

## **Estado de Avance del Diseño y Proyección de Subestación Transformadora de 33 a 13,2 kV y Nueva Línea de Distribución de 33 kV en Azara, Misiones**

Acosta, Amanda C.<sup>ab</sup>; Dos Santos, Betiana S.<sup>ab</sup>; Soloneski, Tamara R.<sup>ab\*</sup>; Cabral, Roberto J.<sup>ab</sup>,  
Berent, Héctor F.<sup>ab</sup>; Oliveira, Mario O.<sup>ab</sup>; Martínez, José G.<sup>ab</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: amandaacosta2.aa@gmail.com, betianasoleidad2811@gmail.com, tamarasoloneski@gmail.com,  
robert\_rjc@hotmail.com, hectorberent71@gmail.com, ingenioli@gmail.com, ingjgmartinez@gmail.com.

---

### **Resumen**

El presente trabajo detalla el estado de avance del diseño y proyección de la subestación transformadora de 33KV a 13,2kV y la nueva línea de distribución de 33kV en Azara, Misiones. Este proyecto se desarrolla en el marco de la asignatura "Proyecto Electromecánico 2" y responde a la creciente demanda energética de la región, impulsada por el aumento poblacional y el desarrollo industrial. Este avance representa un paso significativo hacia la autosuficiencia energética de Azara, buscando lograr la calidad del servicio eléctrico y fomentando el desarrollo socioeconómico de la ciudad.

**Palabras Clave** – Subestación transformadora, línea de distribución, suministro energético, estudio legal, estudio técnico.

## **1. Introducción**

Debido al crecimiento poblacional en Azara, Misiones, la demanda energética ha aumentado considerablemente, sobrecargando el actual sistema de alimentación eléctrica. La energía se transmite actualmente por una línea aérea de subtransmisión en 33kV desde la ET 132/33/13,2 kV en Apóstoles hasta la SET 33/13,2 kV en Concepción de la Sierra y luego desde la ciudad de Concepción hasta la Azara por un alimentador de distribución de 13,2 kV, lo que resulta ineficiente por las pérdidas y la caída de voltajes a lo largo de los más de 55 kilómetros de distancia. Esto ha causado problemas en la calidad y continuidad del suministro eléctrico, limitando el desarrollo socioeconómico de la ciudad.

El objetivo principal del proyecto es mejorar la capacidad de subtransmisión y distribución de energía en Azara para garantizar un suministro más confiable y adecuado a las necesidades futuras, reduciendo la dependencia de la SET 33/13,2 kV en Concepción de la Sierra. Esto permitirá una mayor calidad en el suministro eléctrico, mejor capacidad para satisfacer la creciente demanda y mayor autonomía energética para la ciudad. El proyecto también incluirá el diseño de infraestructuras de subtransmisión y distribución que proporcionen una solución sostenible y a largo plazo al problema energético de Azara.

## **2. Actividades programadas y alcanzadas**

### *2.1. Objetivos*

- 1) Diseñar una línea de 33kV y SET de 33/13,2kV en el sistema eléctrico capaz de mejorar la calidad y capacidad de la provisión energética del municipio de Azara y zonas aledañas.
- 2) Eliminar la dependencia de la SET 33/13,2kV de Concepción de la Sierra, energizando al sistema mediante una nueva terna en 33 kV desde la ET de Apóstoles 132/33/13,2 kV hasta Azara con su propia SET 33/13,2 kV.

## *2.2. Estudio Legal*

Se analiza el marco normativo existente a nivel internacional, nacional y provincial, centrándonos en las regulaciones que afectan el diseño, la instalación y la operación de subestaciones transformadoras y líneas de transmisión. Además, se examinan las normativas que intervienen en el diseño, tanto desde una perspectiva legislativa como técnica.

