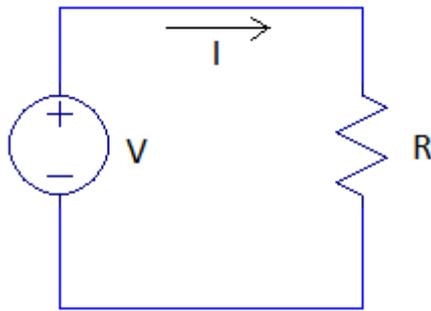




APUNTE- CLASE 2 "PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD"

1. Circuitos eléctricos

Definición: Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos eléctricos interconectados entre sí que permiten generar, transportar y utilizar la energía eléctrica, en el común de los casos con la finalidad de transformarla en otro tipo de energía. Un circuito cerrado permite la conducción de corriente eléctrica al aplicarse una diferencia de tensión sobre el mismo.



Tensión

Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Si un punto P_1 tiene un potencial eléctrico V_1 , y un punto P_2 tiene un potencial eléctrico V_2 , entonces la diferencia de potencial o tensión entre ambos puntos será $V = V_2 - V_1$. Vemos que sólo las diferencias en el potencial eléctrico tienen significado, es decir, se toma un punto de referencia y se mide cuál es el potencial en otro punto en relación a este. En general, se adopta la tensión de referencia como $V_1 = 0$, generalmente establecida por la masa. La tensión eléctrica se mide en Volts [V].

Corriente eléctrica

Es la rapidez a la cual fluye la carga eléctrica a través de una superficie. La cantidad del flujo depende tanto del material a través del cual pasan las cargas y de la diferencia de potencial que existe entre un extremo y otro del material. Como regla convencional, se asigna a la corriente la misma dirección que la del flujo de cargas positivas. En los conductores eléctricos la corriente está ocasionada por el movimiento de electrones con carga negativa, por lo que la dirección de la corriente será opuesta al flujo de electrones. La corriente eléctrica se mide en Amperes [A].

Resistencia

La resistencia de un material conductor se define como la oposición a la circulación de corriente sobre dicho material. Es función de las dimensiones del conductor, y de la resistividad del material, de tal forma que

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

donde l es la longitud y A es el área de la sección transversal del conductor, y ρ es la resistividad del material.



Tabla de resistividades de algunos materiales

Material	Resistividad (en 20 °C-25 °C) ($\Omega \cdot m$)
Plata ²	$1,55 \times 10^{-8}$
Cobre ³	$1,71 \times 10^{-8}$
Oro ⁴	$2,22 \times 10^{-8}$
Aluminio ⁵	$2,82 \times 10^{-8}$
Wolframio ⁶	$5,65 \times 10^{-8}$
Níquel ⁷	$6,40 \times 10^{-8}$
Hierro ⁸	$9,71 \times 10^{-8}$
Platino ⁹	$10,60 \times 10^{-8}$
Estaño ¹⁰	$11,50 \times 10^{-8}$
Acero inoxidable 301 ¹¹	$72,00 \times 10^{-8}$
Grafito ¹²	$60,00 \times 10^{-8}$

Puede demostrarse que para un conductor a cuyos extremos se aplica una diferencia de potencial V , circulará una corriente I de forma que

$$R = V/I$$

Esto se conoce como la ley de Ohm, y los materiales que la cumplen se denominan óhmnicos. En base a esto, la unidad de resistencia es el Ohm [Ω].

Potencia eléctrica

Si se considera un dispositivo el cual es sometido a una diferencia de potencial V , puede definirse la potencia como la rapidez a la cual se le entrega energía. La potencia será definida como

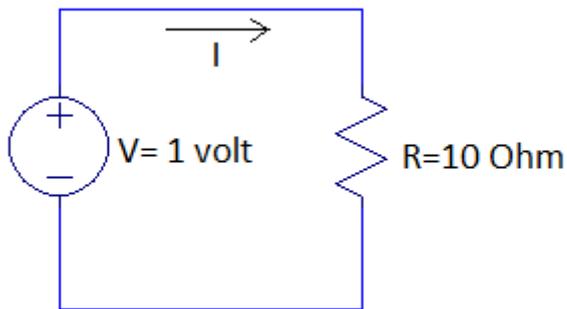
$$P = I V$$

Si se considera que el dispositivo sobre el cual se analiza la potencia es un conductor de resistencia, entonces puede aplicarse la Ley de Ohm, obteniéndose

$$P = I^2 R = V^2 / R$$

La unidad de la potencia es el watt [w]. El proceso mediante el cual se pierde potencia en un conductor de resistencia R se denomina efecto joule.

