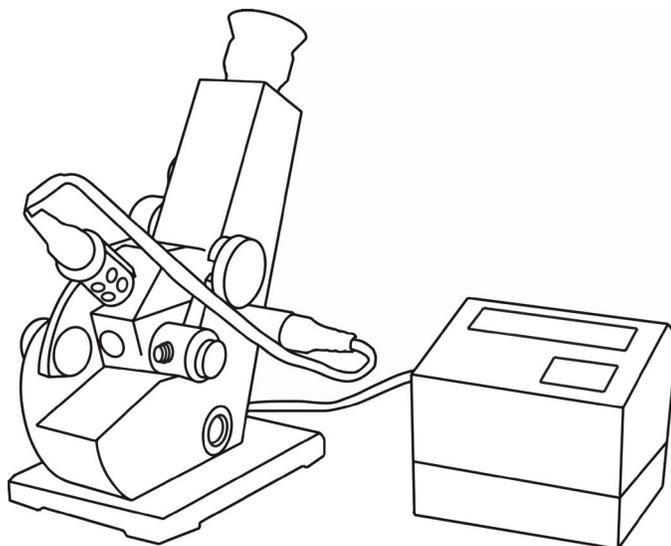


# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LÍQUIDOS

2



## INTRODUCCIÓN

La refracción de la luz es una propiedad física característica de muchas sustancias; es el cambio de dirección de una onda electromagnética al pasar de un medio a otro, debido al cambio de velocidad que experimenta. (Olmo, B. G., 2015).

Para determinar el índice de refracción, se utiliza un refractómetro. El refractómetro fue inventa-

do por el Dr. Ernst Abbe, científico alemán/austriaco a principios del siglo XX. El refractómetro de Abbe sigue siendo utilizado en los laboratorios por su funcionamiento sencillo y confiable. Existen dos tipos de refractómetros en función de la detección del índice de refracción: sistemas transparentes y sistemas de reflexión. Los refractómetros portátiles y los refractómetros Abbe usan los sistemas transparentes, mientras que los refractómetros digitales usan los

sistemas de reflexión (Metrología de Refracción, 2018).

Los refractómetros tienen también escalas específicas que miden grados Brix (porcentaje de azúcares), densidad específica (sólidos solubles), para lo cual se necesitan soluciones patrón y escalas de conversión.

# ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LÍQUIDOS

Cuando un haz de luz pasa de un medio a otro, se le llama ángulo de incidencia -i- al formado por el rayo incidente y la normal. La normal es una recta imaginaria perpendicular a la superficie de separación de los medios en el punto de contacto del rayo.

El ángulo de reflexión -r- es el formado por el rayo reflejado y la normal, r' es el ángulo de refracción del rayo con respecto a la normal, en el medio 2. Fig. 5 (Shriner, R. L., 2013).

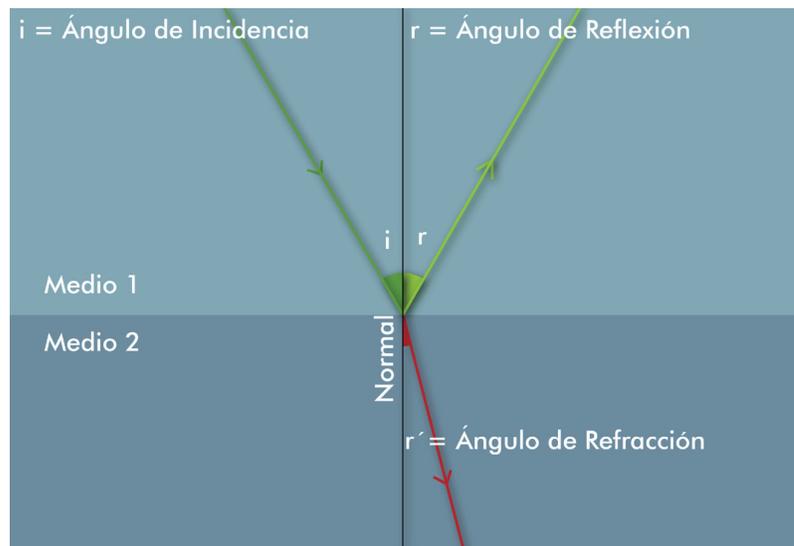


Fig. 5. Esquema de un rayo de luz pasando de un medio a otro.

Se denomina índice de refracción absoluto al cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula. Se simboliza con la letra griega eta ( $\eta$ ) y se trata de un valor adimensional y mayor que la unidad, es una constante característica de cada medio.

$$\eta = c / v \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- c: es la velocidad de la luz en el vacío.
- v: velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (agua, vidrio, etc.).