### *2.2.1. Normativa Internacional*

- 1) Norma ISO 14001 [1]: Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), la norma ISO 14001 es un estándar internacional que especifica los requisitos para un SGA efectivo. Su objetivo principal es ayudar a las organizaciones a mejorar su desempeño ambiental a través de un uso más eficiente de los recursos y la reducción de residuos, ganando así una ventaja competitiva y la confianza de las partes interesadas.
- 2) Norma ISO 5001 [2]: Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), la norma ISO 50001 es un estándar internacional que proporciona un marco para establecer, implementar, mantener y mejorar un SGEn. Su objetivo es permitir a las organizaciones seguir un enfoque sistemático en el logro de una mejora continua del desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

### *2.2.2. Reglamentación y Normativa Nacional*

- 1) Ley Nacional 15336 [3]: Régimen de la Energía Eléctrica, la Ley 15.336 de Argentina, promulgada el 22 de septiembre de 1960, establece el marco legal para el régimen de la energía eléctrica en el país. Esta ley es fundamental en la regulación del sector eléctrico argentino y ha sido complementada y modificada por otras normativas a lo largo de los años.
- 2) Ley Nacional 19552 [4]: Servidumbre Administrativa del Electroducto, la Ley 19.552, promulgada el 3 de abril de 1972, establece normas para la instalación, funcionamiento y operación de las subestaciones transformadoras de energía eléctrica en Argentina. Esta ley, conocida también como Ley de Subestaciones Eléctricas, regula aspectos clave para asegurar la seguridad, eficiencia y operatividad de estas instalaciones.
- 3) Ley Nacional 24065 [5]: Ley de la Energía Eléctrica, la Ley 24.065, promulgada el 19 de diciembre de 1991, es una ley fundamental que reestructuró y desreguló el sector eléctrico en Argentina. Estableció un nuevo marco normativo para la generación, transporte, y

distribución de energía eléctrica, promoviendo la competencia y la participación privada en el sector.

- 4) Ley Nacional 25612/02 [6]: Establece el marco regulatorio para la gestión y el tratamiento de residuos industriales en Argentina. Esta ley fue sancionada el 3 de julio de 2002 y promulgada el 31 de julio de 2002.
- 5) Ley Nacional 25831 [7]: Libre Acceso a la Información Pública Ambiental. Establece un marco para garantizar el acceso a la información ambiental.
- 6) Artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina [8]: Establece el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano y equilibrado, apto para el desarrollo humano y la actividad productiva, con el deber de preservarlo. Garantiza el uso racional de los recursos naturales y la protección del patrimonio natural y cultural. Asimismo, impone la obligación de recomponer el ambiente dañado y prohíbe la introducción de residuos peligrosos. También establece la responsabilidad de las autoridades de proveer a la protección del ambiente y la educación ambiental.

### *2.2.3. Reglamentación y Normativa Provincial*

- 1) Ley Provincial X-N°14(Antes ley 3270) [9]: Marco Regulatorio Eléctrico, promulgada en el año 1995 regula el marco para el transporte y la distribución de energía eléctrica, considerándolos servicios públicos esenciales. Esta ley establece que la generación de electricidad, destinada total o parcialmente a abastecer el servicio público, es de interés general. Además, se creó el Ente Provincial Regulador de la Electricidad (EPRE), encargado de supervisar y asegurar la calidad del servicio eléctrico. Sin embargo, el EPRE no ha sido operativo debido a la falta de reglamentación necesaria para su funcionamiento.
- 2) Ley Provincial X-N°14(Antes ley 3270) Anexo Único [10].
- 3) Ley Provincial XVI-N°29 (Antes ley 2932) [11]: Áreas Naturales Protegidas, establece normas específicas para la conservación de áreas naturales protegidas.
- 4) Ley Provincial XVI-N°35(Antes ley 3079/93) [12]: Ley de Impacto Ambiental. Modificada por Ley 4183. Regula el impacto ambiental de actividades y proyectos. Requiere un estudio de impacto ambiental y un informe de conclusiones.
- 5) Resolución 434/08 del MERNRyT [13]: Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental para todo tipo de proyectos. Establece el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) para todo tipo de proyectos.

### *2.3. Estudio Técnico*

Se analizarán las diferencias entre los distintos trazados planteados en comparación con el sistema actual. Es importante destacar que el desarrollo del proyecto está planificado a un plazo de 25 años.

