

Metrología de Refracción

La refractometría se basa en la medición del índice de refracción de sustancias líquidas o sólidas; se utiliza en determinaciones cualitativas para la identificación de compuestos, o bien cuantitativas para conocer la concentración.

El instrumento utilizado en esta técnica es el refractómetro, que puede ser de diferente tipo según el uso y el método de medición, existen en el mercado una gran variedad de marcas y modelos.



Actualmente se tiene una aplicación importante de la refractometría en pruebas de control de calidad de jarabes, jugos, aceites, vidrio, hidrocarburos aromáticos entre otros, así como en las áreas de investigación y desarrollo de nuevos productos, de la industria alimenticia, química, petroquímica, farmacéutica, etc.

Somos su Relevo a la Calidad

La Guía MetAs, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrologos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan: noticias de la metrología, artículos e información técnica; seleccionada por nuestros colaboradores, que deseamos compartir con Usted, colegas, usuarios, clientes, estudiantes, amigos y en fin, con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas
E-mail: laguiametas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

Servicios Metrológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metrológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metrológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

Desde el punto de vista metrológico como cualquier instrumento de medición, los refractómetros requieren de su calibración, con el objeto de conocer el error y la incertidumbre del instrumento y de ésta forma asegurar la calidad del producto, dando cumplimiento a los requisitos del sistema de calidad del laboratorio. Otro aspecto importante que se deriva de mantener los refractómetros calibrados, es detectar un mal funcionamiento que puede ser anticipadamente corregido sin afectar el proceso por falla del instrumento.

En esta edición de *La Guía MetAs*, presentamos las definiciones básicas, el principio de medición de los refractómetros, los diferentes tipos y sus componentes, la influencia de la temperatura, los materiales de referencia empleados para la calibración, así como la trazabilidad.

DEFINICIONES

Índice de Refracción: se define como la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción del haz de luz al pasar de un medio a otros de diferente densidad.

El símbolo del índice de refracción es “ n ” y su unidad adimensional es el “1”.

Reflexión: Es un proceso físico por el cual la energía radiante que incide sobre una superficie es parcialmente proyectada en otras direcciones sin cambio en la frecuencia.

Refracción: Es el cambio de dirección que sufre un rayo de luz al pasar oblicuamente de un medio a otro de densidad distinta.

Refractometría: Es la técnica que mide directamente el índice de refracción.

Refractómetro: Instrumento de medición utilizado para determinar el índice de refracción, fue inventado por el Dr. Ernst Abbe. (ver la biografía de Ernst Abbe).

Sucrosa: $C_{12}H_{22}O_{11}$. Cristales blancos, combustibles y solubles en agua que se descomponen a 160...186 °C, se extrae de la caña o remolacha de azúcar, se emplea como endulcorante en bebidas y alimentos para preparar jarabes, conservas y compotas. Se denomina también sacarosa, azúcar de mesa.

Refracción

Refractómetro

Refractometría

PRINCIPIO DE MEDICIÓN

El principio de medición en refractometría es el cambio de dirección que sufre el haz de luz al pasar de un medio a otro de distinta densidad, siempre que el segundo medio sea ópticamente más denso que el primero, a su vez los ángulos formados son directamente proporcionales a las velocidades de la luz en los dos medios, ver la figura 1.

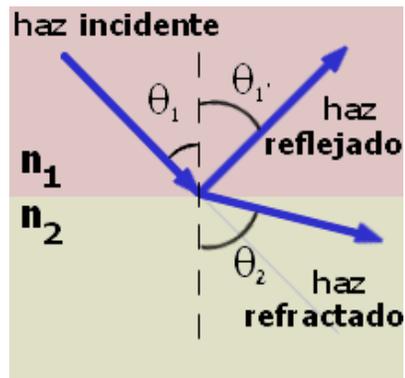


Figura 1. Refracción de un haz de luz al pasar de un medio a otro de diferente densidad.

Para el cálculo del índice de refracción se emplea la ecuación de la Ley de Snell:
(ver la biografía de Willebrord Snel van Royen).

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

n_1 = Índice de refracción del medio 1;

n_2 = Índice de refracción del medio 2;

$\sin \theta_1$ = Seno del ángulo de incidencia;

$\sin \theta_2$ = Seno del ángulo refractado.

