

Tesis de Posgrado

Observaciones sobre el problema de la calibración de emulsiones fotográficas

Kowalewski, Valdemar J.

1948

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Kowalewski, Valdemar J.. (1948). Observaciones sobre el problema de la calibración de emulsiones fotográficas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0557_Kowalewski.pdf

Cita tipo Chicago:

Kowalewski, Valdemar J.. "Observaciones sobre el problema de la calibración de emulsiones fotográficas". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1948. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0557_Kowalewski.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

" OBSERVACIONES SOBRE EL PROBLEMA DE LA CALIBRACION
DE EMULSIONES FOTOGRAFICAS "

Tesis : 557

Trabajo de Tesis presentado para optar al
título de Doctor en Cos.Físicomatemáticas por:

VAIDEMAR J. KOWALEWSKI,

1948

Padrino de Tesis:

Profesor Dr. TEOFILO ISNARDI

Agradezco:

Al Director del Departamento de Física, Profesor Dr. Teófilo Isnardi, por su apoyo e interés en el presente trabajo; por sus críticas constructivas y por las facilidades concedidas para realizarlo en los laboratorios del Departamento.

Al Dr. Ricardo Platzek por las útiles discusiones y sugerencias.

A los Señores Grosso, Varela y demás personal del laboratorio por la amable cooperación.

A DORA

INDICE

	Página
Introducción	1
<u>Parte I:</u>	
Definiciones.	2
Criterios de selección de las curvas características: autoconcordancia y ley $1/d^2$.	4
<u>Parte II:</u>	
Aplicación de los ensayos de autoconcordancia y de $1/d^2$ a un método de calibración.	14
Sistema de iluminación del espectrógrafo.	16
El microdensímetro.	18
Sistema fotoeléctrico de medida.	20
Linealidad del galvanómetro.	20
Constancia de la fuente luminosa.	21
Calibración de la lámpara.	24
Emulsión y técnica de revelado.	27
Obtención de las marcas de densidad.	29
Ensayo de la autoconcordancia.	30
Comparación con el método de $1/d^2$.	36
Conclusiones.	41

OBSERVACIONES SOBRE EL PROBLEMA DE LA CALIBRACION
DE EMULSIONES FOTOGRAFICAS.

Introducción:

En todas las aplicaciones de la fotometría fotográfica de precisión, o sea, la técnica que utiliza la medida de los ennegrecimientos de una emulsión fotográfica como medida de las intensidades luminosas relativas, resulta necesario el conocimiento de la curva característica de la emulsión utilizada, o sea de la función que relaciona el ennegrecimiento de la emulsión con la exposición que la afectó.

Debido a que a menudo se obtienen, para una misma emulsión fotográfica y a una misma longitud de onda de la luz incidente, tantas curvas características como técnicas e instrumentos se utilizan, (figura 1)

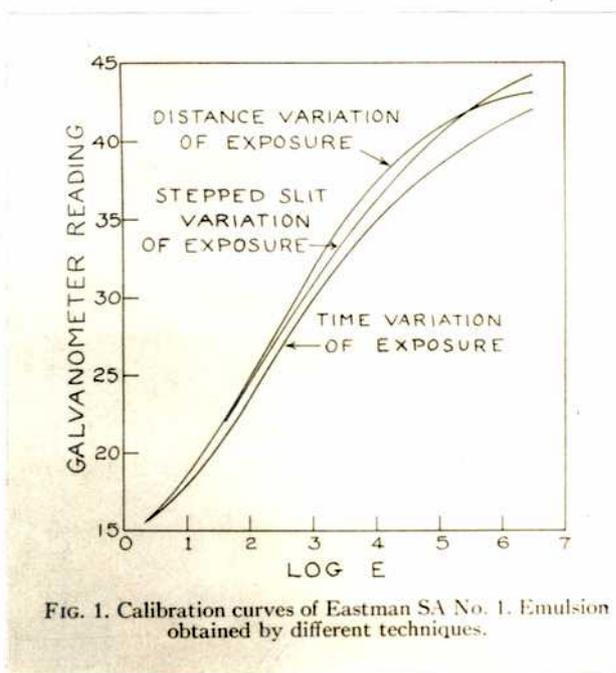


FIG. 1. Calibration curves of Eastman SA No. 1. Emulsion obtained by different techniques.

Figura 1

el presente trabajo se propone: 1º) Estudiar y establecer los criterios y condiciones experimentales que permiten obtener una única y verdadera curva característica de la emulsión.

2ª) Como ejemplo, aplicar dichos criterios a uno de los métodos observándose que los dos requisitos necesarios que debe cumplir todo método de calibración, permiten asimismo evidenciar errores sistemáticos provenientes del instrumental, o del principio del método utilizado para variar las exposiciones.

PARTE I

Definiciones:

Se toma como medida del ennegrecimiento de una emulsión fotográfica al valor d , llamado densidad de ennegrecimiento, definido como:

$$d = \log_{10} \frac{I_0}{I}$$

en donde I_0 es la intensidad de la luz que atraviesa una zona no ennegrecida de la emulsión e I es la intensidad de la luz que atraviesa una zona de igual area de la porción ennegrecida de dicha emulsión.²⁾

Se llama exposición E al producto de la intensidad de la energía radiante que incide sobre la emulsión fotográfica I por el tiempo de exposición t .

La relación que existe entre la densidad de ennegrecimiento d y la exposición E es lo que se denomina curva característica de la emulsión. Esta curva se traza habitualmente en coordenadas logarítmicas y se admite que:

$$d = f(I ; t) = f(\log_{10} I.t)$$

sin embargo la verdadera y mas general relación entre d y E es del tipo:

$$d = \varphi(\log_{10} I.t^p)$$

siendo p lo que se llama coeficiente de Schwarzschild, cuyo valor

no constante es habitualmente próximo a la unidad.

En la figura 2 puede apreciarse el aspecto general de una curva característica. Habitualmente se trabaja dentro de la porción lineal de la curva. La pendiente de esta porción lineal es lo que se llama "gamma": $\gamma = \text{tg } \alpha$, la amplitud de la parte lineal es característica de cada emulsión, pero γ es además función de la longitud de onda de la luz incidente y de las condiciones de revelado, tendiendo a un valor límite para tiempos de revelado suficientemente grandes.

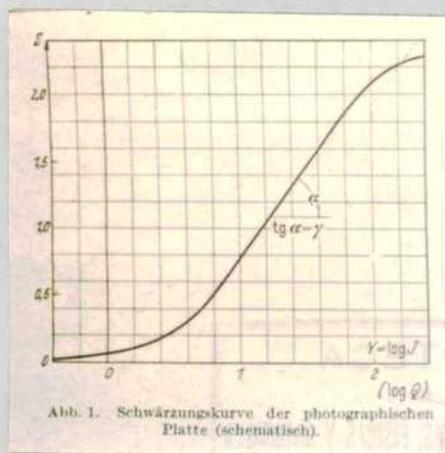


Figura 2

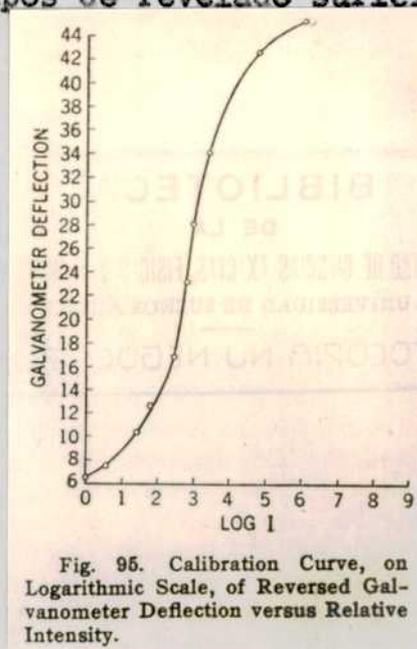


Figura 3

Algunos investigadores,³⁾ por razones de comodidad, trazan la curva característica de otro modo, en lugar de las densidades indican directamente las desviaciones del galvanómetro de lectura del microdensímetro, que suponen proporcionales a la intensidad I. La curva toma en este caso el aspecto de la figura 3. La parte lineal de esta curva corresponde a la parte curva inferior de la figura 1. A la parte lineal de la figura 1 le corresponde la parte curva superior de la figura 2.

Todas las variables características de una emulsión fotográfica pueden representarse en forma de una familia de curvas

de densidad constante, en función de las variables $\log t$ y $\log I$.

Un ejemplo de esto puede verse en la figura 4.

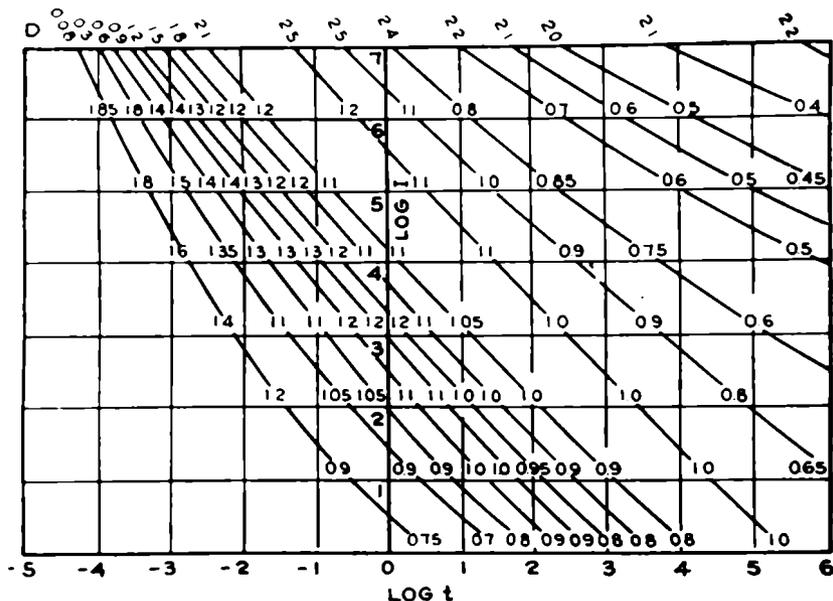


Fig. 76. A plot of p values on the $\log I$, $\log t$ plane for different density values.

Figura 4

En la parte superior de esta figura están indicados los valores de la densidad (D) correspondientes a cada una de las curvas. La pendiente de la curva en cada punto, cambiada de signo, da el valor de p :

$$(I \cdot t^p = \text{cte.} \quad \therefore \log I = -p \cdot \log t + \text{cte.})$$

cuyo valor está indicado con números sobre la curva. Puede observarse que existen zonas en las cuales I ó t pueden variar en un orden de magnitud, sin que por ello varíe p .

Criterios de selección de las curvas características:

auto concordancia y ley $1/d^2$

Siendo la densidad de ennegrecimiento una función de dos variables independientes, se han ideado diversos procedimientos para determinar la curva característica. Algunos se basan en la variación de t y otros en la de I como medio para obtener una

sucesión de exposiciones de valores relativos conocidos.

Si la emulsión fotográfica obedeciera a la ley general de las reacciones fotoquímicas de Bunsen y Roscoe, las curvas obtenidas con los distintos métodos serían equivalentes, a menos de los errores sistemáticos, en su aplicación al problema de la determinación fotométrica de relación de intensidades. Como esto no ocurre, la relación de las intensidades correspondientes a dos exposiciones que produjeron la misma densidad de ennegrecimiento, pero con tiempos de exposición diferentes, está dada por:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{t_2^p}{t_1^p}$$

de modo que la utilización de las curvas características que se obtienen variando t requiere, para su aplicación a la fotometría, el conocimiento previo de la constante p . La determinación de la constante constituye de por sí un problema, además de no ser una constante en todo el sentido de la palabra pues varía un poco con I . A pesar de que para algunas emulsiones se la puede considerar constante para pequeños rangos de variación de I , las curvas de calibración, o mejor dicho, los métodos de calibración basados en la variación de t no se deben utilizar en fotometría de precisión. Por la misma razón las exposiciones deben efectuarse con el mismo valor de t , tanto para la exposición utilizada para la calibración, como para aquella cuya intensidad se quiere medir.

