



Universidad de la República
Uruguay



núcleo de ingeniería biomédica

ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA CON SEGURIDAD

**Clase 5 - Instalaciones eléctricas en hospitales:
dispositivos de medida, maniobra y protección**

8 de abril de 2025

Prof. Franco Simini, Ing. Isabel Morales,
MSc. Natalia Garay Badenian, Br. Alejandra Rial

Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería
HC piso 15 sala 2

Contenido de la clase

- Punto de partida: electricidad y magnetismo
- Generación de energía eléctrica
- Distribución de la energía eléctrica
- Control de la energía generada
- Dispositivos de protección



Electricidad y magnetismo

En presencia de movimiento de e- ó conductores

Electricidad

Campo eléctrico:

- Dirección: + y -
- Intensidad

Fuerza eléctrica:

- Dirección
- Intensidad

Actúa sobre **partículas cargadas**

Magnetismo

Campo eléctrico:

- Dirección: norte y sur
- Intensidad

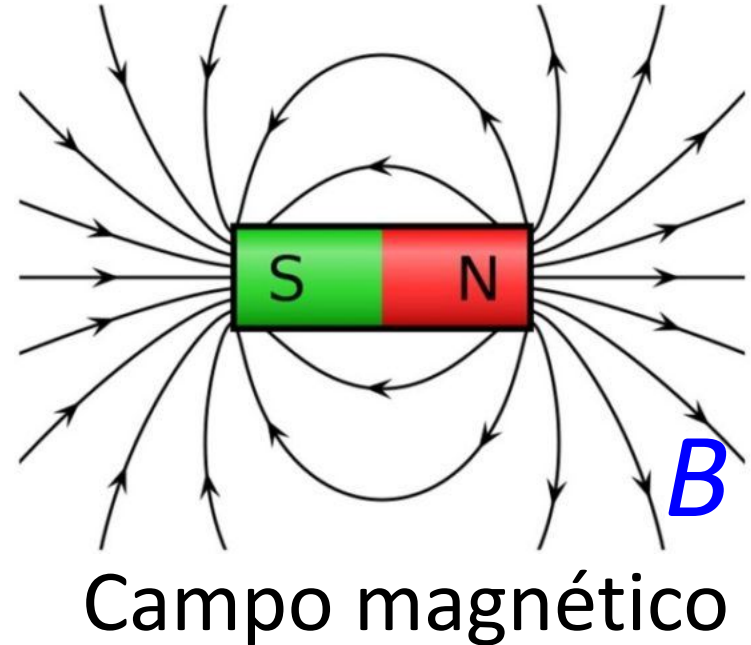
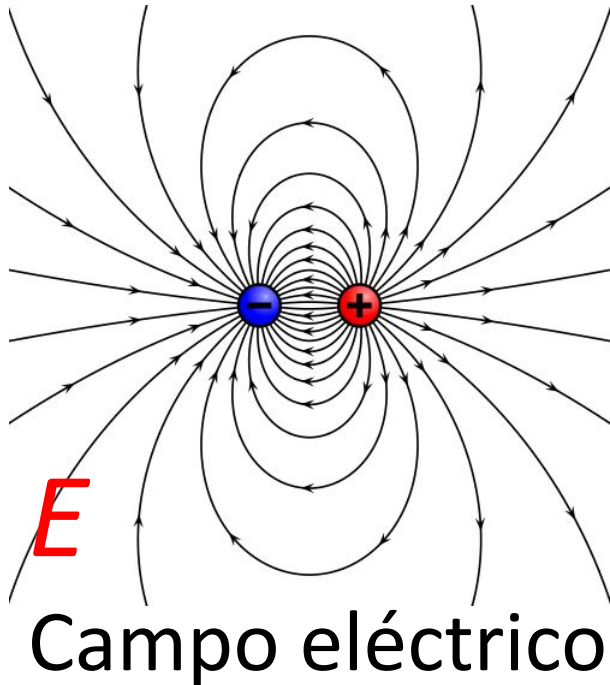
Fuerza magnética:

- Dirección
- Intensidad

Actúa sobre **partículas cargadas.**

Electricidad y magnetismo

Ley de Lorentz



$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

F es la fuerza sobre la partícula de carga q , que se desplaza a una velocidad v .

