



JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2023 -ISSN 2591-4219

Expansión del Sistema Interconectado Provincial mediante una Línea de Alta Tensión entre Oberá II y Eldorado I

Amarilla Arturo Anibal^{a,b}, D'angelo Franco^a, Visentini Gian Stefano^a, Yoris Axel Julián^a,
Berent Hector Fabian^{a,b}, Reversat, Horacio José^{a,b}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Departamento de Electromecánica Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: artamar1001@gmail.com franco.d.angelo97@gmail.com axelyoris@gmail.com voidlink5@gmail.com
hectorberent71@gmail.com hreversat@hotmail.com

Resumen

El siguiente trabajo expone los avances de un proyecto que busca mejorar la fiabilidad del Sistema Eléctrico Interconectado Provincial (SIP) en Misiones, Argentina, mediante la creación de un anillo de interconexión entre Oberá, Eldorado y Posadas. Se propone emplazar una nueva línea de alta tensión (LAT) entre Oberá y Eldorado y una Estación Transformadora (ET) cerca de San Pedro. Para su desarrollo se recurre a estudios técnicos, topográficos y una consideración de la legislación, costo e impacto ambiental para definir la ruta más óptima. El proyecto busca garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente en la zona norte y sur de la provincia

Palabras Clave – Sistema Interconectado Provincial, Línea de Alta Tensión, Anillo de Interconexión, Estación Transformadora, Suministro Eléctrico.

1 Introducción

El Sistema Eléctrico Interconectado Provincial (SIP) es un sistema de distribución eléctrica que abastece a las tres ciudades más importantes de Misiones: Posadas, Eldorado y Oberá. El SIP fue concebido de manera radial, lo que significa que existe un solo tendido de línea de alta tensión (LAT) que abastece a cada localidad. Esto implica un limitante para la confiabilidad del sistema, contra actos de vandalismo, fallas propias del sistema o debidas a consecuencias climáticas que son comunes en la provincia como indica Virginia Kluka, presidente de Energía de Misiones, en una entrevista [1] “el temporal afectó fuertemente a la zona de San Pedro que está fuera de servicio; pero ya se está trabajando para reestablecer el mismo”.

Otra problemática atendida por el SIP es la deficiencia de abastecimiento eléctrico interconectado a nivel de media tensión en la zona Nor-Este de la Provincia. Esta zona presenta extensiones de 2 a 3 veces la recomendada (35 km) desde los nodos de transformación de alta tensión (AT) a media tensión (MT), más cercanos, con extensiones entre los 70 y 105 km de longitud de trazado en MT hasta dichos nodos. El SIP está en proceso de expansión y mejora, con el objetivo de brindar un servicio eléctrico más confiable y eficiente a los ciudadanos de Misiones.

Actualmente, existen proyectos en fase de ejecución destinados a la creación de nuevas líneas para el abastecimiento de localidades como Leandro N. Alem, acometiendo finalmente en la ciudad de

Oberá. Estos proyectos incluyen el emplazamiento de una LAT que conectará Oberá con Eldorado, formando un anillo de interconexión entre la zona norte y sur de la provincia. Además, se emplazará una Estación Transformadora (ET) en zonas aledañas a la localidad de San Pedro. Estas obras tendrán un impacto positivo en la confiabilidad del SIP, ya que brindarán mayor redundancia al sistema y reducirán la probabilidad de cortes de energía.

2 Actividades programadas y alcanzadas

2.1 Objetivos

- 1) Reconocer e identificar el estado actual de SIP en la zona centro y Nor-este de la provincia.
- 2) Establecer un trazado geográfico para la franja de servidumbre.
- 3) Evaluar qué centros de consumo alimentar con el nuevo nodo de transformación y determinar la potencia a transmitir.
- 4) Dimensionar y seleccionar los elementos utilizados en la nueva ET (realipendiente).
- 5) Dimensionar los distintos tipos de piquetes que se utilizarán para el tendido de cableado aéreo (realización pendiente).