Existen diversos métodos para variar en forma conocida la intensidad de un haz luminoso, (diafragmas, ranuras escalonadas, filtros, etc.) Sin embargo, las curvas que con ellos se obtienen frecuentemente son distintas entre si. 3)4)5)

Siendo la densidad una función del logaritmo de la exposición, ésta puede ser expresada en unidades arbitrarias sin que

por ello cambie la forma de la curva característica, (ni su "gamma"). Un cambio de unidades equivale a multiplicar la exposición por una constante, o sea sumar una constante al logaritmo, con lo cual la curva característica queda desplazada hacia uno u otro lado. El hecho de utilizar uno u otro método para variar la intensidad de I equivale a un cambio de unidades, por consiguiente: Cualquier método de calibración en el cual sólo varía la intensidad, y todo lo demás, tiempo de exposición, longitud de onda, etc. permanece constante, debe dar la misma curva característica. Las diferencias observadas provienen de una inadecuada evaluación de la intensidad de la energía radiante incidente sobre la emulsión.

Si bien se considera que la intensidad es proporcional a ciertas magnitudes geométricas (diafragmas o sectores), u ópticas, (factores de filtro), de los dispositivos utilizados para variar la intensidad en forma "conocida", no se tiene en cuenta la influencia ejercida por el espectrógrafo, (camino óptico, reflexiones internas) y por el microdensímetro, (efecto Schwarzschild-Villiger). Esto explica los diferentes resultados que se obtienen con solo cambiar de espectrógrafo.³⁾

A estas causas de error debe atribuirse el hecho ³⁾ de que la aplicación de un mismo sistema o dispositivo de calibración a dos fuentes de intensidad diferente, dé como resultado dos curvas diferentes. Análogamente, las curvas de calibración obtenidas utilizando dos líneas de intensidad diferente, cuya longitud de onda es está comprendida, p.ej. entre los 2500 y 3160 Å, zona en la que gamma es constante, no resultan paralelas.⁵⁾

De ello se deriva un método para probar la bondad de una técnica de calibración, la cual solo es correcta cuando, con los

aparatos utilizados, (espectrógrafo y microdensímetro inclusive), da una misma curva al ser sometida a un ensayo como el anterior. Este ensayo se denomina habitualmente: prueba de la auto-concordancia del método.⁴⁾⁶⁾

La necesidad del cumplimiento del ensayo de autoconcordancia resulta de las propiedades mismas de la función que define la curva característica. Siendo $d = f (I \cdot t^p)$, es : $d = \varphi (\log I + p \cdot \log t)$.

Las técnicas habituales de calibración consisten en disminuir, en forma conocida, la intensidad de una fuente luminosa, que se supone constante. De modo que en cada caso se tiene: $I = k \cdot I_0$; ($0 = k = 1$) y lo que se conoce y se toma como variable proporcional a las exposiciones es k . Por consiguiente se tiene; ($t = t_0 = \text{cte.}$):

$$\begin{aligned} d &= \varphi (\log I_0 + \log k + p \cdot \log t_0) \\ &= \varphi (\log k + C) \end{aligned}$$

Al efectuar el ensayo de autoconcordancia, se determina una segunda curva característica con otro valor de la intensidad de la fuente: $I'_0 = A \cdot I_0$, por consiguiente se tiene:

$$\begin{aligned} d' &= \varphi (\log I'_0 + \log k + p \cdot \log t_0) \\ &= \varphi (\log A + \log k + C) \end{aligned}$$

Si los valores de k , o sea de las intensidades relativas incidentes sobre la emulsión están correctamente determinados, resulta simplemente sumado a cada valor del $\log k$ una constante = $\log A$, y por lo tanto: $d' = \varphi (\log k + C')$ y la curva obtenida está dada por la misma función desplazada horizontalmente respecto de la anterior en un valor igual al $\log A$.

Si al efectuar la segunda calibración han variado las

condiciones ópticas o, lo que es equivalente, si los valores de k están afectados de error, el hecho de utilizar los valores de k no corregidos en la segunda curva equivale a sumarle un valor no constante al $\log k$, y por lo tanto la curva obtenida no puede coincidir con la anterior.

De ahí resulta que si un método en el que solo se varía la intensidad no da resultados autoconcordantes, es que se está incurriendo en errores sistemáticos.

Muy a menudo se desprecia el error que introduce la utilización de diferentes zonas de la óptica del espectrógrafo para cada una de las exposiciones. Esto ocurre p. ej. en los métodos que proveen en toda una serie de marcas de densidad simultáneamente, (sector, diafragma o filtros ⁵⁾ escalonados), o cuando se aplica la ley de la variación de la intensidad luminosa con la distancia, tomada directamente entre la fuente luminosa y la ranura del espectrógrafo.³⁾ Esta falta de igualdad de las distintas zonas de los medios ópticos interpuestos hace que la primera serie de métodos no pueda dar resultados autoconcordantes (figura 5), no así el método de $1/d^2$, si se lo emplea de modo que no varíe el ángulo cónico de entrada al colimador.³⁾⁷⁾ (p.ej. intercalando un difusor entre la fuente y la ranura del espectrógrafo).

En la figura 6 ³⁾ se resumen gráficamente las consideraciones anteriores: Presenta las curvas de calibración obtenidas para la emulsión Eastman Polychrome con distintas técnicas de calibración. La figura (1 A) compara la curva que se obtiene al variar los tiempos de exposición con la que se obtiene al variar la distancia con un difusor interpuesto entre la fuente y la ranura.

La figura (1B) muestra los resultados obtenidos con el

clásico método del sector rotatorio.

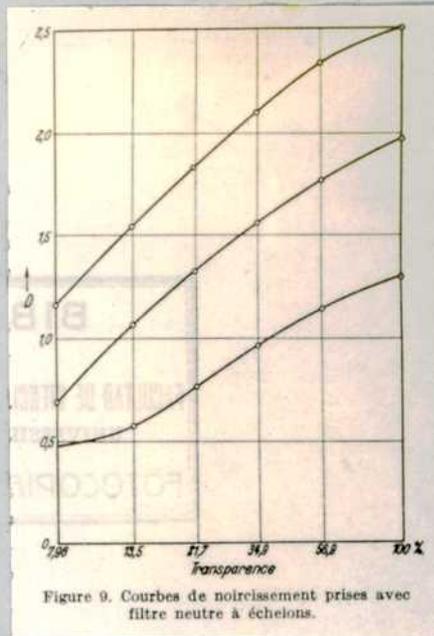


Figura 5

Es evidente que el efecto de intermitencia no desaparece aún para altas velocidades del sector. (10.000 rev/min en este caso) 8)9)

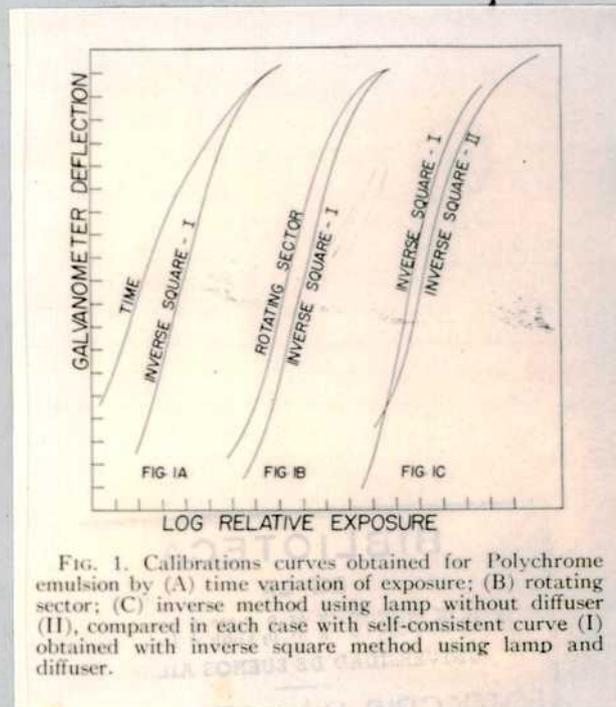


Figura 6

La figura 1 C compara los resultados que se obtienen al variar las distancias, una vez con y otra vez sin difusor. En

///

todos los casos la curva de comparación I se toma como patrón. Es de notar que en el método de $1/d^2$ las intensidades relativas se determinan a partir de las dimensiones geométricas y están definidas por la ley fundamental de la fotometría; por consiguiente, con las debidas precauciones, podría ser considerado como método patrón absoluto para la determinación de la curva característica de la emulsión fotográfica.

Otro método para variar la intensidad se basa en el empleo de una serie de filtros de antimonio preparados por evaporación en vacío,³⁾ que son utilizados solos o en grupos y cuya transparencia (individual y en grupos) es medida previamente. Los resultados que se obtienen utilizando estos filtros para variar las exposiciones están representados en la figura 7.

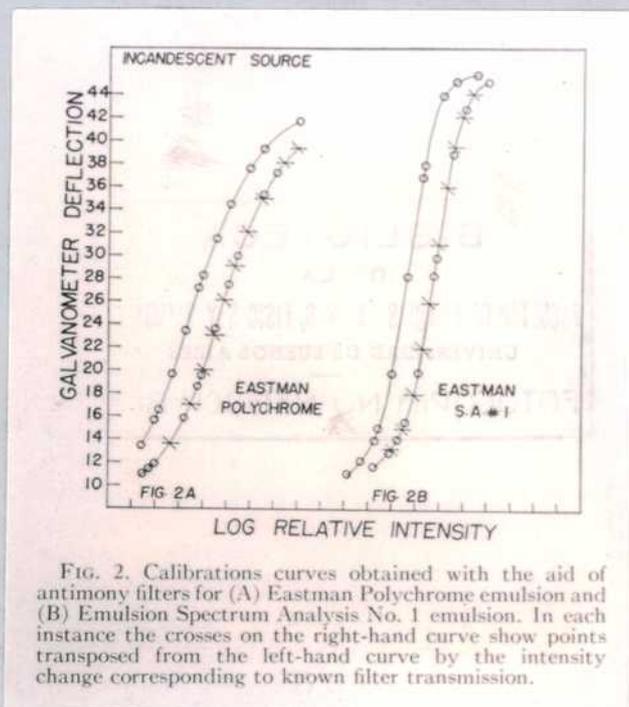


Figura 7

La figura muestra los resultados obtenidos para dos emulsiones distintas. El ensayo de autoconcordancia se efectuó u-

tilizando, durante toda la experiencia, una misma fuente que se debió mantener constante en fracción de 1%, (lámpara de incandescencia). La fuente de intensidad distinta se obtuvo alejando un poco la misma (según el texto del autor) lámpara. Los puntos indicados con cruces en las curvas de la derecha corresponden a los puntos experimentales de las curvas de la izquierda traspuestos mediante un desplazamiento horizontal constante.

(Cabe llamar la atención de que la curva característica de la emulsión Polychrome de la figura 7 no coincide con la curva característica de la misma emulsión determinada con el método autoconcordante de $1/d^2$, (curva I) lo cual, a menos que las ordenadas fueran diferentes (o las condiciones de revelado), debe atribuirse a un error).

Aunque el ensayo de la autoconcordancia resulta una condición necesaria para la determinación correcta de la curva de calibración, no es sin embargo, una condición suficiente. Si se efectúa, por ejemplo, la calibración utilizando el tiempo como variable de las exposiciones, se tiene en el primer ensayo:

$$d = \varphi (\log I_0 + p \cdot \log t)$$

y en el segundo $d' = \varphi (\log I'_0 + p \cdot \log t)$

$$= \varphi (\log A + \log I_0 + p \cdot \log t)$$

Haciendo $p \cdot \log t = \log \theta$ y si p . se conserva cte. para el rango de variación de I_0 , hemos efectuado una transformación lineal de la variable $\log t$, y por lo tanto:

$$d = \varphi (\log I_0 + \log \theta)$$

y $d' = \varphi (\log I'_0 + \log \theta)$

$$= \varphi (\log I_0 + \log \theta + C)$$

por lo tanto las curvas obtenidas son de distinta pendiente que las

obtenidas variando I , (debido al cambio de variable $p \cdot \log t = \log \theta$). (p es además igual a la relación de las pendientes de ambos tipos de curvas en su parte lineal: $p = - (\gamma_t / \gamma_I)^{11}$), pero las curvas son paralelas entre sí. El método puede, por lo tanto, dar resultados autoconcordantes si los valores de I_0 e I'_0 no difieren suficientemente entre sí, ($p = \text{cte.}$), pero no sirve para la determinación de intensidades relativas, por lo dicho en párrafos anteriores.

