A digital multimeter with a yellow and black casing is shown on a green circuit board. The multimeter's dial is set to the resistance (Ω) mode. Red and black test leads are plugged into the COM and VΩHz ports. The circuit board features various electronic components like resistors, capacitors, and integrated circuits.

Energía eléctrica: conceptos y principios básicos

Valores efectivos y promedio



Tecnológico
de Monterrey

Voltajes y corrientes efectivos

¿Cómo se calculan los voltajes y corrientes promedio y efectivos?



El **valor promedio** de cualquier señal eléctrica, se obtiene sacando el **área total bajo la curva en un ciclo y dividiéndolo entre su periodo**. El área arriba del eje x, se considera positiva y el área debajo del mismo eje se considera negativa. Estas señales pueden ser de **voltaje** o de **corriente**.

[486310899]/Blankstock/istock

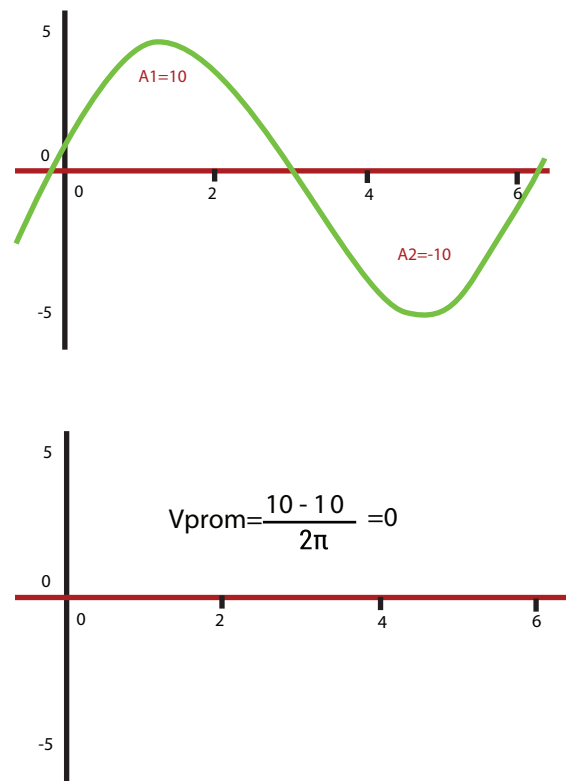
A continuación se muestra cómo se obtiene el **valor promedio** de dos señales eléctricas:

Valor promedio en señal senoidal

En la gráfica de la derecha, se muestra una **señal senoidal** que indica el valor de cada una de esas **áreas**.

Este tipo de señal, se caracteriza porque el **área** arriba del eje x y debajo de este son **iguales**, por lo que si se obtiene la **altura promedio** del área en un ciclo completo, el valor sería **cero**.

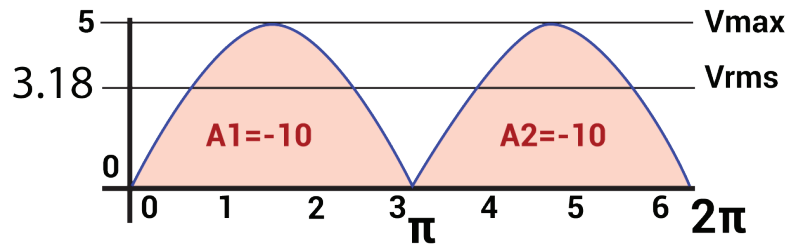
En una señal senoidal o cosenoidal, se puede concluir que el **valor promedio**, sin importar su magnitud ni el periodo, tendrá un **valor promedio** igual a **cero**.



- $V_{prom}=0$
- $I_{prom}=0$

Valor promedio en señal senoidal rectificada de onda completa

La **señal senoidal rectificada de onda completa**, se obtiene haciendo **positiva** la parte de la señal que en un principio era **negativa**. Este proceso de pasar la señal de un lado negativo al positivo es muy frecuente en el área de **electrónica** y se logra fácilmente con un circuito llamado **rectificador de onda completa** (en este momento solo se abordará el tipo de onda que se genera).