2.2 Estudio Legal

La legislación nacional y provincial tiene una incidencia significativa en el desarrollo del proyecto, desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

2.2.1 Legislación Nacional

- 1) *Ley N°24.430*: Constitución Nacional Artículo 41 [2] : en el contexto de la regulación y el cumplimiento de las leyes ambientales.
- 2) *Ley N° 19.552*: Servidumbre Administrativa de Electroducto [3] : se relaciona con la autorización y el uso de terrenos y propiedades privadas para la construcción de los electroductos. Cumplir con esta ley es fundamental para garantizar la legalidad y la ejecución adecuada del proyecto, y para asegurar que se respeten los derechos de propiedad de terceros mientras se desarrolla la infraestructura eléctrica.
- 3) *Ley N° 25.675*: Política Ambiental Nacional [4] : implica la necesidad de realizar una evaluación de impacto ambiental integral, considerar la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, y adoptar medidas de mitigación y prevención de daños ambientales. Además, la ley también establece la participación ciudadana y la transparencia en la toma de decisiones ambientales, lo que significa que el proyecto debe involucrar a la comunidad y cumplir con los requisitos de información pública.
- 4) *Ley N° 26.331*: Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos [5] : implica que el proyecto debe cumplir con las disposiciones para la protección de los

bosques nativos, lo que incluye la realización de estudios de impacto ambiental detallados, la identificación y preservación de áreas críticas para la biodiversidad, y la adopción de medidas de mitigación y restauración cuando sea necesario. Además, esta ley puede requerir la compensación por la pérdida de superficie de bosque nativo debido a la construcción de la línea de transmisión.

- 5) *Ley N° 26.994*: Código Civil y Comercial. Servidumbres [6] : se relaciona con la obtención y regulación de servidumbres necesarias para la instalación y operación de la línea de transmisión.

2.2.2 Legislación Provincial

- 1) *Ley I – N° 32 (Antes Decreto Ley 1220/80)*: Régimen de las Servidumbres Administrativas de Electroducto [7] : es esencial en la planificación y ejecución de un proyecto de línea de transmisión de alta tensión, ya que proporciona el marco legal específico para la obtención de las servidumbres administrativas requeridas para la infraestructura eléctrica.
- 2) *Ley I - N° 124 (Antes Ley 3791)*: Servidumbre Administrativa de Servicios [8] : regula la obtención de servidumbres administrativas para la instalación y operación de servicios públicos o infraestructura necesaria para el funcionamiento de la línea de transmisión. Esto podría incluir la construcción de subestaciones eléctricas, estaciones de transformación, o cualquier otra instalación que sea esencial para el proyecto.
- 3) *Ley XVI – N° 29 (Antes Ley 2932)*: Sistema de Áreas Naturales Protegidas [9] : se relaciona con la protección y regulación de áreas naturales protegidas y puede impactar en la planificación y ejecución de un proyecto de línea de transmisión de alta tensión que se desarrolle en o cerca de estas áreas. Esto garantiza la conservación de la naturaleza y el cumplimiento de las regulaciones ambientales específicas.
- 4) *Ley XVI - N° 60 del Digesto Jurídico Provincial (antes Ley N° 3631/99)*: Corredor verde [10] : nos condiciona al momento de realizar el trazado de la línea, ya que delimita áreas designadas como corredor verde.
- 5) *LEY XVI N° 105*: Bosques nativos. Conservación y manejo sustentable. [11] : si el proyecto impacta sobre bosques nativos podría implicar la realización de una evaluación de impacto ambiental detallada, la implementación de medidas de mitigación y la compensación por la pérdida de superficie de bosque nativo.

2.3 Estudio Técnico

En este estudio se analizarán las técnicas necesarias para lograr los objetivos mencionados anteriormente. Así mismo, las actividades que se realizaron son:

2.3.1 Relevamiento y estudio de estado actual del SIP

Se recopiló información sobre el estado actual del Sistema Interconectado Provincial (SIP). Esta información se centró en cómo acometen las líneas en las estaciones transformadoras de Oberá II, Aristóbulo del Valle, San Vicente y Eldorado I, así como la cantidad de campos disponibles en cada una de estas estaciones.

2.3.1.1 ET OBERÁ II

La ET se encuentra al norte de la localidad de Oberá y abastece a varias localidades a través de la SET Obera Norte, SET Panambi, algunos Parajes del KM 16 RN14 a través de su homónima SET KM 16, y un tendido que normalmente alimenta a las localidades de Campo Viera y Campo Grande, pero es denominado “Alimentador” o “salida Aristóbulo”, ya que en casos de emergencia alimenta a la localidad de Aristobulo del Valle en nivel de 33 [kV], y en 13.2 [kV] a las

localidades aledañas de Campo Ramón y Sección Novena, que son concesión de la Cooperativa Eléctrica Oberá Limitada (CELO).



Fig. 1. ET OBERA II

2.3.1.2 ET Aristóbulo del Valle

La estación transformadora de Aristóbulo del Valle cuenta con tres campos y un transformador de 3 devanados 44/44/15 [MVA] en 132/33/13,2 [kV]. Se encuentra a las afueras de la localidad de Aristóbulo del valle y es alimentada actualmente desde la ET Puerto Mineral; además cuenta con una central térmica Diesel adyacente, perteneciente a SO

Energy S.R.L. Es uno de los nodos de interés para evaluar un enlace intermedio.