Ejemplo:



Para el circuito del ejemplo, la corriente valdrá $I = V/R = 0.1A$, y la potencia disipada en la resistencia será de $P = V^2/R = I^2R = IV = 0.1 \text{ watt}$.

Ejercicio: Determinar la corriente y la potencia disipada en la resistencia para el circuito del ejemplo, con:

- $V = 5 \text{ volts}, R = 220\Omega$
- $V = 10 \text{ volts}, R = 4k\Omega$

Leyes de Kirchhoff

Son dos principios elementales que permiten el análisis de circuitos eléctricos:

Ley de las uniones: la suma de las corrientes que entran a cualquier unión debe ser igual a las de las corrientes que salen de ella:

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{salida}}$$

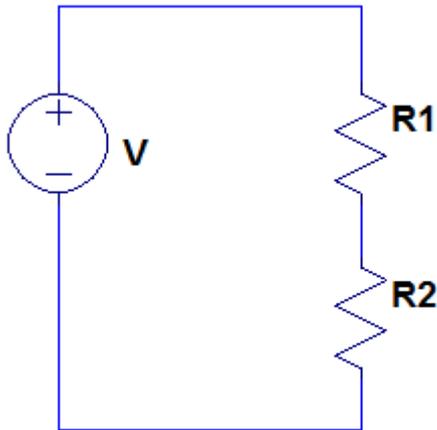
Ley de las mallas: la suma de las diferencias de potencial aplicadas a todos los elementos alrededor de un circuito cerrado debe ser igual a cero:

$$\sum_{\text{circuito cerrado}} V = 0$$

La primera ley es un resultado de la ley de la conservación de la carga eléctrica: todas las cargas que entran en un punto dado en un circuito deben abandonarlo debido a que la carga no puede acumularse en un punto. La segunda ley es una consecuencia de la ley de la conservación de la energía.

Resistencias en serie y en paralelo

Si se conectan en serie dos resistencias, tal como indica la figura, puede verse que las corrientes son las mismas en ambas resistencias, ya que la cantidad de carga que pasa a través de ellas es la misma en el mismo intervalo de tiempo.



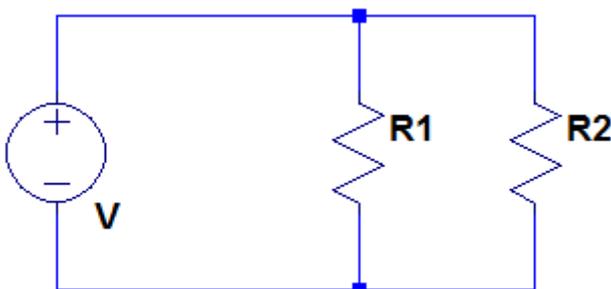
Luego, por la ley de Ohm, $V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$. Bajo el mismo análisis, si se tienen n resistencias conectadas en serie, $V = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$.

Si denotamos una resistencia equivalente $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$, vemos que la resistencia equivalente de una conexión en serie de resistores es la suma numérica de las resistencias individuales y es siempre mayor a cualquier resistencia individual. Puede verse que si se mantiene la tensión pero se agregan resistencias, para conservar la igualdad necesariamente la corriente deberá ser menor.