La letra  $\eta$  representa el índice de refracción del medio. El índice de refracción de un compuesto es la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el de refracción que experimenta un rayo de luz cuando pasa de un medio a otro de diferente densidad; este cambio se debe a la distinta velocidad de la luz en cada medio (Metrología de refracción, 2008).

Ya que el índice de refracción varía dependiendo de la longitud de onda de la luz y de la temperatura, éste se expresa como:

$$\eta_D^T$$

Donde:

- $\eta$  es el índice de refracción
- T es la temperatura en grados centígrados
- D es la línea D del sodio del espectro electromagnético, utilizada en el refractómetro (589 nm)

Ejemplo:

$$\eta_D^{20}$$

El índice de refracción es característico de cada líquido a una temperatura determinada, comúnmente 20 °C, por lo que se utiliza como criterio de identificación de compuestos puros.

Por ejemplo para el agua destilada es:

$$\eta_D^{20} = 1.333$$

Ya que la velocidad de la luz en el aire es siempre mayor que la velocidad en un líquido o sólido, el índice de refracción siempre será mayor de 1.

La propiedad refractiva de un material es la más importante de cualquier sistema óptico que usa refracción. Se usa para calcular el poder de enfoque de los lentes y el poder dispersivo de los prismas.

# MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Materiales	Equipo
Termómetro Sistema de enfriamiento o regulador de temperatura Micropipeta o gotero para colocar las muestras	Refractómetro de Abbe.

## REFRACTÓMETRO DE ABBE: IDENTIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES

En las figuras 6a y 6b, se observan las diferentes partes de un refractómetro tipo ABBE.

1. Ocular
2. Ensamble de iluminación de la muestra
3. Perillas de apertura del prisma
4. Prisma secundario
5. Prisma principal
6. Termistor
7. Ensamble de la iluminación de la escala
8. Caja desecadora
9. Conexiones de entrada y salida de agua para el control de temperatura
10. Tornillo de ajuste
11. Perilla de compensación de color
12. Perilla de medición
13. Termómetro

