

**Realizado por:**  
SCHLEGEL, César Micael  
TABORDA, Diego Manuel

**Proyecto Final**  
Ing. Eléctrica  
**Año:** 2014



I.

## MEMORIA DESCRIPTIVA

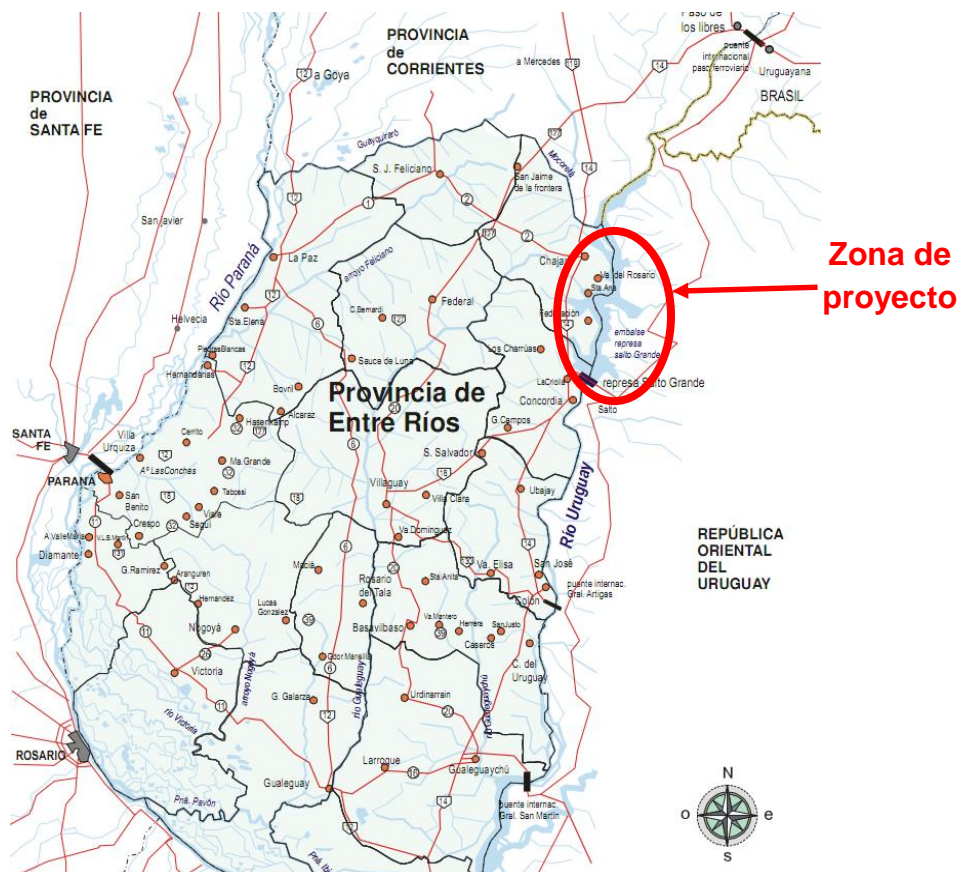
## 1. Introducción

En los últimos 10 años a nivel mundial se vienen planteando soluciones alternativas e innovadoras ante el problema de saturación de corredores eléctricos, es decir, líneas de transmisión y subtransmisión que, debido al incremento de la demanda, llegan al límite de sus capacidades de transporte. La solución clásica ante este problema es el montaje de nuevas líneas paralelas a las saturadas lo que permite la distribución de la carga entre ambas, lo que por supuesto, implica los cada vez más altos costos de servidumbre. Debido a esto y a otros factores técnico-económicos, en países como EEUU, China y en Sudamérica: Brasil y Chile, se está adoptando como solución alternativa el recambio de conductores antiguos (en general de tipo ACSR o de cobre) por conductores de alta temperatura y baja flecha cuya denominación comercial es ACCC®.

La reciente introducción en el mercado argentino del conductor ACCC® por parte del fabricante I.M.S.A. (Industria Metalúrgica Sud Americana S.A.) permite la evaluación de proyectos tanto de nuevas interconexiones como también de incremento de la capacidad de transmisión entre dos nodos del sistema por repotenciación de líneas existentes.

## 2. Localización del proyecto

El proyecto se localiza íntegramente en la República Argentina, en la Provincia de Entre Ríos y particularmente al noreste de la misma en el departamento Federación.



### 3. Antecedentes

#### 3.1. Abastecimiento de la ciudad de Federación

Actualmente la ciudad de Federación y sus sistemas rurales asociados son alimentados en su totalidad mediante una línea radial en 33 kV de 17 km (95/15 mm<sup>2</sup>) que se conecta (en zona de intersección de ruta de acceso y Autovía “J. G. Artigas” – *Foto 1*) al sistema de 33 kV que une las estaciones ET Concordia y ET Chajarí (120/20 mm<sup>2</sup> - *Foto 2*). Dicha línea de alimentación se conduce a la vera de la ruta de acceso del lado norte y en su extremo se encuentra la estación transformadora “Federación” de 33/13,2 kV y 15 MVA, equipada con tres transformadores de 5 MVA con RBC (dos originales – *Foto 3*- y uno nuevo agregado en 2013 –*Foto 4*-) y un banco de capacitores de 3 x 750 kVAr para la compensación del reactivo. Tanto la línea de 33 kV como la ET “Federación” pertenecen a la empresa ENERSA. El esquema geográfico del sistema descrito se presenta en la *Figura 1*.



