

Por el Dr. Iwan Döry

LA ABERRACION DE LA LUZ Y EL
EXPERIMENTO DE MICHELSON

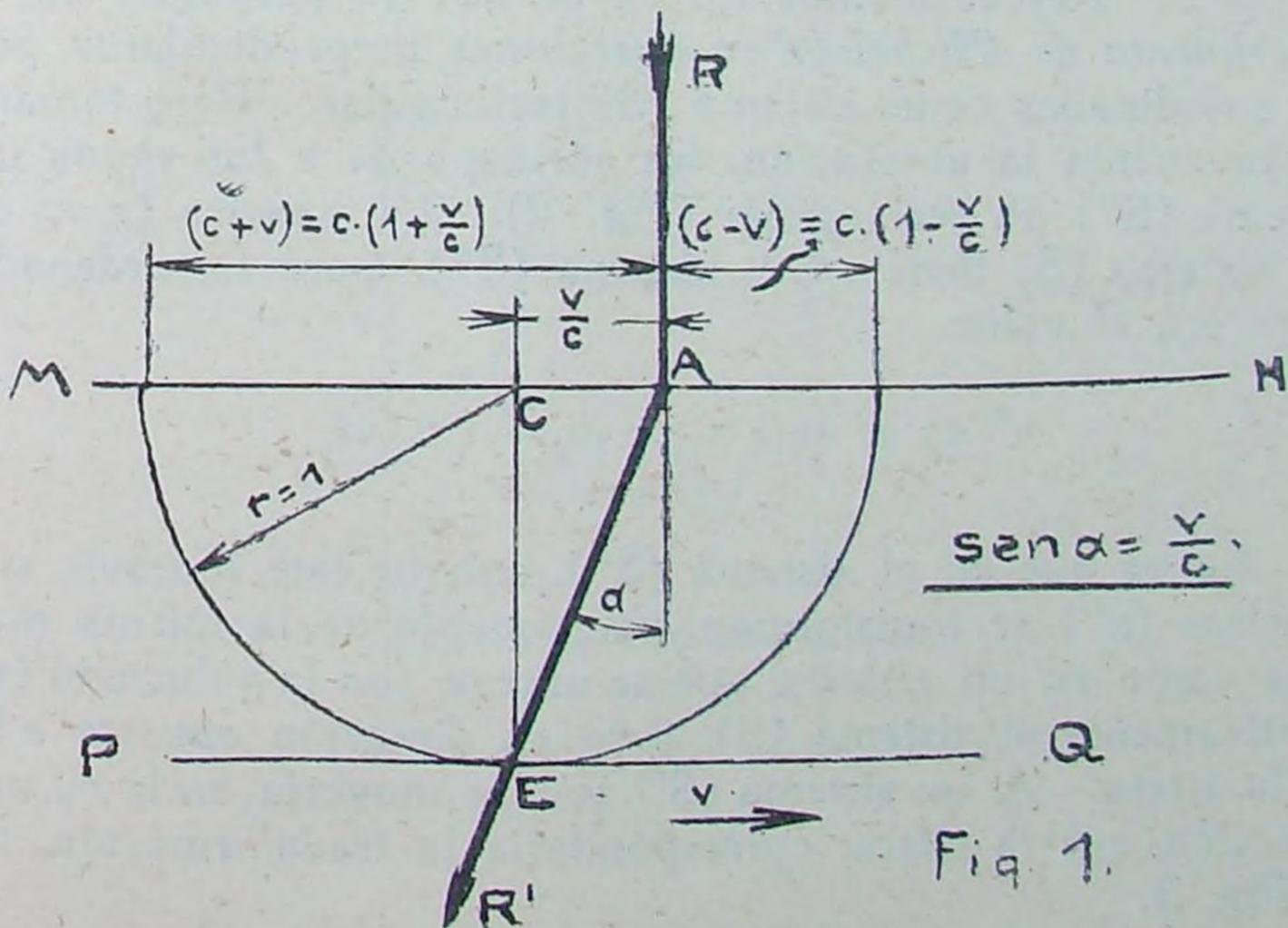


ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

§ 1. Una onda de luz se propaga en un medio isótropo con igual velocidad (c) en todas las direcciones. Sin embargo aunque un medio fuera isótropo, cuando un sistema se mueve, la luz se propaga con distintas velocidades en distintas direcciones, como en un medio anisótropo.