### 2.3.1. Localización del proyecto

Como primer paso del proyecto, se identificó y estableció el terreno destinado para la futura subestación transformadora de energía (SET). En colaboración con el personal técnico de la Cooperativa Eléctrica de Concepción de la Sierra (CEUROSP), se realizó una visita técnica al sitio propuesto. Durante esta visita, el propietario del terreno mostró su compromiso con el proyecto y decidió donar el terreno necesario para su implementación.

En la Fig. 1 se observa el terreno está ubicado estratégicamente fuera del centro de Azara, en una zona rodeada de áreas descampadas. Se encuentra sobre la Ruta Provincial n.º 1 (RP1), a 1 km del portal de la ciudad y a 18 km de Apóstoles, desde donde se obtendrán los 33 kV necesarios para la transmisión de energía hacia la nueva SET.

Es importante destacar que aún queda por definir si la ubicación del terreno es totalmente adecuada. Se infiere que el centro de cargas estaría próximo a esta zona seleccionada, considerando que el crecimiento industrial de la ciudad se proyecta en áreas aledañas a esta localización.



**Fig. 1. Localización estimativa de emplazamiento de la SET.**

Los datos presentados en la Tabla 1 corresponden a corrientes, factor de potencia y potencias calculadas, los cuales representan la demanda máxima de energía en la ciudad de Azara, provenientes de las líneas de Apóstoles y Concepción, respectivamente. Estos valores fueron obtenidos a partir de mediciones realizadas durante el mes de enero, conocido por presentar valores elevados de demanda a nivel nacional, siendo utilizado como referencia para el dimensionamiento y análisis posteriores.

**Tabla 1** - Datos de demanda máxima

Datos de entrada en 13,2kV						
Desde Apóstoles	I	fi	U	P A (kV)	P (kW)	Q (kVAr)
	48	0.92	13.2	1097.43	1009.63	430.1
Desde Concepción	I	fi	U	P A (kV)	P (kW)	Q (kVAr)
	115	0.93	13.2	2629.25	2445.21	966.41
Potencia instalada LINOR	1.5	MVA				
Potencia instalada pueblo	4.3	MVA				

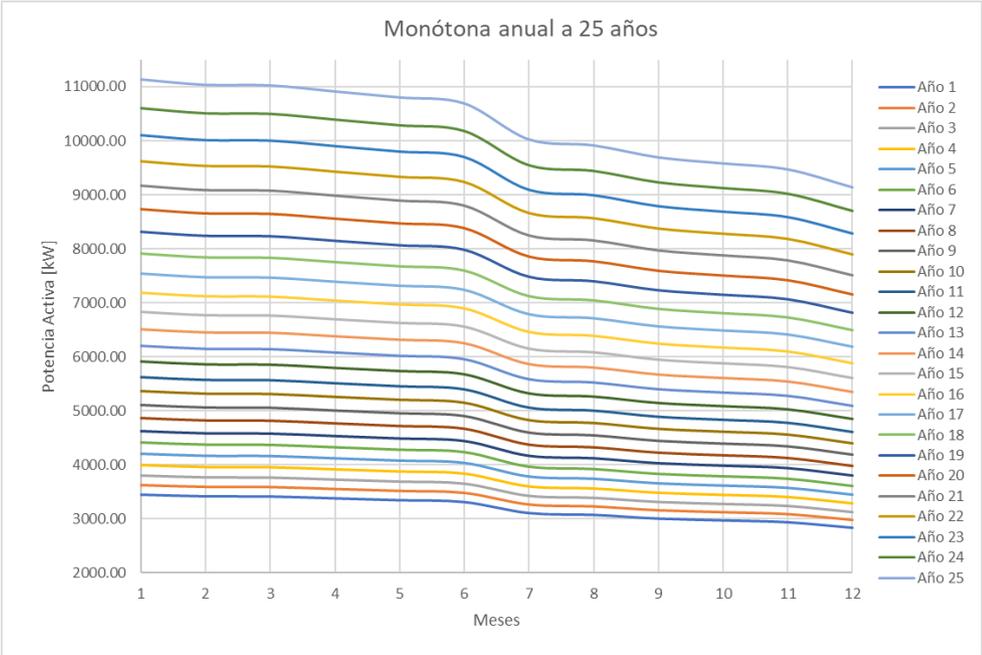
Para modelar de manera cercana a la realidad la demanda del caso en estudio, se tomaron los valores de demanda máxima provenientes de Concepción de la Sierra y Apóstoles respectivamente, se sumaron para obtener un único valor mensual y se aplicaron factores de simultaneidad. El objetivo fue proporcionar estimaciones para los meses subsiguientes del año. Se estableció un criterio de simultaneidad mínimo de 0.8 para asegurar que las proyecciones fueran conservadoras y reflejaran de manera cercana a la realidad la demanda en todos los meses del año. Estos datos se encuentran detallados en la Tabla 2 respectivamente.