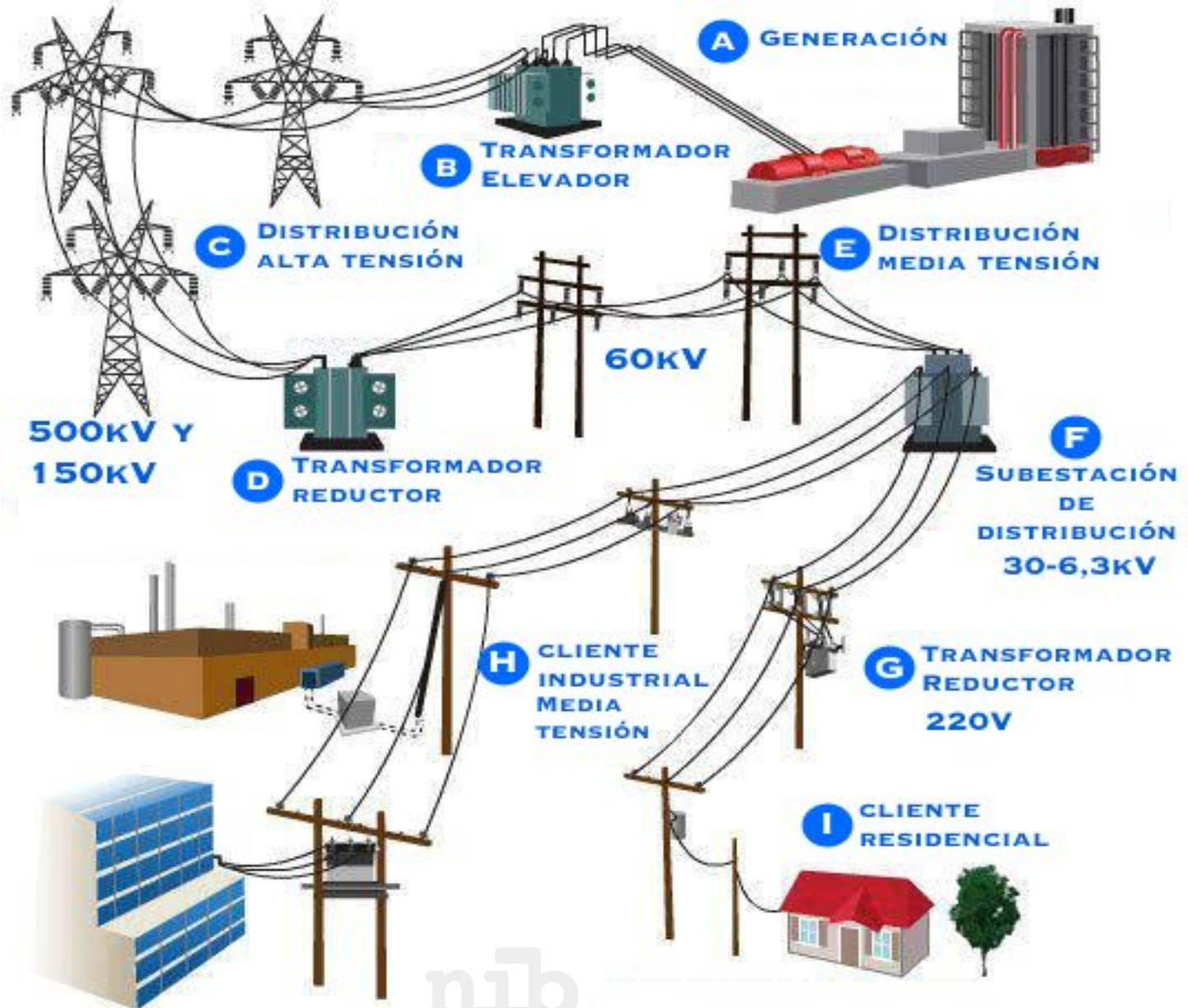
Distribución de la energía

Al transportar energía eléctrica siempre hay una pérdida.

Cuanto más alto el voltaje, menor la pérdida.

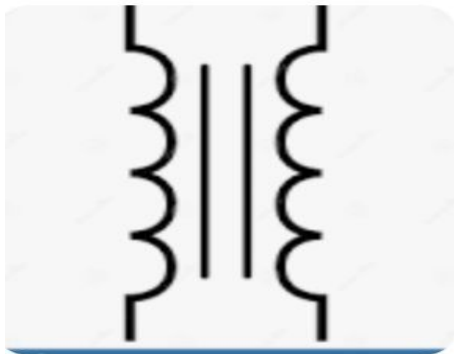
Cuanto más alto el voltaje, mayor riesgo de accidentes graves.

Distribución de la energía eléctrica



Transformador de voltaje

- Basado en principio de inducción.
- Dos bobinados comparten el mismo espacio magnético.
- La cantidad de espiras de cada bobinado es proporcional a su voltaje ($V_p \neq V_s$)
- El diámetro de los conductores de cada bobinado puede ser diferente ($I_p \neq I_s$)



