amarillo y verde del espectro del mercurio (aprox 32 nM) que se alcanzan a identificar en las gráfica 3 del anexo de medidas.

4.3 Medición de un espectro de absorción

En la gráfica 2 del anexo de medidas se observa el espectro de una solución de Zn^{+2} estabilizada con ditizona ,cuyo pico de absorción se presenta en nM (medición hecha en un colorímetro SPECTRONIC 21).

De la composición realizada en la gráfica 6 del mismo anexo se observa que la ubicación del pico de absorción detectado corresponde a un valor de nM.

5.CONCLUSIONES

5.1 Objetivos alcanzados

Se ha logrado alcanzar a realizar lecturas entre 1 y 4 espectros por segundo para la resolución de 30 nM. En relación a los aparatos similares de los que dispone esta Universidad, esto representa un gran ahorro de tiempo para pues la lectura de un espectro en forma manual toma alrededor de 30 minutos.

El costo de los elementos para la reproducción del aparato no supera los \$ 200.000.00 a precios actuales (sin incluir el computador o el osciloscopio) . Un aparato comercial similar es al menos veinte veces mas costoso.

La posibilidad de almacenar una serie de datos para su análisis estadístico, de transformada rápida de Fourier, filtrado por software, comparación de patrones y demás alternativas computacionales hace que este diseño , pueda ser, a pesar de sus limitaciones, tan útil y posiblemente mas versátil que sus similares.

5.1 Limitaciones y futuras mejoras.

Se relacionan las mas importantes, que serán motivo de correcciones en el futuro inmediato :

En lo mecánico:

-Mejorar el control de velocidad del motor pues a bajas velocidades su giro deja de ser uniforme.

-Fabricar otra biela de transmisión que reemplace la actual, deteriorada por el desgaste.

En la óptica:

-Estudiar la manera de acondicionar la fuente de tal forma que sea fija al aparato.

-Elaborar un juego de ranuras de diverso espaciamiento, fijas, para estudiar la posibilidad de aumentar la resolución con esa alternativa.

-Aislar la base de las lentes y la red de difracción de las vibraciones de la caja causadas por el motor.

En la electrónica:

-Eliminación del ruido por procedimientos que no retarden la respuesta del circuito detector y amplificador. Una alternativa complementaria para este problema es el diseño o aplicación de software para ese fin.

En el procesamiento de la información:

-Al aplicar el computador se han usado programas diseñados para fines generales de rastreo de señales analógicas. Los programas aplicados al equipo y su problemática son el paso inmediato que debe darse para el mejor aprovechamiento de las medidas y la cuantificación de sus resultados.

BIBLIOGRAFIA

MALVINO. Principios de electrónica. Mc. Graw Hill. México, 1984

SKOOG, Douglas A. WEST, M. Donal. Análisis Instrumental. Interamericana.
México, 1975.

WALKER, J.A. Homemade Spectro photometer. Scientific American. New
York. Vol. 242, No. 1. pp. 122-128. Ene. 1980.

ZAIDEL, OSTROVSKAYA, Ostrovski. Técnica y práctica de espectroscopia.
Mir, Moscú, 1979.

ANEXO DE MEDICIONES

B=8.5888 v/s (/div)