Supongamos que el rayo (R) entre, desde un sistema en reposo a un sistema en movimiento, con la velocidad (v) y que el rayo cae perpendicular al plano de incidencia (MN). Los lugares (A) de la entrada de la onda constituyen centros de vibraciones, desde donde se propagan ondas elementales.

Pero no se propagan con la velocidad (c), sino en la dirección del rayo (R), perpendicular al movimiento. En la dirección del movimiento se propagan con la velocidad: $(c - v) = c \cdot (1 - v/c)$, y en la dirección opuesta con la velocidad: $(c + v) = c \cdot (1 + v/c)$. (Fig. 1).



Las ondas elementales tienen aproximadamente la forma de una esfera cuyo centro (C) está desviado, desde su centro de vibraciones (A), por el valor (v/c) , contrario al movimiento, puesto que el radio de la esfera es igual a 1. La envolvente común de las ondas elementales es un plano tangente (PQ) que representa la onda refractada.

Según el principio de Huyghens, se obtiene el rayo refractado extraordinario (R') uniendo el centro de vibraciones (A) con el punto de contacto (E), en donde el plano tangente (PQ) toca a la esfera de la onda elemental. El rayo extraordinario (R') no es normal a la onda plana que le corresponde. Su ángulo de refracción tiene el valor

$$\text{sen } \alpha = \frac{v}{c},$$

prescindiendo de los valores de segundo orden.

Un rayo que pasa desde una estrella fija al sistema en movimiento de la tierra, sufre entonces la refracción extraordinaria, por el mismo ángulo, cuando (v) representa la velocidad de la tierra. Este es el ángulo de aberración de la luz.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

§ 2. Representemos los rayos que se propagan en el *experimento de Michelson* en direcciones perpendiculares, por las coordenadas de un sistema (S) rectangular. Pero tomando en cuenta la aberración, les corresponde a los rayos un sistema (S'') no rectangular (Fig. 2). La abscisa ($x = 0$) del sistema (S) tiene en el sistema (S''), para la ordenada ($y = ct$), el valor:

$$x'' = y \cdot \text{sen } \alpha = ct \cdot \frac{v}{c} = vt.$$

Se ve que en el sistema (S''), aunque esté inmóvil, sus abscisas (x'') se transforman exactamente de la misma manera como en un sistema que se mueve con la velocidad (v) relativamente al sistema (S), pero en dirección *opuesta* a la de la tierra. A un sistema (S') que se movería en la *misma* dirección que la tierra, correspondería la transformación de la Fig. 3.