Fig. 2 – ET Aristóbulo del Valle

2.3.1.3 ET San Vicente

La estación transformadora de San Vicente posee un solo campo de 132 kilovoltios y un doble juego de barras. Está preparada para albergar a dos transformadores, pero actualmente solo existe uno instalado con capacidad de 44/44/15 [MVA] de tres devanados 132/33/13,2 [kV]. Es el otro nodo de interés para evaluar un enlace intermedio.



Fig. 3. ET San Vicente

2.3.1.4 SET San Pedro

En la localidad de San Pedro existe una SET de 33 [kV] a 13.2 [kV] que puede ser alimentada tanto desde la ET de San Vicente como de la ET de Eldorado, la misma funciona normalmente como nodo de transferencia desde la ET de San Vicente hasta la SET de Hipólito Irigoyen.



Fig. 4. SET San Pedro

2.3.1.5 ET Eldorado

La estación transformadora de Eldorado tiene cinco campos de entrada en 132 kilovoltios y salidas en 33 kilovoltios y 13,2 kilovoltios. Estas salidas han sido modificadas de una manera rudimentaria y no son relevantes para el estudio realizado en este trabajo. Posee 2 transformadores de 44 [MVA] y uno de 28 [MVA], todos de tres devanados.



Fig. 5. ET Eldorado

2.3.1.6 Interconexión entre Nodos de interés para el Proyecto

Actualmente, la ET San Isidro alimenta en 132 kV a las Estaciones de Gobernador Roca, Puerto Mineral y Eldorado. La ET Gobernador Roca alimenta a Oberá, quien a su vez alimenta a Leandro N. Alem con 33 kV. Puerto Mineral alimenta a Aristóbulo del Valle en 132 kV, y ésta a San Vicente en 33 kV.

La Fig. 6 incluye estas interconexiones, además de una futura alimentación de Leandro N. Alem y Oberá en 132 kV, correspondiente a un proyecto en curso por parte de la empresa prestataria.

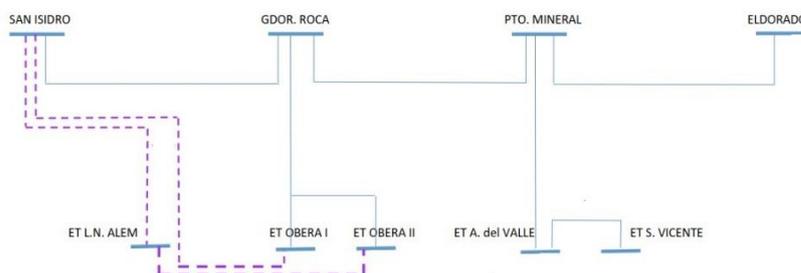


Fig. 6. Interconexión de Nodos incluyendo proyectos actuales

2.3.2 Principales problemáticas topográficas

Durante las visitas técnicas a los nodos de interés, se observó el relieve para contrastarlo con análisis virtuales de imágenes rasterizadas. No hay una metodología fija para determinar la mejor ruta de trazado, ya que es una problemática abierta con un enfoque de compromiso. Se deben equilibrar los intereses eléctricos (como la distancia de cableado) con los intereses económicos globales, considerando los costos relacionados con la planificación, ejecución y mantenimiento del sistema de transmisión, especialmente en áreas de difícil acceso.



Fig. 7. Arroyo Piray Guazú

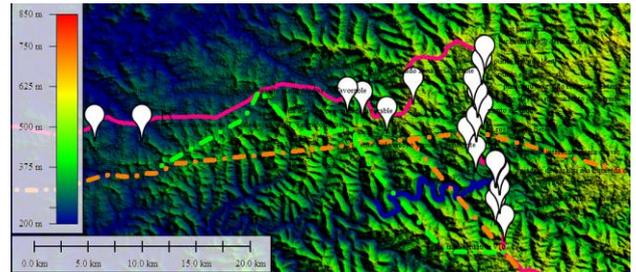


Fig. 8 – Detalles topográficos cercanos a la intersección de RP17 y RP20 sobre mapa topográfico ASTER GDEM

En la Fig. 8 se destaca en color rosa la intersección de las rutas provinciales N°20 y N°17, donde la ruta N°20 muestra relieve brusco y densa vegetación. A pesar de que comúnmente se sigue la ruta para el tendido eléctrico, en este caso se optó por evitarlo debido a las dificultades del terreno. La Fig. 16 se muestra la traza final propuesta para la línea de transmisión eléctrica.