Si en cambio se conectan resistencias en paralelo, como puede verse en la figura, se ve que la diferencia de potencial aplicada a los resistores es la misma. Se ve que la corriente que es extraída de la fuente se divide en ambas ramas, luego

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = V/R_{eq}$$

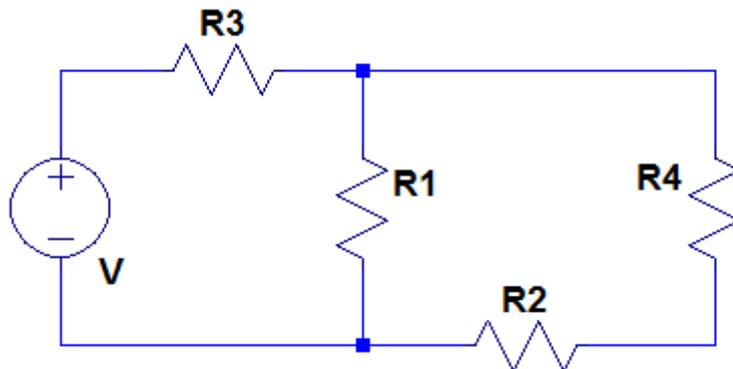
donde R_{eq} la resistencia equivalente a dos resistencias en paralelo. Si esto se extiende a n resistencias en paralelo, se tiene que $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$. Luego, el inverso de la resistencia equivalente de dos o más resistencias conectadas en paralelo es igual a la suma de los inversos de las resistencias individuales. Además, la resistencia equivalente siempre es menor que la resistencia más pequeña del grupo.





Ejercicios:

- Calcular la resistencia equivalente para dos resistencias en serie, de valores $R_1 = 100\Omega$ y $R_2 = 1k\Omega$, con $V = 5V$. Determinar la corriente que circula por cada una de ellas y por la resistencia equivalente, y la caída de tensión en cada una de ellas.
- Calcular la resistencia equivalente para dos resistencias en paralelo, $R_1 = 4000\Omega$ y $R_2 = 2k\Omega$, con $V = 10V$. Determinar la corriente que circula por cada una de ellas y por la resistencia equivalente, y la caída de tensión en cada una de ellas.
- Determinar la resistencia equivalente para el siguiente circuito:

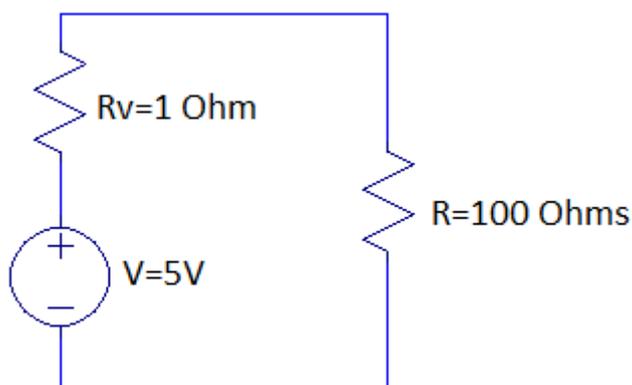


$R_1=100\text{ Ohms}$
 $R_2=200\text{ Ohms}$
 $R_3=100\text{ Ohms}$
 $R_4=200\text{ Ohms}$

Circuitos de corriente directa, fuentes de tensión reales e ideales.

Los circuitos de corriente directa son los circuitos en los cuales las fuentes de energía presentan magnitudes constantes, es decir, no variantes en el tiempo. En general se consideran dos tipos de fuentes, las fuentes de tensión y de corriente, las cuales fijan un valor de la magnitud correspondiente. Por ejemplo, una fuente de tensión fija una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito; la corriente que circule por el circuito será consecuencia tanto de los componentes del circuito como de la tensión fijada por la fuente.

En general, las fuentes reales presentan una resistencia al flujo de las cargas dentro de sí mismas, que estará determinado por su diseño y por los materiales de construcción. Esta resistencia al flujo se denomina resistencia interna r . Cuando es posible despreciar esta resistencia, se dice que la fuente de tensión es ideal al no causar pérdidas significativas.



En la imagen, la fuente tiene una resistencia interna asociada de 1 Ohm, la cual consume energía de forma independiente de la resistencia de carga R.