Símbolo de transformador

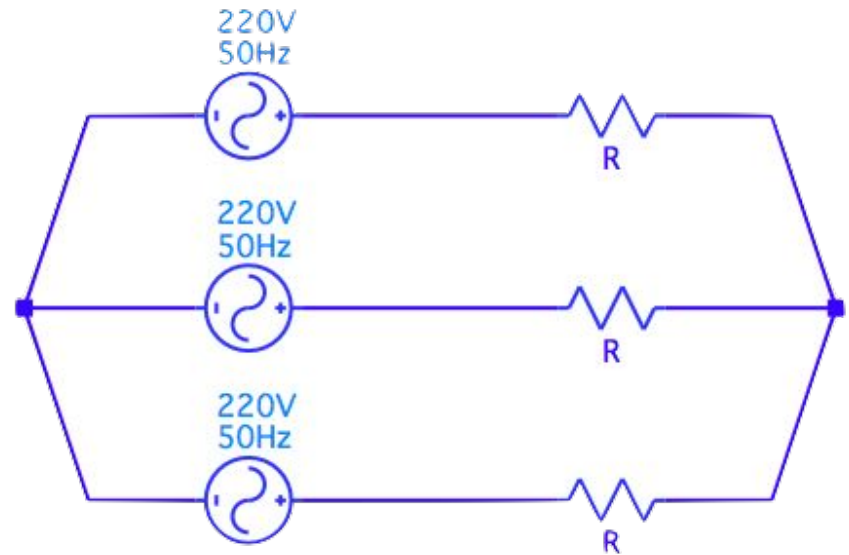
Transformador de 110 V a 220 V



Sistema de distribución trifásica



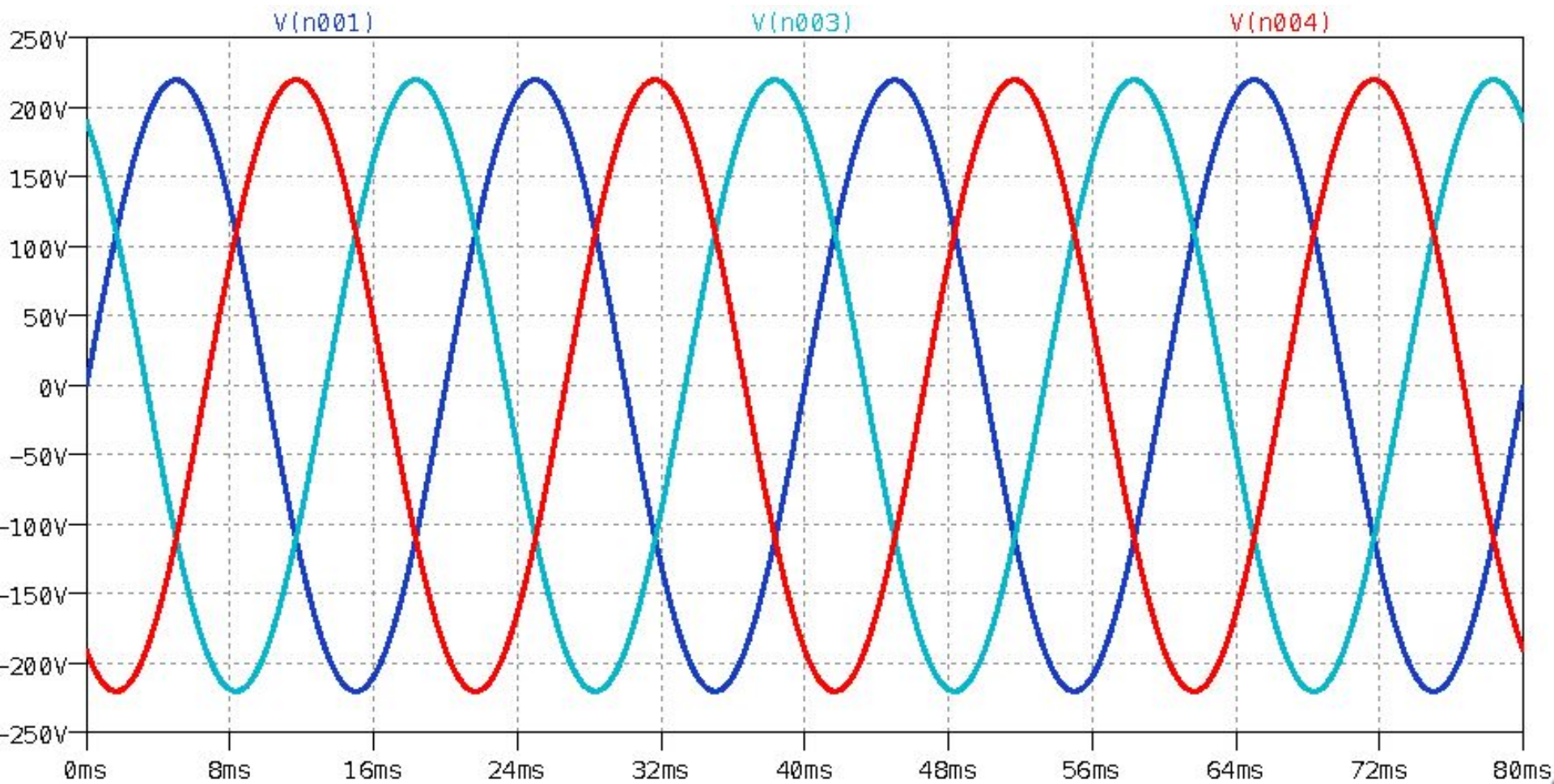
Sistema monofásico



Sistema trifásico

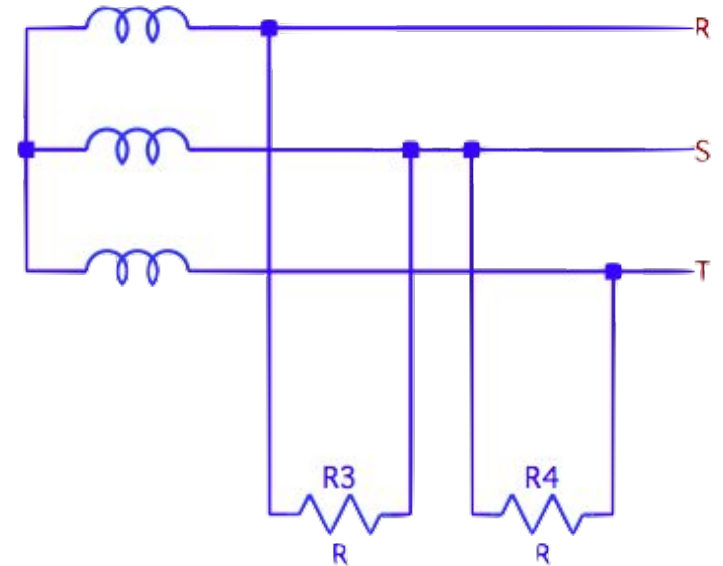
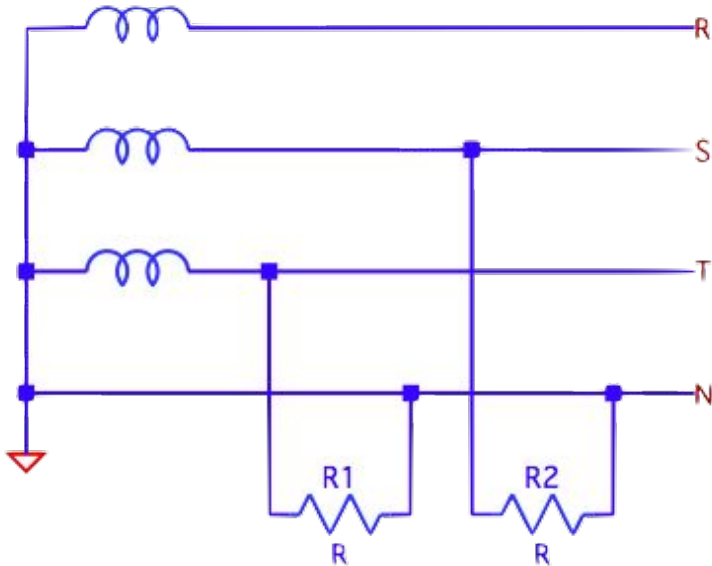
Trifásico: usa 3 corrientes alternas de igual amplitud y frecuencia, desfasadas un tercio de período cada una.