Esta deficiencia del ensayo de la autoconcordancia puede ser subsanada comparando los resultados obtenidos con el método en cuestión con algún método en el cual sólo se varíe I y que de resultados autoconcordantes para dos valores de I_0 e I'_0 que difieran bastante entre sí. El método más adecuado para el caso sería el método patrón de $1/d^2$, utilizado en las condiciones mencionadas.

La sola comparación con el método patrón tampoco es una condición suficiente, ya que podría obtenerse curvas iguales sólo por casualidad. Habría que efectuar la comparación en dos condiciones diferentes, pero esto equivale al ensayo de la autoconcordancia. Por lo tanto, resumiendo: El ensayo de la autoconcordancia y la comparación con el método de $1/d^2$ (empleado en condiciones autoconcordantes) son dos requisitos necesarios que debe llenar todo método de calibración de emulsiones fotográficas para ser considerado correcto. Sólo el cumplimiento de ambos requisitos es condición suficiente.

Siendo una de las principales aplicaciones de la fotometría fotográfica la medición de intensidades de líneas espectrales, quedaría el problema de si una misma emulsión, con una misma técnica de calibración autoconcordante y coincidente con $1/d^2$, da la misma curva característica al ser expuesta con un espectro de líneas que

con un espectro continuo. Las primeras experiencias en este sentido dieron por resultado curvas diferentes.¹⁰⁾ Experiencias más modernas indican sin embargo la obtención de idénticos resultados para ambos tipos de espectros.⁵⁾²⁾ Las posibles diferencias se atribuyen a ³⁾ reflexiones en el espectrógrafo, al efecto Schwarzschild-Villiger, y ²⁾ al efecto Eberhard. (Este último, debido a variaciones locales de la concentración del revelador, se elimina prácticamente mediante un continuo pincelado de la emulsión durante su revelado)¹¹⁾

PARTE II

Aplicación de los ensayos de autoconcordancia y $1/d^2$ a un método de calibración.

Habiéndose descrito en ¹⁾ un método de calibración de emulsiones fotográficas que obtiene una precisión adecuada en la determinación de las variables de la curva característica, se efectuó los ensayos antedichos a fin de evidenciar cualquier posible error sistemático del mismo.

Dicho método se basa en la utilización, como fuente luminosa de intensidad variable, de una lámpara de incandescencia calibrada al efecto.

Esta calibración consiste en determinar, mediante una célula fotoeléctrica, un amplificador electrométrico para la misma y un monocromador, la función que vincula la intensidad de la luz que emite dicha lámpara a una longitud de onda determinada con la diferencia de potencial existente entre los bornes de la misma.

El método para ensayar la autoconcordancia del citado método de calibración consiste en registrar, sobre una misma placa,

dos conjuntos de marcas de calibración, cada uno bajo condiciones bien definidas de voltaje de la lámpara, pero variando la intensidad entre los dos conjuntos de marcas alterando la distancia de la lámpara al espectrógrafo. Si la técnica de calibración es correcta, cuando se representa los dos conjuntos de datos debe obtenerse dos curvas, una de las cuales está desplazada respecto de la otra en una distancia, medida sobre el eje de las abscisas, igual al \log_{10} de la relación en que se alteraron las intensidades de los dos conjuntos al cambiar de distancia. Esta cantidad no es necesario conocerla "a priori": es suficiente si se puede hallar un valor que traslade todos los puntos de una curva sobre la otra, a menos de los errores experimentales.

La comparación con el método patrón $1/d^2$ se efectúa utilizando una lámpara de incandescencia montada sobre un banco óptico cuya dirección coincide con la del eje del colimador, a unos 10 cm. de cuya ranura se coloca un vidrio depulido diafragmado ³⁾ que actúa de fuente luminosa cuya intensidad, variable, es proporcional a $1/d^2$, siendo d su distancia a la lámpara.

Utilizando el mismo sistema óptico en el espectrógrafo y microdensímetro que en ¹⁾ el ensayo de autoconcordancia no resultó satisfactorio. (Las diferencias eran mayores que los errores experimentales aproximándose mucho sin embargo, una de las curvas a la obtenida con el método de $1/d^2$).

Por consistir el método ¹⁾ en una variación directa de la intensidad, (para una longitud de onda determinada, es equivalente alterar la iluminación del difusor variando la distancia de la lámpara o el voltaje de la misma), su falta de autoconcordancia se debería a una incorrecta aplicación del mismo en alguna de sus par-

tes. Aunque en condiciones ideales, el espectrógrafo y el microdensímetro no deberían afectar la calibración de la emulsión, la presencia de reflexiones en ambos instrumentos puede influenciar la distribución de la luz sobre la emulsión o la cantidad de luz que penetra en la célula fotoeléctrica, resultando así exposiciones erróneas de la emulsión o lecturas incorrectas de la densidad de ennegrecimiento. (Efecto Schwarzschild-Villiger).

A fin de disminuir al mínimo las causas mencionadas de error, se modificó el sistema de iluminación del espectrógrafo y se cuidó el diseño del sistema óptico del microdensímetro.

Sistema de iluminación del espectrógrafo.

El sistema de iluminación del espectrógrafo, (modelo Hilger mediano), está representado esquemáticamente en la figura 8

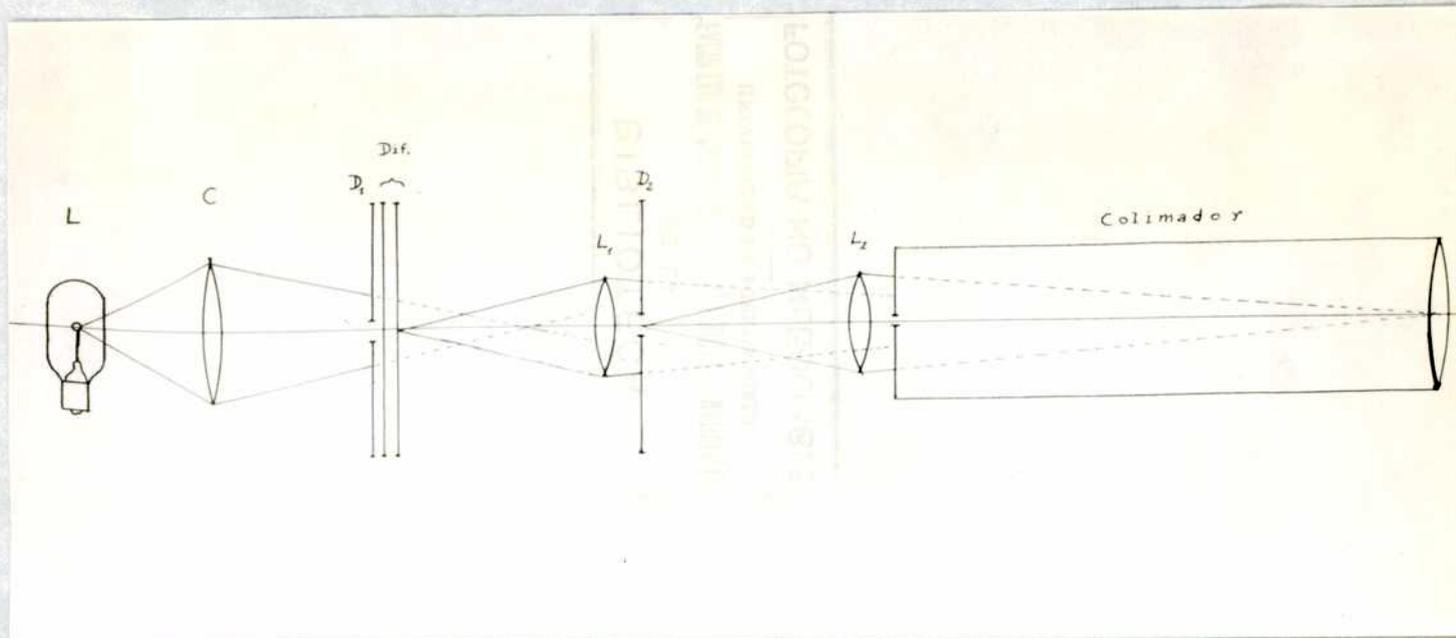


Figura 8

y su aspecto exterior puede verse en la figura 9. Su finalidad es:

///

- 1º) Evitar las reflexiones en las paredes del espectrógrafo haciendo que el haz luminoso que penetra en el colimador sea de sección menor que el diámetro de la lente del mismo.
- 2º) Utilizar siempre el mismo ángulo cónico de entrada al colimador para todos los ensayos, con lo cual el error introducido por reflexiones inevitables en la óptica del aparato es constante para las diversas series de exposiciones.

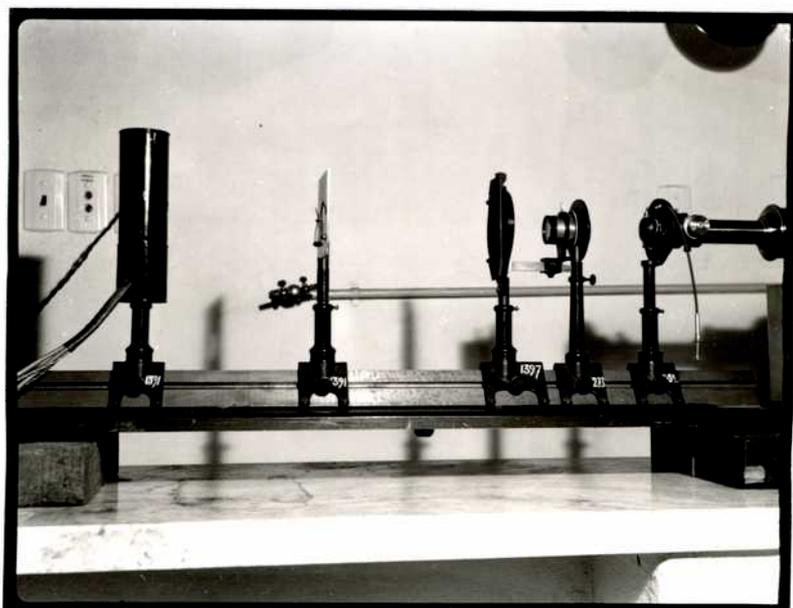


Figura 9

En la figura 8, L es la lámpara calibrada; C es una lente condensadora; D_1 es un diafragma circular de unos 5 mm. de diámetro; Diff. son dos vidrios depulidos que actúan de difusor; L_1 es una lente condensadora que permite aprovechar mejor la luz proveniente del difusor. (Debe cuidarse que esta lente no produzca una imagen del difusor sobre la ranura del espectrógrafo, pues de otro modo aparecería sobre la placa fotográfica una imagen del grano del difusor); D_2 es un diafragma iris; L_2 es una lente ado-

sada a la ranura del espectrógrafo y que forma una imagen del diafragma iris sobre la lente colimadora. La abertura del diafragma iris se ajusta de modo que dicha imagen sea menor que el diámetro de la lente colimadora del espectrógrafo.

El difusor hace, en el sistema considerado, de fuente luminosa. Siendo su posición invariable, el sistema presenta siempre el mismo ángulo cónico de entrada al colimador, independientemente de la posición y en particular, de la distancia existente entre la lámpara y el difusor.

La calibración de la lámpara se efectúa utilizando la luz proveniente de todas las porciones del filamento, lo cual se obtiene proyectando una imagen del mismo sobre la lente colimadora del monocromador.¹⁾ No se utiliza la parte central del filamento por no ser una zona definida y por existir fuertes gradientes de temperatura en sus extremos. Al emplear la lámpara para exponer la emulsión es necesario por consiguiente utilizar la radiación de todo el filamento. Un sistema óptico centrado presenta el riesgo de que en alguna parte del mismo, una imagen del filamento quede cortada por algún diafragma (el diafragma de ranura o el tamaño limitado de las lentes) con el consiguiente error en la evaluación de la exposición. La utilización de un difusor, iluminado directamente por la lámpara calibrada, elimina ese riesgo debido a su efecto integrador.

El microdensímetro.

Siendo otra de las causas posibles de error del método de calibración en estudio la posible existencia del efecto Schwarzschild-Villiger en el microdensímetro, se cuidó su diseño de modo de

reducir dicho efecto al mínimo.