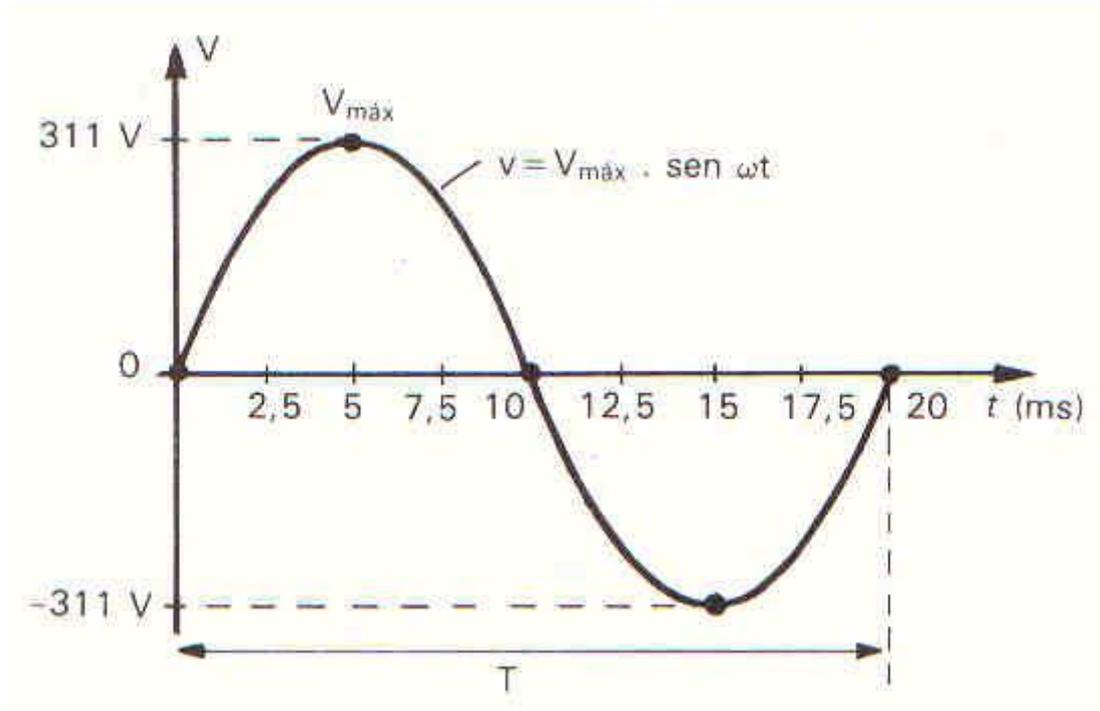


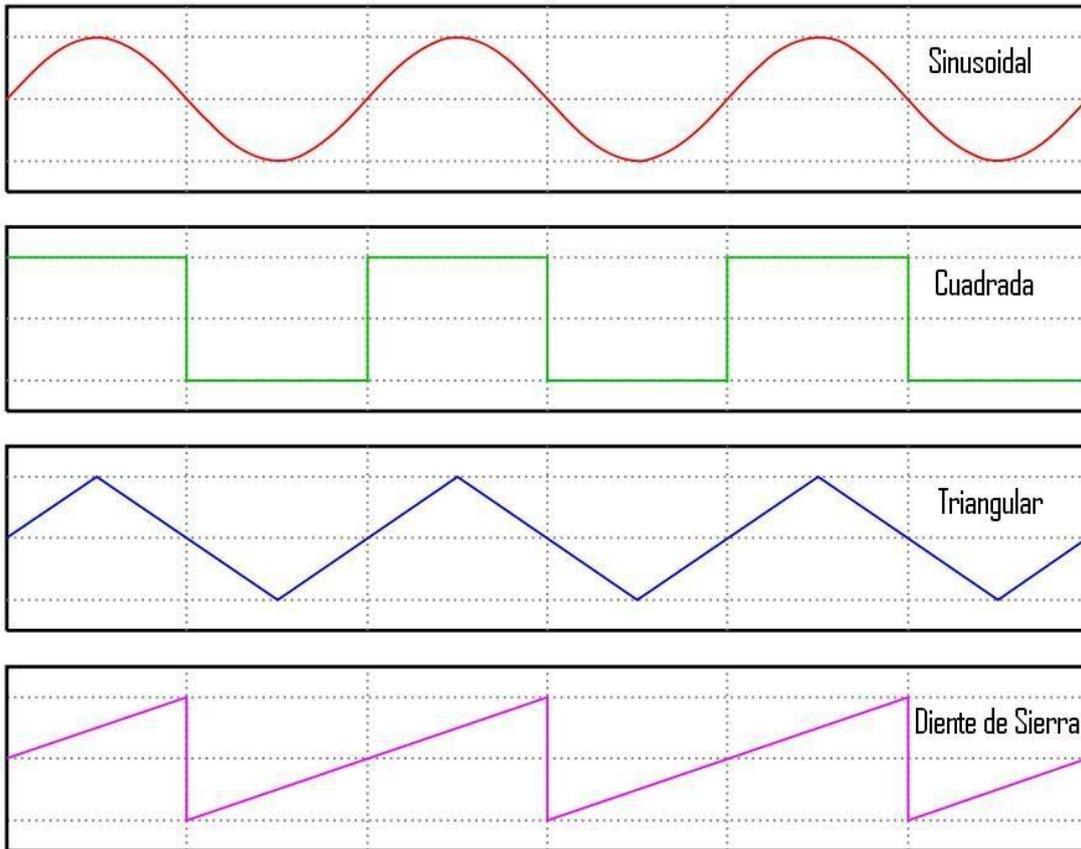
2. Circuitos de corriente alterna

Los circuitos de corriente alterna son los circuitos en los cuales las fuentes de energía presentan magnitudes variantes en el tiempo, periódicas, y *cuyo valor medio sea nulo*. Algunos ejemplos son fuentes senoidales, triangulares, diente de sierra, entre otros. En nuestro país se genera y distribuye energía eléctrica a partir de tensiones senoidales, de la forma:

$$V = V_{max} \sin(2\pi ft + \theta)$$

donde f es la frecuencia de la onda, θ es su desfase, y V_{max} su amplitud máxima. Esto ocasiona a su vez la circulación de corrientes senoidales, $I = I_{max} \sin(2\pi ft + \varphi)$.