Se envía el triple de energía, usando solo un cable más



nib

núcleo de ingeniería biomédica

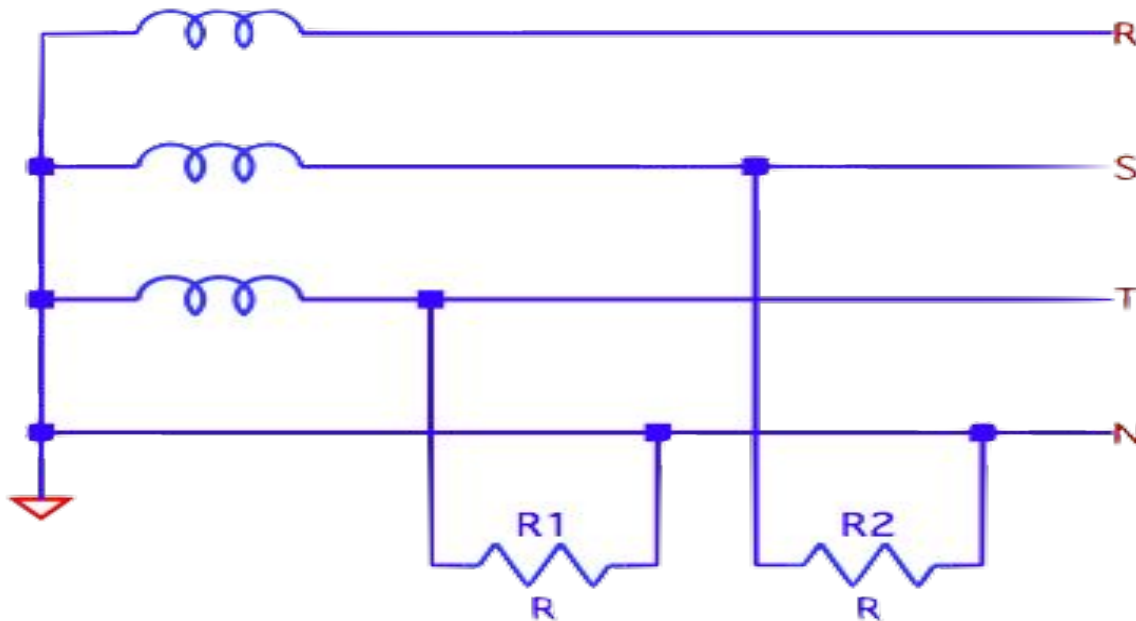


Actualmente UTE tiene en servicio
ambos sistemas de distribución

Se tiende al de la izquierda. Es más
seguro ante desbalances.



Esquema de distribución en un edificio de 12 pisos

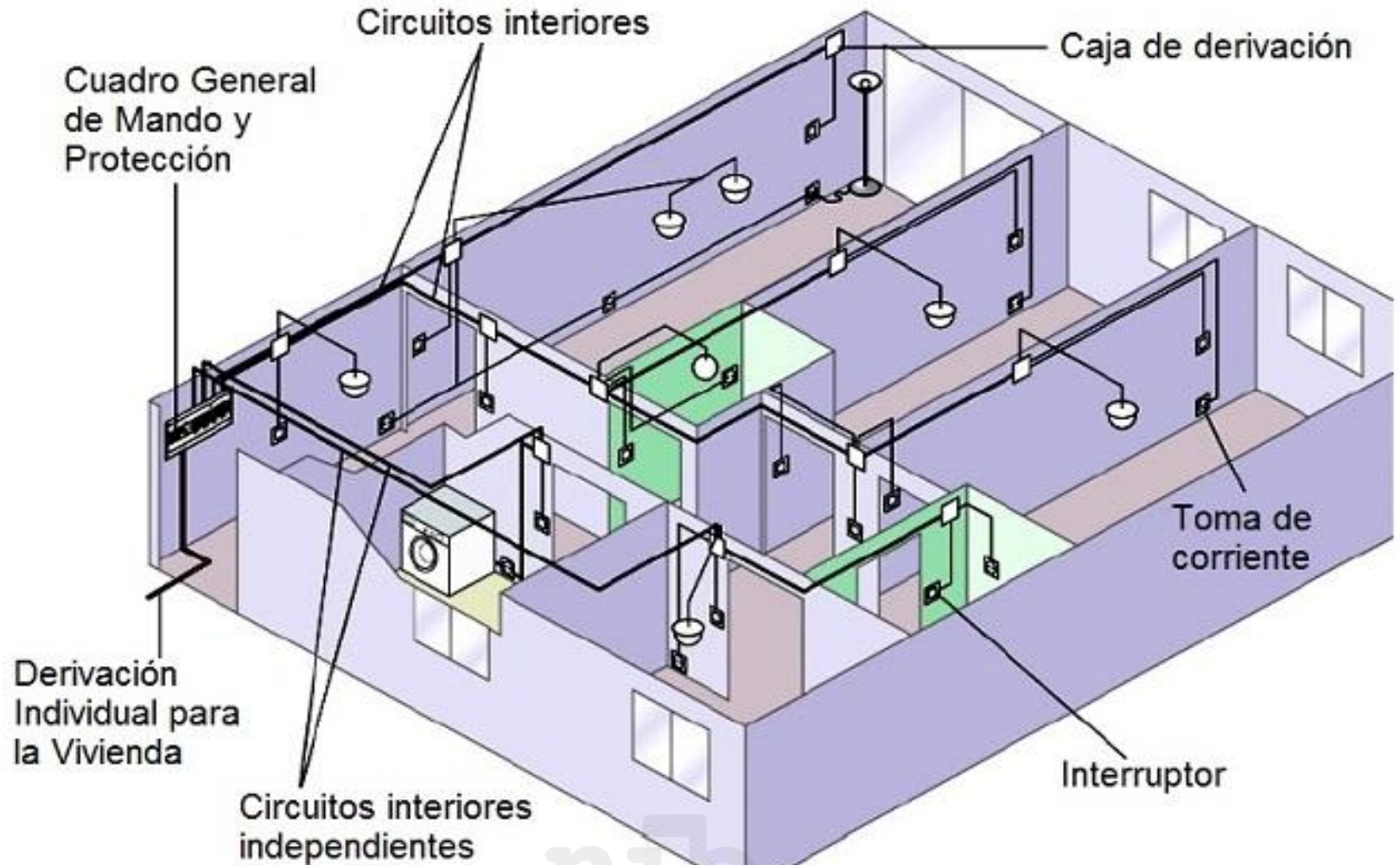


Fase R-N: apto 101, 401, 701, 1001.

Fase S-N: apto 201, 501, 801, 1101.

Fase T-N: apto 301, 601, 901, 1201.

