

## Protección contra contactos indirectos en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna

### *Protection against indirect contact in alternating current machine electrical systems*

Jean Paul, Alava Zamora (1) | Jairo David, Cedeño Zhunio (2) | Jhoan Nicolas, Chilan Vera (3)

#### Pertenencia institucional

(1) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.  
(2) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.  
(3) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

#### Correspondencia

jcedenoz5@uteq.edu.ec

#### ORCID

Alava Zamora  
0009-0005-9185-1525  
Cedeño Zhunio  
0009-0004-5952-9475  
Chilan Vera  
0009-0000-9077-2861

#### Resumen

Este artículo se adentra en un análisis exhaustivo sobre la protección contra contactos indirectos en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna. Desde una perspectiva centrada en la prevención de accidentes y la salvaguarda de la integridad de equipos, el estudio explora estrategias y dispositivos de protección diseñados para mitigar los riesgos de choques eléctricos. Se destaca la importancia de identificar posibles peligros y vulnerabilidades relacionados con los contactos indirectos en sistemas de corriente alterna, así como proporcionar una comprensión de cómo implementar soluciones efectivas para garantizar la seguridad de los usuarios. El análisis abarca diversos aspectos relacionados con la prevención de accidentes eléctricos, desde la identificación de riesgos hasta el desarrollo de estrategias de mitigación. Se resalta la necesidad de emplear una combinación de dispositivos de protección, como interruptores diferenciales y sistemas de puesta a tierra, junto con métodos de análisis de riesgos, incluyendo simulación computacional, experimentación y observación directa.

#### Palabras clave:

Contactos indirectos; Sistemas eléctricos; Corriente alterna; Seguridad eléctrica

#### Abstract

This article delves into a comprehensive analysis of protection against indirect contacts in alternating current electrical systems. From a perspective focused on accident prevention and safeguarding equipment integrity, the study explores strategies and protective devices designed to mitigate electrical shock risks. The importance of identifying potential hazards and vulnerabilities related to indirect contacts in alternating current systems is highlighted, along with providing an understanding of how to implement effective solutions to ensure user safety. The analysis covers various aspects related to electrical accident prevention, from risk identification to the development of mitigation strategies. The need to employ a combination of protective devices, such as differential switches and grounding systems, along with risk analysis methods including computational simulation, experimentation, and direct observation, is emphasized. The article also provides a detailed description of different types of Class A and Class B protection systems, highlighting their features, applications, and safety conditions. By employing a combination of protective devices and risk analysis methods, we can effectively reduce the likelihood of electrical incidents and create safer and more reliable electrical environments.

#### Key words:

Indirect contacts; Electrical systems; Alternating current; Electrical safety

**PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS EN SISTEMAS  
ELÉCTRICOS DE MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA**

**PROTECTION AGAINST INDIRECT CONTACT IN ALTERNATING  
CURRENT MACHINE ELECTRICAL SYSTEMS**

Jean Paul Alava Zamora

**E-mail:** [jalavaz3@uteq.edu.ec](mailto:jalavaz3@uteq.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-9185-1525>

Jairo David Cedeño Zhunio

**Email:** [jcedenoz5@uteq.edu.ec](mailto:jcedenoz5@uteq.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-5952-9475>

Jhoan Nicolas Chilan Vera

**Email:** [jchilanv@uteq.edu.ec](mailto:jchilanv@uteq.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-9077-2861>

## **RESUMEN.**

Este artículo se adentra en un análisis exhaustivo sobre la protección contra contactos indirectos en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna.

Desde una perspectiva centrada en la prevención de accidentes y la salvaguarda de la integridad de equipos, el estudio explora estrategias y dispositivos de protección diseñados para mitigar los riesgos de choques eléctricos.

Se destaca la importancia de identificar posibles peligros y vulnerabilidades relacionados con los contactos indirectos en sistemas de corriente alterna, así como proporcionar una comprensión de cómo implementar soluciones efectivas para garantizar la seguridad de los usuarios.