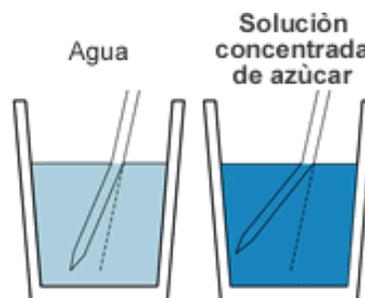


Figura 2. Fenómeno de refracción, al introducir un lápiz en agua, se observa un ángulo de inclinación, y al introducirlo en una solución acuosa de azúcar se observa el aumento de ángulo de inclinación, debido al aumento de la densidad de la solución.

SUSTANCIA	ÍNDICE DE REFRACCIÓN
Agua	1,333
Líquidos orgánicos	1,300...1,700
Vidrio	1,500...1,900
Cuarzo fundido	1,458
Cristal de cuarzo	1,544
Diamante	2,4173
Dióxido de Titanio (Rutilo)	2,620...2,900

Tabla 1. Valores de índice de refracción de algunas sustancias.

TIPOS DE REFRACTÓMETROS

Existe una amplia gama de refractómetros en el mercado actual, se pueden clasificar de acuerdo a su diseño óptico y aplicación en:

- # Refractómetros Tipo ABBE;
- # Refractómetros por inmersión;
- # Refractómetros de desplazamiento de imagen.

ABBE

Inmersión

Desplazamiento



Figura 3. Refractómetro tipo ABBE.



Figura 4.
Refractómetro de mano
(portátil).



Figura 5.
Refractómetro digital
para líquidos.

Lámpara

Prisma

Escala

PARTES FUNDAMENTALES DE UN REFRACTÓMETRO

Lámpara

La fuente de radiación más comúnmente utilizada es la lámpara de filamento de tungsteno que emite luz blanca.

Prisma

Es un pequeño bloque de material de vidrio con dos superficies planas y pulidas, diseñado para controlar ángulos con mayor precisión. El prisma más común es el prisma Amici, que actúa como monocromador y selecciona la longitud de onda de 589 nm (línea de emisión del sodio) (ver la biografía de su descubridor, Giovanni Battista Amici).

Escalas

Escala de índice de refracción

Proporciona directamente los valores de índice de refracción, el intervalo es de $n=1,3$ a $n=1,7$. Puede ser analógica o digital.

Escala de fracción (concentración) en masa de sucrosa

Significa el % en peso de sucrosa contenida en 100 g de solución de sucrosa. Proporciona directamente los valores de concentración de sucrosa en % masa ó % Brix, el intervalo es de 0 % a 95 %. Puede ser analógica o digital.

SISTEMAS REFRACTOMÉTRICOS

Los fabricantes de refractómetros emplean principalmente dos sistemas de medición: sistema transparente, para refractómetros tipo ABBE y sistema de reflexión para refractómetros digitales, ver las figuras 6 y 7.

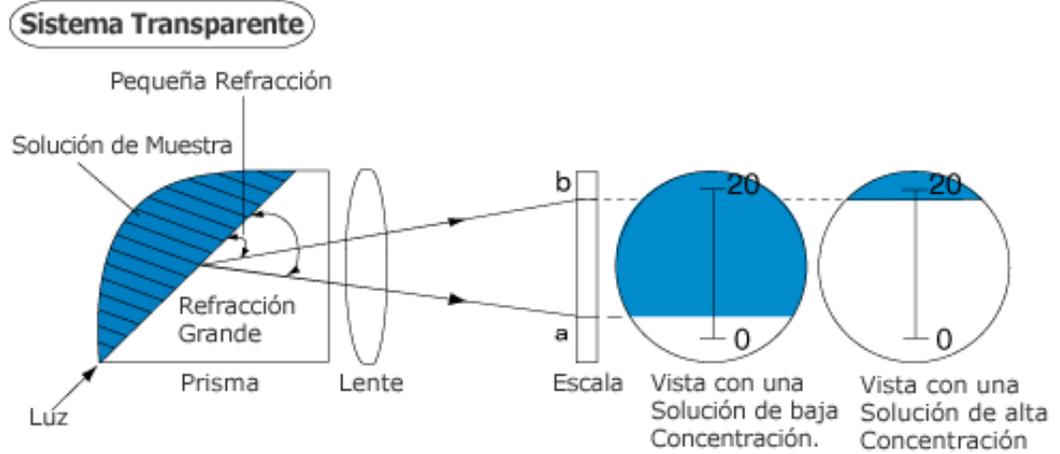


Figura 6. Sistema transparente.