Valor eficaz o rms

El valor eficaz o *rms* (*root mean square*) de una señal alterna (de corriente o tensión) se define como el valor de amplitud que debería tener una señal continua para consumir la misma cantidad de energía que la alterna. Para el caso senoidal, el valor eficaz o *rm*s está dado por $V_{RMS} = V_{max}/\sqrt{2}$.

En la red eléctrica utilizada en Argentina, el valor de tensión eficaz es $V_{RMS} = 220V$, por lo que el valor máximo es de $V_{max} = V_{RMS}\sqrt{2} = 311V$.

Impedancia

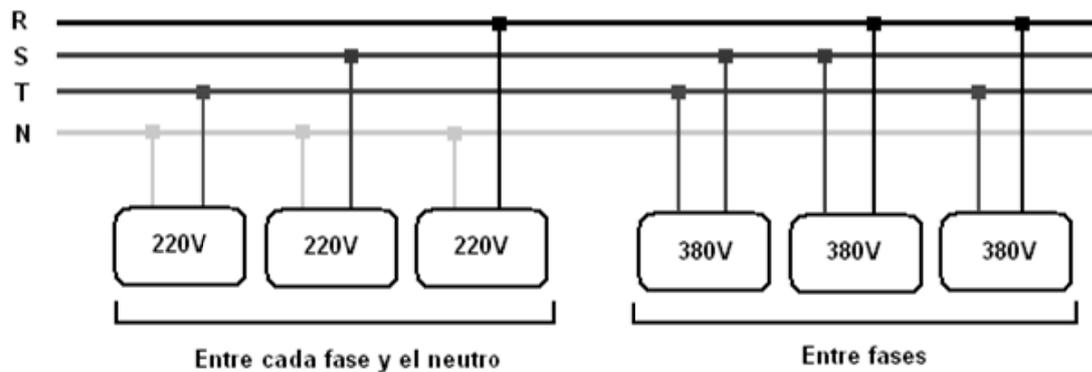
La impedancia es una medida de oposición a la corriente alterna. Por definición, la impedancia está dada por la relación $Z = V/I$. La unidad de la impedancia es el Ohm [Ω].