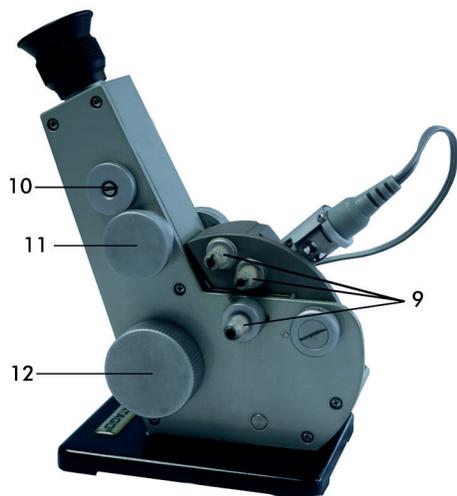


Fig. 6a.  
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

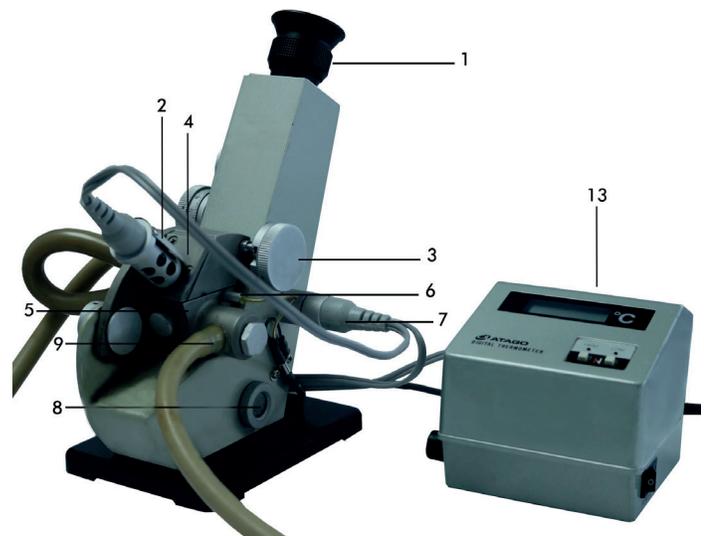


Fig. 6b.  
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

## PROCEDIMIENTO PARA USAR EL REFRACTÓMETRO DE ABBE

- Encender el refractómetro y colocar las mangueras de circulación del agua, para mantener la temperatura a 20 °C.
- Abrir el prisma secundario y colocar 2 o 3 gotas de la muestra líquida en el centro de la superficie del prisma, Fig. 7.
- Cerrar cuidadosamente el prisma secundario y observar a través del ocular.
- Gire la perilla de compensación de color hasta que observe una línea horizontal que divida el campo en una sección clara y oscura. Si la línea horizontal aparece como una banda difusa de color, el refractómetro muestra dispersión de color.
- Corrija ésto girando la perilla de compensación de color hasta que se obtenga la línea nítida y sin color, Fig. 8.
- Gire la perilla de medición hasta observar la línea horizontal aguda exactamente en la intersección de los retículos. En este punto, el espejo reflectante interior se ha ajustado a la posición apropiada para la medición correcta del índice de refracción.



Fig. 7. Colocación de la muestra  
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda



Fig. 8. Definición de la línea que divide el campo claro del oscuro

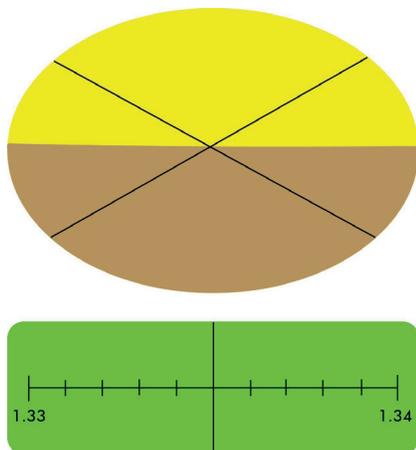


Fig. 9. Tomando la lectura

- Leer en la escala superior el índice de refracción, tomando como valor las tres cifras decimales indicadas y dar la cuarta cifra por aproximación, Fig. 9.
- Reportar el valor de índice de refracción especificando la temperatura de trabajo.
- Realizar la determinación por triplicado y sacar un promedio de las lecturas.
- Cuando se complete la medición, levante el prisma secundario. Limpiar a fondo ambos prismas, con papel suave humedecido con etanol, éter o acetona. Cuando el solvente se evapore cierre los prismas para que no se ensucien con polvo.

## CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

- El refractómetro se calibra utilizando agua destilada, de la siguiente forma:
- Abrir el prisma secundario utilizando la perilla correspondiente.
- Colocar 2 o 3 gotas de agua destilada en la superficie del prisma principal con un gotero o micropipeta, cuidando no tocar el prisma, para evitar que se raye.
- Cerrar el prisma secundario y observar a través del ocular.
- Ajustar y definir la línea de división del campo oscuro, con la perilla de compensación del color, de manera que no quede rojiza ni azul.
- Ajustar la escala a un valor cercano a 1.33 con la perilla de medición. Llevar la división del campo oscuro a la línea de intersección y realizar la lectura, que debe ser 1.333.
- De ser necesario llevar la escala al valor exacto de 1.3330 con el tornillo de ajuste utilizando el desarmador correspondiente incluido como accesorio y que se encuentra justo arriba del tornillo de ajuste.

## TEMPERATURA EN LAS MEDICIONES DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN Y SU CORRECCIÓN

La temperatura es un parámetro que influye en las mediciones del índice de refracción, ya que en la mayoría de los líquidos el valor disminuye aproximadamente 0.00045 al aumentar 1 °C; el agua disminuye 0.00010 por cada 1 °C. En general, la disminución del índice de refracción con el aumento de temperatura, se debe a la disminución de la densidad y constante dieléctrica del medio (Metrología de refracción, 2008).

Por lo anteriormente mencionado, si la medición no se toma a 20 °C, debe realizarse una corrección. Para la mayoría de los líquidos orgánicos, el índice de refracción cambia entre 0.00035 a 0.00055 unidades/°C. Si no se conoce el factor de corrección exacto para un líquido particular, se elige generalmente 0.00045 unidades/°C. Usando este valor, la siguiente fórmula nos permite calcular el índice de refracción a 20 °C cuando se toma a otra temperatura, T. (Eaton, D.C., 1989).

$$\eta_D^{20} = \eta_D^T + (0.00045)(T - 20^\circ\text{C}) \quad \text{Ec. 3}$$

## EJEMPLO DE LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE REFRACCIÓN EN COMPUESTOS ORGÁNICOS

Se presentan en la Tabla 4. los resultados obtenidos para cinco compuestos orgánicos, a manera de ejemplo, la determinación se hace por triplicado y se obtiene el promedio, así como la desviación estándar; también, se presenta el valor de índice de refracción reportado en la literatura, para fines de comparación.