**Tabla 2.** Datos de demanda total de la ciudad de Azara, desde Concepción y Apóstoles.

Demanda total (Concepción y Apóstoles)				
Mes	F. simultaneidad	P A (kV)	P (kW)	Q (kVAr)
1	1	3726.68	3454.84	1396.51
2	0.99	3689.41	3420.29	1382.54
3	0.98	3652.15	3385.74	1368.58
4	0.97	3614.88	3351.19	1354.61
5	0.89	3316.75	3074.81	1242.89
6	0.85	3167.68	2936.61	1187.03
7	0.86	3204.94	2971.16	1201.00
8	0.87	3242.21	3005.71	1214.96
9	0.82	3055.88	2832.97	1145.14
10	0.9	3354.01	3109.36	1256.86
11	0.96	3577.61	3316.65	1340.65
12	0.991	3693.14	3423.75	1383.94

Posteriormente, para estimar la demanda futura de energía eléctrica, se consideró un crecimiento promedio anual del sector eléctrico estimado en aproximadamente un 5% de la demanda actual. Este cálculo se fundamenta en un análisis de tendencias mensuales proyectadas a lo largo de un período de 25 años, incorporando dicho aumento. En la Fig. 2 se observa la curva monótona la cual muestra los valores mensuales de potencia activa en kilovatios (kW), dispuestos de mayor a menor en el eje

de las ordenadas, mientras que los meses del año se presentan en el eje de las abscisas. Este análisis proporciona información de suma importancia para el caso en estudio. Por un lado, permite calcular la cantidad de energía que se requerirá suministrar anualmente, lo cual es de gran utilidad para la planificación y gestión del suministro eléctrico en respuesta a las demandas variables a lo largo del año.



**Fig. 2. Monótona anual a 25 años de proyección.**

Se observa que para el año 2050, con un crecimiento anual del 5%, la potencia requerida para cubrir la demanda de la ciudad será de 11MVA, haciendo el mismo análisis para la potencia aparente da un valor de 12MVA, indicador de que se deberá proponer un campo de reserva para futuras ampliaciones.

*2.3.2. Cálculo de Cortocircuito*

Para realizar el cálculo de cortocircuito, se utilizó el esquema unifilar esquemático representado en la Fig. 3 como base, acompañado de la norma [14]. A partir de este diagrama, se identificaron los puntos específicos donde se deseaba determinar el cortocircuito. Además, se evaluó el funcionamiento actual del sistema y se estimó el impacto que tendría la nueva SET dicho sistema.



2) Cortocircuito bifásico aislado de tierra.

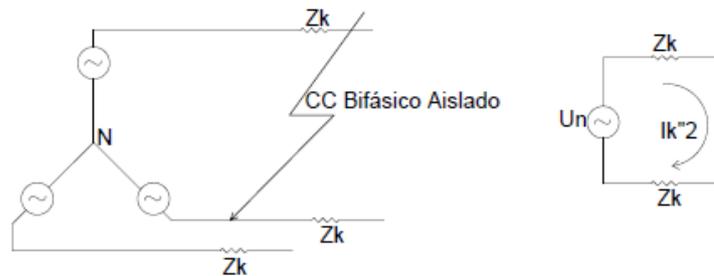


Fig. 5. Cortocircuito bifásico aislado de tierra.