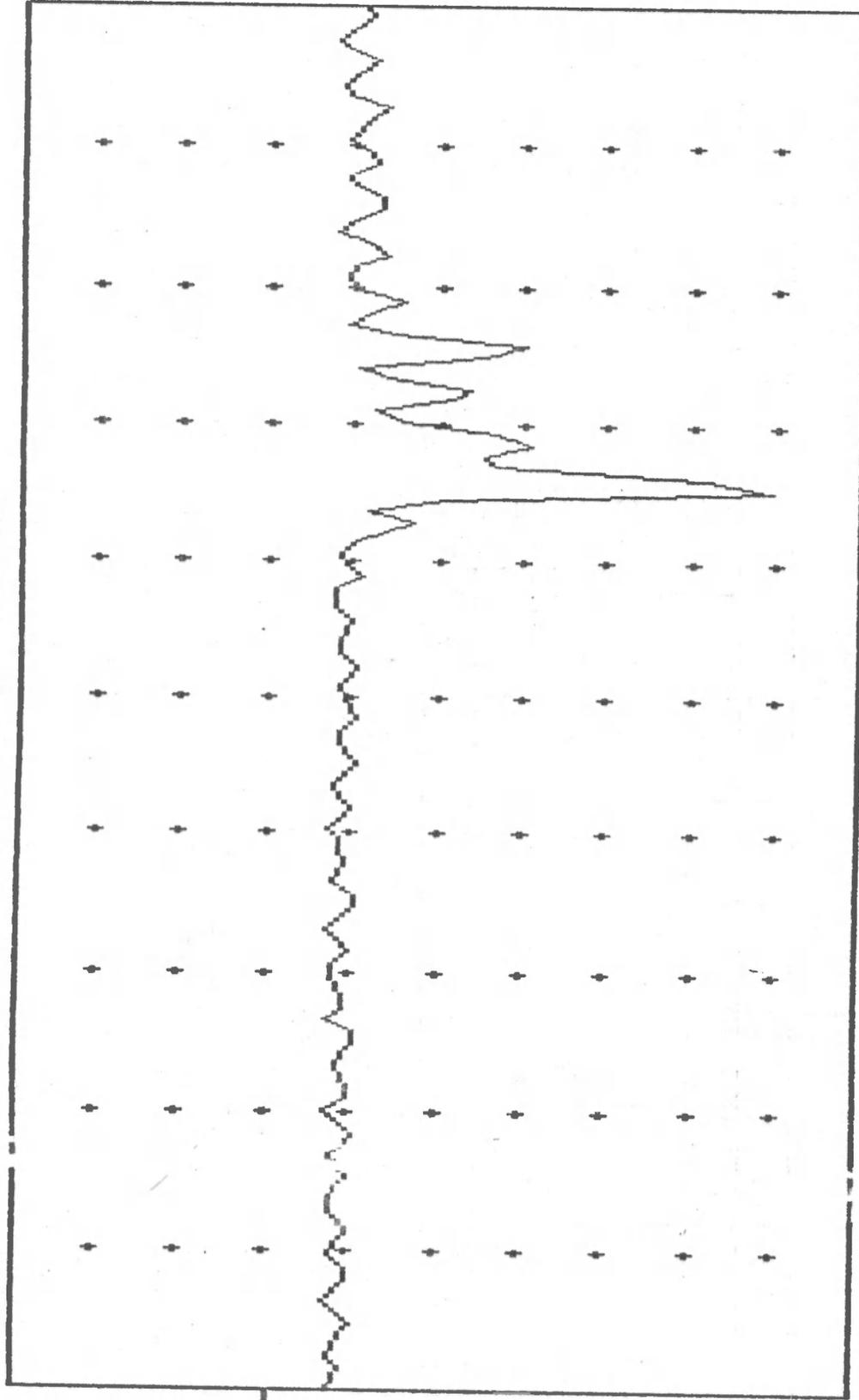
SWEEP TIME (SEC)=0.25 XDIV=0.025 POINTS=125 V-RES(MSEC)=2.0000