(El efecto Schwarzschild-Villiger es el hecho por el cual la célula fotoeléctrica del microdensímetro recibe luz de otras porciones de la placa fotográfica que no son aquellas cuyo ennegrecimiento se desea medir).

Como el ensayo de autoconcordancia consiste en comparar la posición relativa de dos puntos sobre las curvas, correspondientes al mismo ennegrecimiento, un error sistemático en éste no es evidenciado por dicho ensayo, ya que afecta a ambas curvas en la misma forma, (excepto cuando el entorno de la zona de la emulsión a medir no tiene los mismos ennegrecimientos en todos los casos), (comparación de líneas de espectros diferentes). De modo que la bondad del microdensímetro solo puede asegurarse mediante un diseño cuidadoso del mismo.

La figura 10 muestra un aspecto exterior del microdensímetro utilizado y la figura 11 un esquema del mismo.

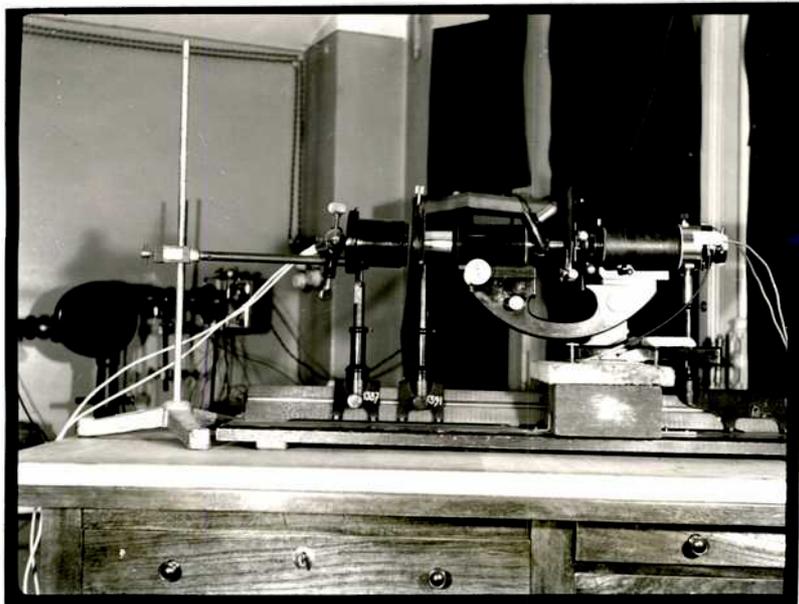


Figura 10

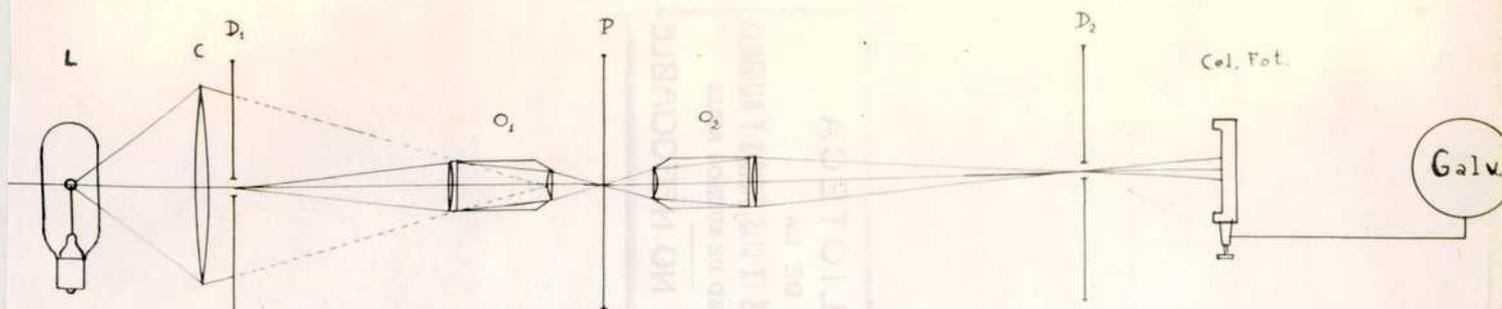


Figura 11

La lámpara L con el condensador C proveen de luz de intensidad grande y constante al sistema. El objetivo de microscopio O_1 produce una imagen del diafragma de ranura ajustable D_1 sobre la placa fotográfica P con lo cual queda iluminada intensamente la región a medir. Debido a diversas reflexiones y a la difusión en la gelatina, es también iluminada una zona circular de la emulsión de unos 5 mm. de diámetro. Es la luz proveniente de esta zona que debe evitarse que llegue a la célula fotoeléctrica. Para ello una segunda lente O_2 (un condensador de microscopio) forma una imagen de la placa fotográfica sobre el plano de un diafragma de ranura, cuyo ancho se ajusta de modo que solo deje pasar hacia la célula la luz proveniente de la zona fuertemente iluminada, que es la que interesa.

La necesidad del diafragma D_2 se evidencia al comparar las lecturas con y sin el mismo (o abriéndolo totalmente). Las diferencias de intensidades leídas en ambos casos son apreciables, especialmente en la zona de los pequeños ennegrecimientos.

Sistema fotoeléctrico de medida.

El sistema utilizado para la medición de las intensidades luminosas consta de una célula fotoeléctrica de selenio del tipo fotovoltaico, y un galvanómetro de lectura. La intensidad de la corriente que produce una célula de este tipo, medida con un galvanómetro de baja resistencia interna, (5 ohmios en este caso), es una función lineal de la intensidad luminosa incidente.

Linealidad del galvanómetro.

Debido a que las desviaciones del galvanómetro, que se leen mediante un índice luminoso sobre una escala traslúcida, son relativamente grandes, (40 cm.), es necesario ensayar la linealidad de las lecturas respecto de la intensidad de la corriente del galvanómetro.

- Tabla 6.-
Calibración del galvanómetro.

Nº	P	δ ida	δ vuelta	δ prom.	20+ δ	mm.	denx10 ⁻⁶	10 ⁷
1	0,0	-20,00	-20,00	-20,00	0,00	0,000	1,025	0,000
2	0,1	-17,61	-17,61	-17,61	2,39	0,104	1,625	0,947
3	0,2	-15,23	-15,20	-15,22	4,70	0,300	1,620	1,895
4	0,3	-12,86	-12,80	-12,83	7,17	0,400	1,620	2,84
5	0,4	-10,40	-10,38	-10,42	9,50	0,600	1,620	3,75
6	0,5	- 8,11	- 8,02	- 8,06	11,94	0,77	1,620	4,74
7	0,6	- 5,73	- 5,68	- 5,70	14,31	0,924	1,627	5,70
8	0,7	- 3,40	- 3,33	- 3,36	16,67	1,07	1,627	6,62
9	0,8	- 1,00	- 1,00	- 1,00	19,00	1,20	1,627	7,57
10	0,9	+ 1,30	+ 1,30	+ 1,30	21,30	1,30	1,627	8,50
11	1,0	3,70	3,70	3,70	23,70	1,50	1,620	9,47
12	1,1	6,17	6,14	6,15	26,10	1,60	1,620	10,41
13	1,2	8,40	8,41	8,43	28,40	1,80	1,620	11,34
14	1,3	10,83	10,80	10,82	30,80	2,00	1,620	12,25
15	1,4	13,20	13,18	13,19	33,20	2,20	1,60	13,20
16	1,5	15,50	15,50	15,50	35,50	2,40	1,600	14,14
17	1,6	17,87	17,84	17,85	37,80	2,60	1,60	15,10
18	1,7	20,30	20,28	20,29	40,20	2,80	1,60	16,07

Para esto se calibra el galvanómetro en la forma habitual. Los resultados obtenidos están dados en la tabla 6 y pueden apreciarse en la figura 12. En dicha figura las ordenadas representan la intensidad de la corriente en el galvanómetro, en unidades de 10^{-7} A, y las abscisas, las desviaciones del índice luminoso sobre la escala, en valor absoluto. (La escala utilizada es del tipo con 0 en el centro). Los resultados obtenidos indican una respuesta perfectamente lineal.

En base a lo anterior y a las propiedades mencionadas de la célula, se toma las lecturas del galvanómetro como medida de las intensidades luminosas relativas. (I e I_0).

Constancia de la fuente luminosa.

Una de las mayores causas de error sistemático en la medición de densidades reside en la falta de constancia de la intensidad de la luz emitida por la lámpara del microdensímetro. Dicha falta de constancia es debida a la continua disminución del potencial de la batería de acumuladores que alimentan la lámpara. Esta caída de potencial es tanto más sensible por cuanto en estas experiencias se utiliza una batería de acumuladores de hierro-níquel. La curva de descarga de este tipo de acumuladores presenta una pendiente mucho más pronunciada que la de los acumuladores de plomo. El error introducido por esta caída de potencial, despreciable al comienzo de una serie de lecturas, es muy grande al cabo de unos 10 ó 15 minutos de trabajo. Se puede evitar este error efectuando una lectura del valor I_0 antes de cada lectura del valor I , pero esto resulta muy trabajoso. Dada la cantidad de lecturas que era necesario efectuar, se pensó en alguna forma de e-

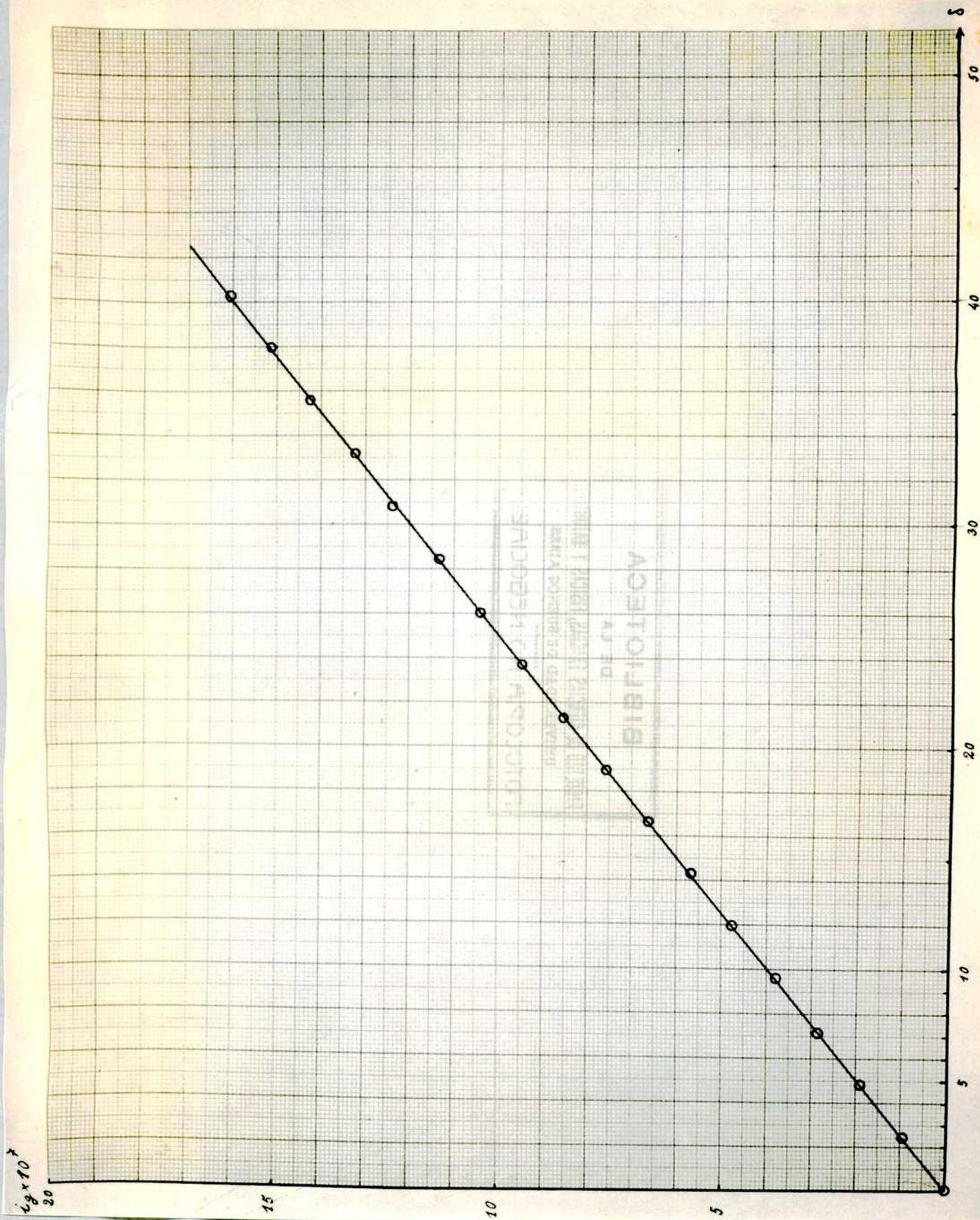


Figura 12

///

uitar esto.