Para evaluar el sistema, se consideraron tres casos de cortocircuito. A continuación, se nombran los mismos y se presentan los resultados obtenidos:

El sistema parte de la ET de 132/33/13,2 kV de Apóstoles, con una línea operativa a 33 kV que se extiende hacia la ciudad de Concepción de la Sierra. Esta línea alcanza la subestación de Rosamonte, ubicada en las afueras de Apóstoles, antes de continuar hacia Concepción de la Sierra, caso 1 de estudio (recuadro en color verde de la Fig. 3). La subestación de Rosamonte distribuye energía en 13,2 kV, con una salida hacia el establecimiento de Rosamonte y otra hacia la ciudad de Azara. La línea de 33 kV continúa por aproximadamente 28 kilómetros, pasando por seccionadores y reconectores, hasta llegar a la subestación de Concepción, donde la tensión se transforma a 13,2 kV, caso 2 de estudio (recuadro en color amarillo de la Fig. 3). Desde esta subestación, se derivan tres salidas: una hacia Concepción, otra hacia Santa María y Tres Capones, y finalmente una línea que llega a Azara.

Se propone establecer una nueva salida en 33 kV directamente desde la ET de Apóstoles hacia la ciudad de Azara, con el objetivo de realizar la transformación a 13,2 kV y facilitar la distribución desde la nueva SET, caso 3 de estudio (recuadro en color celeste de la Fig. 3). Este plan busca mejorar la eficiencia y capacidad del sistema eléctrico en la región.

- Para el caso 1:

Tabla 3. Resultados de cálculo de corriente trifásica de cortocircuito

CASO I		
Puntos de trabajo	Ik3 trifásica (A)	kA
AA	2186.93	2.187
A	2101.16	2.101
B	2100.04	2.100
C	2089.28	2.089
D	2077.04	2.077
E	2083.04	2.083

**Tabla 4.** Resultados de cálculo de corriente bifásica de cortocircuito

<b>CASO I</b>		
<b>Puntos de trabajo</b>	<b>Ik2 bifásica (A)</b>	<b>kA</b>
AA	2299.97	2.300
A	1819.66	1.820
B	1818.69	1.819
C	1809.37	1.809
D	1807.76	1.808
E	1813.00	1.813

- Para el caso 2:

**Tabla 5.** Resultados de cálculo de corriente trifásica de cortocircuito

<b>CASO II</b>		
<b>Puntos de trabajo</b>	<b>Icc trifásica (A)</b>	<b>kA</b>
AA	2186.93	2.187
A1	2155.51	2.156
B1	2154.33	2.154
C1	2153.66	2.154
D1	2142.32	2.142

**Tabla 6.** Resultados de cálculo de corriente bifásica de cortocircuito

<b>CASO II</b>		
<b>Puntos de trabajo</b>	<b>Ik2 bifásica (A)</b>	<b>kA</b>
AA	2299.97	2.300
A1	1866.73	1.867
B1	1865.70	1.866
C1	1865.12	1.865
D1	1865.70	1.866

- Para el caso 3:

**Tabla 7.** Resultados de cálculo de corriente trifásica de cortocircuito

<b>CASO III</b>		
<b>Puntos de trabajo</b>	<b>Icc trifásica (A)</b>	<b>kA</b>
AA	2186.93	2.187
A2	2115.98	2.116
B2	2114.84	2.115
C2	2112.91	2.113
D2	2103.27	2.103