3. Instalaciones eléctricas

Instalaciones monofásicas y trifásicas

En las estaciones generadoras, por ejemplo, la localizada en El Chocón, se generan tres líneas de tensión independientes, simbolizadas **R**, **S**, **T**, desfasadas entre sí 120° , y una línea de neutro, **N**. Las instalaciones que reciben energías de las tres fases se denominan instalaciones trifásicas, y las instalaciones que reciben energía de una sola fase, monofásicas.

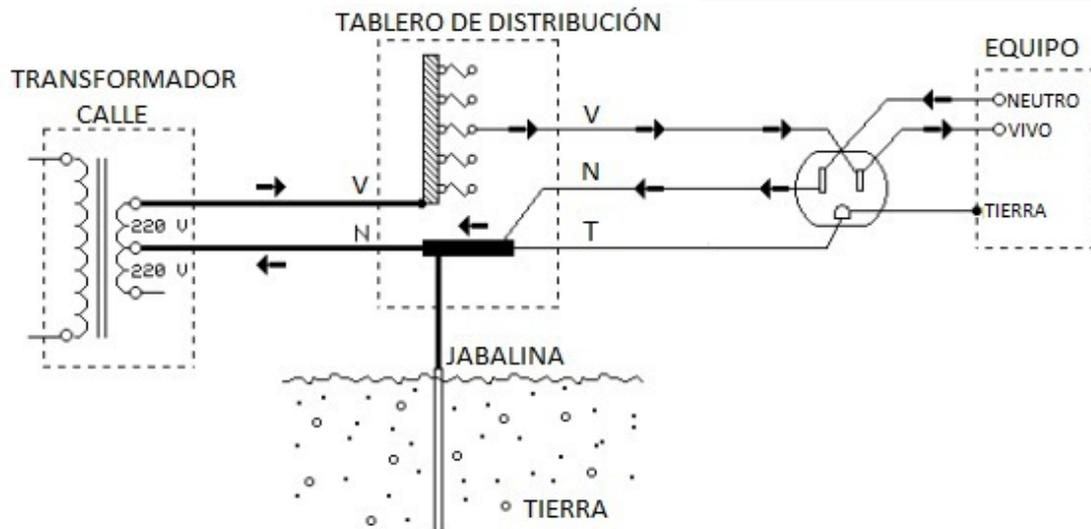


Tierra, Masa, Neutro

El *neutro* es una línea de referencia provista desde la estación generadora para cerrar el circuito de cada fase. Toda la corriente que pasa por una fase debe volver por el neutro hacia la estación.

La *tierra* constituye una línea de seguridad, provista por un conductor cuyo extremo es una jabalina puesta a tierra. En caso de haber una falla eléctrica, parte de la corriente se desvía por tierra en vez de volver por el neutro. En una buena instalación eléctrica, un interruptor diferencial ubicado en un tablero eléctrico detectará la diferencia de magnitudes entre la corriente de fase respecto de la del neutro, identificando una falla eléctrica, y abriendo el circuito para evitar accidentes. Por ejemplo, constituyen una vía de muy baja resistencia para la descarga de rayos.

La *masa*, por su parte, es simplemente una referencia de un conductor que es usado como retorno común de corrientes hacia la fuente eléctrica. En general se toma a la tensión de masa como una tensión de referencia para hacer mediciones dentro del mismo circuito, y puede estar, aunque no necesariamente, vinculada a tierra. En el caso de un problema de aislación contra el chasis la corriente fluye por este camino, y activará las medidas de seguridad necesarias, evitando que el usuario sea alcanzado por altas tensiones y sea una vía de conducción de corriente.