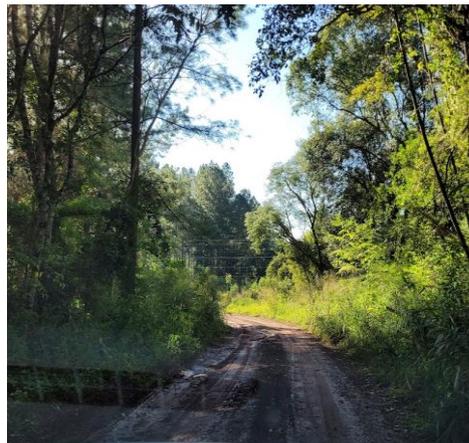


Fig. 9. Acceso a ET Eldorado

La entrada a la ET ELDORADO I es a través de calles de tierra difíciles de acceder sin vehículos de mediano porte con tracción 4x4, y aún más complicado con vehículos de carga como camiones porta-piquetes, con brazos grúa.

2.3.3 Problematicas político-ambientales

En el trazado geográfico del tendido eléctrico, se deben considerar las leyes nacionales y provinciales que prohíben o limitan el uso de ciertas zonas, como reservas o parques nacionales, y áreas urbanizadas. La biosfera Yabotí tiene una gran influencia en la zona de interés del proyecto. Se tomaron en cuenta localidades como 2 de mayo, San Pedro y 9 de Julio para evitar atravesar zonas urbanizadas y posibles retrasos al consultar con las municipalidades para verificar la traza propuesta.

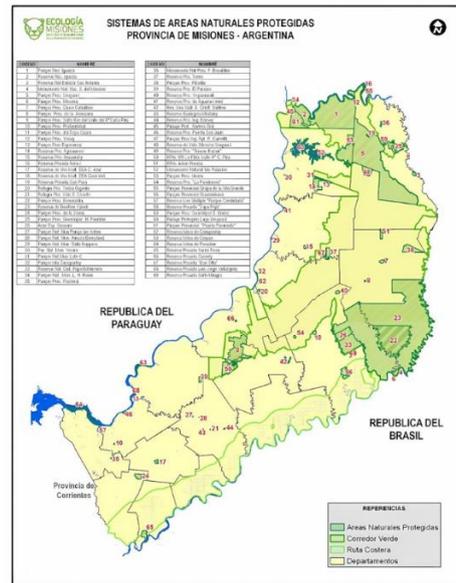


Fig. 10-Parques y reservas en la provincia de misiones según el Ministerio de ecología de misiones [12]

2.3.4 Análisis de la información relevada

La Figura 17 muestra el esquema unifilar de la ET Oberá II, con 2 campos correspondientes a 2 líneas provenientes de la estación de maniobra en Roca y la ET OBERÁ I.

En la Figura 18, se aprecia un campo de entrada desde Puerto Mineral, un campo de acoplamiento, un campo de salida a San Vicente y un campo conectado al transformador de 44 megavatios con tres devanados. También existen campos en celdas compactas de 33 y 13,2 kilovoltios.

En cuanto a la Figura 19, en la ET Eldorado I se observan varios campos en 132 kilovoltios, utilizados por tendidos provenientes de Gobernador López (desde Paraguay), Puerto Mineral, Arauco Piray sociedad anónima (APSA) y dos campos de tendidos desde la central hidroeléctrica Urugua-í. La estación cuenta además con un campo de acoplamiento y doble juego de barras, y hay un campo libre disponible para la futura acometida de la línea de 132 kilovoltios planificada en este proyecto.

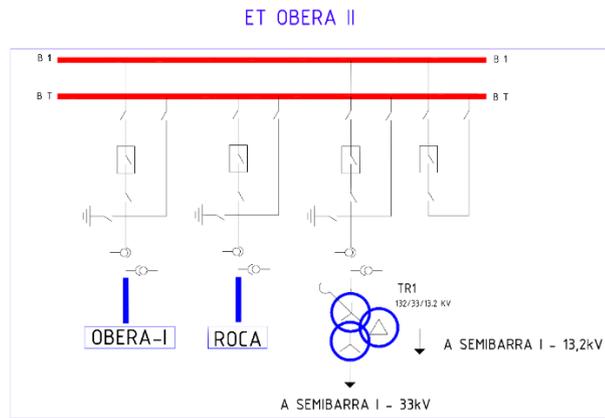


Fig. 11. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET OBERA II [13]