El análisis abarca diversos aspectos relacionados con la prevención de accidentes eléctricos, desde la identificación de riesgos hasta el desarrollo de estrategias de mitigación.

Se resalta la necesidad de emplear una combinación de dispositivos de protección, como interruptores diferenciales y sistemas de puesta a tierra, junto con métodos de análisis de riesgos, incluyendo simulación computacional, experimentación y observación directa.

El artículo también presenta una descripción detallada de los diferentes tipos de sistemas de protección Clase A y Clase B, destacando sus características, aplicaciones y condiciones de seguridad.

Al emplear una combinación de dispositivos de protección y métodos de análisis de riesgos, podemos reducir eficazmente la probabilidad de incidentes eléctricos y crear entornos eléctricos más seguros y confiables.

### **Palabras clave:**

Contactos indirectos, sistemas eléctricos, corriente alterna, seguridad eléctrica, dispositivos de protección.

## **SUMMARY.**

This article delves into a comprehensive analysis of protection against indirect contacts in alternating current electrical systems. From a perspective focused on accident prevention and safeguarding equipment integrity, the study explores strategies and protective devices designed to mitigate electrical shock risks. The importance of identifying potential hazards and vulnerabilities related to indirect contacts in alternating current systems is highlighted, along with providing an understanding of how to implement effective solutions to ensure user safety. The analysis covers various aspects related to electrical accident prevention, from risk identification to the development of mitigation strategies. The need to employ a combination of protective devices, such as differential switches and grounding systems, along with risk analysis methods including computational simulation, experimentation, and direct observation, is emphasized. The article also provides a detailed description of different types of Class A and Class B protection systems, highlighting their features, applications, and safety conditions. By employing a combination of protective devices and risk analysis methods, we can effectively reduce the likelihood of electrical incidents and create safer and more reliable electrical environments.

### **Keywords:**

Indirect contacts, electrical systems, alternating current, electrical safety, protective devices.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente artículo se adentra en un análisis exhaustivo sobre la protección contra los contactos indirectos en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna.

En un contexto donde la seguridad eléctrica es prioritaria en diversas aplicaciones industriales y domésticas, es fundamental comprender y abordar los riesgos asociados con estos encuentros.

Desde una perspectiva centrada en la prevención de accidentes y la salvaguarda de vidas, nos enfocamos en explorar estrategias y dispositivos de protección diseñados para mitigar los riesgos de choques eléctricos.

Este estudio no solo busca identificar los posibles peligros y vulnerabilidades relacionados con los contactos indirectos en sistemas de corriente alterna, sino que también tiene como intención proporcionar una comprensión de cómo implementar soluciones efectivas para garantizar la seguridad de los usuarios y la integridad de los equipos.

A través de un enfoque amplio, examinamos diversos aspectos relacionados a la prevención de accidentes eléctricos.

Este análisis pretende contribuir a la promoción de entornos eléctricos seguros y la reducción de incidentes asociados con contactos indirectos en sistemas de corriente alterna.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La protección contra contactos indirectos es vital para garantizar la seguridad de su uso. Los contactos indirectos pueden ser desencadenados por diversos factores, como fallas en el aislamiento, conexiones defectuosas o condiciones ambientales adversas.

El impacto de los contactos indirectos en la operación de los sistemas eléctricos está relacionado con la cantidad de electricidad que manejan los dispositivos. Desde simples descargas inofensivas, hasta resultar en riesgos graves para la salud; incluyendo incendios, lesiones graves o incluso pérdidas humanas. Por lo tanto, comprender cómo prevenir y mitigar estos contactos indirectos es esencial.

En primer lugar, la protección contra contactos indirectos busca evitar la exposición involuntaria de personas u objetos a corrientes eléctricas peligrosas. Esto se logra mediante la implementación de dispositivos de protección, como interruptores diferenciales y sistemas de puesta a tierra, que detectan y desconectan automáticamente el suministro de energía cuando se detecta una corriente de fuga.

En segundo lugar, la protección contra contactos indirectos también implica el diseño adecuado de sistemas eléctricos, considerando la ubicación y el aislamiento de componentes eléctricos, así como la instalación de barreras físicas para evitar el contacto accidental.

El análisis del riesgo de contactos indirectos puede llevarse a cabo utilizando una variedad de métodos. Esto incluye evaluaciones de riesgos específicas del sitio, pruebas de continuidad y resistencia de tierra, así como simulaciones computacionales para predecir y prevenir posibles escenarios de contacto.

En resumen, la protección contra contactos indirectos en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna es esencial para garantizar la seguridad de los usuarios y la integridad de los equipos. Al emplear una combinación de dispositivos de protección y métodos de análisis de riesgos, podemos reducir eficazmente la probabilidad de incidentes eléctricos y crear entornos eléctricos más seguros y confiables.

A continuación hablaremos de varios de estos métodos y dispositivos:

- **Simulación**

- La simulación computacional es un método fundamental para entender el comportamiento de los sistemas eléctricos y evaluar la eficacia de las medidas de protección. (Blog ESSS, 2023)
- Se pueden emplear programas de simulación de circuitos eléctricos para modelar el flujo de corriente en el sistema y determinar cómo se propaga una corriente de fuga en diferentes escenarios.

- **Experimentación**

- La experimentación es un método que permite medir el comportamiento real de un sistema. (Real Academia Española, 2014) La experimentación proporciona datos empíricos sobre el comportamiento real de los sistemas eléctricos y la efectividad de las medidas de protección. Se pueden llevar a cabo pruebas de laboratorio para evaluar la respuesta de los dispositivos de protección, como los

interruptores diferenciales, ante corrientes de fuga simuladas.

- Además, se pueden realizar pruebas en campo para evaluar la eficacia de las medidas de protección implementadas en entornos reales. Esto puede incluir la medición de resistencias de tierra, pruebas de continuidad en sistemas de puesta a tierra y la inspección visual de componentes eléctricos en busca de posibles defectos o deterioro.

- **Observación**

- La observación directa del sistema eléctrico proporciona información sobre el estado de los componentes y la efectividad de las medidas de protección.
- Se pueden realizar inspecciones visuales periódicas para identificar signos de desgaste, deterioro o daño en los dispositivos de protección y en los componentes eléctricos en general.
- Además, la observación puede utilizarse para monitorear el comportamiento del sistema en tiempo real y detectar posibles anomalías que podrían indicar un riesgo de contacto indirecto. Esto puede incluir la detección de chispas, zumbidos o calentamiento excesivo en los dispositivos de protección, así como la observación de cambios inesperados en la operación del sistema.

Al emplear una combinación de simulación, experimentación y observación, es posible realizar un análisis completo de la protección contra contactos indirectos



en sistemas eléctricos de máquinas de corriente alterna, identificar posibles riesgos y vulnerabilidades, y desarrollar estrategias efectivas para mitigar estos riesgos y garantizar la seguridad del sistema y de los usuarios.

### **3. DESARROLLO**

#### **¿Que es un contacto eléctrico?**

Un contacto eléctrico se refiere a la conexión física entre dos partes conductoras que permite el flujo de corriente eléctrica entre ellos. (Fundación ENDESA, 2022) Estos contactos pueden ser intencionales, como los que se encuentran en los interruptores, enchufes o conectores, o pueden ser accidentales, como los causados por cortocircuitos o conexiones defectuosas.

#### **Tipos de contactos eléctricos:**

Dependiendo del tipo de contacto que sucede se pueden definir en dos clases:

- Directo:
  - Es el tipo de contacto que se produce por el contacto de la persona con partes activas de la instalación. (Universidad Zaragoza, 2024)
- Indirecto:
  - Se trata del contacto de una persona con objetos que están accidentalmente energizados. Por ejemplo, si un cable está en contacto con la carcasa de un ordenador y una persona toca esa carcasa, puede recibir una descarga eléctrica, ya que la corriente se desvía hacia el suelo a través de la persona. (Universidad Zaragoza, 2024)

## **¿Que es un sistema eléctrico?**

Un sistema eléctrico se define como una red interconectada de componentes, dispositivos y circuitos que tienen como objetivo generar, transmitir, distribuir y utilizar de manera eficiente y segura la energía eléctrica. Estos sistemas eléctricos constituyen la estructura fundamental de la infraestructura que suministra electricidad a hogares, industrias, comercios y otros sectores. (eligenio, 2022)

## **Elementos de un sistema eléctrico**

Los componentes interconectados que colaboran en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en un sistema eléctrico son los siguientes: (eligenio, 2022)

- **Generadores:**
  - Equipos encargados de transformar diversas formas de energía en electricidad.
- **Subestaciones:**
  - Instalaciones que se encargan de modificar la electricidad de alta tensión producida en las plantas generadoras.
- **Transformadores:**
  - Dispositivos diseñados para cambiar los niveles de tensión de la electricidad, facilitando su transporte y distribución eficiente.
- **Dispositivos de Protección:**
  - Incluyen interruptores, fusibles y otros dispositivos destinados a garantizar la seguridad del flujo eléctrico, previniendo cortocircuitos y sobrecargas.

- **Medidores de Energía:**

- Instrumentos utilizados para medir la cantidad de electricidad consumida por los usuarios finales, lo que facilita la facturación y la gestión del consumo eléctrico.

- **Sistemas de Almacenamiento de Energía:**

- Dispositivos destinados a almacenar energía eléctrica para su uso posterior, lo que contribuye a equilibrar la oferta y la demanda en el sistema eléctrico y a garantizar un suministro estable y continuo.

## **¿Qué es la corriente alterna?**

La corriente alterna (CA) se define como un tipo de flujo de corriente eléctrica en el cual la dirección de movimiento de los electrones oscila periódicamente en ciclos regulares. (Scientific Committees, 2015)

Esta corriente es la que normalmente se encuentra en las líneas eléctricas y en los enchufes de pared de las viviendas. En los Estados Unidos, la frecuencia estándar de la corriente alterna es de 60 ciclos por segundo (60 Hz), mientras que en Europa y la mayoría del mundo es de 50 ciclos por segundo (50 Hz).

Por otro lado, la corriente continua (CC) se caracteriza por fluir de manera constante en una sola dirección, como la que se encuentra en las baterías de una linterna u otros dispositivos alimentados por baterías. (Scientific Committees, 2015)

Una de las ventajas principales de la corriente alterna es su capacidad para modificar fácilmente el voltaje, lo cual resulta económicamente eficiente. Además, las pérdidas de energía inherentes al transporte de la corriente a largas distancias son significativamente menores en comparación con la corriente continua.

## **¿Que es una máquina de corriente alterna?**

Una máquina de corriente alterna es un aparato eléctrico que produce un flujo de energía eléctrica que se invierte en dirección en intervalos periódicos. Estos dispositivos han sido empleados extensamente durante más de un siglo para proveer energía eléctrica a domicilios y establecimientos comerciales en todo el mundo. (ElectroPreguntas, 2020)

Las máquinas de corriente alterna operan mediante la medición de la intensidad y dirección de la corriente eléctrica, adaptándose continuamente para controlarla de manera efectiva. (ElectroPreguntas, 2020) Esto implica la creación de un campo magnético que interactúa con las propiedades magnéticas de los materiales circundantes, lo que resulta en un movimiento rotatorio del eje. Este movimiento permite la conversión precisa de la energía mecánica disponible en energía eléctrica utilizable. En la actualidad, las aplicaciones principales de las máquinas de corriente alterna incluyen:

- Suministrar energía eléctrica a hogares y edificaciones, proporcionando una fuente confiable de electricidad para iluminación, electrodomésticos y otros dispositivos electrónicos.
- Operar maquinaria industrial de gran envergadura, como motores, compresores y bombas, facilitando procesos productivos en diversos sectores industriales.
- Generar electricidad para el transporte y la movilidad, alimentando sistemas de tracción eléctrica en vehículos ferroviarios, automóviles eléctricos y otras formas de transporte sostenible.
- Producción de energía para fuentes renovables, como parques eólicos y centrales hidroeléctricas, donde las máquinas de corriente alterna desempeñan un papel crucial en la conversión de la energía cinética del viento y el agua en electricidad limpia y renovable.

## **Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos**

Los sistemas de protección aplicables variarán en base al tipo de energía eléctrica presente en la zona a proteger, el enfoque se desarrollará en base a lo ya conocido y de manera jerárquica. Tal que se pongan las medidas de protección afectantes en orden de:

- Fuente:
  - Entenderemos por fuente a el origen de la corriente eléctrica.
- Medio:
  - Todo aquello que se encuentre entre el inicio de la corriente eléctrica y el individuo que esté a riesgo de un contacto indirecto.
- Individuo:
  - Aquel o aquellos que puedan ser atacados por un contacto eléctrico indirecto.

Guías como la NTP 71 destacan la importancia de estos sistemas para prevenir riesgos mortales asociados con la electricidad y ofrece una descripción detallada de sus características, aplicaciones y condiciones de seguridad. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1983)

Además, en estas se subraya la necesidad de cumplir con las recomendaciones establecidas para garantizar la fiabilidad y eficacia de estos sistemas en diversas situaciones de riesgo.

De los tipos de sistemas de protección más destacables, denotan el tipo (clase) A y B. Explicándoles a continuación.

## Sistemas de Protección Clase A

Los Sistemas de Protección Clase A se centran en eliminar el riesgo al hacer que los contactos no sean peligrosos y evitar que las masas y los elementos conductores entren en contacto simultáneo. Presenta los siguientes componentes. (Universidad Politécnica de Valencia, 2012)

- Separación de circuitos:
  - Este método implica aislar los circuitos de uso de la fuente de energía utilizando transformadores o grupos convertidores, manteniendo los conductores del circuito de uso aislados de la tierra, incluyendo el neutro. Sin embargo, tiene limitaciones en cuanto a la tensión y potencia de los transformadores y no detecta el primer fallo de aislamiento.

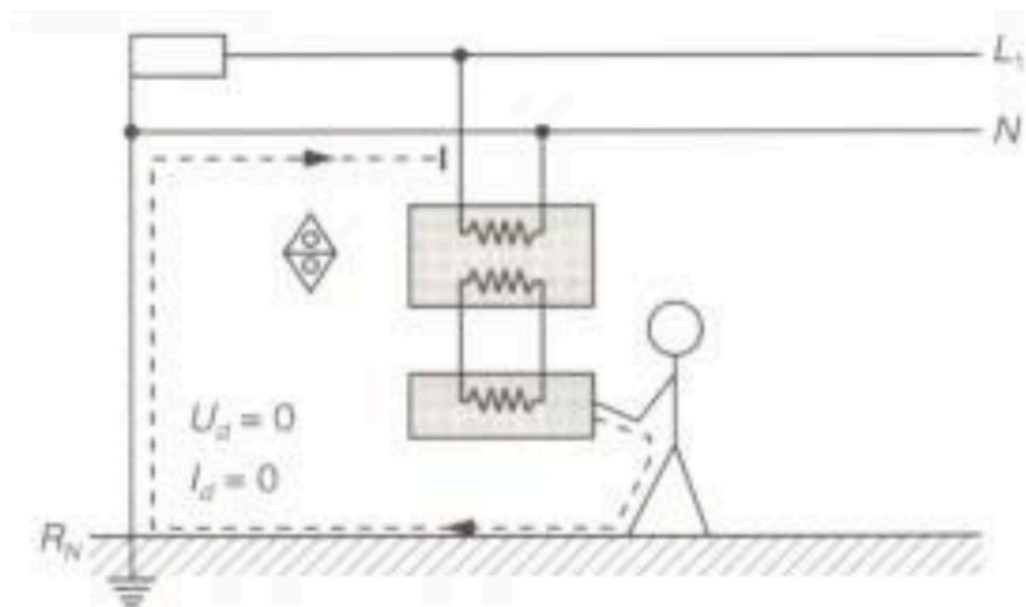


Fig. 1 Separación de circuitos



- Uso de tensiones de seguridad:
  - Este enfoque utiliza tensiones bajas, como 24 V para ambientes húmedos o mojados, y 50 V para ambientes secos, suministradas por transformadores o baterías, aisladas de la tierra.

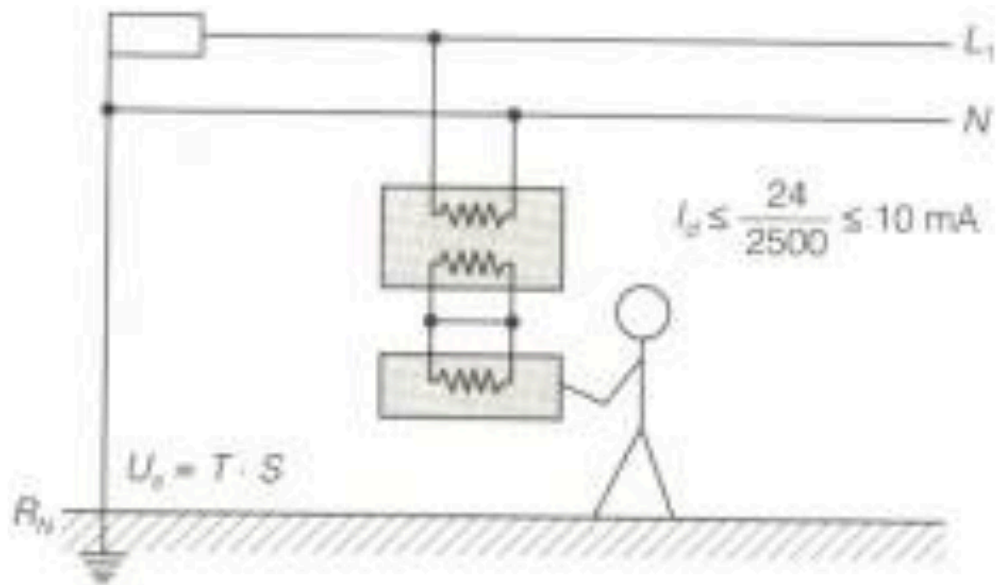


Fig. 2 Tensiones de seguridad

- Aislamiento de protección:
  - El doble aislamiento se emplea en máquinas y herramientas portátiles, utilizando un aislamiento adicional funcional para proteger contra contactos directos.
- Conexiones equipotenciales de masas:
  - Este sistema une todas las masas de la instalación y elementos conductores accesibles para evitar diferencias de potencial peligrosas.

## **Sistemas de Protección Clase B**

Los Sistemas de Protección Clase B involucran la conexión directa de las masas a tierra o neutro, junto con dispositivos automáticos de corte para desconectar instalaciones defectuosas y prevenir tensiones de contacto peligrosas. (Universidad Politécnica de Valencia, 2012)

- Puesta a tierra y dispositivos de corte por tensión de defecto:
  - Este método coloca las masas a tierra y utiliza dispositivos de corte automáticos que desconectan la instalación en caso de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto:
  - Aquí, las masas se unen al conductor neutro, convirtiendo los defectos de aislamiento en cortocircuitos entre fase y neutro, activando dispositivos de corte automáticos.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto:
  - Este sistema une las masas a tierra mediante electrodos enterrados, y utiliza diferenciales como dispositivos de corte.
- Uso de interruptores diferenciales:
  - Estos dispositivos reducen el tiempo y la corriente que pasa por el cuerpo humano en caso de un fallo eléctrico.

## 4. CONCLUSIONES

- ❖ La seguridad eléctrica es una prioridad tanto en entornos industriales como domésticos, donde la comprensión y abordaje de los riesgos asociados con los contactos indirectos son fundamentales para prevenir accidentes y proteger vidas.
- ❖ La implementación de estrategias y dispositivos de protección, como interruptores diferenciales, sistemas de puesta a tierra y aislamiento adecuado, es esencial para mitigar los riesgos de choques eléctricos.
- ❖ Los contactos indirectos pueden desencadenarse por diversos factores, como fallas en el aislamiento, conexiones defectuosas o condiciones ambientales adversas, lo que resalta la importancia de un enfoque preventivo y proactivo en la protección eléctrica.
- ❖ La combinación de dispositivos de protección y métodos de análisis de riesgos, como simulación computacional, experimentación y observación directa, permite identificar y mitigar eficazmente los riesgos asociados con los contactos indirectos en sistemas eléctricos.
- ❖ Los sistemas de protección Clase A y Clase B ofrecen enfoques diferentes pero complementarios para garantizar la seguridad en sistemas eléctricos de corriente alterna, abordando la separación de circuitos, el uso de tensiones de seguridad, la conexión a tierra de masas y la utilización de interruptores diferenciales, entre otros métodos.

## Bibliografía

- Blog ESSS. (2023, May 2). *4 ejemplos de aplicación de simulación computacional en equipos industriales*. ESSS. Retrieved March 1, 2024, from <https://www.esss.co/es/blog/aplicacion-de-simulacion-computacional-en-equipos-industriales/>
- ElectroPreguntas. (2020). *Máquina De Corriente Alterna: Conceptos Básicos Y Usos*. Electropreguntas. Retrieved March 1, 2024, from <https://electropreguntas.com/maquina-de-corriente-alterna-conceptos-basicos-y-usos/>
- eligenio. (2022). *¿Qué es un sistema eléctrico?* Eligenio. Retrieved March 1, 2024, from <https://eligenio.com/es/glosario/sistema-electrico/>
- Fundación ENDESA. (2022). *Elementos de un circuito eléctrico: Resistencia y conductores*. Fundación Endesa. Retrieved March 1, 2024, from <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/elementos-circuito-electrico>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1983). *NTP 71: Sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos*. INSST. Retrieved March 1, 2024, from [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_071.pdf/10aaede9-1c37-46b8-8dbd-4898e95ef9b2](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_071.pdf/10aaede9-1c37-46b8-8dbd-4898e95ef9b2)

Real Academia Española. (2014). *experimentación* | *Definición* | *Diccionario de la lengua española* | *RAE - ASALE*. Diccionario de la lengua española.

Retrieved March 1, 2024, from

<https://dle.rae.es/experimentaci%C3%B3n>

Scientific Committees. (2015). *Glosario: Corriente alterna y corriente continua*.

Retrieved March 1, 2024, from

[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/campos-electromagneticos/glosario/abc/corriente-alterna.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos/glosario/abc/corriente-alterna.htm)

Universidad Politécnica de Valencia. (2012). *Protección contra contactos*

*eléctricos indirectos*. Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral.

Retrieved March 1, 2024, from

[https://www.sprl.upv.es/iop\\_elec\\_05.htm#p1](https://www.sprl.upv.es/iop_elec_05.htm#p1)

Universidad Zaragoza. (2024, Febrero 09). *Tipos de contactos eléctricos* |

*Unidad de Prevención de Riesgos Laborales*. Unidad de Prevención de

Riesgos Laborales | Universidad de Zaragoza. Retrieved Marzo 01, 2024,

from <https://uprl.unizar.es/seguridad-laboral/tipos-de-contactos-electricos>