01

El **valor promedio** para la señal de la figura, es la **suma de las áreas entre el periodo de la señal**:

$$V_{prom} = \frac{10 + 10}{2\pi} = 3.18$$

02

En este tipo de señales, el valor promedio también se puede obtener usando **valor máximo (Vmax)** con la siguiente ecuación:

$$V_{prom} = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi}$$

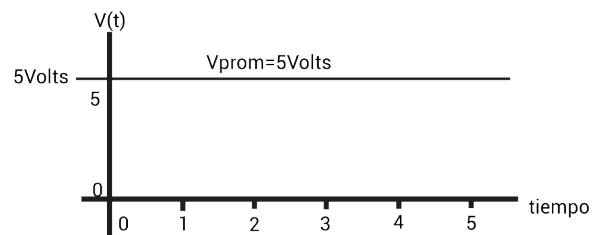
03

En este ejemplo el **resultado** sería:

$$V_{prom} = \frac{2 \cdot 5}{\pi} = 3.18$$

A partir de los ejemplos anteriores, se puede analizar que la **ecuación** que permite obtener el **valor promedio de una señal, depende** de la **forma de la señal** que se esté trabajando.

Por último, para **señales que no cambian en el tiempo**, como en corriente directa, el **valor promedio** es el mismo valor que el de la señal.



Valores efectivos de una señal – Valor rms

En la práctica, los **voltajes** y **corrientes** en circuitos eléctricos de **corriente alterna**, se manejan con un valor conocido como **valor efectivo de la señal** o más usualmente llamado **valor rms** (*root mean square*) raíz cuadrática media por sus siglas en inglés.

Como puedes ver, en la práctica no se utilizan los valores máximos ni sus valores promedio. Entonces, para diferenciarlos,

siempre que se proporcione un valor efectivo de una señal eléctrica, se debe indicar las siglas rms tanto en el nombre de las unidades como en la variable.

Por ejemplo: **Vrms = 10rms**

Para obtener el valor efectivo de una señal eléctrica en forma gráfica, se realiza el siguiente proceso:

01

Se eleva la señal al **cuadrado**, para que sus valores siempre sean **positivos**.

02

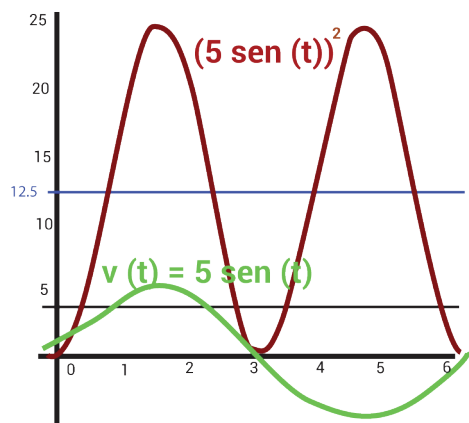
Se obtiene el **promedio** de esta nueva señal.

03

Se obtiene la **raíz cuadrada** del **valor promedio** y esto dará como **resultado** el **valor rms** de la señal.

Ejemplo: A continuación se aplica este proceso a una señal senoidal $v(t) = 5 \cdot \text{sen}(t)$ volts

En esta señal:



Primero **se elevó al cuadrado** la señal senoidal, lo que hace que esta se haga **positiva** y con picos máximos de **25**.

Luego se obtuvo el **área total** bajo las dos jorobas, y **se divide entre el periodo de la señal** que en este caso es 2π , que da un **valor promedio** de **12.5**.

Para obtener el **valor efectivo (rms)** de la señal senoidal, solo se sacó la **raíz cuadrada** de ese **valor promedio**:

$$V_{rms} = \sqrt{12.5} = 3.54 \text{ Vrms.}$$

Voltaje efectivo (Vrms)

De manera general, para las **señales** de voltaje **seno** o **coseno**, en donde se conozca el **voltaje máximo (Vmax)**, el valor del voltaje efectivo (**Vrms**) está dado por la ecuación:

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

Si se aplica esta fórmula a la señal senoidal anterior en donde su Vmax era de 5V, se obtendría:

$$V_{rms} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3.54 \text{ Vrms.}$$

Corriente efectiva (Irms)

Si la señal senoidal o cosenoidal perteneciera a una **corriente eléctrica** con valor de amplitud máxima (**I_{max}**), la corriente efectiva (**I_{rms}**) tendría el **mismo formato** de la **ecuación** de voltaje y su valor efectivo sería :

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Es importante aclarar que el valor efectivo es independiente del valor de la frecuencia de la señal, por ende, si la frecuencia de la señal varía, el valor efectivo de esta permanecerá constante.