Ejemplo: Instalación en un hogar



Existen normas que regulan las instalaciones eléctricas. En Uruguay: reglamento de baja tensión (BT)



Técnicos y firmas instaladoras

Listado de técnicos y firmas instaladoras

[Reglamento de baja tensión](#)

Consulta de carpetas

Potencias normalizadas

Formulario Solicitud de Suministro Individual

Formulario Solicitud de Suministros Colectivos

Norma de Instalaciones de Enlace BT

Consultas para Firmas y Técnicos

Reglamento de baja tensión

En la presente reglamentación figuran las tensiones de 220 V y 380 V como valores nominales para la red de BT, valores vigentes en el momento en que fue elaborada.

A partir de enero de 2004 entró en vigencia el Reglamento de Calidad del Servicio de Distribución, aprobado por la URSEA, donde se establecen los valores para esos niveles de tensión en 230 V y 400 V. Estos valores serán tenidos en cuenta en la reglamentación que actualmente se encuentra en elaboración en el ámbito URSEA.

Se publicó el capítulo XXIX, que regula las instalaciones para autoconsumo.

Capítulo I	Terminología
Capítulo II	Instalaciones interiores o receptoras Anexo
Capítulo III	Sistemas de instalación de canalizaciones
Capítulo IV	Conductos protectores
Capítulo V	Agrupamiento de accesorios de protección - Tableros
Capítulo VI	Protecciones contra contactos directos e indirectos



Variedad de tensiones y sus valores

- Baja tensión (BT): hasta 1.000 V.
- Media tensión (MT): hasta 72 kV (24 kV a 72 kV subtransmisión (ST) superior).
- Alta tensión (AT): hasta 245 kV.
- Muy alta tensión (EAT): > 300 kV.

Tensiones utilizadas en Uruguay

- BT 230 V y 400 V (hospitales medianos y grandes)
- MT 6 kV, 15 kV y 20 kV
- ST 30 kV y 60 kV
- AT 110 kV y 150 kV (conexión de Salto Grande a Mvd)
- EAT 500 kV (conexión con Brasil)

Dispositivos de medida, maniobra y protección

Dispositivo de medida: **el contador**

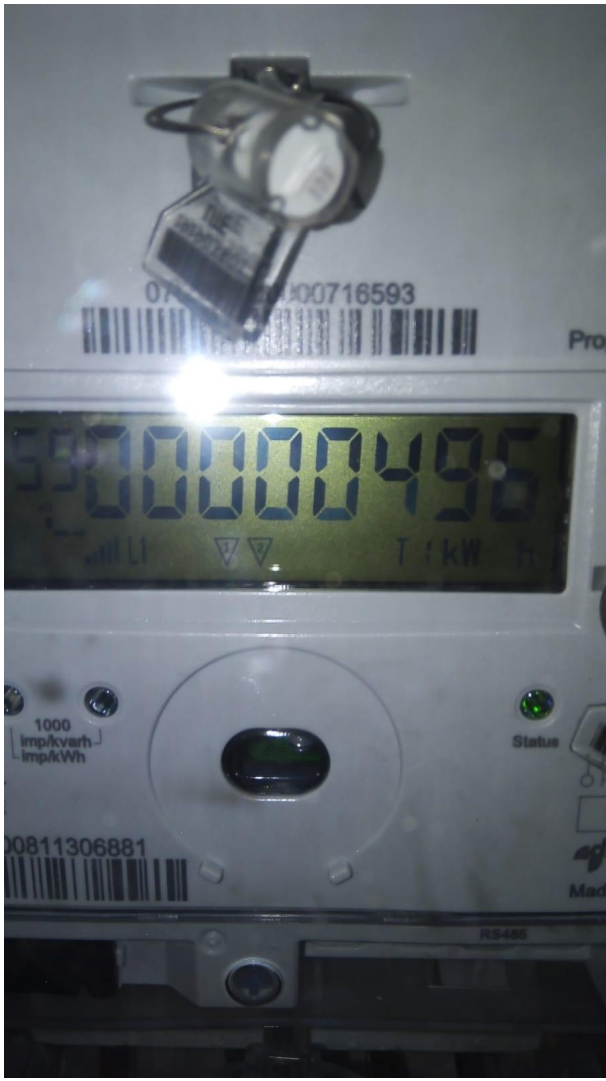
Mide el consumo de energía en la instalación. Están al inicio de la instalación. Controlan que tanta potencia se le entrega a la instalación en una hora.

¿Cómo se calcula?

$$E = P \times t$$

Donde E: energía en Wh (Watt hora)
P: potencia entregada (Watt)
t: tiempo transcurrido (horas)





nib

núcleo de ingeniería biomédica

Dispositivos de maniobra (Interruptor o llave):

Permiten aislar una parte de la instalación del resto del sistema energizado.

Dispositivos de protección (fusible o llave limitadora):

Permiten evitar o limitar las consecuencias destructivas o peligrosas de las sobrecorrientes debido a sobrecargas o cortocircuitos, separando el circuito defectuoso del resto de la instalación.



Interruptor (llave) termomagnético:

Dispositivo de maniobra y protección. Capaz de aislar una sección de la instalación en funcionamiento normal. Capaz de proteger ante cortocircuitos y sobrecargas.



nib

núcleo de ingeniería biomédica

Características principales

- **Corriente admisible (I_n)**: la que pueden soportar en funcionamiento normal.
- **Máximo cortocircuito (I_{cc})**: actúa ante cortocircuitos menores a este valor, sin destruirse.