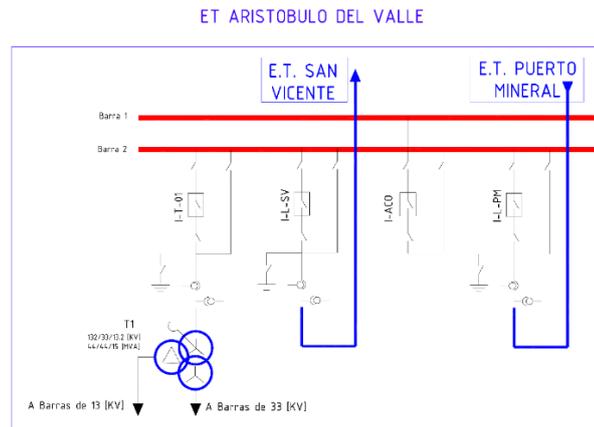


Fig. 12. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET ARISTOBULO DEL VALLE [13]

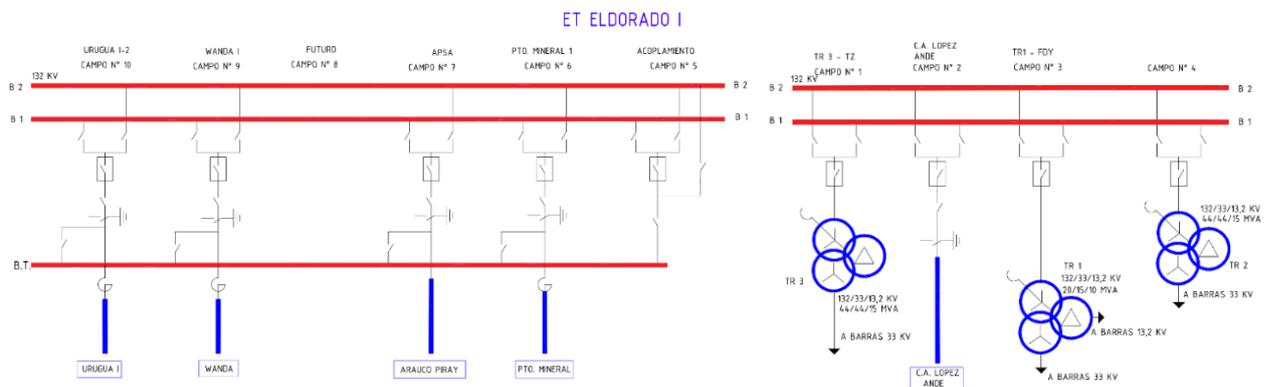


Fig. 13. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET ELDORADO I [13]

2.3.5 Herramientas utilizadas

2.3.5.1 Openstreetmaps

OpenStreetMap (OSM) es un proyecto colaborativo en línea para crear un mapa del mundo gratuito y editable por cualquier usuario. Fundado en 2004, cuenta con la contribución de miles de voluntarios y es mantenido por la comunidad global de mapeadores y la Fundación OpenStreetMap. OSM es una valiosa fuente de datos geoespaciales utilizados en diversas aplicaciones, gracias a su enfoque abierto y colaborativo.

2.3.5.2 Aster GDEM

El ASTER GDEM es un modelo digital de elevación global creado a partir de datos del sensor ASTER en el satélite Terra de la NASA. Lanzado en 2009, ofrece información detallada de la topografía terrestre y es útil para cartografía, estudios hidrológicos, planificación de rutas y evaluación de peligros naturales, entre otros.

2.3.5.3 GPS Waypoints

El aplicativo para smartphones desarrollado por Bluecover Technologies, disponible para Android, utiliza el módulo GPS del teléfono y ofrece funcionalidades de navegación, marcación de puntos de interés, asociación de fotografías a la ubicación, entre otras. Fue utilizado para identificar las ubicaciones problemáticas mencionadas en la sección de problemáticas topográficas.

2.3.6 Crecimiento de la Demanda

Se realizó una estimación del crecimiento de la demanda de energía coincidiendo con la tasa de crecimiento poblacional, basándose en datos totales y departamentales de población obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Los departamentos considerados son Eldorado, General Manuel Belgrano, Guaraní, San Pedro, Cainguás y 25 de Mayo. Los datos censales se muestran en la Tabla 1. Estos datos son relevantes para el trazado de la línea eléctrica y la planificación de las cargas a alimentar en la Provincia de Misiones.