Display Menu Active File: H:ESPHG2.PRN

01-01-80 Time: 00:24

Frame # 7

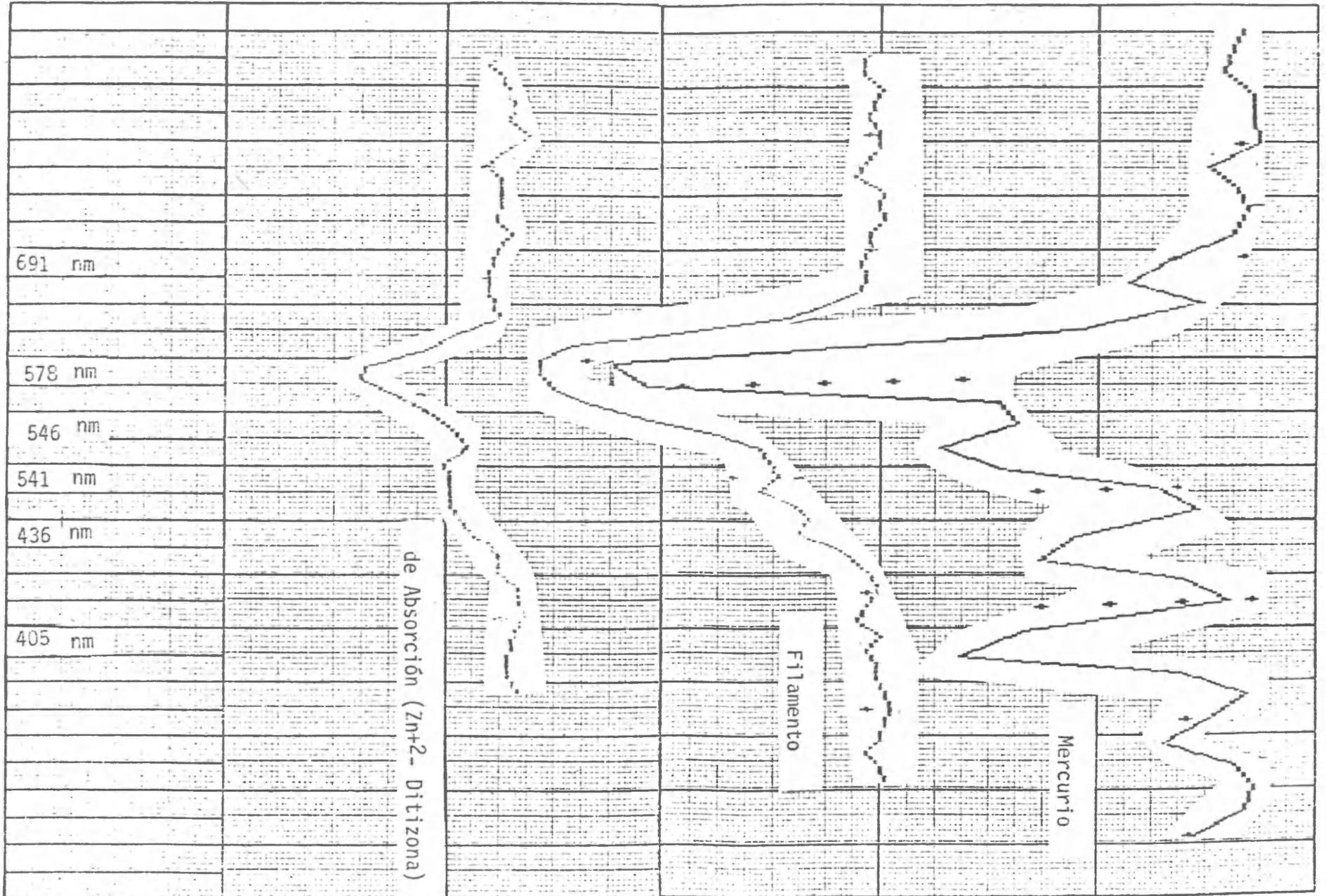
espectro .del mercurio