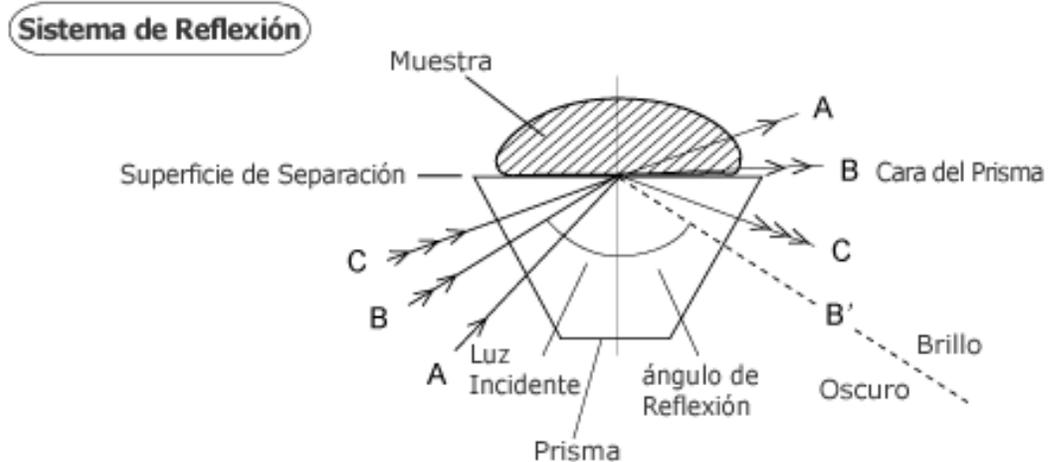


Figura 7. Sistema de reflexión.

TEMPERATURA EN LAS MEDICIONES DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN

La temperatura es un parámetro de influencia en las mediciones de índice de refracción, ya que en la mayoría de los líquidos éste disminuye aproximadamente 0,00045 al aumentar 1 °C, mientras que en los sólidos disminuye únicamente 0,00001 por cada 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.

ABBE
Transparente

Digitales
Reflexión

RELACIÓN ÍNDICE DE REFRACCIÓN - FRACCIÓN EN MASA DE SUCROSA

Como se vio anteriormente los refractómetros tienen dos escalas: la escala de índice de refracción y la escala de fracción (concentración) en masa de sucrosa, existe una relación entre ambas, publicada en tablas por ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) válidas para una temperatura de 20 °C y una longitud de onda de 589,3 nm; las cuales se pueden consultar en la publicación de la OIML R 108 (Organisation Internationale de Métrologie Légale), refractómetros para la medición de contenido de azúcar de jugo de fruta.

Al igual en esta publicación se dan los valores de corrección por temperatura para la escala de fracción (concentración) en masa. Metrológicamente se tiene:

Magnitud:

Índice de refracción

Símbolo de la unidad:

1

Mensurando:

Fracción (concentración)
en masa de sucrosa

Símbolo de la unidad:

% masa ó % Brix

Índice de
Refracción

versus

Concentración
Masa

MATERIALES DE REFERENCIA

Los materiales de referencia que se utilizan para la calibración de refractómetros son:

Cristales de vidrio (silicio)

Tienen valores específicos de índice de refracción, su intervalo es de $n = 1,4$ a $n = 1,7$. Estos son: FK3, SF-15, F-5, BK-7 y F-5.

Soluciones de líquidos orgánicos

Tienen valores específicos de índice de refracción; su intervalo es de $n = 1,3$ a $n = 1,5$. Estos son: Aceite mineral, alcohol isobutílico, etanol absoluto, ciclohexano y soluciones de fructuosa y u o glucosa.

Ambos tipos de materiales de referencia se deben seleccionar según el intervalo de medición del refractómetro a calibrar.

Es importante mencionar el uso de agua destilada como material de referencia antes de efectuar mediciones en el refractómetro, realizando un ajuste usual o verificación a 20 °C y confirmar los valores de:

Índice de refracción (n)	1,33299
Fracción masa, % masa (% Brix)	0 %



Figura 8. Foto de los cristales de índice de refracción y líquidos.

TRAZABILIDAD

La trazabilidad en la calibración de refractómetros se obtiene a través de los valores certificados de Materiales de Referencia trazables a patrones nacionales, caracterizados por el laboratorio primario (CENAM) o a través de laboratorios de referencia secundarios acreditados como **MetAs & Metrólogos Asociados** que cuenten con el sistema de referencia de refractometría.