Tablero eléctrico

Un buen tablero eléctrico debe contar tanto con un interruptor diferencial, que se active cuando haya una fuga de corriente a tierra o una falla de aislación en algún equipo, y de un interruptor termomagnético, que se active en caso de sobrecorriente o cortocircuitos, resguardando a los equipos y personas. Además, es importante que el edificio tenga una adecuada puesta a tierra. En el tablero, el interruptor diferencial y el termomagnético deben tener la misma capacidad nominal (por ejemplo, 10 A), o bien el termomagnético debe tener menos, para proteger al interruptor diferencial contra cortocircuito y sobrecorriente.

Instalación de equipos

Al momento de instalar un equipo, es necesario calcular la cantidad de corriente que el mismo va a consumir, a fines de identificar si la instalación eléctrica es adecuada para garantizar su correcto estado y el de la misma instalación. Si un equipo exige demasiada corriente, y los cables conductores que constituyen la vía de alimentación de la instalación eléctrica no admiten tal magnitud, los mismos se verán destruidos debido a la sobrecorriente. Por ello, está normalizada la magnitud de corriente en relación a la sección de los cables que constituyen la instalación eléctrica. Si bien estos valores suelen variar por muchos factores, entre ellos la temperatura como el más predominante, son tenidos en cuenta para fijarlos como una cota máxima para el consumo de corriente permitido.



Intensidad de corriente admisible (para cables sin envoltura de protección)	
Sección del Conductor de cobre Según Norma IRAM 2183	Corriente Máxima Admisible
mm ²	A
1	9,6
1,5	13
2,5	18
4	24
6	31
10	43
16	59
25	77
35	96
50	116
70	148
95	180
120	207
150	228
185	200
240	290
300	340
400	385

4. Amplificadores

El objetivo de un amplificador es aumentar el nivel de las señales provenientes de generadores de bajo nivel, tales como los micrófonos, hasta alcanzar un nivel apto para excitar un altavoz.

Ganancia

La ganancia es la relación entre la tensión de entrada y de salida. Especifica cuánto se amplifica la señal de entrada. $G = V_{salida}/V_{entrada}$. En decibeles, $G_{dB} = 20 \log (V_{salida}/V_{entrada})$.

Clasificación de los amplificadores

Preamplificador: este tipo de amplificadores toma señales de audio y los amplifica hasta alcanzar un nivel de línea adecuado para enviarlo luego a distintos equipos, incluyendo una posterior etapa de potencia.

Amplificador de potencia: este tipo de amplificador aumenta el nivel de la señal de entrada lo suficiente como para poder excitar un altavoz.

Impedancia de entrada y de salida

Un amplificador consta de una magnitud predefinida denotada como impedancia de entrada. Esto es, la relación nominal entre la tensión y la corriente que se produce en su entrada al energizarlo. Luego, $Z_{ent} = V_{ent}/I_{ent}$. De la misma forma, se puede determinar también la impedancia de salida de un amplificador, $Z_{sal} = V_{sal}/I_{sal}$. Como regla general, se busca que las impedancias de entrada sean muy elevadas, para que no haya pérdida de nivel de la señal a la entrada del amplificador. Se suelen buscar además bajas impedancias de salida, para que la señal de salida sea bien transmitida a la carga, y que no hayan pérdidas de nivel de la señal en la salida del amplificador.



Factor de amortiguamiento: es la relación entre la impedancia nominal de carga y la impedancia real de salida. Por ejemplo, si un amplificador entrega cierta potencia a una carga de 4Ω y su impedancia de salida es $Z_{sal} = 0,02\Omega$, luego $F. A. = 4/0,02 = 200$.

Se consideran adecuados valores superiores a 4, lo que concuerda con la idea de buscar bajas impedancias de salida en el amplificador.

Potencia máxima de salida: depende del valor de la impedancia de carga; está dada por la relación $P = V^2/Z_{carga}$.