**Tabla 8.** Resultados de cálculo de corriente bifásica de cortocircuito

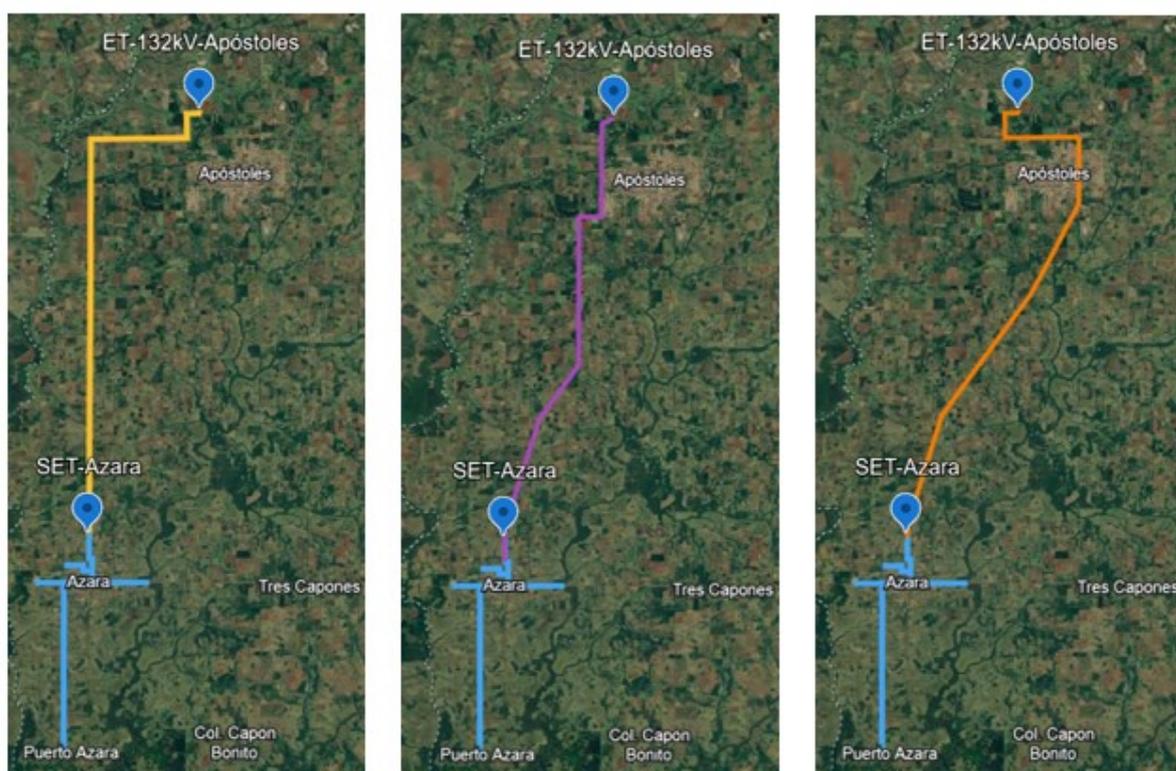
<b>CASO III</b>		
<b>Puntos de trabajo</b>	<b>Ik2 trifásica (A)</b>	<b>kA</b>
AA	2299.97	2.300
A2	1832.49	1.832
B2	1831.51	1.832
C2	1829.83	1.830
D2	1830.43	1.830

### 2.3.3. *Propuestas de trazados de líneas en 33kV para analizar*

Se realizó un relevamiento de los trazados donde se ubicarán las líneas a analizar, con el objetivo de identificar la opción óptima considerando todos los parámetros necesarios. Para este propósito, se utilizó la herramienta Google Earth, obteniendo una distancia aproximada de 25 km.

La potencia a transmitir se estima en 12 MVA (12000 kVA), considerando una vida útil de 25 años y una tasa de crecimiento anual del 5 %.

A continuación, se presentan los trazados estimativos para los tres posibles casos de estudio. Estos trazados fueron realizados mediante la herramienta Google Earth, realizando un previo análisis teniendo en cuenta la norma [15].



**Fig. 6. Diferentes trazados para la línea de 33 kV.**

En la Fig. 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra en color amarillo la primera propuesta de trazado de la línea de 33 kV que alimentará la futura SET en la ciudad de Azara. Esta propuesta se basa en la trazabilidad de la línea de transmisión de la forma más recta posible, utilizando caminos vecinales para su recorrido.

En la Fig. 6 se presenta, en color violeta, la segunda propuesta de trazado de la línea de 33 kV que alimentará la futura SET en la ciudad de Azara. En esta propuesta, el primer tramo desde la ET de Apóstoles hasta la nueva SET se realiza siguiendo el trazado de la línea existente de 33 kV que se dirige hacia la SET de Rosamonte, estableciendo en este tramo una doble terna de 33 kV.