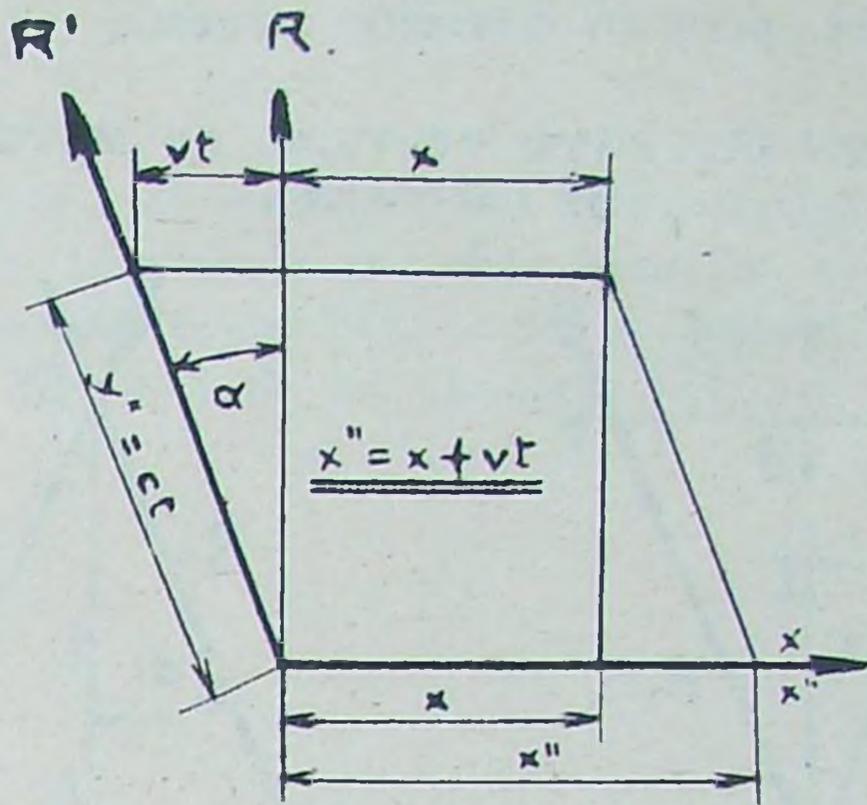


FIG. 2

En la Fig. 2 la aberración tiene sentido opuesto al de las estrellas fijas, Fig. 1, porque también el rayo se propaga en dirección inversa.

En lo que toca al rayo perpendicular al movimiento, en el experimento de Michelson, se ve en la Fig. 4 que también en este caso, la aberración tiene un efecto contrario al del

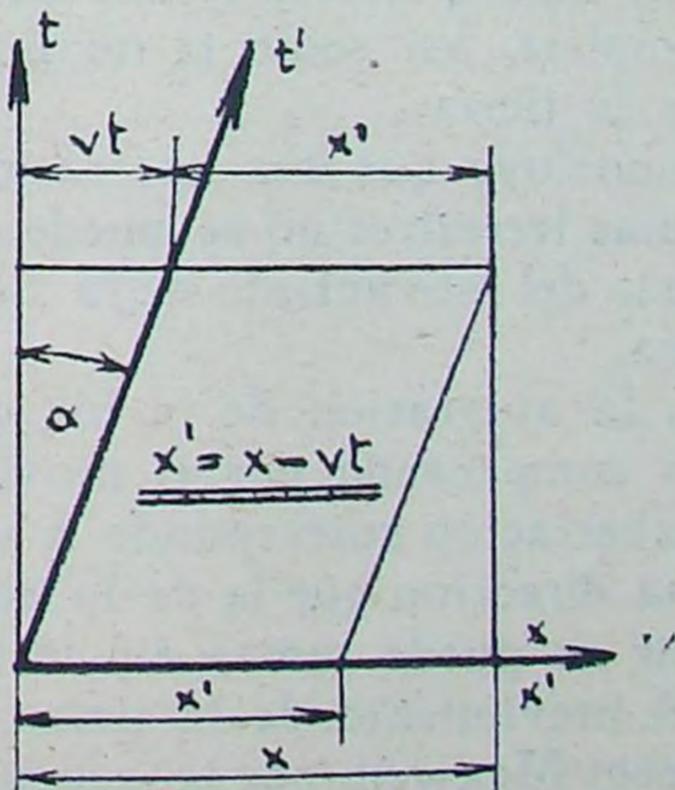
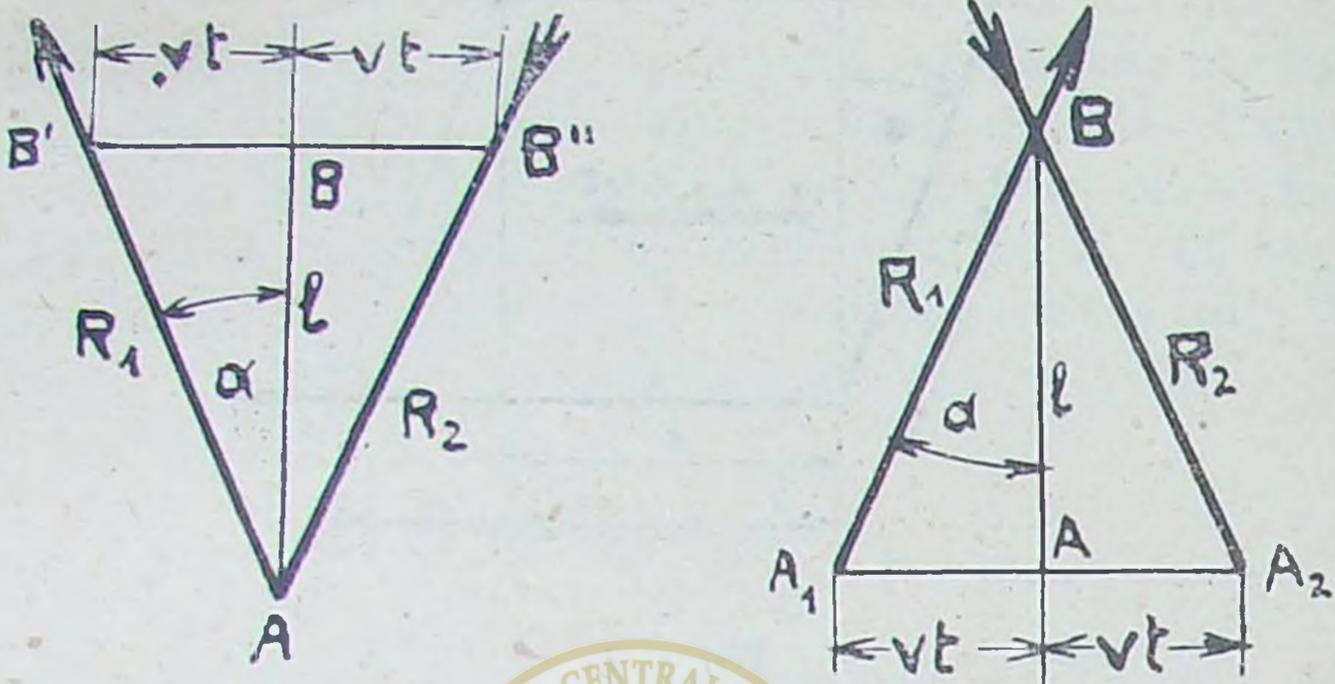