Una manera de compensar el efecto de la continua caída de potencial de una batería consiste en introducir otra caída continua de potencial en oposición con la primera, proveniente de una batería auxiliar en serie en el circuito. La figura 13 muestra el esquema del circuito, tal cual fué utilizado.

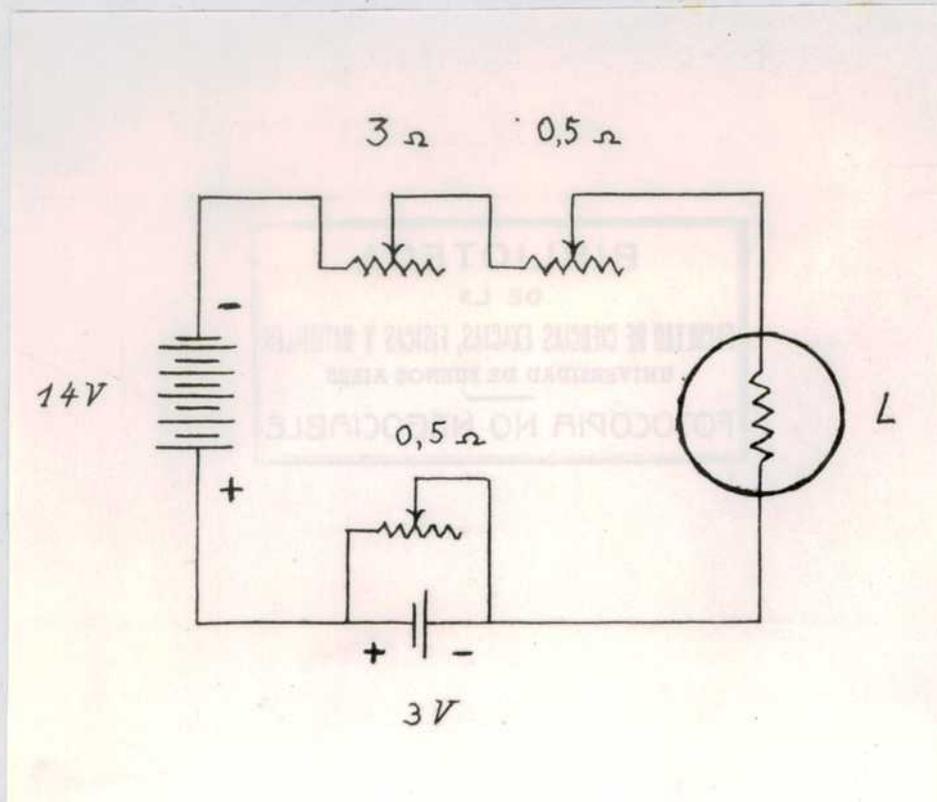


Figura 13

La lámpara consume 7,5 A con una diferencia de potencial de 10 voltios entre sus extremos. La velocidad de descarga de la batería auxiliar de 3 voltios se ajusta mediante un reostato de 0,5 ohm hasta compensar la descarga de la batería principal. Este método tiene el inconveniente de desperdiciar energía en forma de calor, pero permite obtener una buena compensación de la variación de tensión de la lámpara, hecho que se observa por la constancia

de la lectura del galvanómetro correspondiente al valor I_0 .

Calibración de la lámpara.

Habiendo ideado e instalado los sistemas de iluminación adecuados para disminuir al mínimo los errores que podría introducir un sistema inadecuado de iluminación del espectrógrafo y de la célula del microdensímetro, se procedió a montar la lámpara calibrada en la caja de luz visible a la izquierda de la figura 9. Esta caja fué construída especialmente para ser montada sobre un banco óptico Zeiss. Para instalar la lámpara en su interior fué necesario des-soldar y volver a soldar varios conductores eléctricos, como consecuencia de lo cual se recalentó y rajó la ampolla de la lámpara, entrando aire en su interior, quemándose el filamento apenas se lo conectó a la fuente de corriente.

Ante este lamentable hecho, se decidió calibrar otra lámpara semejante. Encarado el problema, se revisó el método de calibración a fin de que quedara eliminada toda otra posible causa de error de importancia.

En ¹⁾, la calibración se efectúa utilizando una célula fotoeléctrica gaseosa. A pesar que, de acuerdo con la bibliografía especializada, la respuesta de dicho tipo de célula debe ser lineal dentro del rango de la corriente fotoeléctrica utilizada, (no mayor de 10^{-8} A) existe una incertidumbre al respecto, pues la bibliografía existente es antigua y la célula empleada es del tipo comercial. Por las razones expuestas se emplea en esta calibración una célula al vacío.

La débil intensidad de la corriente fotoeléctrica de una célula al vacío, (10^{-13} a 10^{-10} A), requiere un sistema especial

para su medición. El sistema utilizado en el presente trabajo consiste en medir, mediante un potenciómetro, la caída de potencial que produce dicha corriente sobre una resistencia de 10^{11} ohmios. El instrumento de cero es un amplificador electrométrico que utiliza dos lámparas del tipo 959. En la figura 14 puede verse su esquema de conexiones y en la figura 15 su construcción.

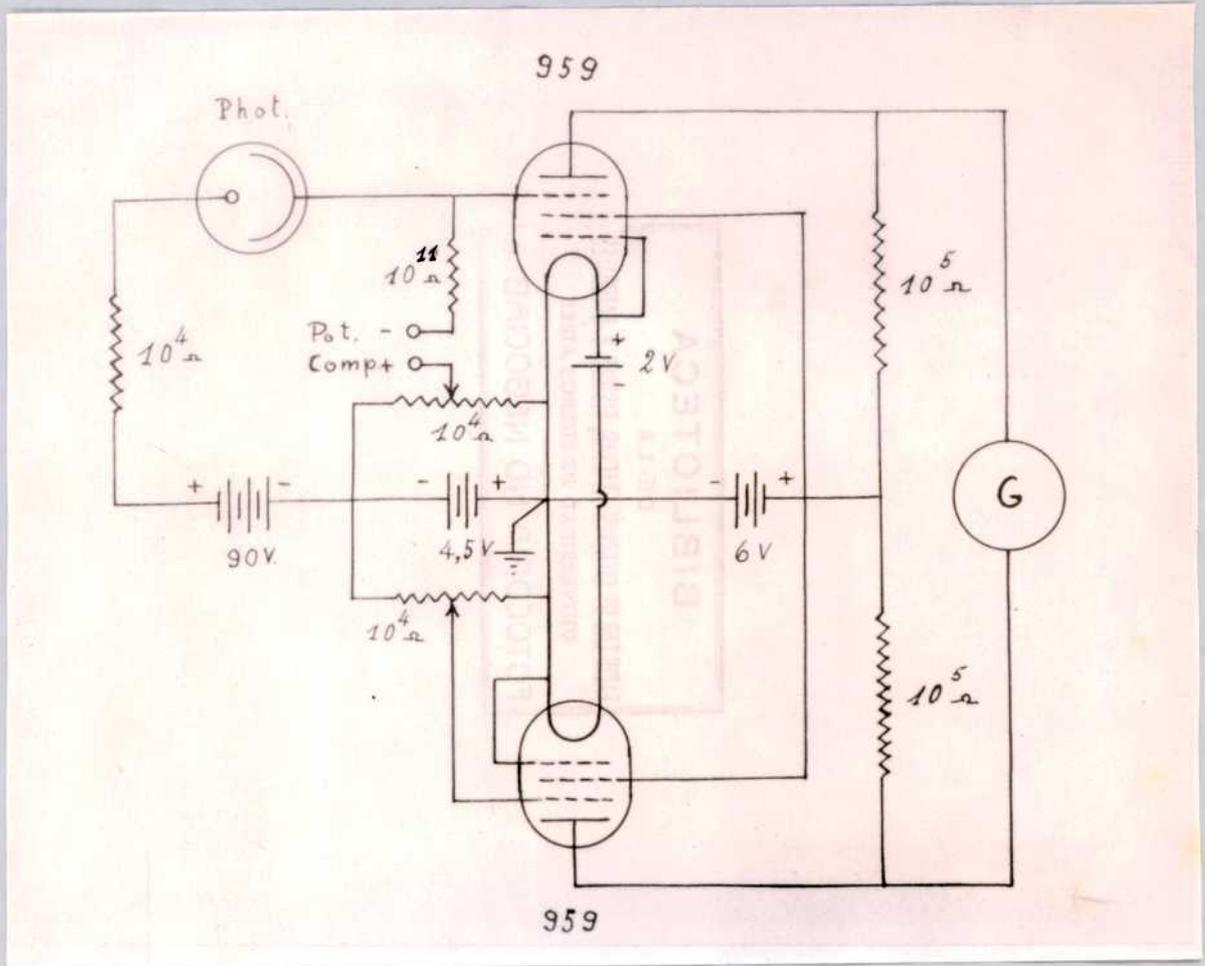


Figura 14

Fué montado, conjuntamente con la célula fotoeléctrica y los reóstatos de control, en el interior de una caja metálica a fin de evitar los efectos de los campos eléctricos exteriores y de la luz ambiente.

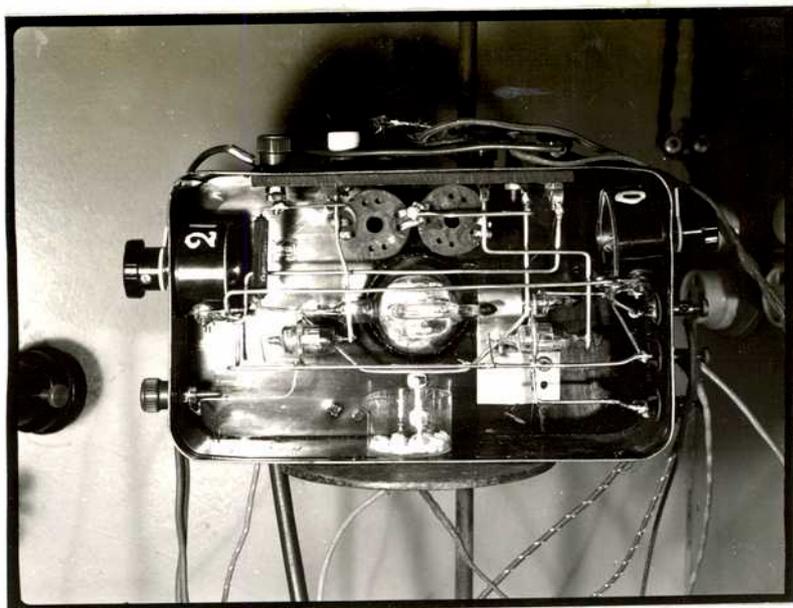


Figura 15

Tomando para la corriente de grilla de la lámpara 959 el valor de 10^{-15} A ¹²⁾, y teniendo en cuenta que es posible observar una desviación del galvanómetro de lectura correspondiente a una variación de 1 mV del potencial de grilla, se ve que la precisión con que se puede medir las corrientes fotoeléctricas mencionadas es muy grande, siendo mejor que el 1% para las más débiles. (10^{-12} A aproximadamente).

Con este sistema fotométrico se calibra una lámpara, cuya luz se hace atravesar un monocromador de un prisma de vidrio ajustado a 6.000 Å. Para iluminar el monocromador se tiene cuidado de utilizar la luz de todo el filamento y de evitar reflexiones en las paredes del mismo, utilizando el mismo sistema de iluminación de la figura 9, pero sin el difusor, (que no es necesario porque la posición de la lámpara es la misma durante toda la experiencia de calibración).

Los resultados obtenidos están dados en la tabla 1. La curva de calibración obtenida puede verse en la figura 16. La semejanza de ésta curva con la obtenida para una lámpara semejante

utilizando una célula gaseosa, parece corroborar la hipótesis de la linealidad de las células gaseosas para corrientes fotoeléctricas pequeñas.