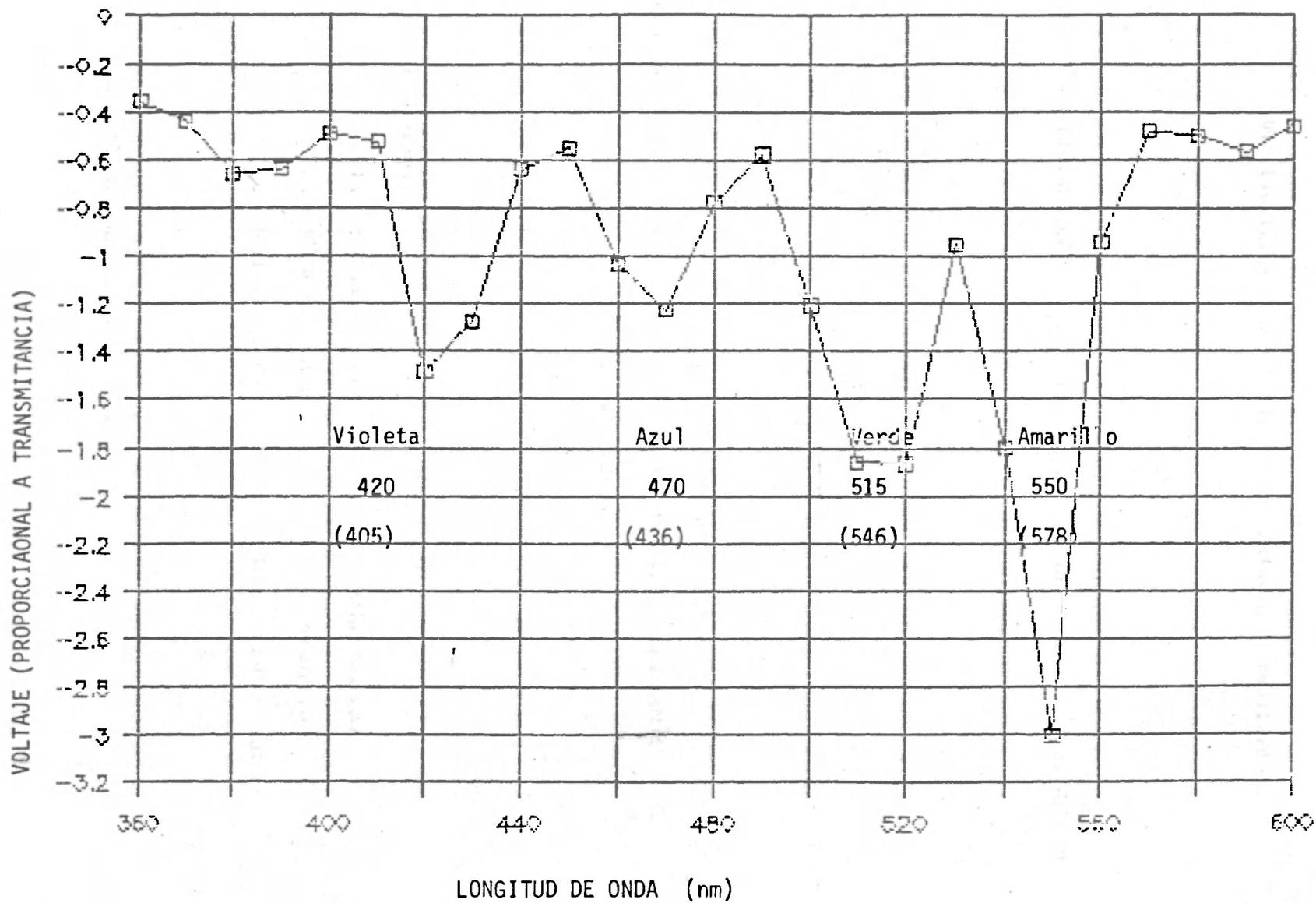
1LdData 2SVD :A 3Comnts 4XZoom 5Retrac 6List 7Title 8Cursor 9Param 10Exit