FIG. 3

movimiento de la tierra, desviando el camino del rayo por el mismo valor, pero en dirección opuesta.

DIRECCIÓN DEL RAYO VERTICAL AL MOVIMIENTO DE LA TIERRA



POR ABERRACION

EN EL EXP. MICHELSON

DESVIADO

FIG. 4

Por consecuencia, tomando en cuenta la aberración y el movimiento de la tierra a la vez, y considerando que la aberración tiene el efecto de un movimiento *opuesto* al de la tierra, se tiene que ambos efectos se anulan mutuamente por compensación completa, así como si no hubiera aberración ni movimiento de la tierra.

De aquí se concluye que una aberración de la luz, proveniente de sistemas terrestres no se puede observar; ni tampoco una influencia del movimiento de la tierra sobre la propagación de la luz.

Al contrario, la aberración de la luz que viene de una estrella fija no es compensada por el movimiento de la tierra, porque esta aberración corresponde a un sistema que se mueve en la *misma* dirección que la de la tierra. (Fig. 1 y 3).

Evidentemente se puede tomar en cuenta la compensación del efecto del movimiento de la tierra, es decir la compensación del Efecto Maxwell, por la suposición de *una contracción aparente de las distancias*, dada por el valor total del Efecto Maxwell:

$$\frac{v^2}{c^2},$$

en la dirección del movimiento. Esta contracción basta para aclarar exactamente las discordancias existentes en las observaciones astronómicas, como lo demostró el primer ensayo en el N^o. 313 de los Anales, 1942.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Dr. Ernesto Albán Mestanza _____
Profesor de Química Industrial y Volumetría

Memoria descriptiva sobre
una nueva construcción de
los instrumentos llamados
Areómetros _____



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN QUÍMICA INTEGRAL

Como es sabido, los areómetros son instrumentos de uso universal, que prestan valiosos servicios a la Industria y a la Ciencia, ya sea en el conocimiento de la densidad de las soluciones, o ya en la investigación y valoración de ciertos líquidos, tales como alcohol, leche, mosto, etc., etc.

Dichos areómetros consisten en un flotador lastrado con perdigones o mercurio, de sección casi siempre circular y de tallo o vástago más o menos delgado, cilíndrico, cerrado por la parte superior y que contiene, en su interior, una escala de papel.

Al sumergir estos areómetros en un líquido transparente, se observa que por efecto de la capilaridad se forma alrededor del vástago un menisco cóncavo, cuyo aspecto varía según la manera cómo está iluminado el líquido, lo cual dificulta la lectura de la escala y da lugar a errores, cuando el observador no es muy experto.