TABLA 4							DATOS EXPERIMENTALES DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN PARA ALGUNOS COMPUESTOS ORGÁNICOS						
COMPUESTO	ENSAYO 1 $\eta_D^{20}$	ENSAYO 2 $\eta_D^{20}$	ENSAYO 3 $\eta_D^{20}$	PROMEDIO $\eta_D^{20}$	DESV. ESTÁNDAR	$\eta_D^{20}$ REPORTADO							
Acetonitrilo	1.3390	1.3400	1.3393	1.3394	0.000510	1.3440							
Butanol	1.3995	1.3988	1.3990	1.3991	0.000361	1.3993							
Metanol	1.3281	1.3283	1.3283	1.3282	0.000115	1.3280							
Hexano	1.3752	1.3749	1.3745	1.3749	0.000351	1.3748							
Acetona	1.3589	1.3590	1.3590	1.3590	0.000351	1.3591							

Como puede observarse en la Tabla 4, se obtienen resultados confiables muy cercanos al valor reportado, la variabilidad en los datos es pequeña.

Se presentan a continuación en la Tabla 5, los índices de refracción de los disolventes orgánicos más comunes, valores que podrán ser utilizados como referencia.

TABLA 5		ÍNDE DE REFRACCIÓN DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS MÁS COMUNES	
	NOMBRE	FÓRMULA	$\eta_D^{20}$ REPORTADO
1	1,2-Dicloroetano	$C_2H_4Cl_2$	1.4450
2	1,2-Diclorobenceno	$C_6H_4Cl_2$	1.5504
3	1-Butanol	$C_4H_{10}O$	1.3993
4	2-Propanol	$C_3H_8O$	1.3770
5	Acetaldehído	$C_2H_4O$	1.3500
6	Acetato de etilo	$C_4H_8O_2$	1.3720
7	Acetona	$C_3H_6O$	1.3591
8	Acetonitrilo	$C_2H_3N$	1.3440
9	Agua	$H_2O$	1.3333
10	Benceno	$C_6H_6$	1.5010
11	Ciclohexano	$C_6H_{12}$	1.4255
12	Clorobenceno	$C_6H_5Cl$	1.5236
13	Cloroformo	$CHCl_3$	1.4453
14	Diclorometano	$CH_2Cl_2$	1.4240
15	Dioxano	$C_4H_8O_2$	1.4206
16	Etanol	$C_2H_6O$	1.3610
17	Éter etílico	$C_4H_{10}O$	1.3506
18	Etilbenceno	$C_8H_{10}$	1.4952
19	Etilenglicol	$C_2H_6O_2$	1.4310
20	Heptano	$C_7H_{16}$	1.3870
21	Hexano	$C_6H_{14}$	1.3748
22	Metanol	$CH_4O$	1.3280
23	Metilciclohexano	$C_7H_{14}$	1.4222
24	<i>n</i> -Butanol	$C_4H_{10}O$	1.3985
25	<i>o</i> -Xileno	$C_8H_{10}$	1.5048
26	Pentano	$C_5H_{12}$	1.3580
27	<i>p</i> -Xileno	$C_8H_{10}$	1.4954
28	Tetracloruro de carbono	$CCl_4$	1.4595
29	Tetrahidrofurano	$C_4H_8O$	1.4070
30	Tolueno	$C_7H_8$	1.4963

Durst, Gokel. (1985, p.124-125). Cienytech., (2017). Dcne., (2017).

## REFERENCIAS

- Cienytech. *Índices de refracción de algunos de los disolventes más comunes en cromatografía*. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <http://www.cienytech.com/tablas/Tabla-indices-refrac.pdf>
- Dcne. *Disolventes verdes*. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/MaterialDidactico/amezquita/Analitica3/Disolventes%20verdes.pdf>
- Durst. D. H., Gokel W. G. (1985). *Química orgánica experimental*. México: Reverte.
- Eaton, D.C. (1989). *Laboratory investigations in organic chemistry*. United States of America: McGraw-Hill. Inc.
- *Metrología de Refracción* (2008). Recuperado el 14 de mayo de 2017, de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-08-12-refraccion.pdf>
- Olmo, B. G. (2015). *Ensayos físicoquímicos*. Madrid: Síntesis.
- Shriner, R.L. (2013). *Identificación sistemática de compuestos orgánicos*. (2ª ed.). México: Limusa Wiley.

Fotografía: Castro, M. y Miranda, C. (2017). UNAM, FES Cuautitlán.



Atribución-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA