



Universidad de la República
Uruguay



núcleo de ingeniería biomédica

ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA CON SEGURIDAD

Clase 6 – Instalaciones eléctricas y protección: puesta a tierra y ejemplos con Falstad 22 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

- Puesta a tierra de un equipo metálico
- Electrodo a tierra (jabalina)
- Circuito de operador con equipo en falla
- Tomacorrientes con y sin tierra
- Importancia de la PaT
- Medidas de seguridad adicionales
- Ejemplo



Las personas están al potencial de tierra.

Los equipos deben estar al mismo potencial para evitar que corrientes de falla atraviesen las personas.

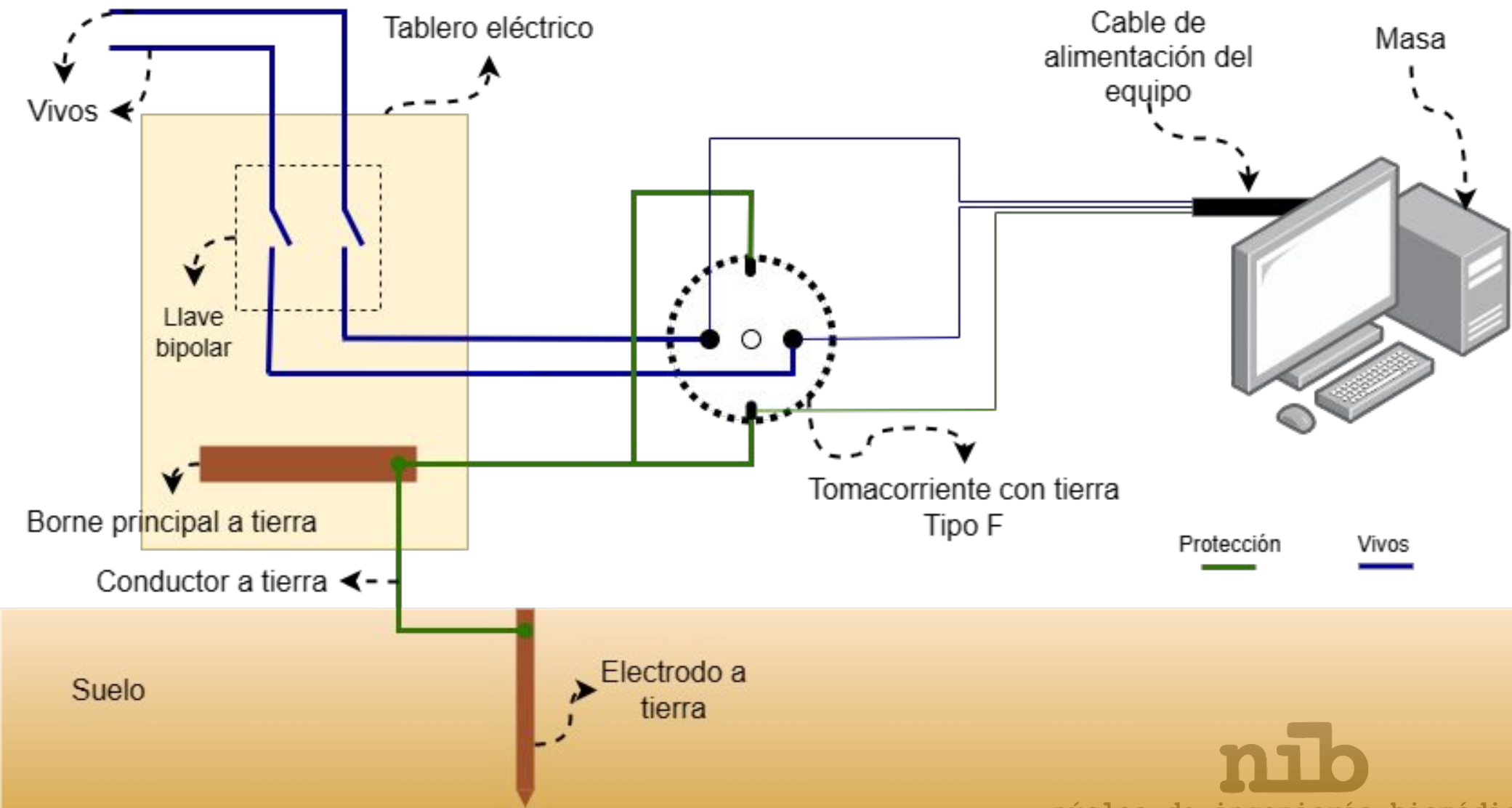
Comúnmente se adopta el suelo o tierra donde se encuentra la construcción, por eso lo llamamos “puesta a tierra”.

La conexión se hace mediante jabalinas enterradas o conductores horizontales puestos por debajo de la superficie terrestre.



Puesta a tierra (PaT)

Conexión de las superficies conductoras (que se pueden tocar) a un punto considerado como sin tensión.





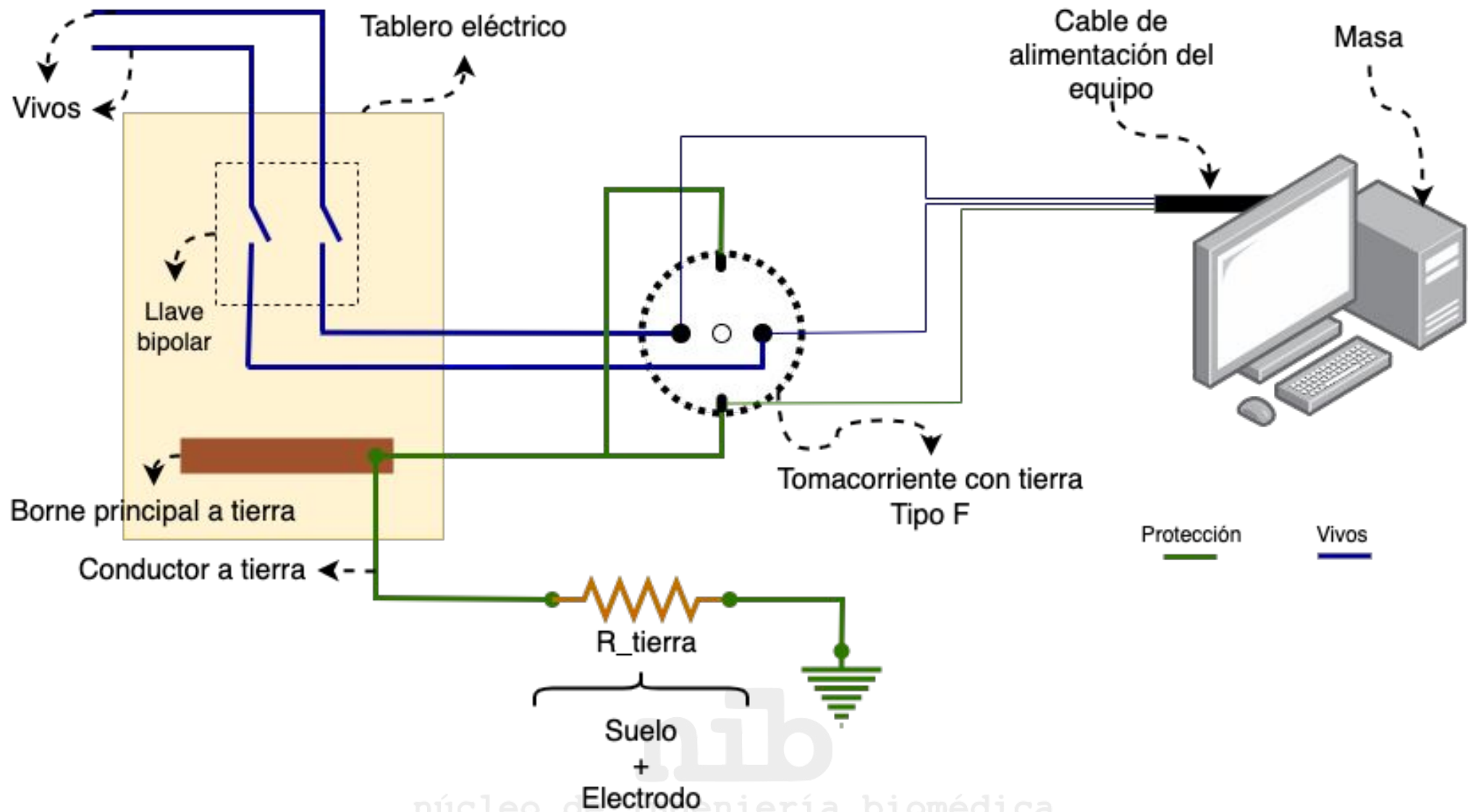
Electrodo a tierra (jabalina)

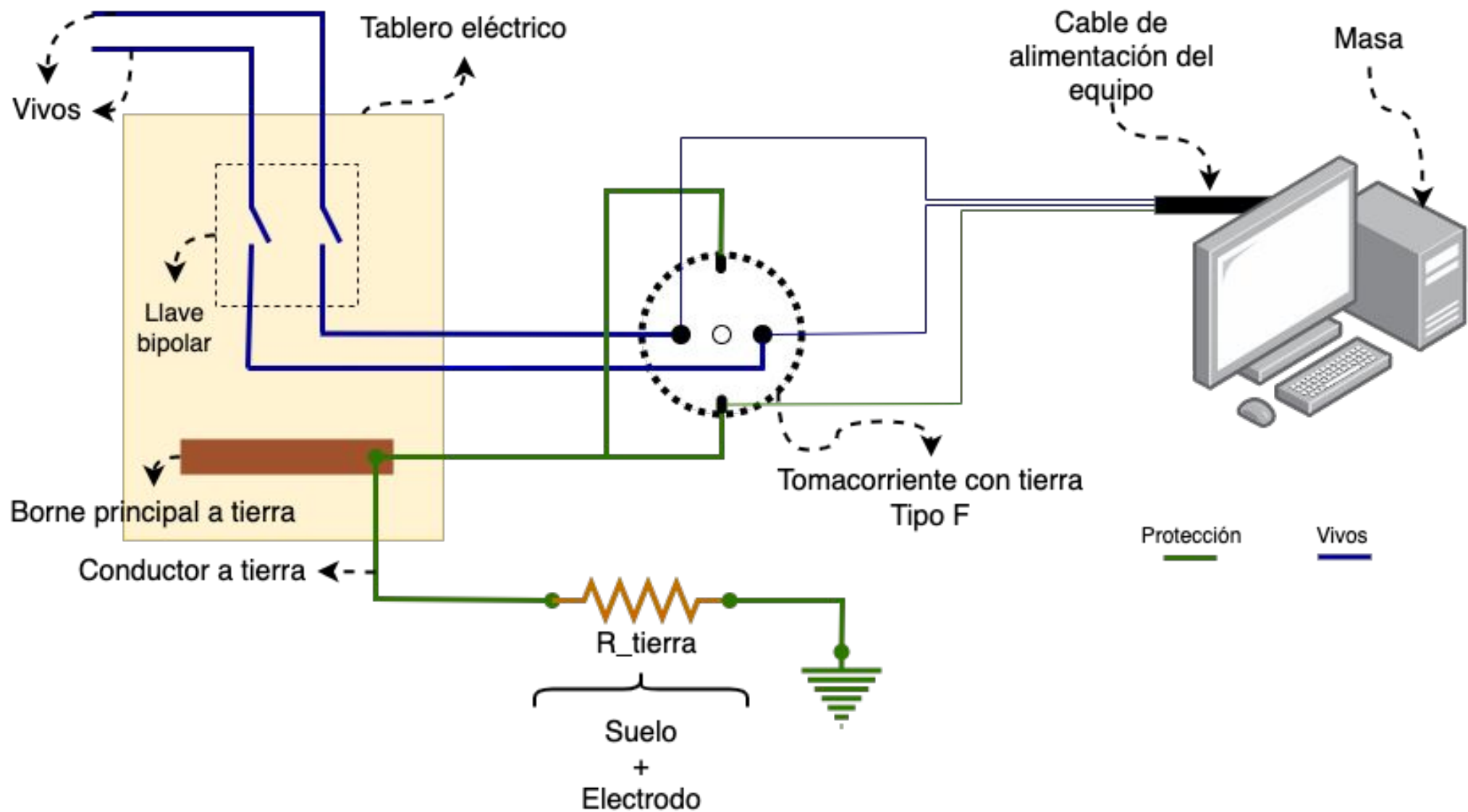
¿Cuáles son los objetivos de la PaT?

Protección: **proteger** a las personas y animales contra contactos con partes conductoras (o masas) que puedan estar sometidas a tensiones peligrosas debido a un defecto de aislamiento u otro.



Cómo cualquier conexión entre dos puntos, tiene una **resistencia a tierra R_{tierra}**

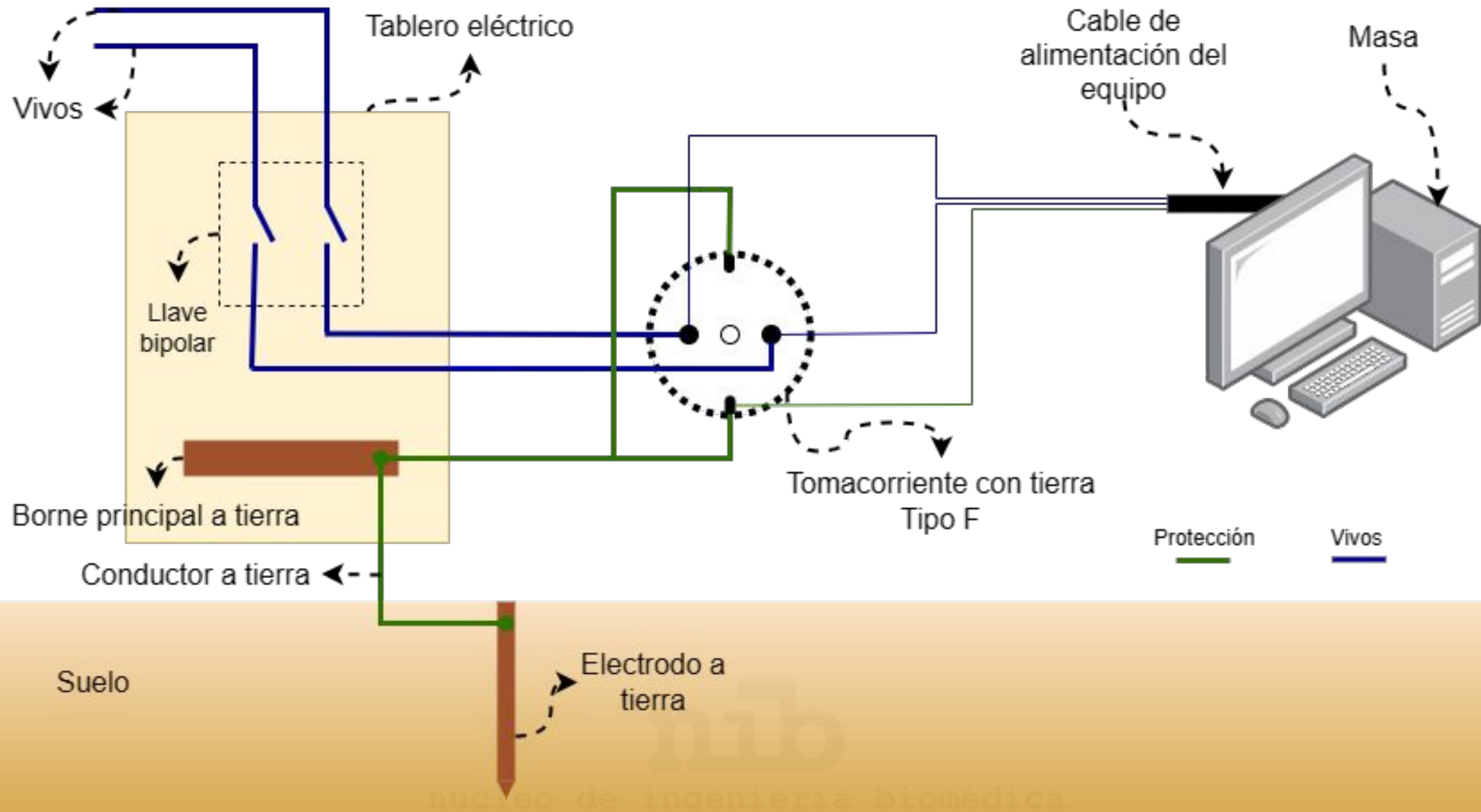




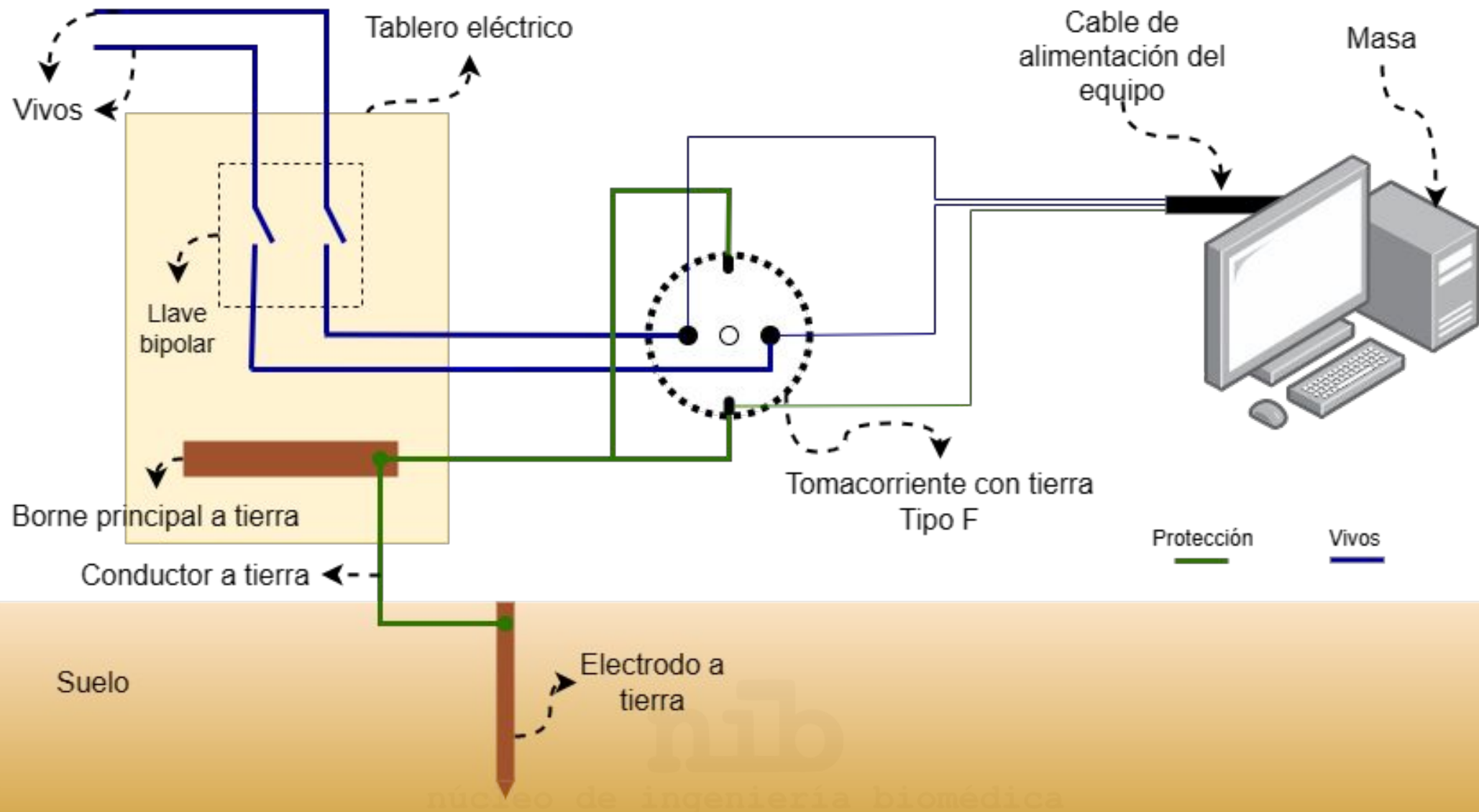
Suelos homogéneos, más húmedos, en vez de secos y rocosos hacen una **mejor conexión a tierra** ya que **bajan** considerablemente el valor de **su resistencia**

Elementos principales

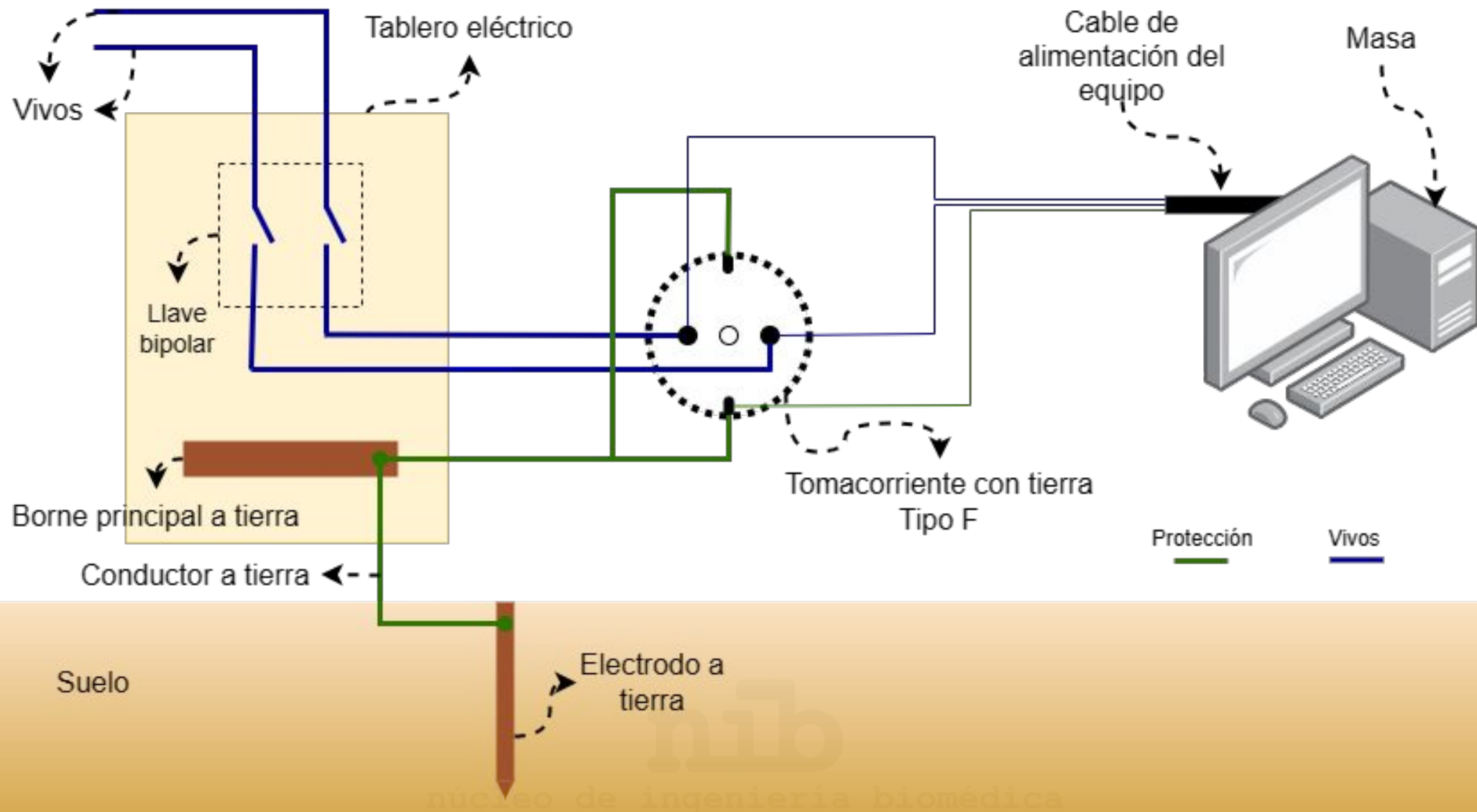
- Electrodo a tierra: parte conductora incrustada en el suelo (jabalina).



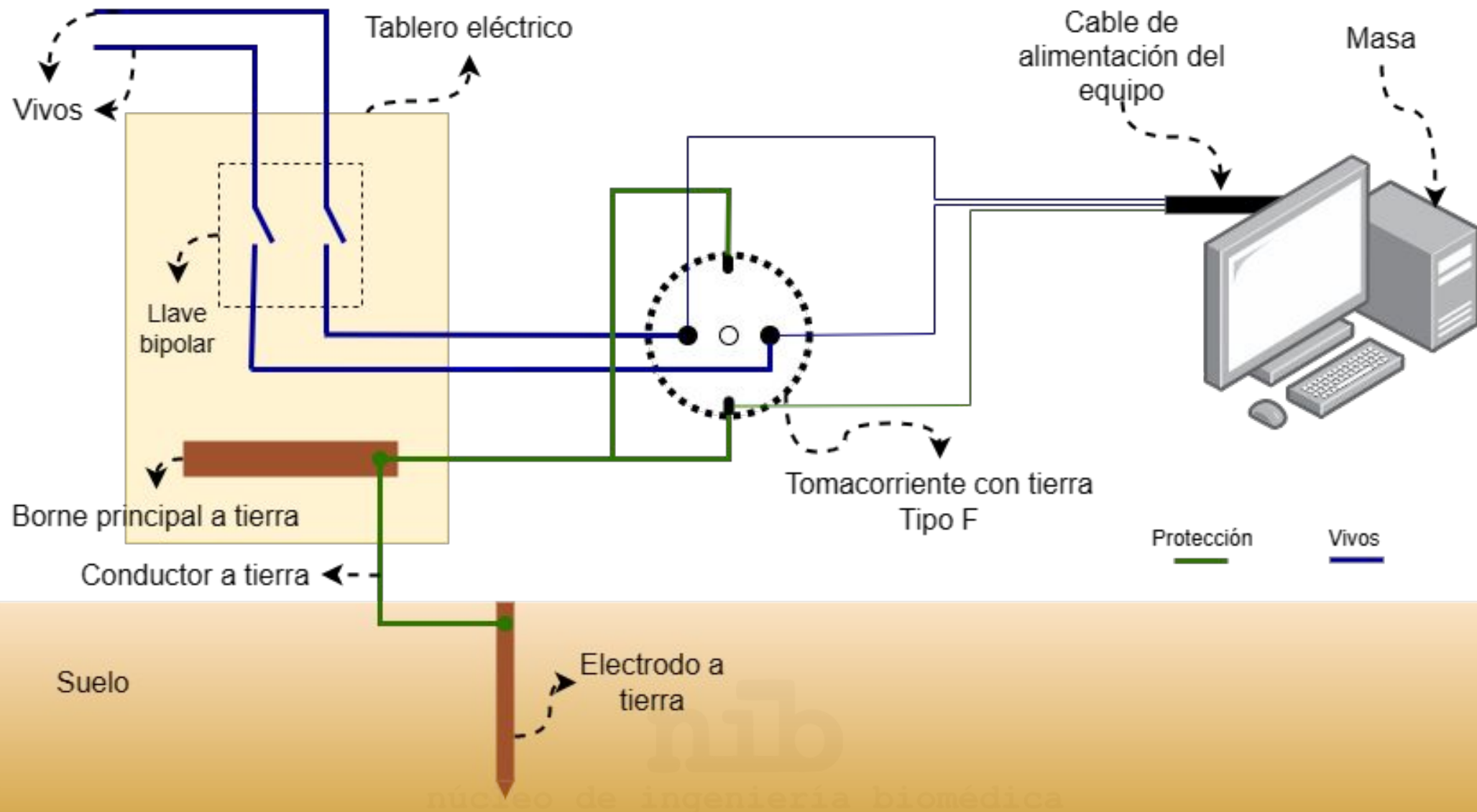
- Conductor a tierra: conductor que une el electrodo con el borne principal.



- Borne principal a tierra: barra dispuesta para la conexión a tierra de los conductores de protección.



- Masa: parte conductora del equipo, expuesta (que puede ser tocada).



Pregunta 1

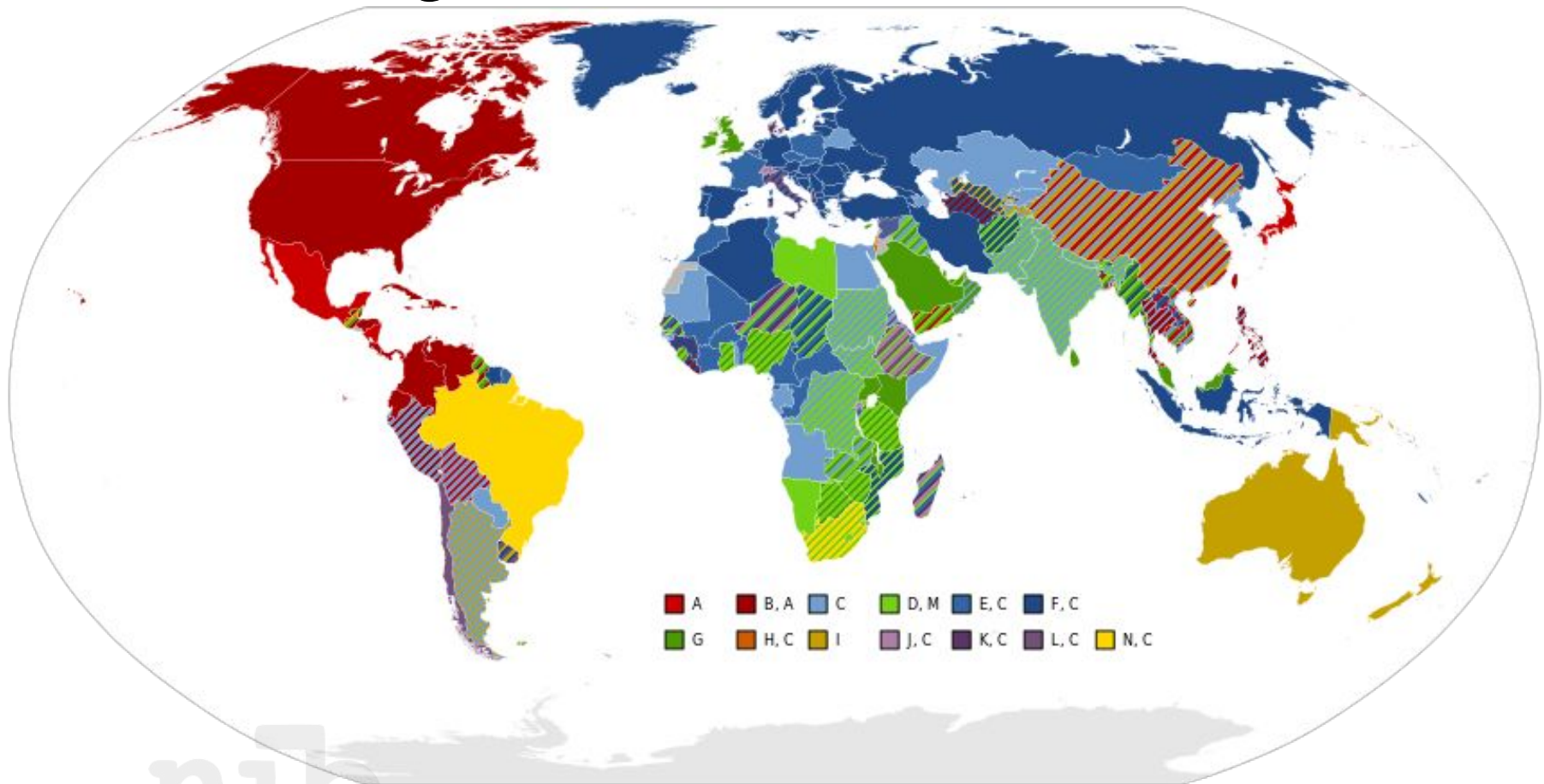
¿Cómo creen que debe ser R_{tierra} para lograr una mejor protección?

- a. Pequeña, entre 100Ω y 500Ω
- b. Infinitamente elevada.
- c. Grande, entre $1k\Omega$ y $10k\Omega$
- d. Idealmente cero (0Ω)



Tomacorrientes

Muchos tipos. Están estandarizados según normas.
Los países pueden utilizar un estándar propio, o utilizar otros según conveniencia.



En Uruguay se usan los tipos C, F y L



Enchufe tipo C
(Europlug): cable
bipolar, sin conexión
de tierra

De SomnusDe - Dominio público -
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9048623>



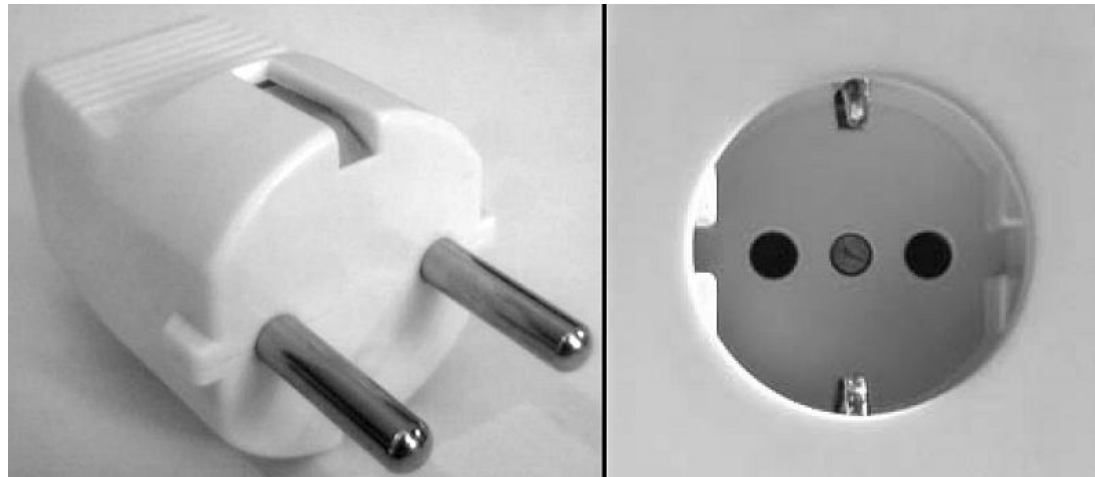
De Marco Gilardetti - CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5759093>



De Edo leitnerCarnby - Dominio
público
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4479216>

Enchufes tipo L
("tres en línea"):
tripolares, con
conexión de
tierra

En Uruguay se usan los tipos C, F y L

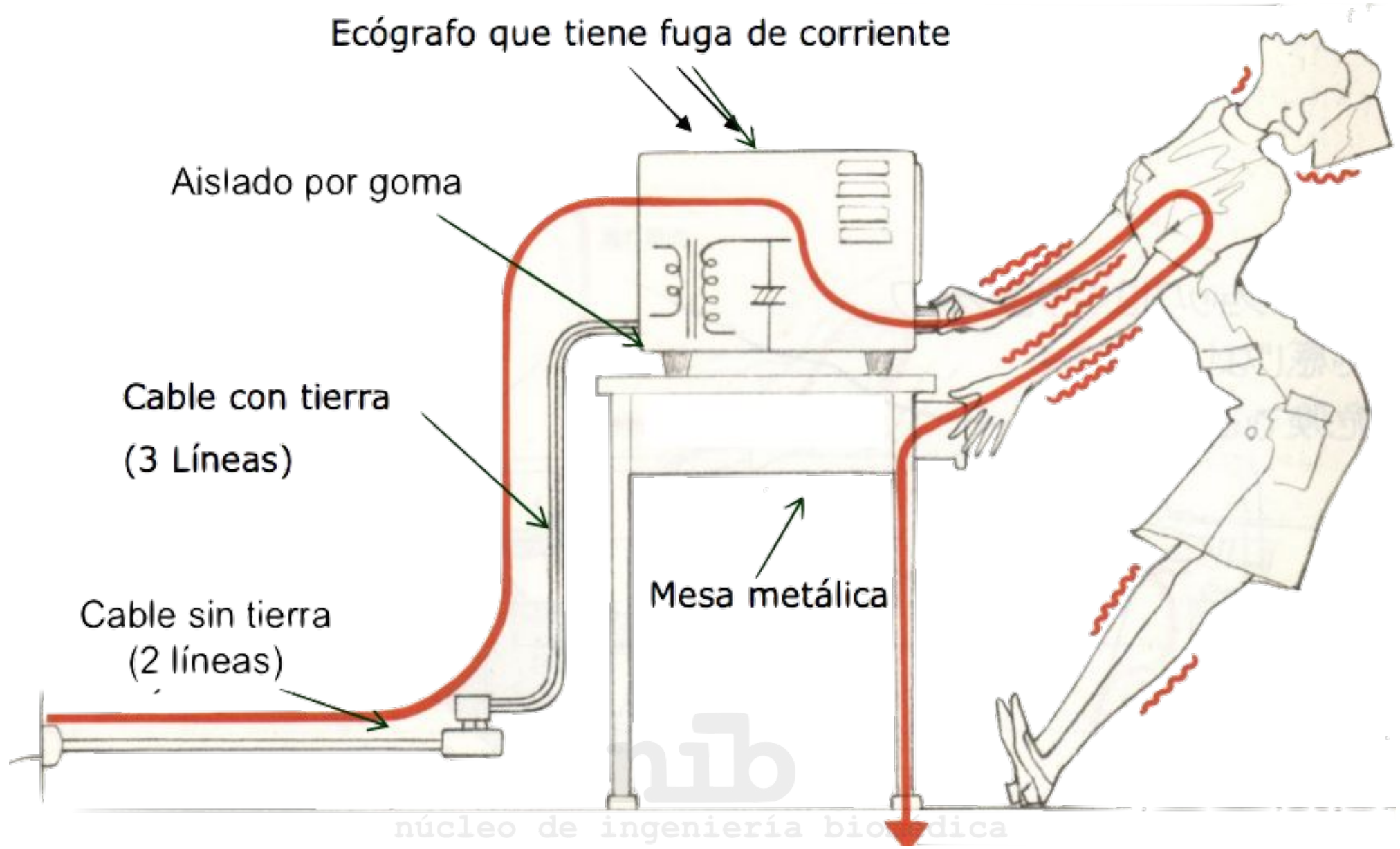


De Chameleon - Dominio público -
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=42623>

Enchufe tipo F (“Schuko”): cable tripolar, con conexión de tierra. El acceso a tierra es el contacto superior e inferior del enchufe.

Cables y enchufes con acceso a tierra: sí o sí deben ser tripolares (3 contactos)

Comparar dos situaciones: cable de alimentación con y sin tierra



¡Cuidado!

SOLO la puesta a tierra NO nos protege.

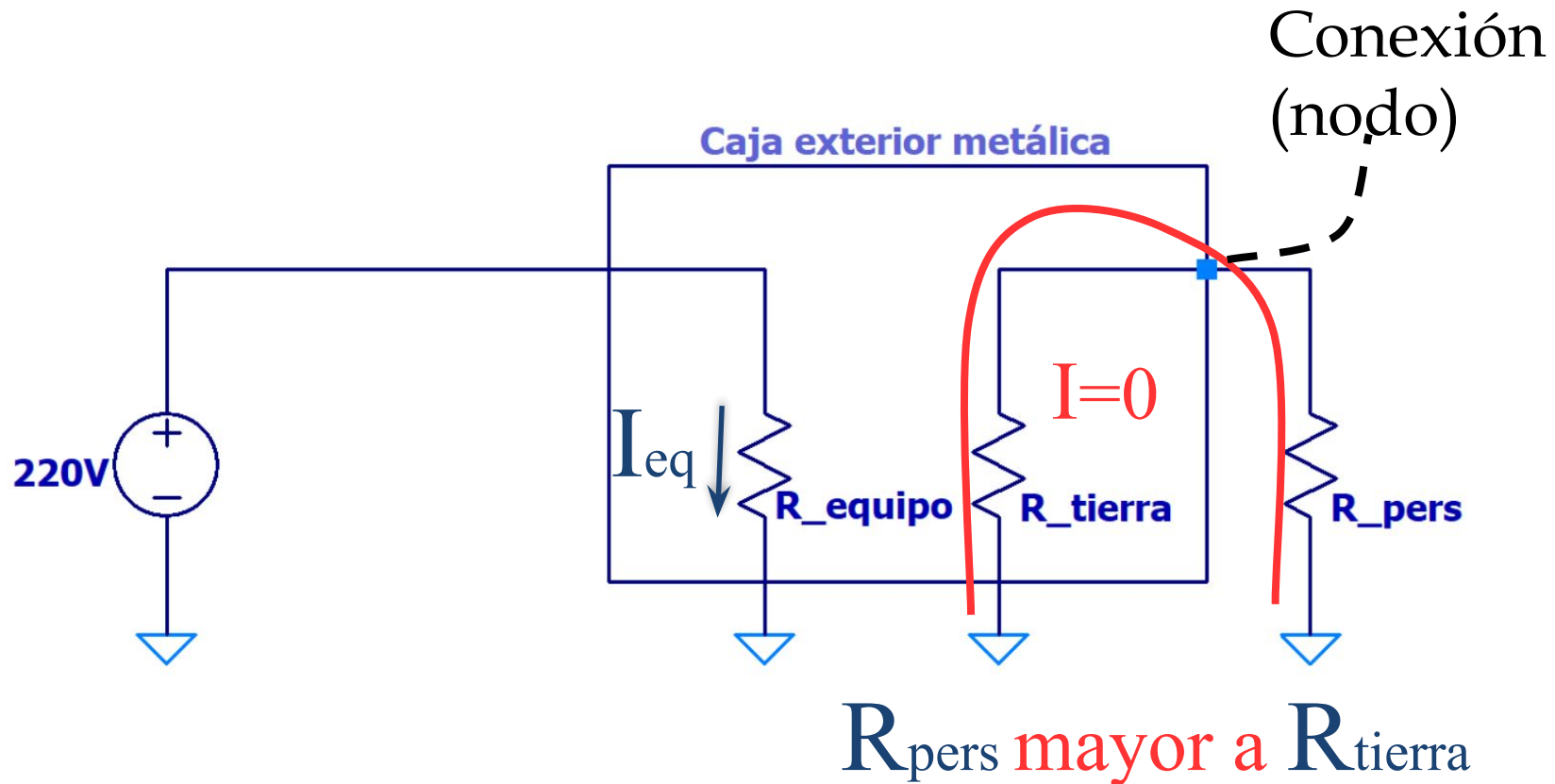
La instalación **DEBE** contar con
interruptor diferencial para reacción a
corrientes de fuga pequeñas e interruptor
termomagnético para **corrientes mayores**



Circuito equivalente, caso 1: equipo ok y con PaT

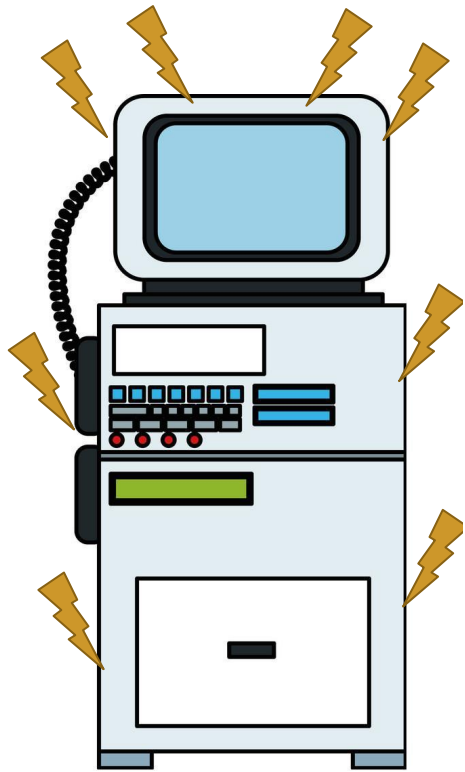


Equipo en funcionamiento normal. Caja metálica exterior a tierra

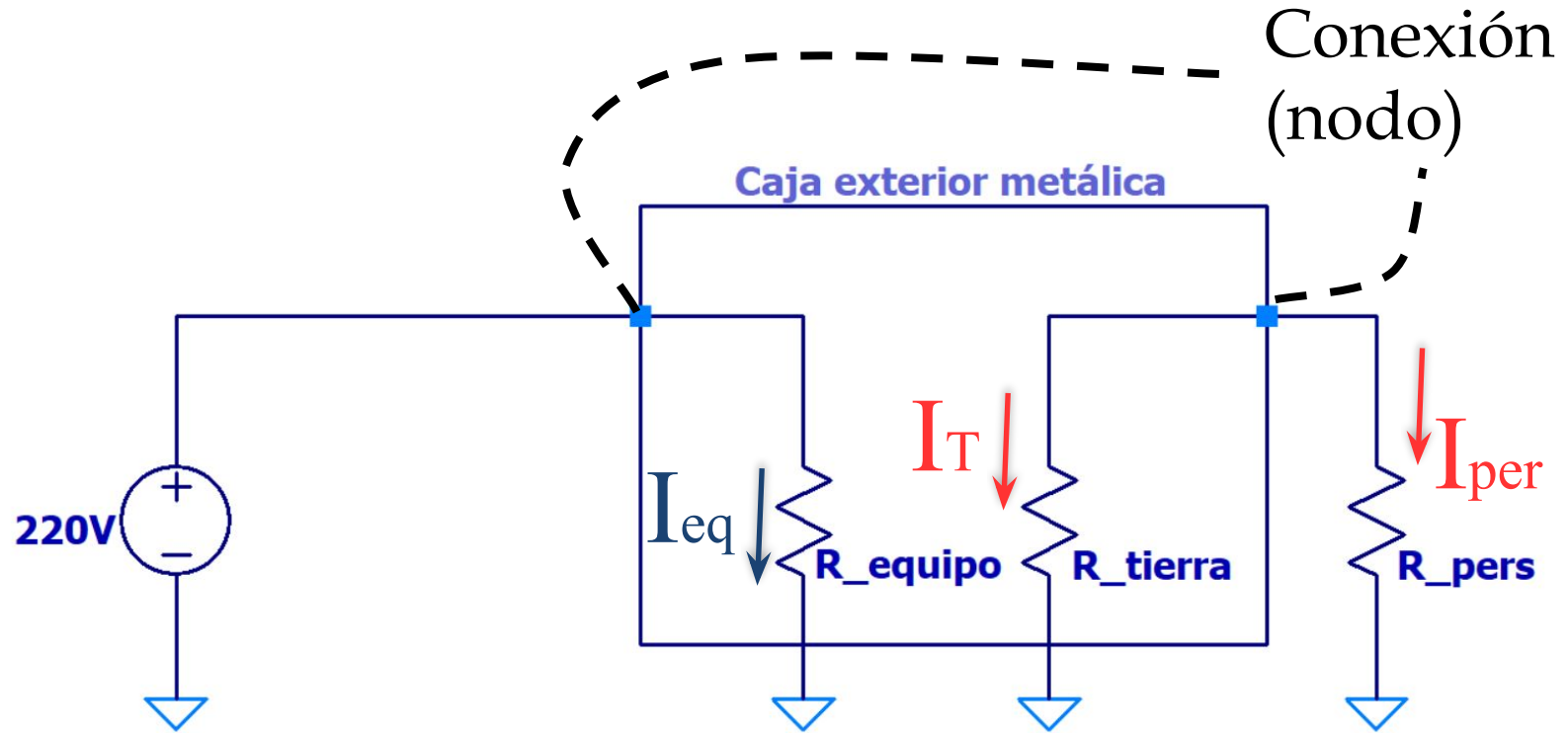


El equipo consume corriente normalmente (I_{eq}). No hay fuga a tierra ni hacia la persona tocando la caja ($I=0$)

Circuito equivalente, caso 2: equipo en falla y con PaT



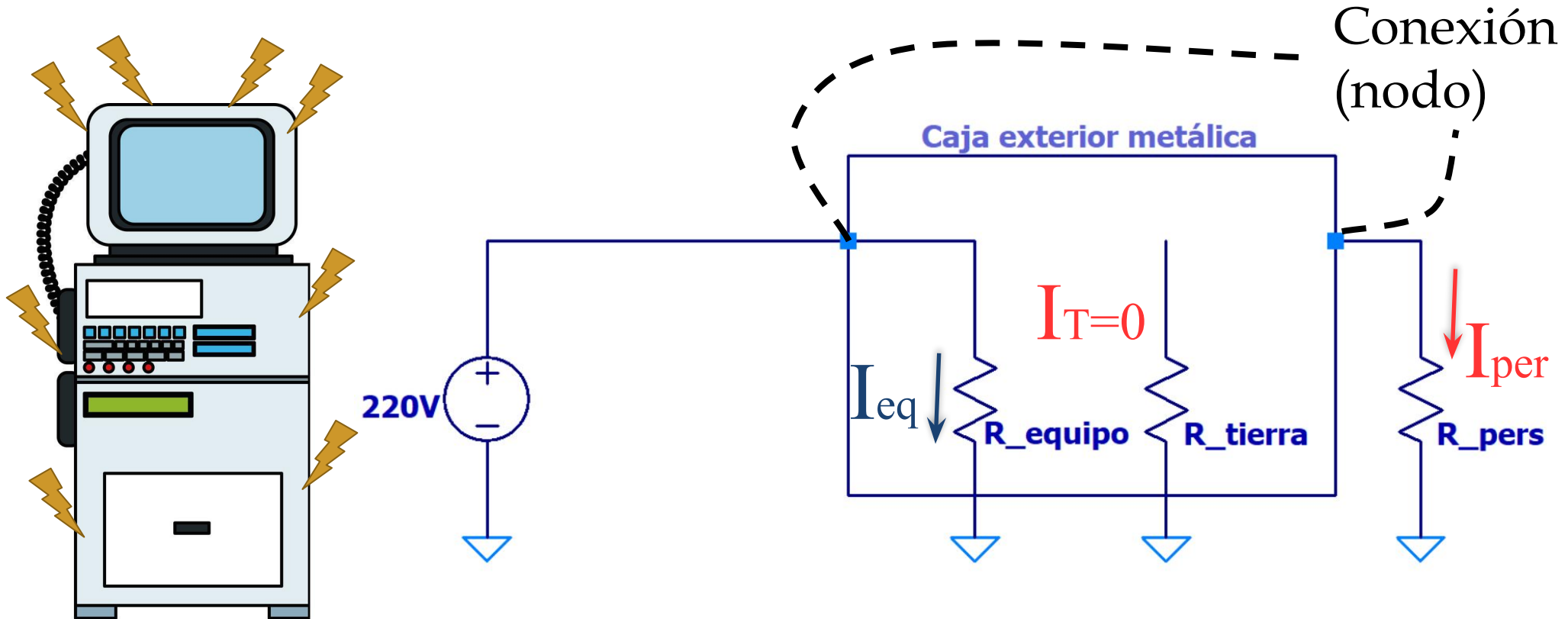
Equipo con falla de
aislación: caja exterior
resulta a 220V



Sigue consumiendo I_{eq} normalmente. Ahora
aparecen fugas I_T e I_{per} .

Se protege a la persona ya que $R_{\text{pers}} > R_{text{tierra}}$
entonces $I_T > I_{\text{per}}$

Circuito equivalente, caso 3: equipo en falla y sin PaT



Equipo con falla de
aislación. Caja exterior a
220V

Sigue consumiendo I_{eq} normalmente.
No hay corriente I_T y todo circula a través de
la persona. Sufrir una descarga peligrosa!

$I_T = I_{per}$

Pregunta 2

En el modelo de circuito equivalente, ¿cómo quedan conectadas R_{pers} y R_{tierra} ?

- a. En serie
- b. En paralelo
- c. Ninguna de las anteriores



Medidas de seguridad adicionales

En hospitales se definen distintos tipos de salas:

Grupo 0: salas de espera, áreas administrativas.
Seguridad básica.

Grupo 1: salas de diálisis, hidroterapia, fisioterapia, hospitalización. Seguridad básica.

Grupo 2: salas de tratamiento vital, donde el paciente depende de un equipo biomédico: CTI, block quirúrgico.



Para garantizar la continuidad de alimentación en salas de **grupo 2**:

- UPS (*uninterrupted power supply*) para cada equipo, mantiene la tensión durante varios minutos
- Grupo electrógeno (generadores) que arranca automáticamente.
- Sistema de distribución IT (sistema aislado)



UPS: sistema de alimentación ininterrumpido

- Protegen ante cortes de energía
- Tiempo de respuesta casi inmediato
- Respaldo en el orden de minutos (5~30)
- Evitan que el voltaje varíe mucho



Potencia variada: desde respaldo a computadoras, hasta salas de block enteras. Funcionan con baterías

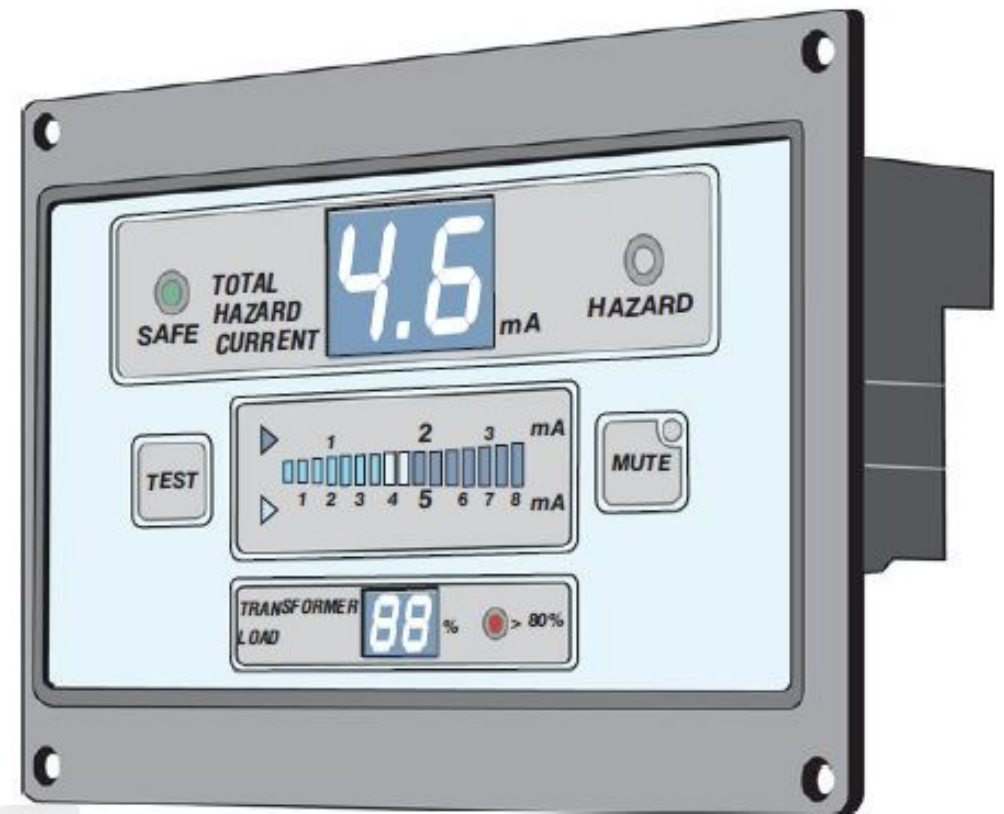
Grupo electrógeno: generadores

- Protegen ante cortes de energía
- Tiempo de respuesta en orden de segundos (10~30)
- Respaldo por horas (indefinido)

Respaldan sectores u hospitales enteros. Funcionan usando la Ley de Faraday.



Los sistemas aislados cuentan con equipos especiales de monitoreo, conocidos como: **Monitor de fugas o Controlador Permanente de Aislación (CPA)**



nib

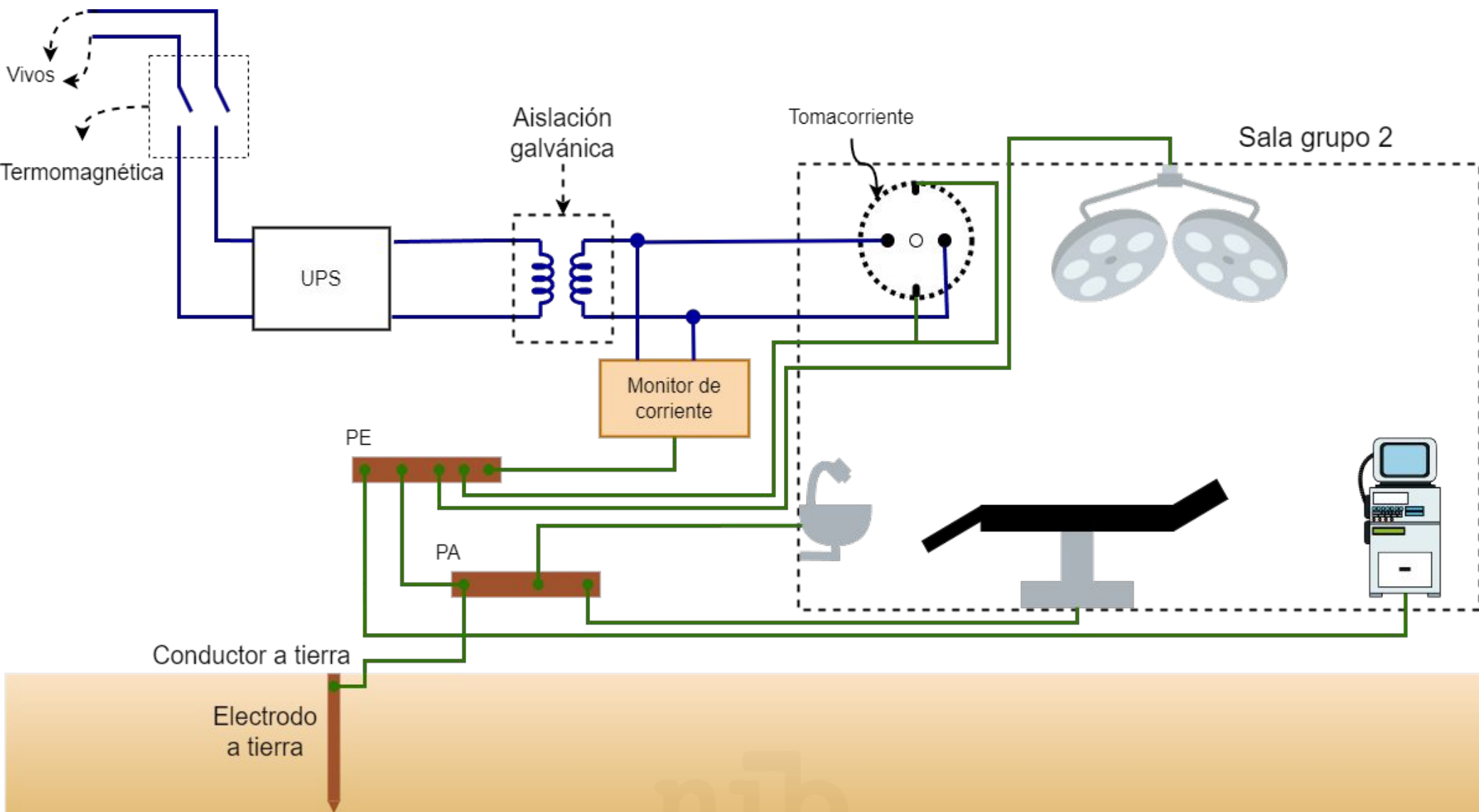
núcleo de ingeniería biomédica

Generalmente están instalados fuera de la sala, pero muy cerca.

- Se encargan de monitorear las fugas de corriente a tierra.
- Avisan de forma visual y sonora ante fallas posiblemente peligrosas.
- No cortan la energía en caso de falla: hay que atender sus alarmas!



Esquema típico de sala grupo 2



Muchas gracias

¿Preguntas?



Universidad de la República
Uruguay

nib

núcleo de ingeniería biomédica