. Tabla 1 .
Calibración de la lámpara

Ida			Vuelta		
Nº	Voltaje	Intensidad	Nº	Voltaje	Intensidad
1	3,02	168	1	8,97	10040
2	3,58	349	2	8,58	8795
3	4,10	613	3	7,86	6690
4	4,53	921	4	7,42	5565
5	5,01	1350	5	7,01	4630
6	5,54	1966	6	6,35	3335
7	6,15	2856	7	5,96	2680
8	6,57	3591	8	6,69	3945
9	6,99	4410	9	5,48	1980
10	7,53	5640	10	4,84	1255
11	8,08	7060	11	4,53	975
12	8,53	8395	12	3,99	589
13	9,04	10040	13	3,47	325
			14	2,97	155

Emulsión y técnica de revelado.

Durante todo este trabajo se utilizan placas Eastman Kodak III-F, pancromáticas, de grano fino y sensibilidad mediana. Se eligió estas placas pues, de las disponibles, son las que presentan una sensibilidad más uniforme sobre toda su superficie, lo que se evidencia de las curvas que se obtienen. Los puntos experimentales definen curvas muy uniformes, lo que no ocurre con la emulsión I-F, p. ej. y algunas emulsiones Ilford ensayadas, para las que los puntos presentan una desviación media mucho mayor.

El revelado se efectúa en condiciones normales bien establecidas: Se utiliza siempre revelador fresco Eastman Kodak Universal, fijador ácido de la misma marca, en las condiciones de tiempo y temperatura indicados por el fabricante. Siendo importante comparar resultados obtenidos a partir de varias placas dife-

rentes, se tiene cuidado de mantener siempre las mismas condiciones de revelado.

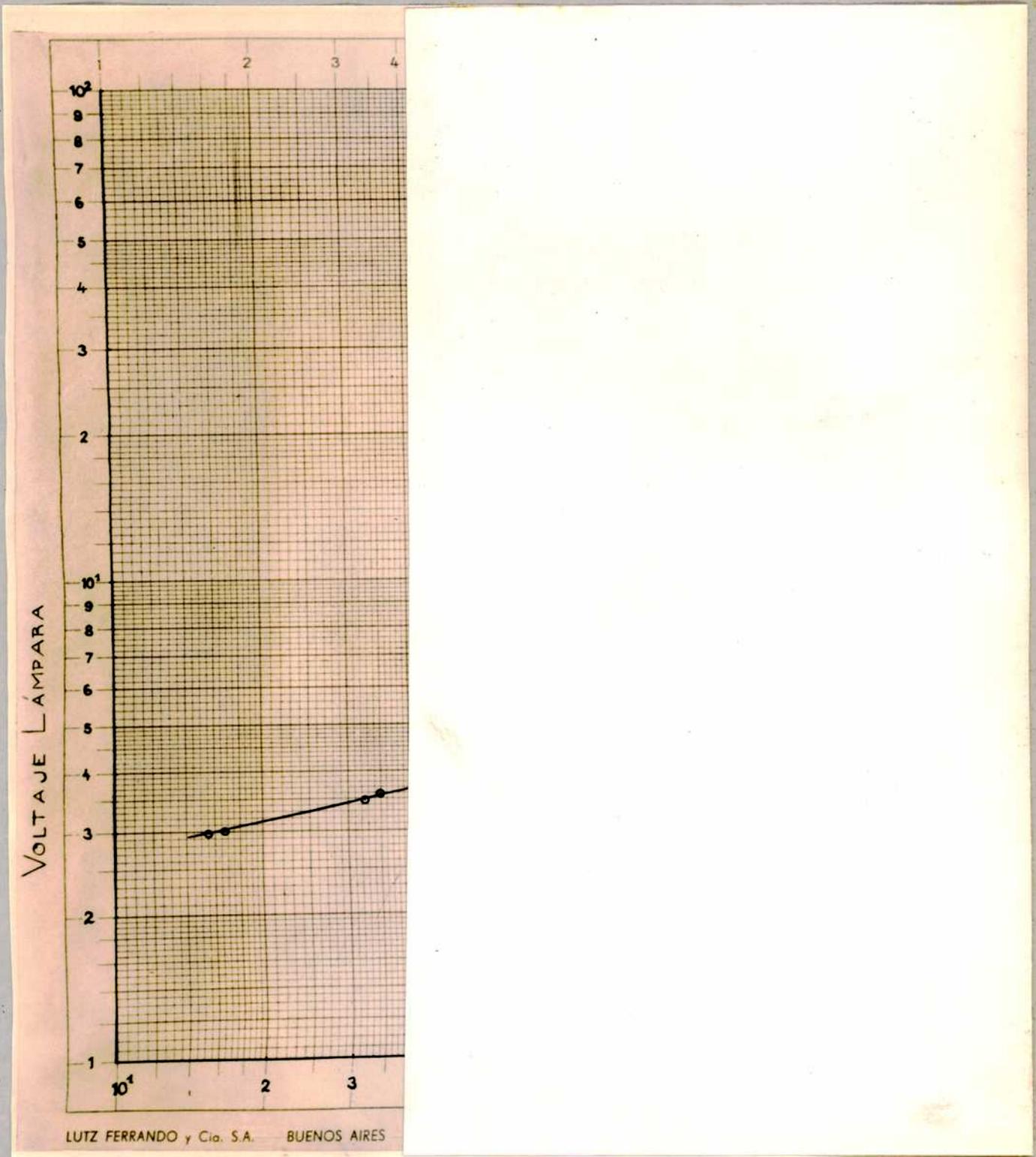
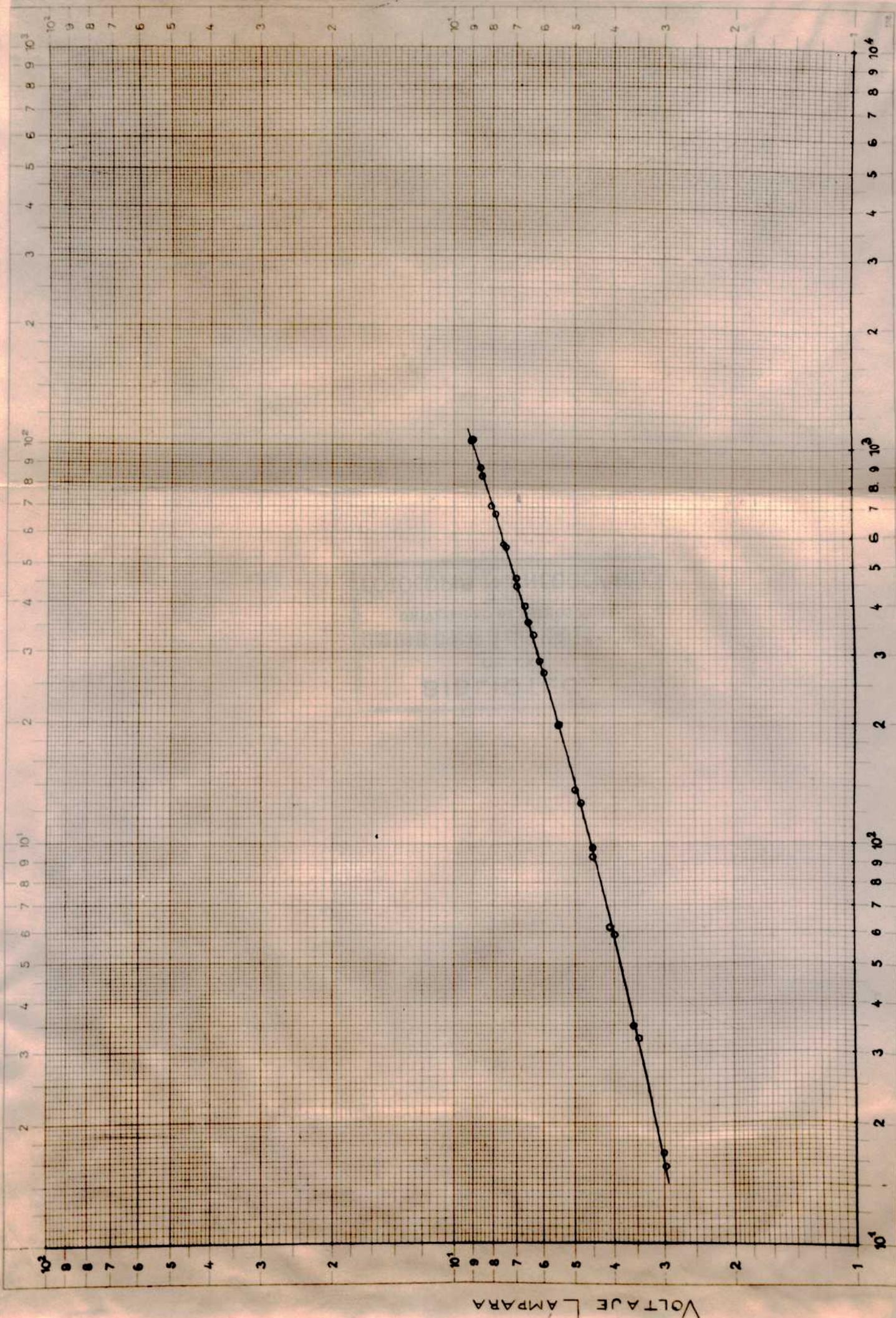


Figura 16



(La constancia de la temperatura se vió favorecida por la baja temperatura ambiente). Durante el revelado se agita continua y suavemente la solución moviendo el trozo de placa (5 x 10 cm.), de un extremo a otro de una cubeta grande.

Obtención de las marcas de densidad.

Utilizando la emulsión y técnica de revelado arriba indicados se procede a obtener los distintos espectros "marcas de calibración", para lo cual es necesario efectuar varios ensayos antes de obtener una placa en la que los ennegrecimientos tengan los valores apropiados como para trazar una curva cuyos puntos estén dentro del rango útil de las mismas. Para estos ensayos es conveniente utilizar una lámpara gemela de la calibrada, alimentada con corriente alternada, cuyo voltaje se lee simplemente con un voltímetro. Una vez obtenidos los ennegrecimientos adecuados, y a fin de poder reproducir en sucesivas experiencias, las mismas condiciones en las que estos fueron obtenidos, resulta sumamente útil disponer de una medida de la intensidad luminosa empleada, en algún punto del sistema óptico. Ello se efectúa, en el presente caso, con un fotómetro fotoeléctrico del tipo utilizado para determinar las condiciones de exposición en la fotografía común. Dicho instrumento se coloca siempre en la misma posición en el sistema de iluminación, (p.ej. directamente detrás del difusor de la figura 9).

Se lee la indicación del fotómetro trabajando la lámpara con 9 voltios y se toma esta lectura como característica de la serie obtenida de exposiciones, correspondiendo cada serie de exposiciones a posiciones distintas de la lámpara L y del condensador C de la figura 9. Si p. ej. se observa que de entre varias series

de exposiciones efectuadas con la lámpara gemela de la patrón, aquella serie para la cual la indicación del fotómetro es igual a 6,5 unidades, da ennegrecimientos adecuados como para representar la curva característica, al exponer con la lámpara calibrada se ajusta el sistema óptico de modo que con 9 voltios se obtenga nuevamente esa misma lectura; y se efectúan las exposiciones. Este modo de operar permite obtener una placa adecuada para las mediciones sin derrochar muchas placas y utilizando la lámpara calibrada solo para las exposiciones definitivas. Ello es importante ya que la curva de calibración de la lámpara es válida dentro de un cierto intervalo limitado de horas de uso. (hasta 200 horas aproximadamente).

Ensayo de la auto-concordancia.

Con los instrumentos y la técnica descriptos se realiza una prueba de auto-concordancia del método de calibración. Se efectúan dos series de exposiciones, para cada una de las cuales se varía el voltaje de la lámpara de medio en medio voltio, desde 4 hasta 9 voltios. Una de las series de exposiciones se efectúa con una lectura de 6,5 unidades en el fotómetro, con lo cual se obtiene una serie de ennegrecimientos comprendidos entre 0 y 2; la otra serie se expone con el fotómetro marcando 25 unidades. Con esto se obtiene una serie de ennegrecimientos comprendidos entre 0,5 y 3,3. El tiempo de exposición se mantiene constantemente igual a $60' \pm 0,2$ seg.