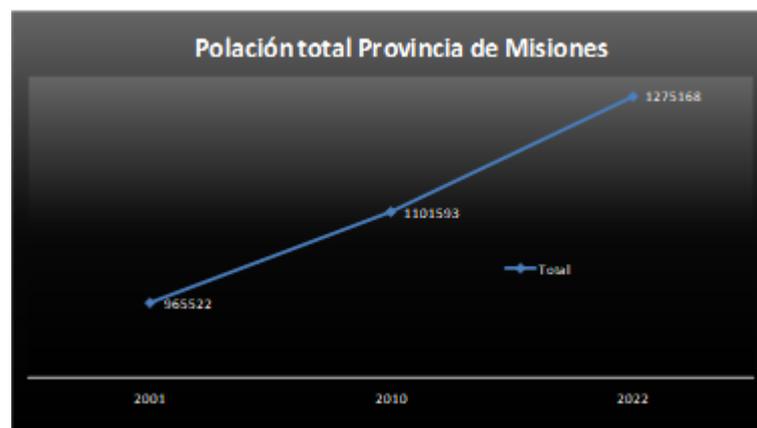


Fig. 14 – Datos Censales absolutos de Población en la provincia de Misiones [13]; [14]

Tabla 1. Variación Poblacional Intercensal [13]; [14]

Departamento	2001	2010	2022	V. rel. 01-10	V. rel. 10-22	tasa de crecimiento medio por década
Caingúas	47 271	53 403	59 476	12,97%	11,37%	12,17%
Eldorado	67 726	78 221	91 162	15,50%	16,54%	16,02%
General Manuel Belgrano	33 488	42 902	46 609	28,11%	8,64%	18,38%
Guaraní	57 818	67 897	77 066	17,43%	13,50%	15,47%
San Pedro	23 736	31 051	34 967	30,82%	12,61%	21,71%
25 de Mayo	27 187	27 754	30 440	2,09%	9,68%	5,88%
TOTAL	257 226	301 228	339 720	17,11%	12,78%	14,94%

3 Solución de trazado propuesta

En la Fig. 15 y Fig. 16 se puede apreciar una vista global de la trazada propuesta, superpuesta con un mapa geopolítico (identificando los parques, rutas y divisiones más notables) y un mapa topográfico respectivamente. Dicha trazada tiene una longitud total de 218,884 [km]

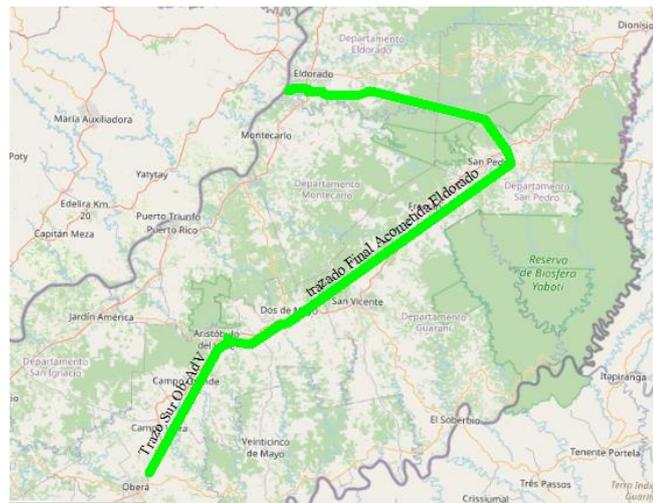


Fig. 15 – vista de trazado sobre mapa de OSM [13]

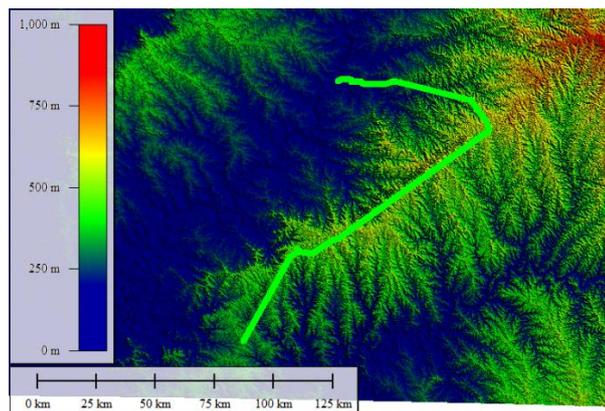


Fig. 16 – vista de trazado sobre mapa topográfico ASTER GDEM [13]

Dicha traza supone un Inter-conexionado eléctrico como el ilustrado en el diagrama unifilar simplificado de la Fig. 17, donde se puede apreciar en línea de trazos y color púrpura, la línea actualmente en ejecución por la prestataria, San Isidro-Alem-Oberá II, y en línea de trazos azul la línea y ET a dimensionar en este proyecto.