Ejemplo:

Calcula el voltaje efectivo de las siguientes señales senoidales de voltaje:

a) $v_1(t) = 10 \cdot \text{sen}(5t)$

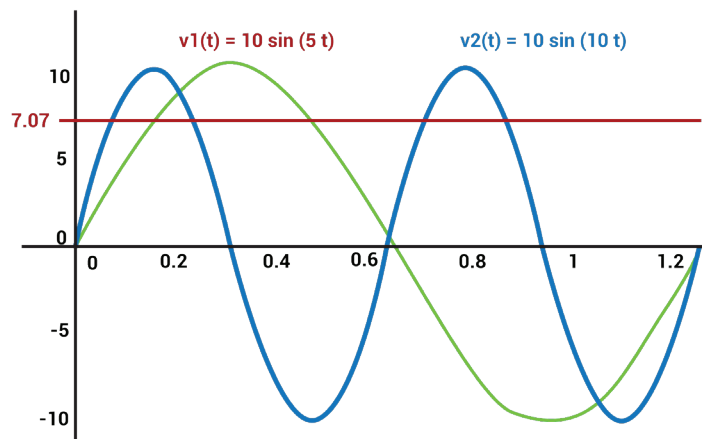
b) $v_2(t) = 10 \cdot \text{sen}(10t)$

Solución:

Aplicando la ecuación para señales senoidales, se obtiene que su **valor efectivo** es:

$$V_{rms} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07 \text{ Vrms}$$

y es el mismo resultado para ambas.

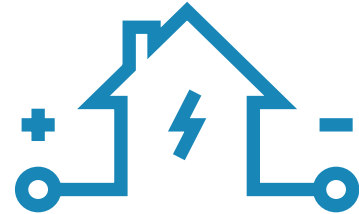


Ejemplo basado en el contexto mexicano

En **México**, el valor de **voltaje** que llega a un hogar es de **127 Vrms** a 60Hz, lo cual significa que la señal senoidal tiene una amplitud máxima:

$$V_{\max} = \sqrt{2} \cdot V_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 127 = 180V$$

Y su **ecuación** matemática sería: $v(t) = V_{\max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$



Que es igual a $v(t) = 180 \cdot \text{sen}(377 \cdot t)$, ya que la frecuencia angular es

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 60 = 377 \text{ rad/seg.}$$

Para comprobar el **Vrms** podemos utilizar la fórmula $V_{\text{rms}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$

Lo cual nos dará como resultado $V_{\text{rms}} = \frac{180}{\sqrt{2}} = 127.27 \text{ Vrms.}$

Normalmente, cuando se trabaja con señales alternas, se da por hecho que los valores de voltaje y de corriente se proporcionan dando su valor efectivo, aunque no se señale con **rms**. Cuando se indica otro valor, como lo puede ser el **valor máximo** de la señal, sí se especifica de lo que se trata (**Vmax**).

Cómo pudiste ver, los **valores promedio y efectivo** de una señal eléctrica alterna **son diferentes entre sí**, ya que uno es el promedio del área bajo la curva y el otro también es el promedio del área bajo la curva pero de la señal elevada al cuadrado y posteriormente se saca raíz cuadrada al valor promedio obtenido.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 "Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica", con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

El trabajo intelectual contenido en este material, se comparte por medio de una licencia de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX) del tipo "Atribución-No Comercial Sin Derivadas", para conocer a detalle los usos permitidos consulte el sitio web en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/mx>



Se permite copiar, distribuir, reproducir y comunicar públicamente la obra sin costo económico bajo la condición de no modificar o alterar el material y reconociendo la autoría intelectual del trabajo en los términos específicos por el propio autor. No se puede utilizar esta obra para fines comerciales, y si se desea alterar, transformar o crear una obra derivada de la original, se deberá solicitar autorización por escrito al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

CFE
Comisión Federal de Electricidad

CONACYT
45 años

Tecnológico de Monterrey

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS LIMPIAS

Colaboran:

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ASU ARIZONA STATE UNIVERSITY