GRAFICO DE ANALISIS

Grafico de análisis (Nº.4) Composición de espectros



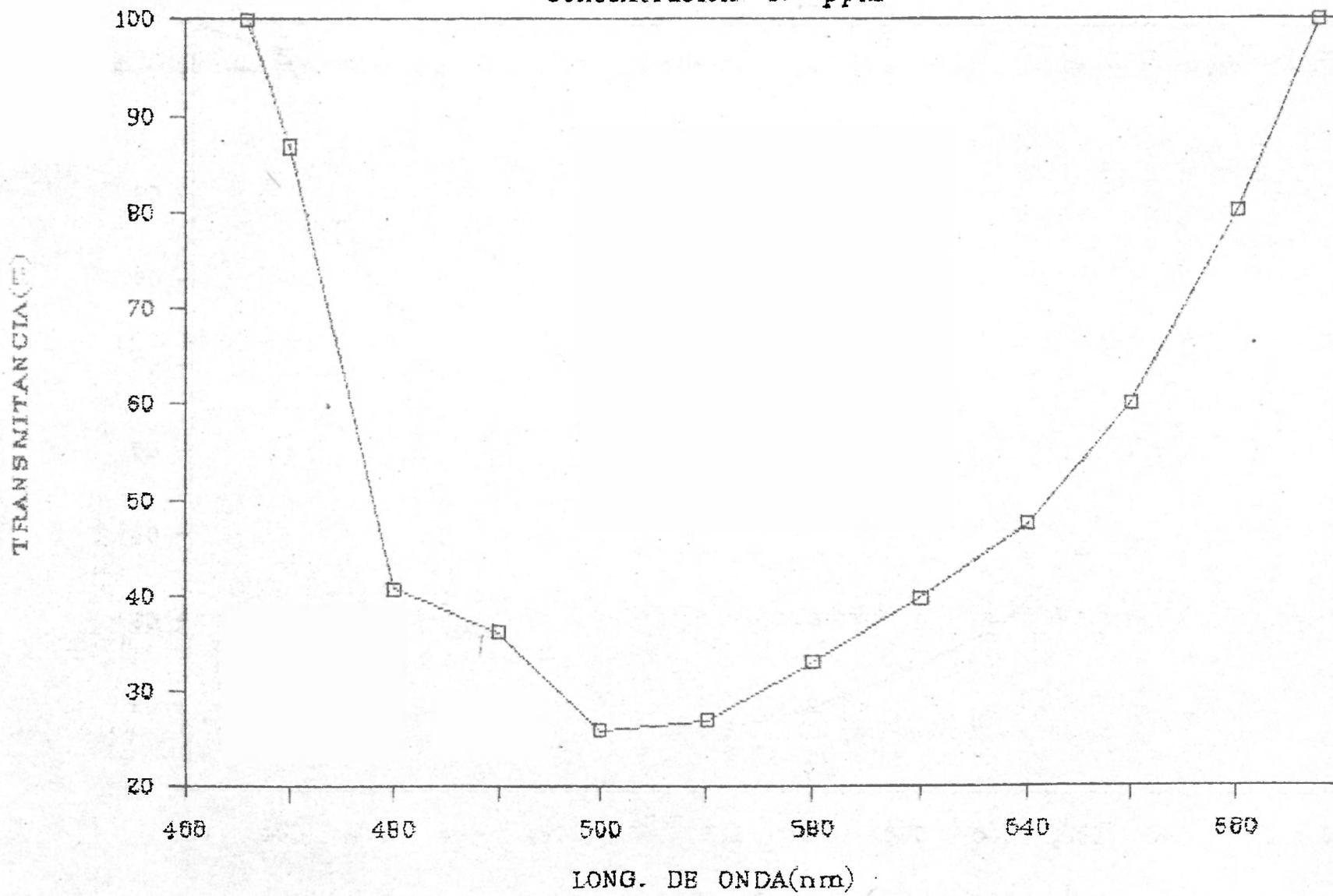
ESPECTRO DE MERCURIO LOTUS 1, 2, 3.



() Valores reales

Zn-8-DITIZONA en CCl_4

Concentracion: 0.2 ppm



Zn-2 - DITIZONA en CCl4

Concentration: 0.4 ppm