La curva de calibración de la lámpara da directamente los valores relativos de las intensidades correspondientes a los voltajes medios con que fueron efectuadas dichas exposiciones. Las densidades de ennegrecimiento correspondientes se obtienen con el

microdensímetro anteriormente descrito. Los resultados obtenidos están indicados en la tabla 4 en la que V_L es el voltaje medio de la lámpara (medido durante c/u. de las exposiciones con un potenciómetro Leeds y Northrup). La variación de voltaje durante c/u. de las exposiciones no pasa de 0,1%); I_L es la intensidad luminosa, deducida de la curva característica; I es la intensidad leída en el microdensímetro; I_0/I son las opacidades y d las densidades de ennegrecimientos calculadas en base a lo anterior.

. Tabla 4 .

Primer ensayo de consistencia del método

Nº	V_L	I_L	I	I_0/I	densidad	I_L/k
1	4,01	58	37,45	1,07	0,029	13,0
2	4,52	93	34,20	1,17	0,068	20,8
3	5,01	140	27,78	1,44	0,160	31,3
4	5,49	195	20,41	1,96	0,292	43,7
5	5,99	265	13,39	2,39	0,475	59,3
6	7,03	455	4,47	8,95	0,952	102
7	8,00	690	1,59	25,2	1,401	154,5
8	9,05	1020	0,54	74,1	1,87	228,5
1	4,01	58,5	13,11	3,05	0,485	
2	4,47	90	5,88	6,80	0,832	
3	5,01	140	2,13	18,8	1,273	
4	5,51	197	0,80	50	1,699	
5	6,04	270	0,32	125	2,097	
6	6,99	445	0,07	571	2,757	
7	7,99	690	0,02	2000	3,3	
8	9,05	1020	0,01	4000	3,6	

Las curvas características obtenidas para la emulsión III-F están representadas en la figura 17 en la que los círculos indican los puntos obtenidos experimentalmente de la manera antedicha. Se observa que la separación de las dos curvas, correspondien

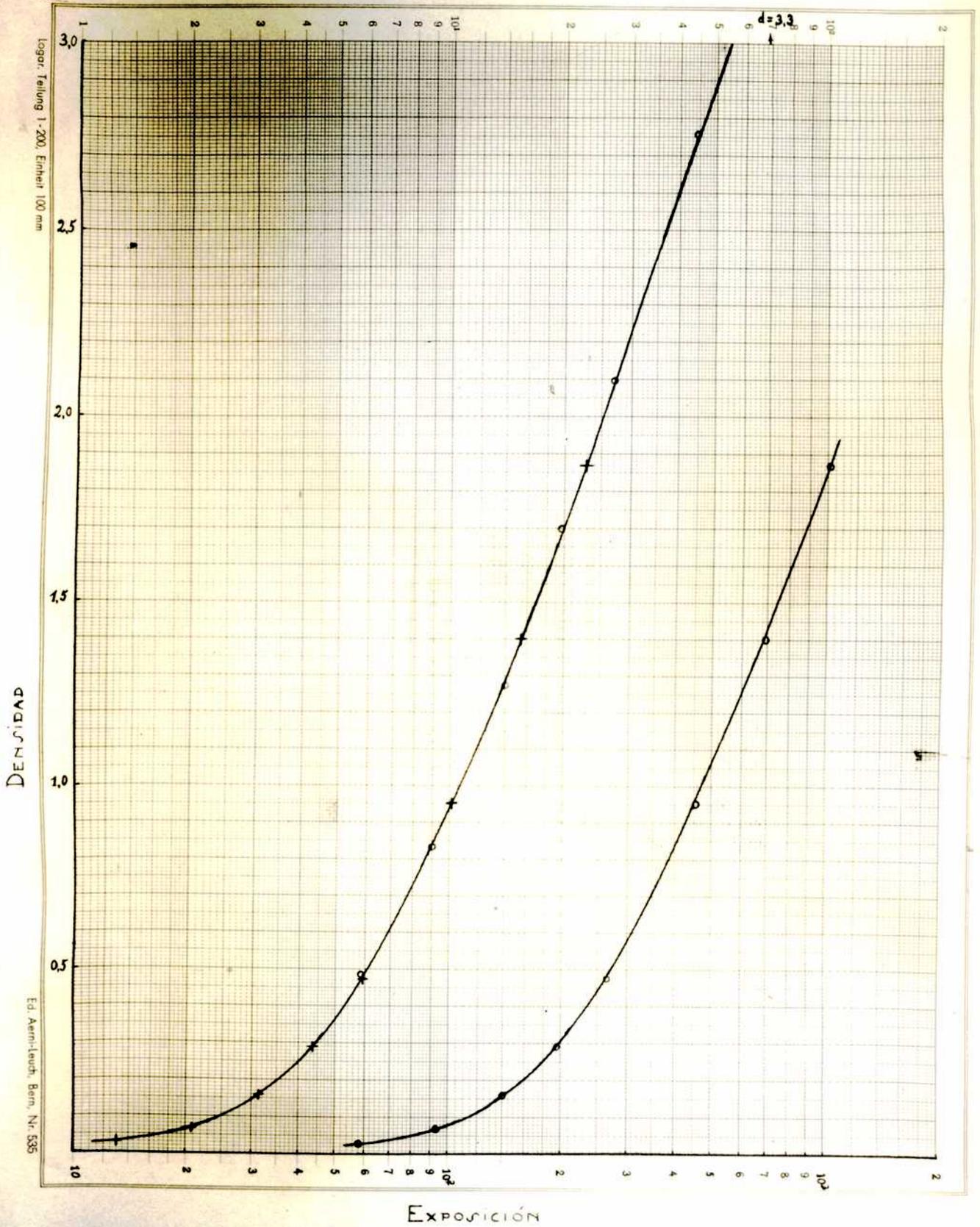


Figura 17

te a una misma densidad de ennegrecimiento, es constante para todos los valores del mismo e iguala 4,47 que es la relación entre las exposiciones de las dos curvas que producen el mismo ennegrecimiento. Corriendo hacia la izquierda en esta constante $k = 4,47$ los puntos de la curva de la derecha, (lo que se obtiene dividiendo por 4,47 los valores correspondientes de la exposición) se obtienen los puntos indicados con cruces en la figura 17.

Debido a que los puntos experimentales de la curva de la izquierda están determinados solo a partir de $d = 0,5$ no se puede hablar de auto-concordancia del método en el rango de densidades comprendidos entre 0 y 0,5. Después de una serie de ensayos, efectuados en forma análoga a los que dieron por resultado la obtención de la placa de la figura 18, se efectuó una nueva serie doble de exposiciones, cuyas marcas de calibración resultantes se observan en la figura 19. En ella cada par sucesivo de espectros está obtenido con aproximadamente el mismo voltaje, alterándose en este caso los valores de la exposición, no por la posición de la lente condensadora, sino por la introducción, en el camino óptico, de un difusor situado frente a la lámpara.

Debido a que para los puntos de las bajas densidades el error total es mayor, con este tipo de exposición alternada se trata de evitar por lo menos el error debido a inhomogeneidades zonales, que aparecería más notable si cada curva se obtuviese a partir de dos series sucesivas de exposiciones. Por ser más fácil observar el paralelismo entre dos rectas que entre dos curvas, los datos correspondientes a esta placa se representan en la figura 20 tomando como ordenadas las intensidades I (proporcionales a las desviaciones del galvanómetro), en lugar de las densidades respecti

vas.

De los resultados expuestos se deduce que con la técnica utilizada y los instrumentos empleados, el ensayo de auto-concordancia de ésta técnica de calibración es satisfactorio ya que permite determinar una única curva característica.

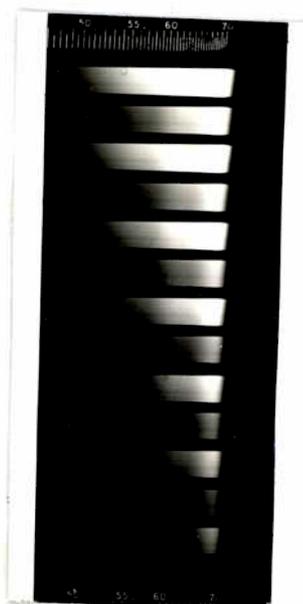


Figura 18

Figura 19

. Tabla 5 .

Segundo ensayo de consistencia del método.

Nº	V_L	I_L	l_G	$k \cdot I_L$
1	4,02	59,5	10,10	120
2	4,56	98	6,20	
3	4,56	98	18,70	198
4	5,05	145	11,80	
5	5,05	145	26,73	293
6	5,47	190	17,62	
7	5,47	190	31,78	384
8	6,02	267	24,92	
9	6,02	267	35,61	540
10	6,52	350	29,96	
11	6,52	350	37,65	707
12	7,01	445		
13	7,01	445		

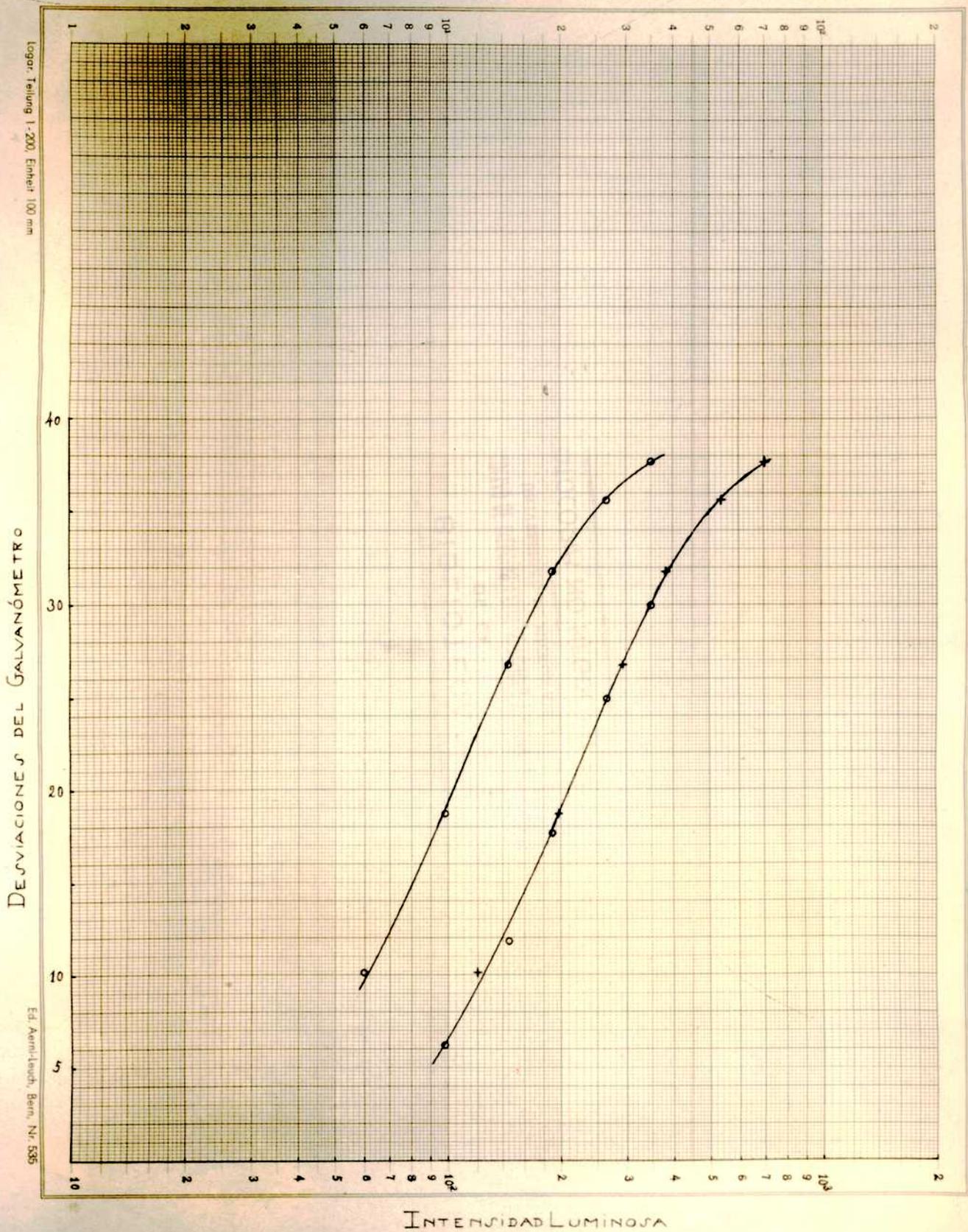


Figura 20

///

Comparación con el método de $1/d^2$.

El problema a encarar a continuación consiste en determinar si la curva característica de la emulsión III-F (cuya auto-concordancia se estableció), es la misma que la obtenida utilizando el método patrón de $1/d^2$.

El sistema óptico utilizado al efecto es el mismo de la figura 9, a menos del condensador C. El difusor, que actúa de fuente luminosa, es iluminado en forma variable por una lámpara L, que en el presente caso es una semejante a la calibrada. Es alineada con una batería de acumuladores de hierro-níquel y trabaja, durante toda la experiencia, con una diferencia de potencial de 10 V consumiendo 7,5 A.

Cada una de las condiciones de iluminación del difusor está determinada por la posición de la lámpara que, junto con su caja de luz, puede deslizarse sobre un riel de banco óptico desde las proximidades del difusor hasta una distancia un poco mayor de medio metro del mismo. Se comprueba y evidencia en la figura 21 que esta distancia (580 mm.) es suficiente para determinar los puntos experimentales de la curva característica en casi toda su extensión ($0,4 \leq d \leq 3,3$). (Esto contradice lo afirmado por algunos autores ³⁾ que insisten en que uno de los inconvenientes del método de $1/d^2$, además de la falta de constancia de la fuente luminosa, es el espacio requerido).

Correspondiendo cada una de las exposiciones a un valor de la distancia: filamento de la lámpara - difusor; y debido a la dificultad existente para efectuar esas mediciones, se toma en cada caso la medida de la distancia entre los bordes de los pies

ópticos que soportan ambos elementos del sistema óptico, corrigiéndose luego estos valores en una constante aditiva, determinada previamente, e igual a 47 ± 1 mm. Esta constante es la suma de las distancias del filamento de la lámpara al borde del pie de sujeción, y de la superficie del difusor al borde del pie respectivo. No tiene objeto una determinación más precisa de esa constante, ya que el filamento de la lámpara no es puntual: es una espiral de unos 2 mm. de diámetro.

Las distancias empleadas varían entre 547 y 147 mm. y fueron determinadas con un error no mayor que 1 mm., o sea un error relativo 1% para la más chica de ellas. Se asegura el alineamiento del sistema para las diversas exposiciones mediante el uso del riel de banco óptico.

Durante todo el transcurso de esta experiencia de la calibración de la emulsión III-F, el voltaje de la lámpara, que en este método se supone constante, debido a la descarga de las baterías de alimentación cae desde 9,996 V hasta 9,940 V (valor este último al cabo de casi una hora de trabajo, previa una hora de régimen). Teniendo en cuenta que se ha utilizado una lámpara semejante a la calibrada y que la curva característica de una lámpara de este tipo puede representarse aproximadamente mediante la ecuación: $I = K.V^n$, siendo $n = 3,5$ (pendiente de la curva característica de la lámpara patrón), se puede ver que un error de 0,056 V en el voltaje, (o sea 0,6 %), equivale a 2,1 % de error en la intensidad luminosa de la misma. Suponiendo que la caída de potencial es uniforme y que el ajuste previo a cada una de las exposiciones demora el mismo tiempo, se puede corregir este error sistemático disminuyendo en un valor

respectivamente proporcional a 2,1% la intensidad luminosa del difusor en cada una de las exposiciones.

En el caso que no se conozca \underline{n} y que por lo tanto no se pueda determinar el error sistemático cometido, es conveniente determinar los puntos experimentales de la curva comenzando por la zona de las bajas densidades, ya que los correspondientes a las altas intensidades de exposición están afectados de mayor error en la determinación de densidades. En el caso presente, debido a que se conoce \underline{n} , la curva característica determinada con el método patrón está determinada a menos sólo de los errores en la determinación de densidades.

En la tabla 2, V_L es el voltaje medio de la lámpara durante cada exposición; e es el error porcentual en la intensidad luminosa debido a la variación de tensión; D es la distancia en mm. entre los bordes de los pies de soporte; $d = D + 47$ es la distancia: filamento de lámpara-difusor; $10^7/d^2$ es una magnitud proporcional a la intensidad luminosa que recibe el difusor; $I_{corr.}$ es la intensidad luminosa corregida por variación de voltaje.

Tabla 2.

Exposición	V_L	e	D	d	$10^7/d^2$	$I_{corr.}$
1	100	0	47	47	4.5	...
2	100	0	47	47	4.5	...
3	100	0	47	47	4.5	...
4	100	0	47	47	4.5	...
5	100	0	47	47	4.5	...

Una vez expuesta la placa y revelada en las condiciones "standardt" anteriormente mencionadas se procede a su densitometría a la longitud de onda de 6.000 Å. En la tabla 3, I son las lecturas de intensidad luminosa del microdensímetro; I_c/I las opacidades y d las densidades; ésta última columna junto con la de $I_{corr.}$ define una serie de puntos representados gráficamente en la curva de la izquierda de la figura 21.

Tabla 3.

Densidades e Intencidades		Opacidades	
	I		d
1	16,09	2,49	,30
2	8,19	4,00	,000
3	2,63	10,4	,10
4	1,09	30,7	,20
5	0,37	100	,30
6	0,11	364	,40
7	0,04	1000	,50
8	0,02	3000	,60

Para comparación se representa conjuntamente en la misma figura la curva característica de la emulsión III-F de la figura 17, obtenida con la lámpara calibrada durante el ensayo de auto-concordancia.

El tiempo utilizado para cada marca de calibración es de 4 min. El hecho de utilizar un tiempo distinto en este caso que al determinar la curva característica con la lámpara calibrada, (1 min.), no introduce error por falla de la ley de reciprocidad, que solo aparece al variar t en mas de un orden de magnitud.

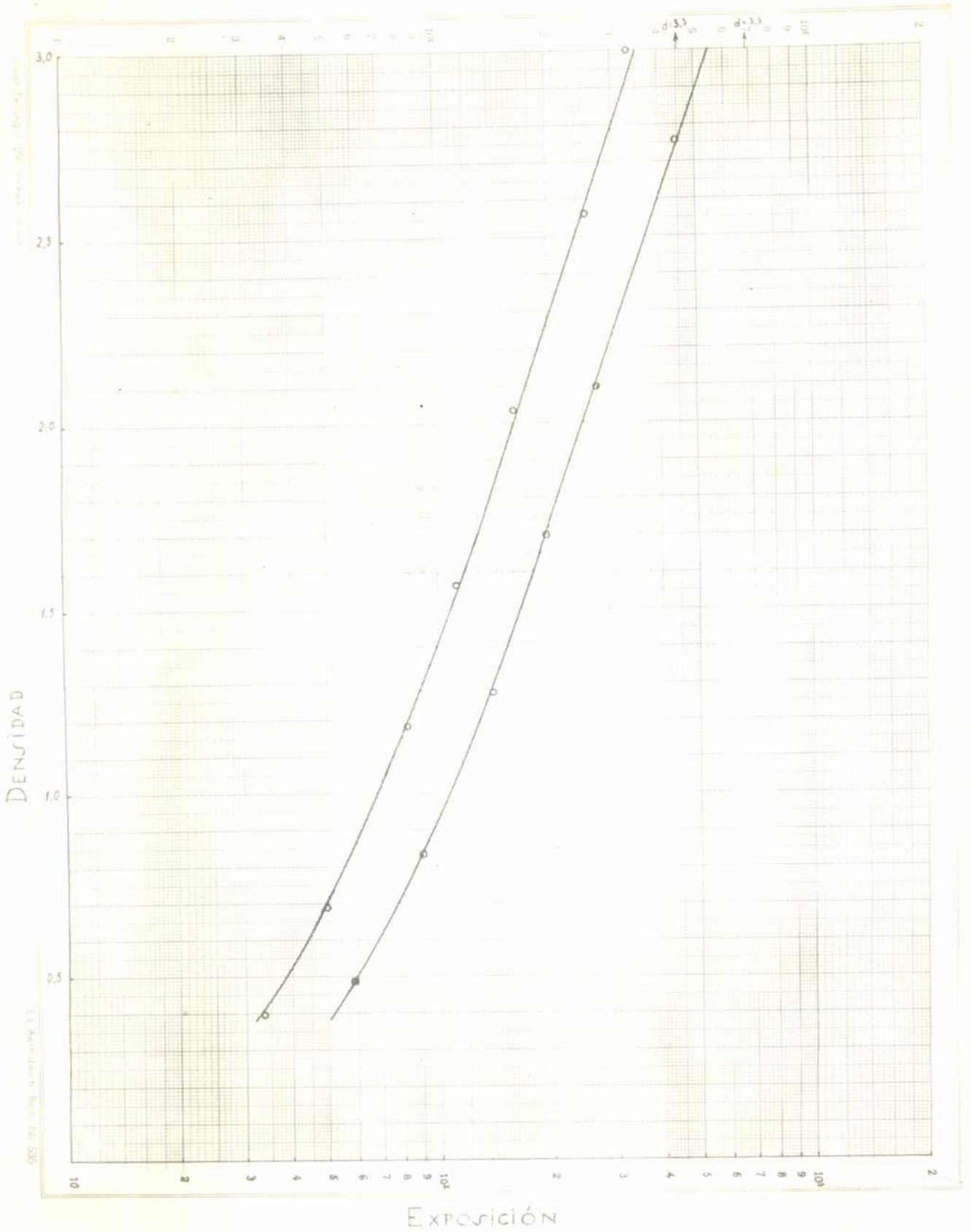


Figura 21

CONCLUSIONES

- 1º) El ensayo de la autoconcordancia y la comparación con el método de la inversa de los cuadrados de las distancias son condiciones necesarias y suficientes para comprobar la bondad de una técnica dada de calibración de emulsiones fotográficas, no siendo suficientes aisladamente.
- 2º) Se puede asegurar la reproducibilidad de los resultados cuantitativos obtenidos en espectrofotometría fotográfica con un sistema adecuado de iluminación del espectrógrafo.
- 3º) El método de calibración basado en la lámpara de voltaje variable cumple los requisitos necesarios y suficientes para ser considerado un método de precisión.

M. V. Karalendhi.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Dora G. de Kowalewski; Tesis doctoral. Facultad C.E.F. y N. Universidad de Buenos Aires (1948)
- 2) W.C.Pierce y N.H.Nachtrieb; Ind. and. Eng. Chem. Ann. Ed. 13, 774 - (1941)
- 3) R.A.Sawyer y H.B.Vincent; J.O.S.A. 53, 247 - (1943)
- 4) K.H.Grossman, R.A.Sawyer y H.B.Vincent; J.O.S.A. 33, 186 - (1943)
- 5) R.Breckpot; Spectrochimica Acta, 1 - 137 - (1939)
- 6) G.R.Harrison; J.O.S.A. 18, 492 - (1929)
- 7) Jones y Huse; J.O.S.A. 7, 109E - (1923)
- 8) Strock; Spectrum analysis with the carbon arc cathode layer. Ed. Hilger (1936)
- 9) H.Kienle; Naturwiss. 23, 759-762 - (1935)
- 10) L.W.Strock; Proc. 7 th. Summer Conf. on Spectroscopy etc. (1940)
- 11) C.E.K.Mees; The Theory of the photographic process.
- 12) C.E.Nielsen; R.S.I. 18, 18 - (1947)
- 13) H.Kaiser; Spectrochimica Acta 2, 1 - (1941)

RESUMEN

Se estudian los criterios a seguir y las precauciones a tomar para obtener la curva de calibración de una emulsión fotográfica en forma independiente del instrumental utilizado, en particular de la técnica empleada para variar las exposiciones y del espectrógrafo. Se establecen las condiciones necesarias y suficientes que debe llenar una técnica dada de calibración para obtener los resultados antedichos. Se aplican luego dichos criterios y condiciones a un método de calibración recientemente propuesto y se comprueba que dicho método cumple con las condiciones requeridas siempre que se tomen las precauciones deducidas en el análisis preliminar, pudiendo ser, por lo tanto, considerado como un método de precisión.

W. H. ...