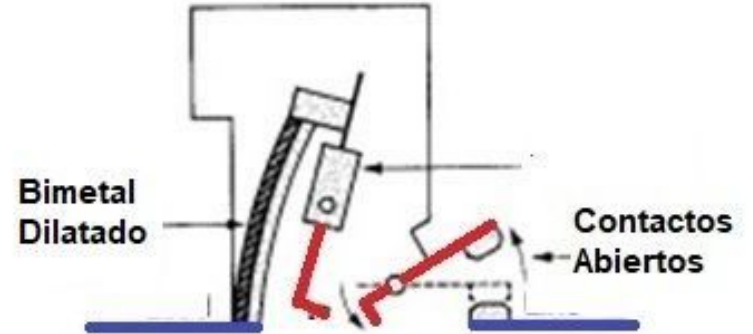
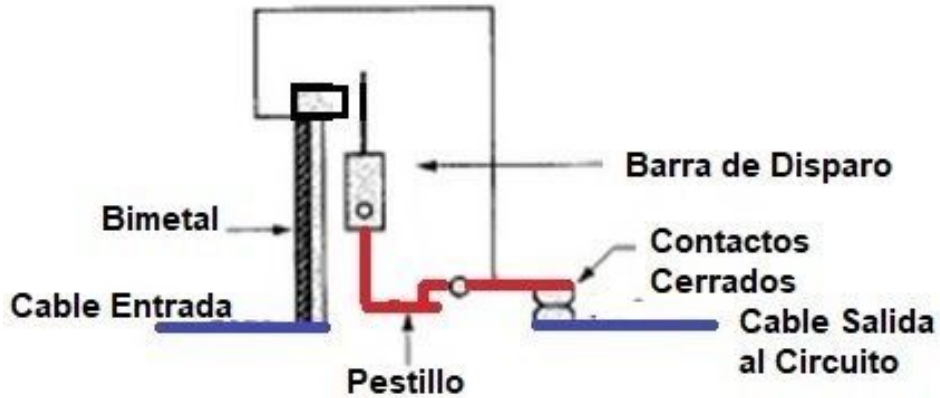


¿Cómo funciona?

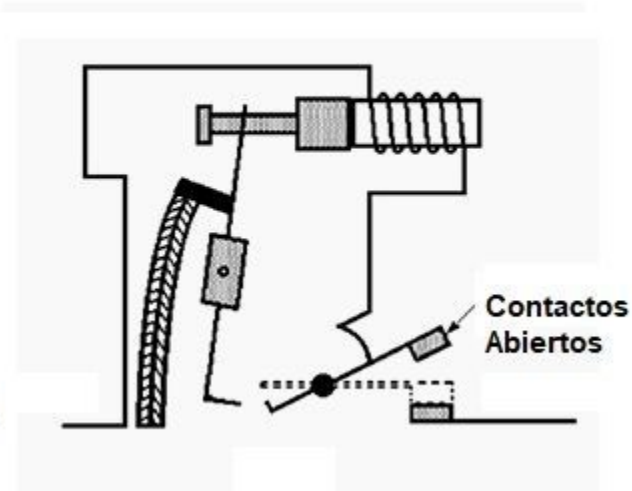
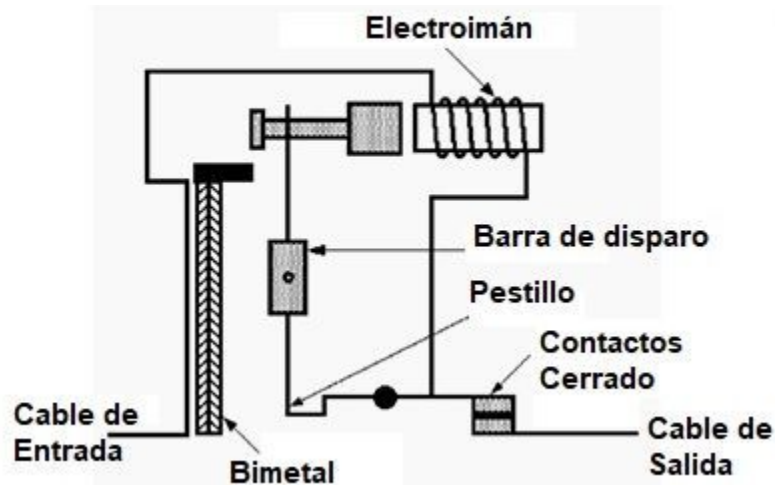
- Acción térmica: por efecto Joule. Una sobrecarga calienta el conductor y hace que se corte el suministro de energía.
- Acción magnética: un cortocircuito aumenta excesivamente un campo magnético interno, lo que hace cortar el suministro.



Acción térmica



Acción magnética



Pregunta 1

Por una llave termomagnética de $I_n=25\text{A}$ e $I_{cc}=4500\text{A}$. ¿Qué sucede si por esa llave pretende pasar una corriente de 1kA ?

- A. No salta la llave y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. Salta la llave, y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 1

Por una llave termomagnética de $I_n=25\text{A}$ e $I_{cc}=4500\text{A}$. ¿Qué sucede si por esa llave pretende pasar una corriente de 1kA ?

- A. No salta la llave y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. Salta la llave, y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 1B

¿Que nombre lleva esa situación?

Justifique

Pregunta 2

Ante la misma llave. ¿Qué sucede si en la instalación se da una sobrecarga de 100A?

- A. La llave salta.
- B. La llave salta pero se destruye.
- C. No salta la llave.
- D. La llave salta luego de cierto tiempo sin destruirse.

Pregunta 2

Ante la misma llave. ¿Qué sucede si en la instalación se da una sobrecarga de 100A?

- A. La llave salta.
- B. La llave salta pero se destruye.
- C. No salta la llave.
- D. La llave salta luego de cierto tiempo sin destruirse.

Interruptor (llave) diferencial:

Dispositivo de protección. Comunes en instalaciones nuevas (hogares). Al activarse corta el suministro de energía.



Características principales

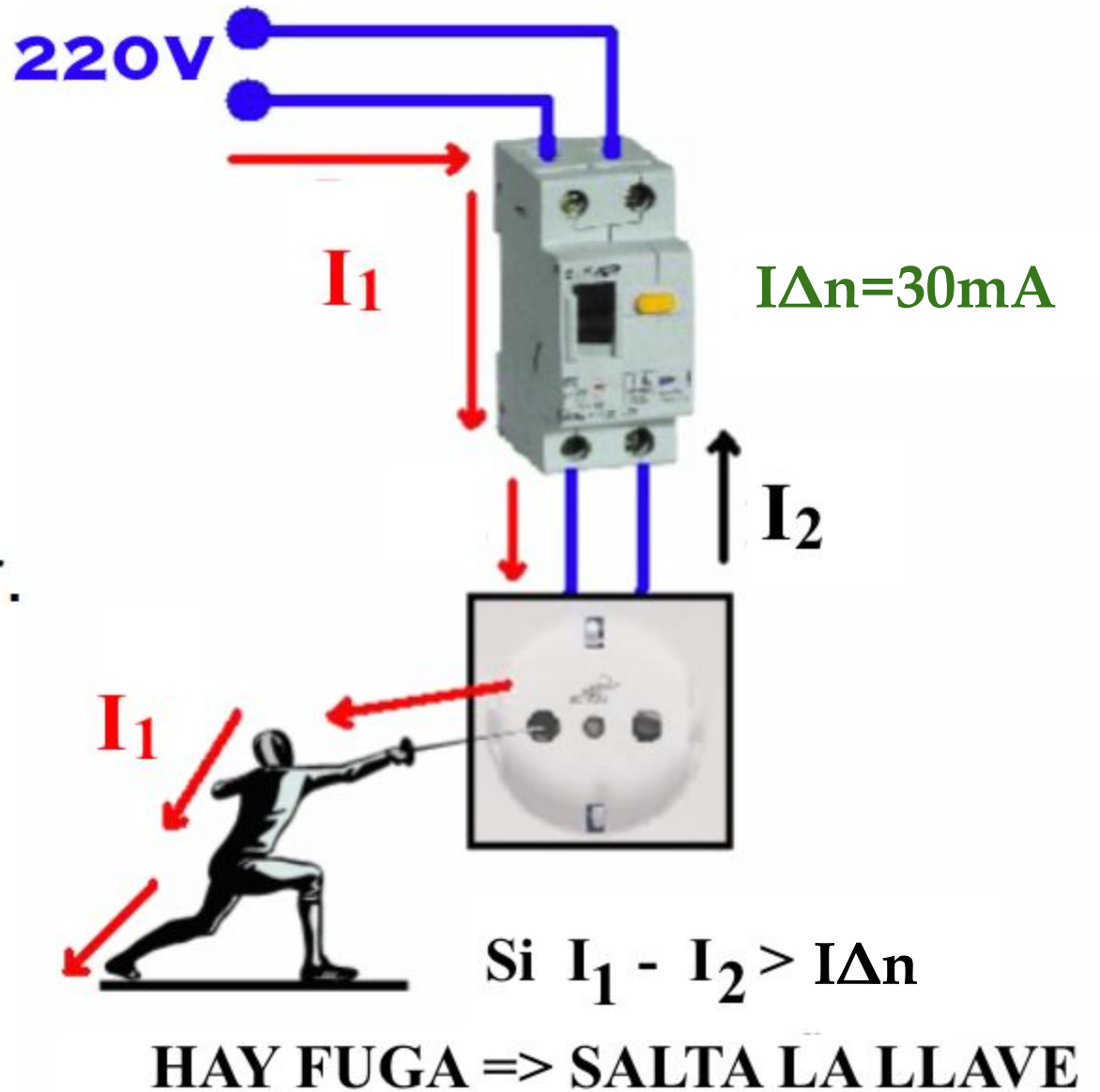
- **Corriente admisible (I_n)**: la que pueden soportar en funcionamiento normal.
- **Sensibilidad ($I_{\Delta n}$)**: corriente que determina su acción. A partir de la cual se considera que hay fuga.



¿Cómo funciona?

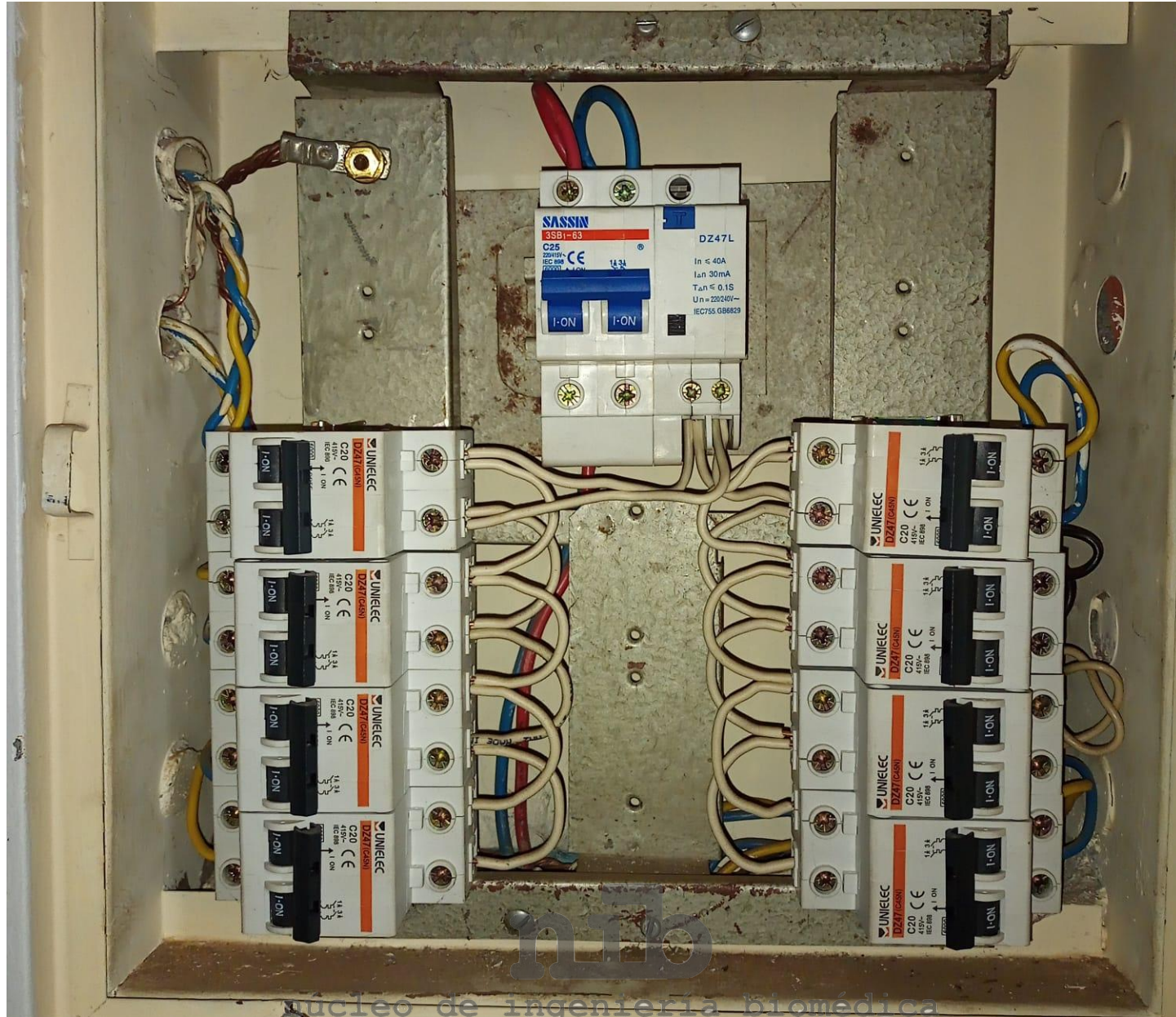
No contempla sobrecargas.