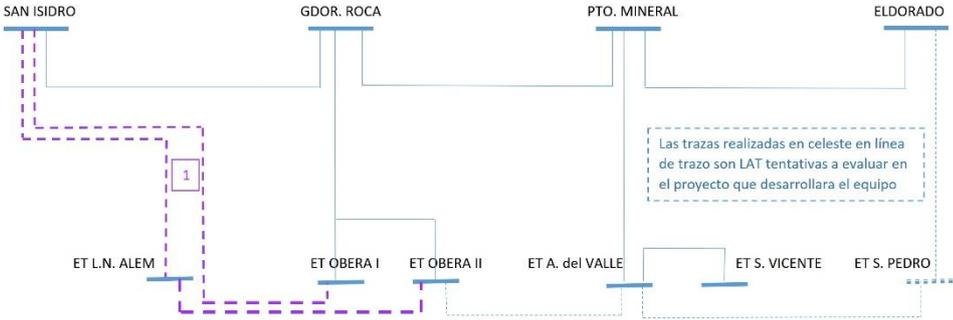


Fig. 17. Solución propuesta [13]

Las conexiones en cuestión implican ciertas modificaciones en los nodos de interés. La primera modificación debe realizarse en la ET Oberá II agregando un campo más de salida en 132 [kV] como indica la Fig. 18. La segunda modificación en la ET Aristóbulo del Valle desplazando el campo de acoplamiento existente y añadiendo un campo de acometida para la línea proveniente de Oberá II, indicado en la Fig. 19. La tercera modificación implica la inclusión de un campo en la ET Eldorado I como se indica en la Fig. 20. Vale aclarar que todos los campos nuevos han sido indicados con un gris tenue.

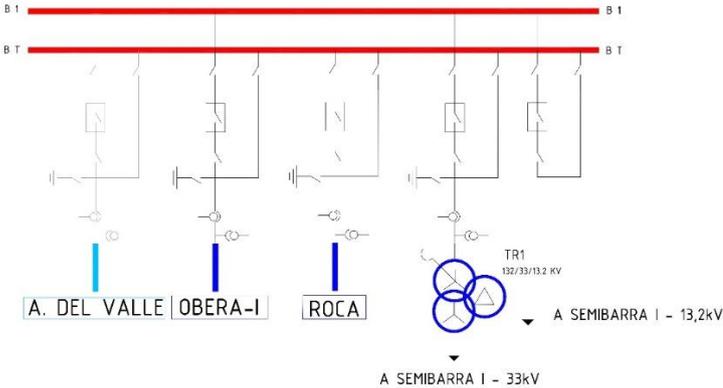


Fig. 18. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET OBERA II modificada [13]

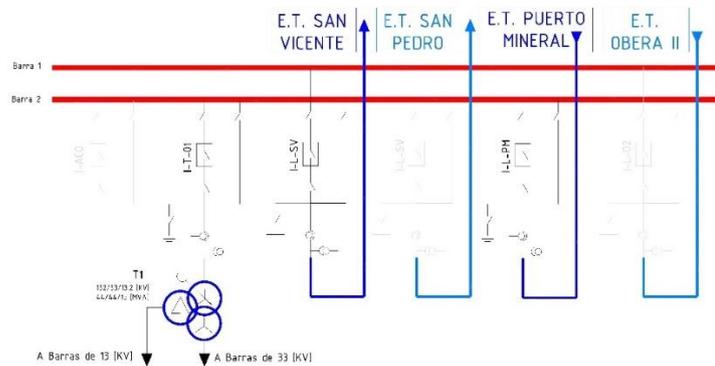


Fig. 19. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET ARISTOBULO DEL VALLE modificada [13]

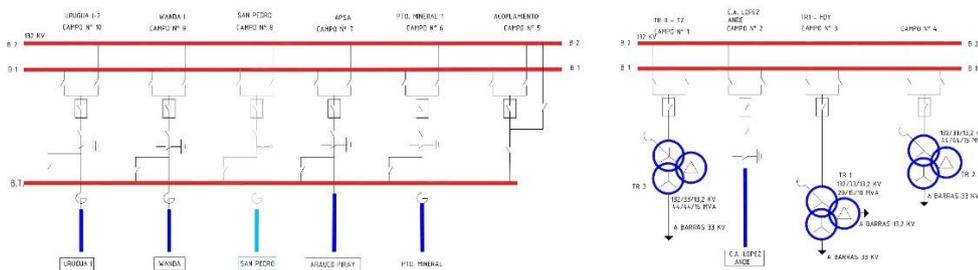


Fig. 20. Unifilar a nivel de 132 [kV] ET ELDORADO I modificada [13]