Sensibilidad: hace referencia a la tensión de entrada necesaria para lograr el máximo nivel de salida, antes de que suceda el recorte. Es decir, establece el valor de tensión de entrada para el cual se da la máxima potencia de salida.

Distorsión: Se definen dos tipos de distorsión, la distorsión total armónica (THD), y la distorsión por intermodulación (IMD, intermodulation distortion).

Distorsión Total Armónica: se refiere a la distorsión que experimenta una señal sinusoidal pura al atravesar un amplificador. El resultado de dicha deformación es la aparición de armónicos de la frecuencia original de la senoidal. Suelen admitirse valores de THD menores al 0.5%.

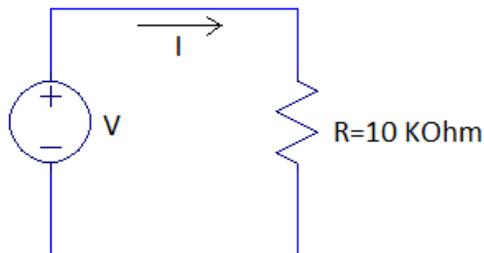
Distorsión por Intermodulación: se origina en la interfrecuencia mutua que se produce entre dos tonos senoidales de diferente frecuencia sumados en un mismo canal. En general los equipos poseen valores de IMD inferiores al 0.1%

Se destaca que la distorsión armónica total tiene a reforzar algunos armónicos dando mayor brillo a la señal de audio, mientras que la distorsión por intermodulación produce tonos que no están armónicamente relacionados con ninguno de los sonidos originales, produciendo un efecto notorio y desagradable.

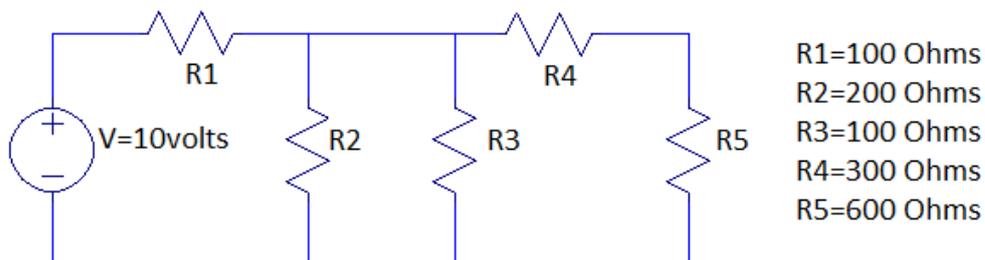


Práctica

- 1) A. Calcular la resistencia de un cable de cobre de $10m$ de largo y $1,5mm^2$ de ancho.
 B. Calcular la resistencia de un fragmento de estaño de $3cm$ de largo y $2mm^2$ de ancho.
- 2) Respecto al siguiente circuito, calcular la corriente y la potencia disipada en la resistencia cuando
 - a. $V = 1volt$
 - b. $V = 5volts$
 - c. $V = 10volts$



- 3) Identificar el valor de la resistencia equivalente del siguiente circuito. Identificar cuál es la corriente total que entrega la fuente y cuál es la corriente que circula a través de cada resistencia.



- 4) Suponga que se tiene una fuente de tensión con una resistencia interna de
 - a. $r = 1 Ohm$
 - b. $r = 0,1 Ohms$
 - c. $r = 101 Ohms$

Se quiere alimentar una carga de: i. $20 Ohms$ ii. $100 Ohms$.

Si consideramos que una caída de más del 1% de tensión en la resistencia interna de la fuente afecta la medición de corriente en la carga, identificar cuándo puedo despreciar la resistencia interna para cada resistencia de carga.

- 5) A) Suponga que tiene que instalar un equipo que consume $3500 watts$ de potencia a una línea de $220V$. Sabe que la instalación fue hecha con cables de cobre de $1,5mm^2$ de sección. Determinar si es aconsejable instalar el equipo.
 B) Ídem, considerando ahora un equipo que consume $2000 watts$.
 C) Ídem, considerando la conexión de dos equipos de $2000 watts$ conectados en serie y en paralelo.