MRC:
Cristales
&
Líquidos

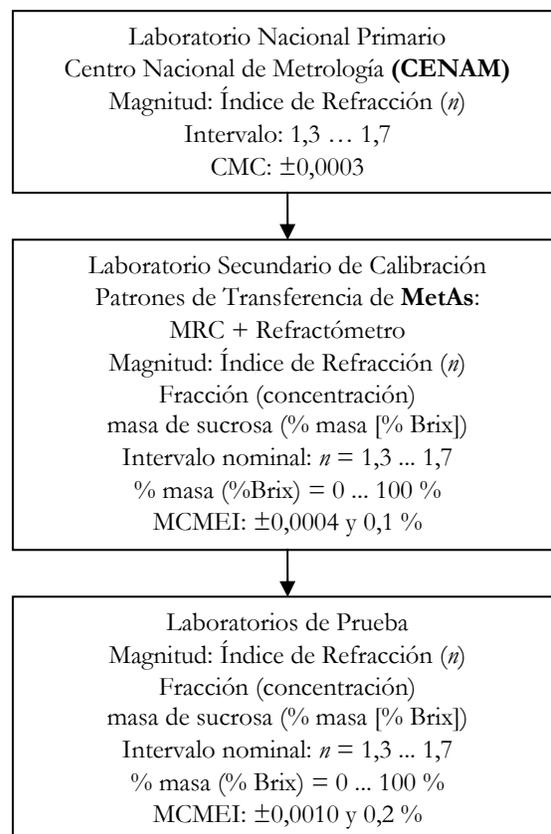


Figura 9. Carta de trazabilidad.

CONCLUSIONES

Los refractómetros son instrumentos del área óptica, su calibración se realiza con cristales o líquidos de referencia dependiendo del intervalo de medición de las pruebas efectuadas. El servicio de calibración se puede hacer a través de un laboratorio de metrología externo especialista en esta área o bien internamente si el usuario cuenta con los materiales de referencia certificados, conocimiento del método y procedimiento de calibración.

La temperatura es un factor importante en mediciones en líquidos, tanto en índice de refracción o en fracción (concentración) en masa de sucrosa, por lo que se requiere un control a $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Existen refractómetros que tienen sistemas de control o compensación de temperatura.

En la industria de alimentos y bebidas la medición de la concentración de contenido de azúcar en los productos es muy importante ya que representa un parámetro crítico de aceptación o rechazo.

El Laboratorio de Metrología Óptica de MetAs & Metrólogos Asociados cuenta con el sistema de referencia de refractometría ofrece los servicios de:

- # Calibración de refractómetros en índice de refracción o fracción (concentración) en masa de sucrosa;
- # Caracterización de cristales o líquidos de referencia en índice de refracción o fracción (concentración) en masa de sucrosa;
- # Venta de materiales de referencia para calibración de refractómetros.

BIOGRAFÍAS

Willebrord Snel van Royen



Willebrord Snel van Royen (Leiden, 1580 - 30 de octubre de 1626), también conocido como Snellius, fue un astrónomo y matemático holandés célebre por la ley de la refracción que lleva su nombre.

Introdujo varias descubrimientos importantes sobre el tamaño de la Tierra y realizó mejoras el método aplicado al Cálculo.

Giovanni Battista Amici



Giovanni Battista Amici fue un astrónomo, óptico y naturalista italiano. Nació en Módena el 25 de marzo de 1786 y murió en Florencia el 10 de abril de 1863.

Hizo importantes descubrimientos en el campo de la óptica, especialmente en la microscopía, si bien construyó telescopios tanto refractivos como reflectores, prismas reflectivos, y muchos otros instrumentos ópticos.

Ernst Abbe



Ernst Karl Abbe (23 de enero de 1840, 14 de enero de 1905), físico alemán conocido por sus trabajos sobre óptica. Trabajó con Carl Zeiss en el diseño de microscopios y otros instrumentos ópticos corrigiendo gran parte de las aberraciones ópticas presentes en los instrumentos ópticos de la época.

Abbe desarrolló la mayor parte de su actividad académica en la Universidad de Jena siendo también durante un tiempo director del observatorio astronómico de Jena.

Snel

Amici

Abbe

REFERENCIAS

- Nava, J. Pezet, F. Mendoza, J. y Hernández, I. (1998). El Sistema Internacional de Unidades (SI). Publicación Técnica CNM-MMM-PT-003. CENAM, Centro Nacional de Metrología. Querétaro, México.
- OIML R-108. (1993). Refractometers for the measurement of the sugar content of fruit juices. OIML, Organisation Internationale de Métrologie Légale.
- Olsen, Eugene D. Métodos ópticos de análisis. Editorial Reverté S.A.
- Parker, Sybil P. Diccionario de química. Tomo II. Editorial McGraw-Hill.
- Ruiz, A. Ortega, T. Metodología para la calibración de refractómetros. Notas. CENAM, Centro Nacional de Metrología. Querétaro, México.
- Wikipedia. (2008). enciclopedia libre. <http://es.wikipedia.org/wiki>.