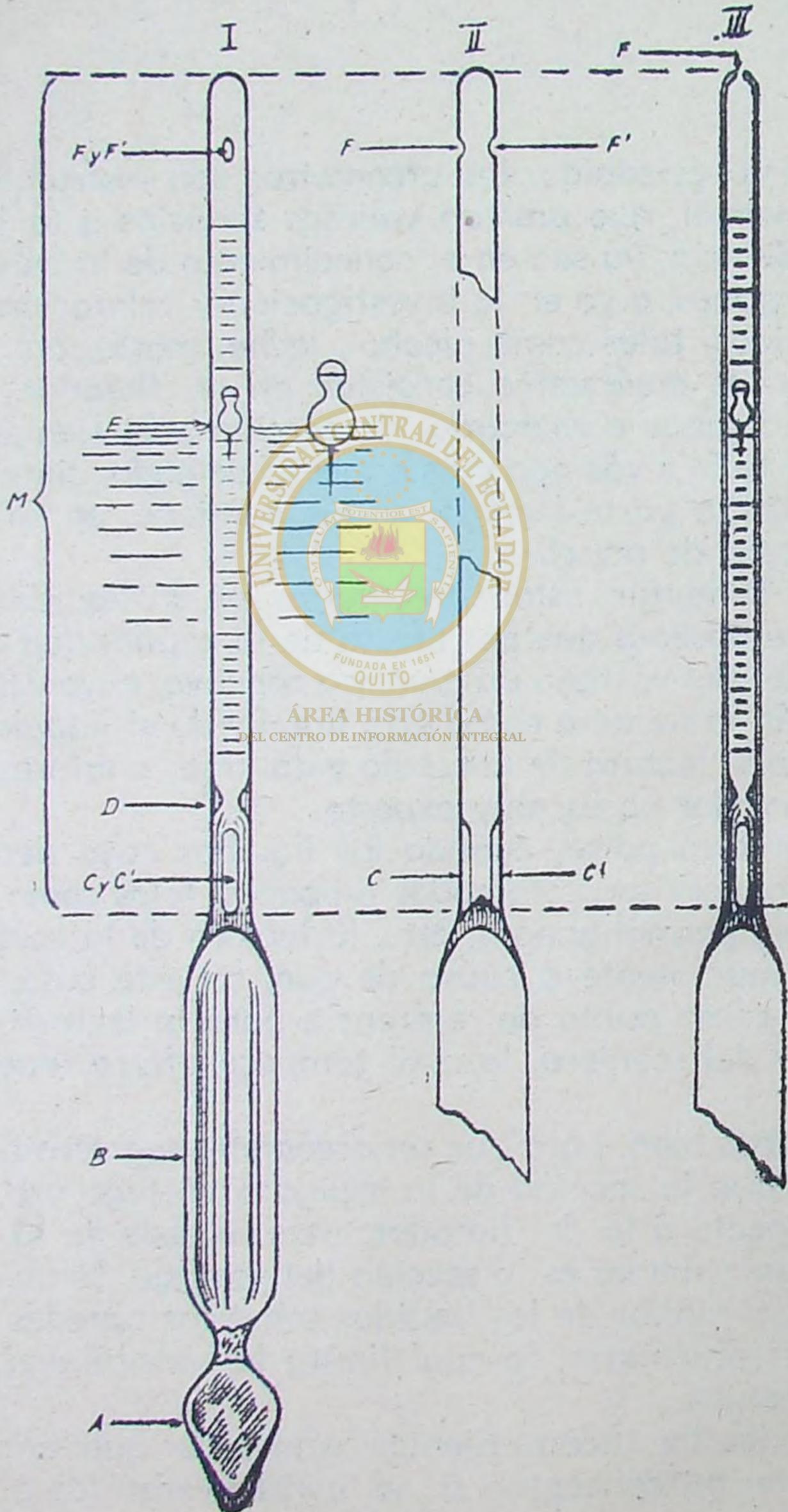
Por otra parte, cuando los líquidos cuya densidad se desea conocer son coloreados u opacos, tales como vino tinto, leche, permanganato, etc., la lectura de la escala se dificulta igualmente a causa de que, en este caso, hay que buscar, como punto de referencia para la lectura, la parte superior del menisco, lo cual tampoco ofrece mucha seguridad.

Ahora bien, para que un areómetro sea sensible, es necesario que la sección de la espiga o vástago sea pequeña con respecto a la del flotador; mas, sucede en la práctica, que cuanto menor es la sección del vástago, tanto mayor es el influjo capilar de los líquidos sobre las paredes de la espiga del areómetro, lo cual limita la sensibilidad de estos instrumentos.