Posteriormente, en el punto de cambio de dirección, la nueva terna de 33 kV continuará por un camino vecinal, diseñado de esta manera para evitar el cruce con las líneas existentes de 13,2 kV. Finalmente, el trazado seguirá por la Ruta Provincial N°1 (RP1) hasta llegar a la nueva SET de Azara.

En la Fig. 6 se presenta, en color naranja, la tercera propuesta de trazado de la línea de 33 kV que alimentará la futura SET en la ciudad de Azara. El primer tramo desde la ET de Apóstoles hasta la nueva SET se realiza siguiendo un camino vecinal, para luego dirigirse hacia la Ruta Provincial N°1 (RP1), acompañando el trazado de dicha ruta. Esta propuesta considera el trazado del electroducto y las reglamentaciones establecidas por vialidad provincial, evitando así posibles problemas legales relacionados con propiedad privada y preservación ambiental.

#### 2.3.4. Medición de resistividad del terreno de emplazamiento

Entre las visitas técnicas realizadas se encuentra la visita n°2, en la cual se realizó la medición de resistividad del terreno. Para esta actividad se viajó desde la ciudad de Oberá hasta la localidad de Azara, precisamente al lugar mencionado en la Fig. 1. Esta actividad tuvo como fin obtener los valores de resistividad del terreno para luego realizar el cálculo de puesta a tierra de la SET. La metodología consistió en aplicar el método de Wenner comúnmente utilizado para medir la resistividad del suelo, este método utiliza una configuración de cuatro electrodos ubicados en línea recta y espaciados equidistantemente a un metro, dos y tres respectivamente, para luego aplicar, mediante el instrumento de medición, corrientes y tensiones para obtener el valor de resistividad. Se realizó el mismo método en dos lugares distintos para obtener una mejor precisión al momento de realizar los cálculos. En la Fig. 7 se observa la técnica empleada en el terreno.



**Fig. 7. Instrumentos de medición utilizados para determinar la resistividad del terreno.**

### 3. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto es optimizar la capacidad de transmisión y distribución de energía en la ciudad, asegurando un suministro más confiable y adecuado a las futuras demandas, al mismo tiempo que se disminuye la dependencia SET 33/13,2 kV ubicada en Concepción de la Sierra. Mediante las diferentes visitas técnicas, cálculos de demanda actual, trazado de líneas y sin antes mencionar los aspectos legales y ambientales investigados, se llegó a conocer en una aproximación como está trabajando el sistema actual para realizar la proyección futura. Se continuará trabajando en los distintos campos, tanto en cálculos eléctricos como mecánicos, mediante simulaciones con herramientas como el ETAP y cálculos estructurales de las respectivas postaciones, finalizando con los planos de planta y planos eléctricos de la SET mencionada en este artículo. El proyecto es

importante para la ciudad de Azara ya que representa un avance significativo hacia la provisión de un suministro eléctrico seguro y estable, fomentando el desarrollo socioeconómico de la región.

## Referencias

- [1] ISO 14001:2015(es), Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso
- [2] ISO 50001:2018/Amd 1:2024(es), Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso — MODIFICACIÓN 1: Acciones relativas al cambio climático
- [3] <https://www.infoleg.gob.ar/>
- [4] <https://www.infoleg.gob.ar/>
- [5] <https://www.infoleg.gob.ar/>
- [6] <https://www.infoleg.gob.ar/>
- [7] <https://www.infoleg.gob.ar/>
- [8] Constitución de la Nación Argentina
- [9] <http://www.digestomisiones.gob.ar/>
- [10] <http://www.digestomisiones.gob.ar/>
- [11] <http://www.digestomisiones.gob.ar/>
- [12] <http://www.digestomisiones.gob.ar/>
- [13] ECOFIELD - Provincias - Misiones, Argentina - Resolución (MERNRyT) 464/08.
- [14] IEC 60909: 2001, Para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistema trifásicos de corriente alterna.
- [15] AEA 95301:2007, Reglamentación de líneas aéreas exteriores de media y alta tensión.