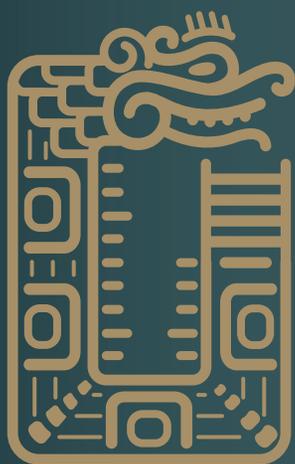


**KAANBAL**

**PROGRAMA DE  
TRANSFERENCIA  
DE CONOCIMIENTO**

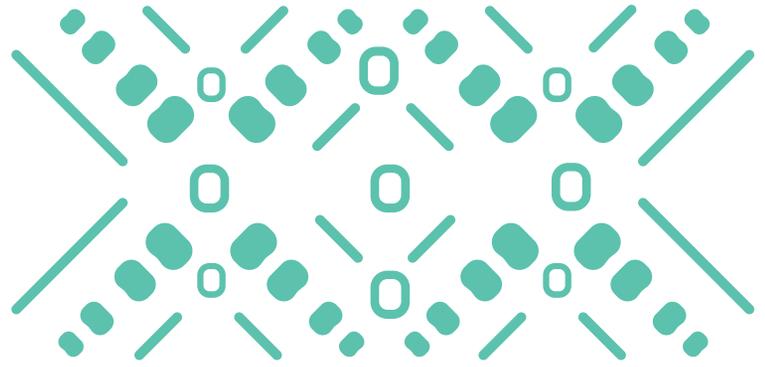


**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

**Lección 3**



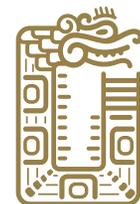
**Lección 3**



*CURSO 4*

# ***Energía Eléctrica***

*con Isaac Fonseca Monreal*



**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

# ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Subestación Eléctrica de Tracción</i>	.....	4
<i>Imagen 2: Tercer carril lateral</i>	.....	5
<i>Imagen 3: Línea de contacto rígida</i>	.....	5
<i>Imagen 4: Sistema de catenaria</i>	.....	5
<i>Imagen 5: Ejemplo de conexión del sistema TPS (SET y LT)</i>	.....	6
<i>Imagen 6: Sistema de control en una subestación</i>	.....	7
<i>Imagen 7: Línea de Transmisión Eléctrica (LTE) de un tren de alta velocidad</i>	.....	7
<i>Imagen 8: Resistencia eléctrica de un material</i>	.....	8
<i>Imagen 9: Inducción en serie con campo magnético</i>	.....	8
<i>Imagen 10: Diagrama de capacidad de derivación</i>	.....	8
<i>Imagen 11: Diagrama de conductividad eléctrica</i>	.....	9
<i>Imagen 12: Conductores</i>	.....	9
<i>Imagen 13: Elementos de soporte del hilo conductor</i>	.....	10
<i>Imagen 14: Aisladores</i>	.....	10
<i>Imagen 15: Cables a tierra</i>	.....	10
<i>Imagen 16: Sistema de Catenaria</i>	.....	11

# Lección 3

## TPS (TRACTION POWER SYSTEM)

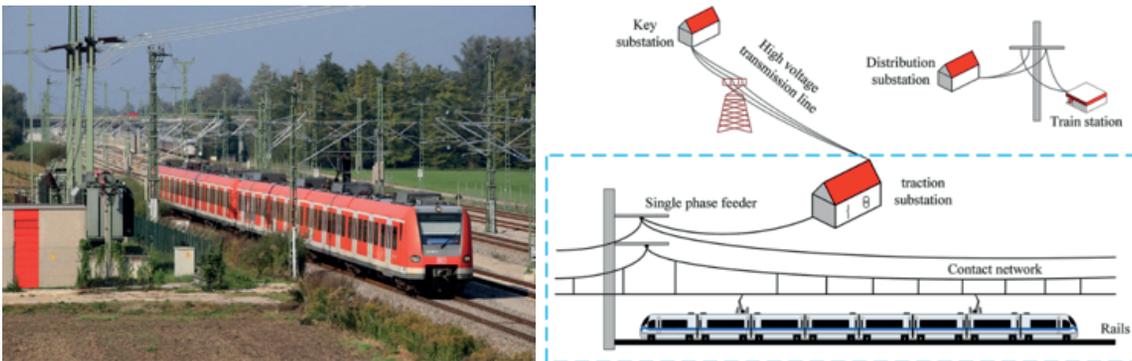
### TPS (Traction Power System)

TPS (Traction Power System o sistema de energía de tracción): Es una red eléctrica diseñada para proporcionar un suministro continuo de energía eléctrica a las redes ferroviarias electrificadas.

### Componentes

Los principales componentes del TPS son la Subestación Eléctrica de Tracción (SET) y la línea de transmisión al tren (LT). La función principal de la Subestación Eléctrica de Tracción es transformar la corriente alterna de la red de distribución a

### Imagen 1: Subestación Eléctrica de Tracción



Fuente: ACNUR. (2020). Electricista sirio vuelve a la normalidad en la red ferroviaria alemana. Agencia de la ONU para los Refugiados. Y ResearchGate. (n.d.). The traction power supply system structure diagram in the high-speed railway. <https://www.researchgate.net/figure/The-traction-power-su->

A diferencia de la Subestación Eléctrica de Tracción que dispone principalmente de componentes electrónicos, la Línea de Transmisión al tren es principalmente un sistema mecánico que contiene elementos que realizan la transmisión de energía hacia el tren a través de diferentes sistemas electromecánicos caracterizados por la distribución eléctrica desde la Subestación Eléctrica de Tracción. Hasta la fecha, dicha distribución se realiza mediante una línea eléctrica de transmisión, también llamada línea aérea de contacto y un captador de corriente que ya conocemos, el "Pantógrafo", equipado en el tren y es el mediante el cual absorbe la energía eléctrica necesaria.

La captación de energía se puede realizar de distintas maneras:

1. Por el suelo a través de un tercer carril lateral de forma aérea, a lado de la vía se energiza un carril que va paralelo en todo momento, el cual con ayuda de elementos instalados en los bogies del Material Rodante, alimenta el sistema de energía eléctrica.

## **Imagen 2: Tercer carril lateral**



Fuentes: Pandrol. (n.d.). Sistemas de tercer carril. [Imagen]. [https://www.pandrol.com/es/product/sistemas-de-tercer-carril/Mediante una línea de contacto rígida](https://www.pandrol.com/es/product/sistemas-de-tercer-carril/Mediante%20una%20l%C3%ADnea%20de%20contacto%20r%C3%ADgida)

2. Mediante una línea de contacto rígida, el cual se energiza por medio de una subestación eléctrica de tracción, la cual emite a lo largo de la línea de contacto rígida, los 25Kv necesarios para que el sistema eléctrico del Material Rodante, sea alimentado, nota, no necesariamente se utiliza un pantógrafo para captar la energía.

## **Imagen 3: Línea de contacto rígida**



Fuente: Repositorio comillas, (n.d.). [Imagen]. <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/12519/1/TFM000367.pdf>

3. Por medio de un tercer carril aéreo o una línea de contacto elástica comúnmente denominada "Catenaria, funciona con ayuda de sistemas de soporte y elementos de conducción que son alimentados por medio de la Subestación Eléctrica de Tracción, tiene un voltaje de 25 Kv, energía necesaria para que el Material Rodante por medio del Pantógrafo capte esa energía y la distribuya por este.

## **Imagen 4: Sistema de catenaria**



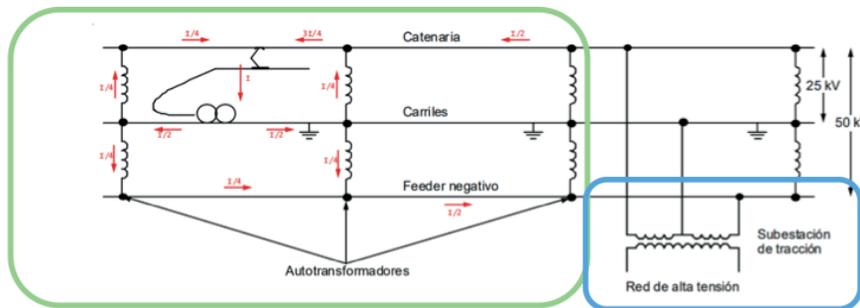
Fuente: Andalucía información (n.d) ¿Qué es la catenaria de un tren y por qué causo la muerte de Alvaro Prieto? [Imagen] <https://andaluciainformacion.es/andalucia/1385166/-que-es-la-catenaria-de-un-tren-y-por-que-causo-la-muerte-de-alvaro-prieto/>

Para una correcta operación del servicio ferroviario, se requiere de supervisión y control de la Subestación Eléctrica de Tracción y la Línea de Transmisión al tren, mediante un sistema de control que normalmente integra los mismos; Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA).

TPS (sistema de energía de tracción) con conexión al Sistema Eléctrico General.

Un sistema de energía de tracción conectado al sistema eléctrico general puede variar dependiendo del servicio, ya sea de alta velocidad o los otros servicios existentes. En el caso de los servicios de alta velocidad, la conexión de la Subestación Eléctrica de Tracción es directa a la red de transporte, debido a las potencias de cortocircuito requeridas.

### **Imagen 5: Ejemplo de conexión del sistema TPS (SET y LT)**



Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2021). Estudio sobre la electrificación de la red ferroviaria de alta velocidad. Gobierno de España. [Imagen] [https://www.transportes.gob.es/recursos\\_mfom/ferrocarriles/ESTUDIO18/AN07\\_Elec\\_IISCC.pdf](https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/ferrocarriles/ESTUDIO18/AN07_Elec_IISCC.pdf)

## **SCADA de control**

También llamado "Telemando de energía", el SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) es un sistema de mando y control compuesto de todos los elementos necesarios para poder llevar a cabo el monitoreo, control y gestión de todos los subsistemas y elementos de campo pertenecientes al sistema de energía de tracción en tiempo real. De manera general, se debe considerar que todos los elementos del sistema de energía de tracción pueden ser operados desde el SCADA por personal calificado en este tipo de tecnologías del sistema de electrificación.

Es habitual que el personal ferroviario responsable del SCADA pueda establecer comunicación puntual con el personal externo responsable de la operación de la línea de transporte y/o distribución. Esta comunicación normalmente se genera cuando existe una incidencia o la necesidad de interrumpir la energía eléctrica a la Subestación Eléctrica de Tracción. Cabe destacar que el personal suele situarse en el mismo lugar que el personal responsable de la circulación ferroviaria, con el fin de interactuar de manera conjunta durante los períodos de operación.

## **Imagen 6: Sistema de control en una subestación**



Fuente: Alvarez, P. (2022, 12 de julio). Las compañías ferroviarias europeas se enfrentan a una crisis de suministros. Cinco Días. [Imagen] [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/07/12/companias/1657618068\\_026094.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/07/12/companias/1657618068_026094.html)

## **Línea de Transmisión Eléctrica**

Es el canal o medio por el cual ocurre la transmisión y distribución de energía eléctrica. Se trata de una estructura metálica que funciona como soporte de conductores eléctricos por donde se transmite, a grandes distancias, la energía.

Las líneas de transmisión eléctrica son de alta tensión, en ellas, el abastecimiento de energía sigue siendo posible, aunque se produzca alguna incidencia en el proceso de transmisión, ya que la energía puede llegar desde otra línea con la que el sistema está interconectado.

## **Imagen 7: Línea de Transmisión Eléctrica (LTE) de un tren de alta velocidad**

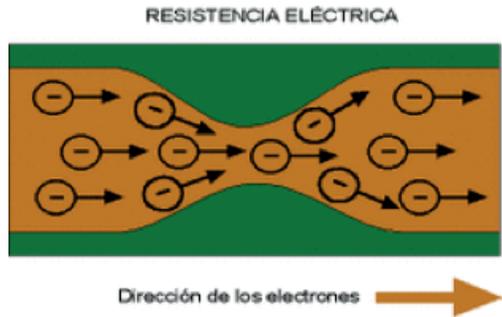


Fuente: Ingeniería Ferroviaria. (n.d.). ¿Qué son los SCOTT en catenaria ferroviaria? [Imagen]. <https://ingenieriaferroviaria.com.ar/que-son-los-scott-en-catenaria-ferrocarril/>

Toda línea de transmisión cuenta con elementos que afectan la capacidad de transmisión del sistema eléctrico:

1. Resistencia (R) Es la oposición al paso de una corriente eléctrica. En una línea de transmisión, la resistencia es del material frente al paso de las señales electromagnéticas.

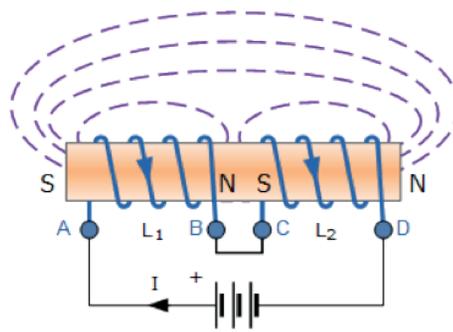
### Imagen 8: Resistencia eléctrica de un material



Fuente: MAFIS. (n.d.). Resistencias. Weebly. <https://mafis.weebly.com/resistencias.html>

2. Inducción en serie (L) Es la oposición al cambio de corriente de una bobina, que almacena la energía eléctrica dentro del campo electromagnético, afectando la parte superficial de la línea de transmisión.

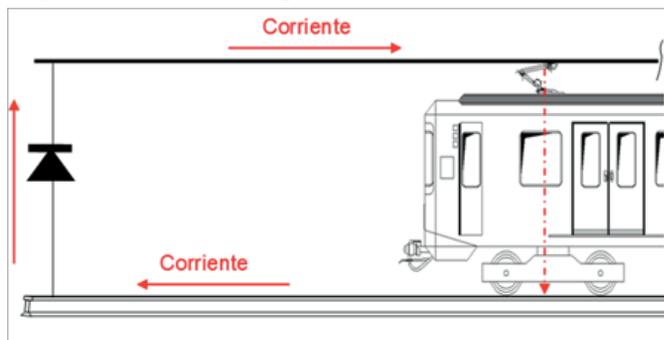
### Imagen 9: Inducción en serie con campo magnético



Fuente: Clases para Todos. (n.d.). Inductores en serie. <https://clasesparatodos.org/inductores-en-serie/>

3. Capacidad de derivación (C). Se trata de la capacidad de la línea de transmisión para recibir y almacenar energía durante su paso por ella.

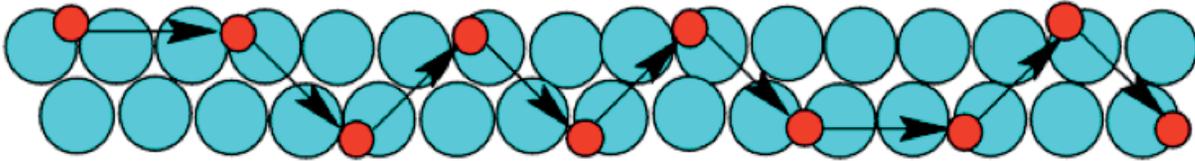
### Imagen 10: Diagrama de capacidad de derivación



Fuente: eSmartCity. (2021, 22 de junio). Imagen sobre el plan energético del metro y medidas medioambientales [Imagen]. <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-plan-energetico-metro-12-medidas-referente-medioambiental>

4. Conductividad de derivación ( $G$ ). Es la capacidad del material empleado en la línea de transmisión para soportar el paso de la señal. Esta propiedad es lo opuesto a la resistencia.

### **Imagen 11: Diagrama de conductividad eléctrica**



Fuente: Concepto.de. (n.d.). Imagen sobre conductividad eléctrica [Imagen]. <https://concepto.de/conductividad-electrica/>

## **COMPONENTES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA**

1. Conductores Materiales que sirven como medio de transporte de la energía, desde el inicio hasta el final de la línea. Presentan poca resistencia al movimiento de energía para que pueda circular sin dificultad. En una línea de transmisión, el número de conductores dependerá de la cantidad de circuitos por fase. Suele utilizarse el cobre, aunque con el paso del tiempo ha sido sustituido por aluminio, dada su ligereza y misma capacidad de resistencia.

### **Imagen 12: Conductores**



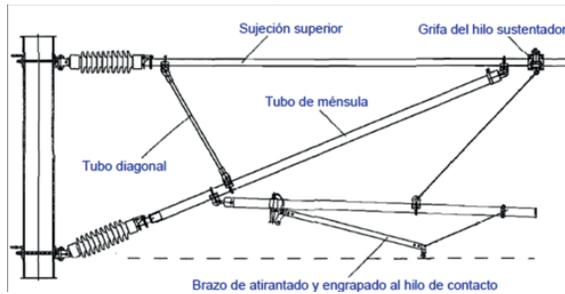
Fuente: Modellbahnshop-Lippe. (n.d.). Imagen de accesorios de catenaria LGB 56201 [Imagen]. [https://www.modellbahnshop-lippe.com/Accesorios/Catenaria/LGB-56201/es/modell\\_223594.html](https://www.modellbahnshop-lippe.com/Accesorios/Catenaria/LGB-56201/es/modell_223594.html)



<https://www.vicentetorns.com/producto/productos-catenaria-ferrocarril/>

2. Estructuras de soporte. Estructuras reticulares que soportan las líneas aéreas y cables de una línea de transmisión eléctrica.

### **Imagen 13: Elementos de soporte del hilo conductor**



Fuente: Universidad Pontificia Comillas. (n.d.). [Imagen]. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/29147/retrieve>

3. Aisladores. Son los elementos que sujetan mecánicamente a los conductores, manteniéndolos aislados entre ellos y la tierra.

### **Imagen 14: Aisladores**



Fuente: POINSA. (n.d.). Imagen de aisladores para catenaria ferroviaria [Imagen].

4. Cables de tierra. Se utilizan en las líneas de alta tensión para proteger el resto de los conductores ante posibles incidencias atmosféricas, como la caída de rayos.

### **Imagen 15: Cables a tierra**



Fuente: Kapek Internacional. (n.d.). Imagen sobre puesta a tierra [Imagen]. <https://www.kapekinternacional.com/puesta-tierra-19.html>

## Imagen 16: Sistema de Catenaria



Sistema de catenaria de un hilo de contacto, Fuentes: Laregión. (2021, 28 de febrero). La línea AVE tiene la catenaria montada entre Ourense y Madrid. <https://www.laregion.es/articulo/ourense/linea-ave-tiene-catenaria-montada-ourense-madrid/202102280118131009712.html>

## Bibliografía

Tema	Recomendación
Sistema de Energía Eléctrica Lección 3	Tecnologías específicas de electrificación en ferrocarriles de alta velocidad. J.C. Martínez. Documentación de Microcurso del mismo nombre. Fundación de los ferrocarriles españoles. 2011.
	<a href="https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/ferrocarriles/ESTUDIO18/AN07_Elec_ISSCC.pdf">https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/ferrocarriles/ESTUDIO18/AN07_Elec_ISSCC.pdf</a>
	<a href="https://www.irecfer.com/subestaciones-de-traccion/">https://www.irecfer.com/subestaciones-de-traccion/</a>
	Martínez JC. Tecnologías específicas de electrificación en ferrocarriles de Alta Velocidad. Colección técnica. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2011.
	<a href="https://www.swartzengineering.com/What-Is-a-Traction-Power-System%3F">https://www.swartzengineering.com/What-Is-a-Traction-Power-System%3F</a>
	Ingeniería Ferroviaria, Francisco Javier González Fernández, Julio Fuentes Losa, UNED
	Aplicaciones ferroviarias, Compatibilidad electromagnética, Norma EN 50121, 2017.
<i>Aplicaciones ferroviarias. Tracción eléctrica. Motores lineales asíncronos de tipo devanado primario corto, alimentados por convertidores, Norma EN 61377.</i>	