4 Conclusiones

Este trabajo ha sido llevado a cabo con el objetivo de mejorar la confiabilidad y aumentar la capacidad del sistema eléctrico provincial. La puesta en conocimiento de la situación actual, mediante investigación de aspectos legales, ambientales y evaluación topográfica con software en conjunto con visitas técnicas críticas, sirvieron como base para definir el trazado, puntos de acometida y estimar el crecimiento de la demanda energética. En próxima instancia, se establecerá la potencia a transmitir y se trabajará en concretar los aspectos más puntuales del proyecto. Del lado eléctrico, se realizarán simulaciones mediante herramientas como el ETAP. Por la parte mecánica, se harán cálculos estructurales mediante software como Mathcad y Excel. Esta experiencia permitió afianzar los conocimientos adquiridos en las asignaturas relacionadas con la Ingeniería Electromecánica hasta el momento. Este proyecto representa un importante avance para proporcionar un suministro eléctrico seguro y estable, impulsando el desarrollo socioeconómico de la región.

5 Agradecimiento

A nuestro tutor el Esp. Ing. Berent, Hector Fabián por su predisposición para atender nuestras consultas y compromiso para acompañarnos en las visitas técnicas realizadas incluso fuera de su horario laboral.

Al gerente de planificación y proyectos de Energías de Misiones S.A., el Ing Kraupl, Walter por recibirnos en su oficina, atender nuestras consultas en numerosas ocasiones a pesar de su ocupada agenda

A nuestro Co-tutor y Jefe de Cátedra de la Asignatura, el Esp. Ing. Reversat, Horacio José por su colaboración y disponibilidad para realizar tratativas oficiales con Energía de Misiones S. A.

Al Ing Martínez, Gustavo por atender nuestras consultas, su predisposición y por compartir su experiencia en cuanto a SETs relevadas a lo largo de su carrera en misiones.

- [Diario Primera Edición, 12 Julio 2023. [En línea]. Available:
1] <https://www.primeraedicion.com.ar/nota/100720366/la-tormenta-dejo-sin-energia-electrica-a-amplias-areas-de-misiones/>.
- [«Ley N°24.430: Constitución Nacional Artículo 41,» 15 Diciembre 1994. [En línea].
2] Available: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm>.
- [«Ley N° 19.552: Servidumbre Administrativa de Electroducto,» 04 Abril 1972. [En línea].
3] Available: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/110000-114999/113154/texact.htm>.
- [«Ley N° 25.675: Política Ambiental Nacional,» 6 Noviembre 2002. [En línea]. Available:
4] <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>.
- [«Ley N° 26.331: Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos,» 28
5] Noviembre 2007. [En línea]. Available:
<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>.
- [«Ley N° 26.994: Código Civil y Comercial. TITULO XI: Servidumbres.,» 8 Octubre 2014.
6] [En línea]. Available: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/235975/norma.htm#34>.
- [«LEY I - N° 32,» 3 Diciembre 2009. [En línea]. Available:
7] <http://www.digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/LEY%20I%20-%20N%2032.pdf>.
- [«LEY I - N° 124,» 3 Diciembre 2009. [En línea]. Available:
8] <http://digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/LEY%20I%20-%20N%20124.pdf?v=22032021124156>.

[«LEY XVI - N° 29,» 29 Octubre 2020. [En línea]. Available:
9] [http://digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/Ley%20XVI%20-%20N%2029%20\(Antes%20Ley%202932\)%20-%20Texto%20definitivo.pdf?v=23032021120330](http://digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/Ley%20XVI%20-%20N%2029%20(Antes%20Ley%202932)%20-%20Texto%20definitivo.pdf?v=23032021120330).

[«LEY XVI - N° 60,» 3 Diciembre 2009. [En línea]. Available:
10] <http://digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/LEY%20XVI%20-%20N%2060.pdf?v=23032021121153>.

[«LEY XVI - N° 105,» 10 Diciembre 2010. [En línea]. Available:
11] <http://digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/LEY%20XVI%20-%20N%20105.pdf?v=23032021121808>.

[Ministerio de Ecología de Misiones , [En línea]. Available:
12] <https://ecologia.misiones.gob.ar/corredor-verde/>.

[Elaboración Propia, 2023.
13]

[INDEC-Instituto Nacional De Estadísticas y Censos, 2023.
14]