Ante cortocircuitos se destruyen

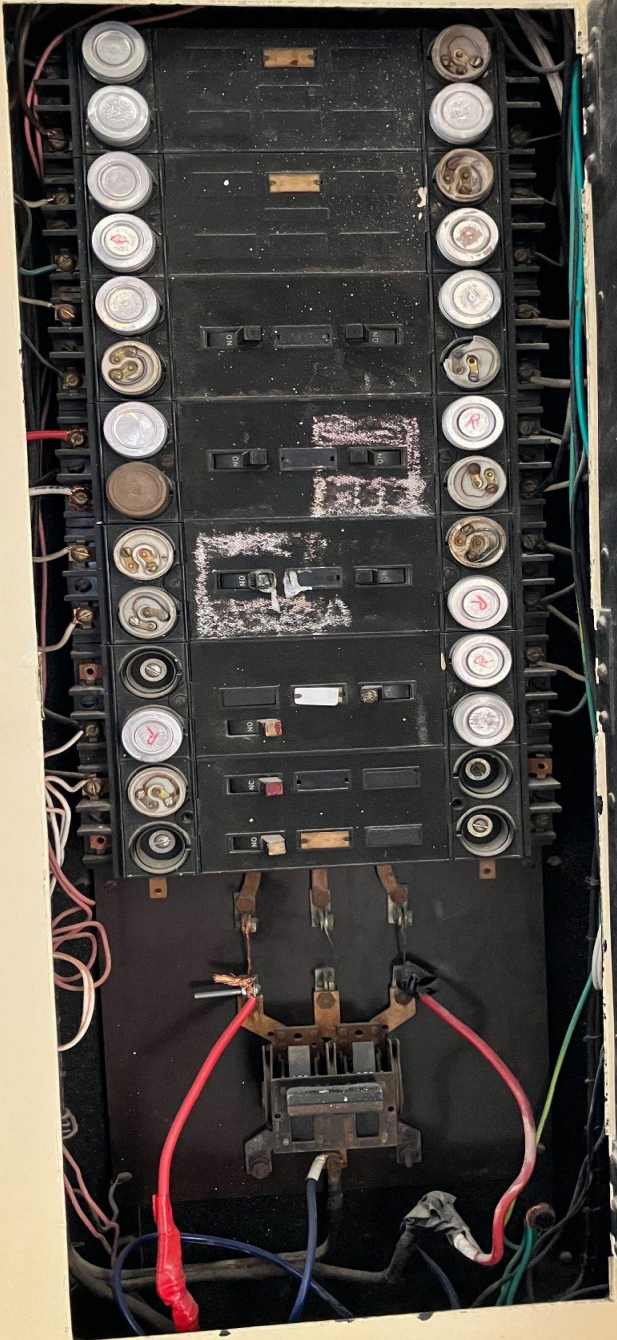


nib

Tablero con derivaciones



Tablero con derivaciones de tapones con poca protección



SALA 2, P.15	
NO.	DESCRIPCIÓN
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

¿Cuándo usar diferenciales?

En instalaciones donde haya usuarios con acceso a dispositivos eléctricos

¿Cuándo NO se deben usar?

No se deben usar en áreas donde haya equipos de soporte de vida conectados.

Ejemplo: en CTI hay un respirador y un monitor de paciente conectados. Si el monitor tiene una fuga de corriente, el interruptor corta el suministro de energía de ambos.

Pregunta 3

Tengo una llave diferencial de $I_n=25A$ y sensibilidad de $I_{\Delta n}=30mA$. Además se sabe que la máxima corriente que puede soportar es $1.5kA$. ¿Qué sucede si hay un cortocircuito de $1000A$?

- A. Salta la llave, y no se destruye
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 3

Tengo una llave diferencial de $I_n=25A$ y sensibilidad de $I_{\Delta n}=30mA$. Además se sabe que la máxima corriente que puede soportar es $1.5kA$. ¿Qué sucede si hay un cortocircuito de $1000A$?

- A. Salta la llave, y no se destruye
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 4

Ante la misma llave. ¿Qué sucede si tocamos un equipo en falla y hay una fuga de corriente a través de nuestro cuerpo de 55mA?

- A. Salta la llave, y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 4

Ante la misma llave. ¿Qué sucede si tocamos un equipo en falla y hay una fuga de corriente a través de nuestro cuerpo de 55mA?

- A. Salta la llave, y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Pregunta 5

Ahora tenemos solo una llave termomagnética. ¿Qué sucede si tocamos un equipo en falla y hay una fuga de corriente a través de nuestro cuerpo de 75mA?

- A. Salta la llave, y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

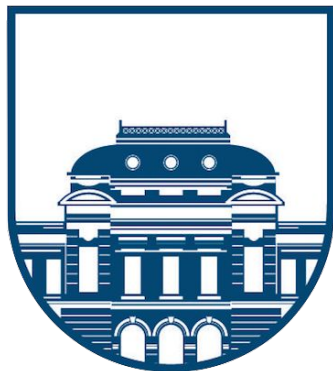
Pregunta 5

Ahora tenemos solo una llave termomagnética.
¿Qué sucede si tocamos un equipo en falla y hay una fuga de corriente a través de nuestro cuerpo de 75mA?

- A. Salta la llave, y no se destruye.
- B. Salta la llave y se destruye.
- C. No salta la llave y no se destruye.
- D. No salta la llave y se destruye.

Muchas gracias

¿Preguntas?



Universidad de la República
Uruguay

nib

núcleo de ingeniería biomédica