Todos los inconvenientes anotados quedarían eliminados, en mi concepto, si se construyeran los areómetros

de acuerdo con las modificaciones que indico a continuacion:

1°—El flotador de los areómetros, o sea el cilindro de vidrio hueco "B", fig. I, lastrado en su extremo inferior con perdigones o mercurio "A", conservaría, también en nues-



tro caso, el tamaño y forma generales que dan los constructores, según los casos, a esta clase de instrumentos; es decir, propiamente no sufriría ninguna modificación.

2°—La ampolla "B", fig. I, en la parte superior, o sea en el lugar donde nace el vástago "M", deberá estar completamente cerrada en la forma cuya idea puede apreciarse asimismo en la fig. I.

3°—El vástago "M", estaría formado, como en los areómetros ordinarios, por un tubo de vidrio, pero con la diferencia de que, en nuestro caso, este tubo llevaría en su parte inferior los orificios c y c' , y en la superior, uno de los marcados con la letra "F", del mencionado dibujo.

Dichos orificios "C", tienen por objeto permitir la entrada del líquido, cuya densidad se estudia, al interior del tubo, mientras que los orificios "F", facilitan la salida o entrada del aire a dicho tubo.

4°—En el interior del tubo del vástago "M", se colocará el **flotador** "E", fig. I y III, cuya forma será, más o menos, la que indica el dibujo. Este flotador "E", consiste en dos ampollas esféricas de vidrio, lastradas convenientemente, con el objeto de que éste conserve su posición vertical durante el ensayo. El diámetro de la ampolla inferior será ligeramente menor que el del tubo que forma el vástago del areómetro y la lectura se efectuará mediante la marca o trazo que llevará la pequeña ampolla superior **que debe sobresalir del líquido**. En este caso, los trozos de las divisiones de la escala estarán grabados directamente en el vidrio de la espiga del correspondiente instrumento.

5°—Como es sabido, la sensibilidad de un areómetro está dada por la relación entre el volumen de la ampolla del flotador y la sección de su correspondiente espiga. Ahora bien, en nuestro caso, el área de la sección de la espiga "M", Fig. I, que constituye un verdadero anillo o corona, está dada por la fórmula $\pi (R^2 - r^2)$, lo cual equivale, a la vez, a la sección, por ejemplo x , de un vástago de los flotadores ordinarios.

Así, por ejemplo:

Tenemos que en el dibujo I ya mencionado, a la pared del vástago "M", le hemos dado el espesor arbitrario de 0,6 milímetros y a su diámetro total, el de 7 milímetros; por consiguiente, el área de dicho anillo o corona será de $\pi (R^2 - r^2)$, o sea,

$$3,1416 (3,5^2 - 2,9^2) = 11,94 \text{ mm}^2$$

Esta cifra, 11,94, corresponde cabalmente a la sección del vástago de un areómetro ordinario de 3,9 milímetros de diámetro, y con un área total de 11,94 milímetros cuadrados. Es decir, equivaldría a un areómetro de espiga o vástago delgado (3,9 milímetros de diámetro), de bastante sensibilidad, pero con el inconveniente de que en este caso los efectos de capilaridad obstacularían la lectura de la escala, lo cual no sucedería con el vástago, equivalente, de las características cuya construcción sugiero y en el que la lectura se verificaría, como tengo dicho, directamente, tomando como línea de referencia el trazo o marca que lleva la ampolla superior del flotador E.

De lo expuesto se deduce que en la sensibilidad de los areómetros, cuya construcción indico, desempeñará un papel primordial el espesor que se dé a la pared del tubo del vástago del areómetro, espesor que, naturalmente, oscilará dentro de ciertos límites de construcción.

6°—Opino, asimismo, que pueden también construirse los vástagos de este nuevo sistema de areómetros, por el embonamiento de dos tubos de paredes delgadas, es decir, colocados en forma concéntrica, como puede verse en la fig. III. En este caso, el espacio que media entre uno y otro tubo, estará de acuerdo con el uso a que se destine el areómetro y el grado de sensibilidad que se trate de comunicar al instrumento.

En esta última clase de espigas, el grabado de las divisiones de la escala se trazarían sobre la pared del tubo interior, divisiones que podrían ser coloreadas fácilmente, con el fin de hacerlas más visibles, facilitar así su lectura, y evitar su alteración por el contacto directo de los líquidos que se ensayén.