Foto 1



Foto 2

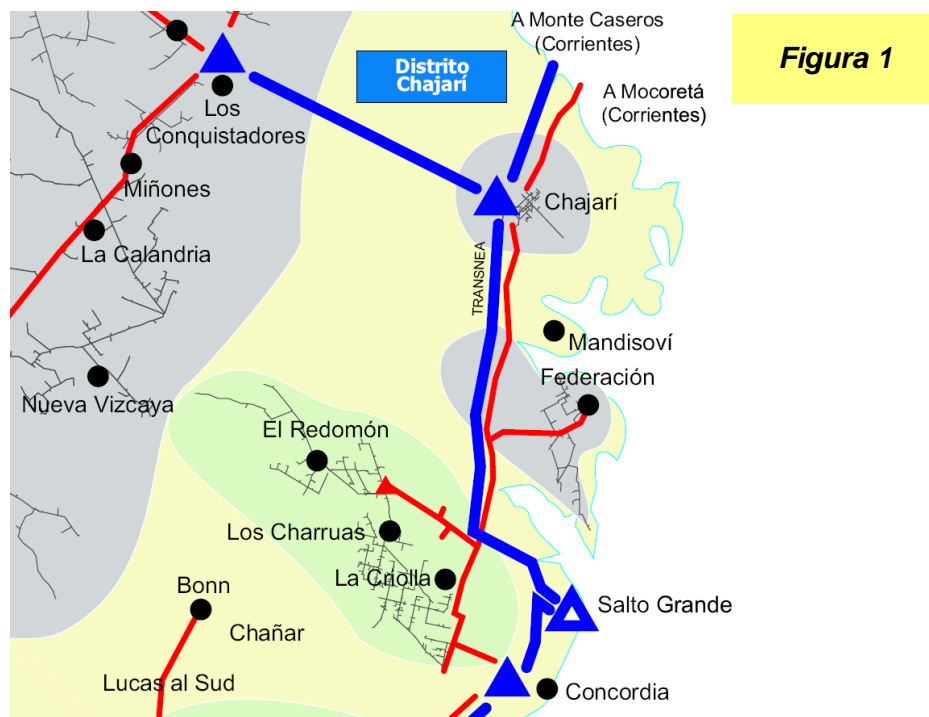


Foto 3

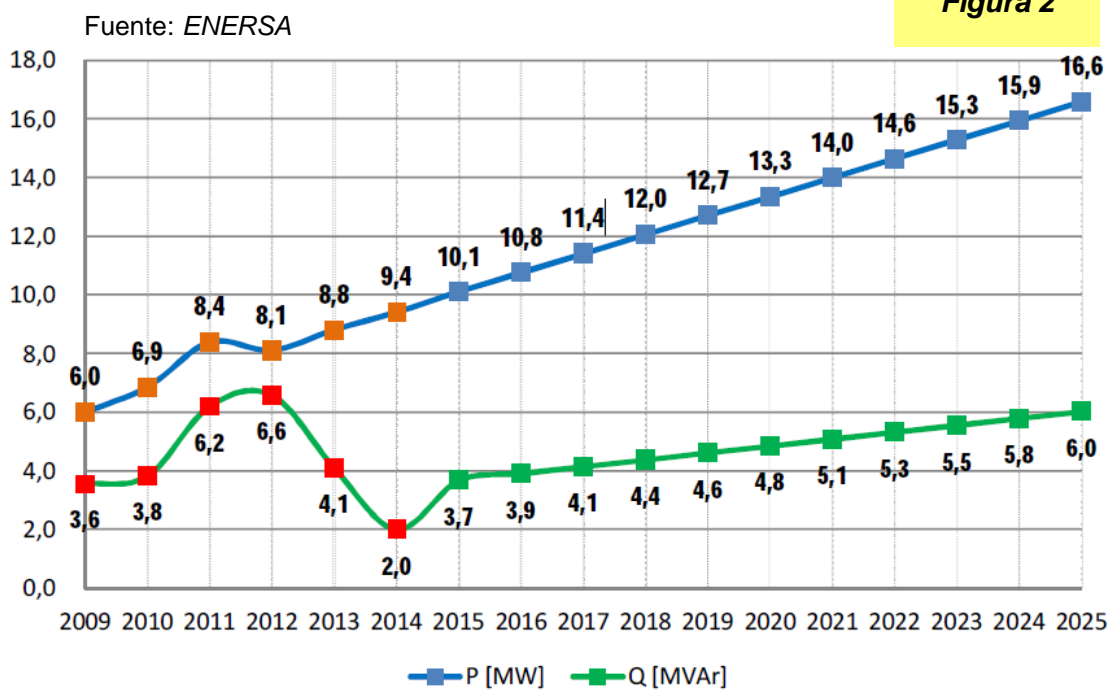


Foto 4

Según datos suministrados por dicha empresa, el incremento anual de las demandas máximas registradas en la ET Federación (pico máximo de verano) se puede considerar en el orden del 6,6 %. Esta tasa de incremento de la demanda ha llevado a finales de 2013 a la incorporación del tercer transformador de 5 MVA [Foto 4]. En la *Figura 2* se presenta la proyección de la demanda en MVA hasta el año 2021.



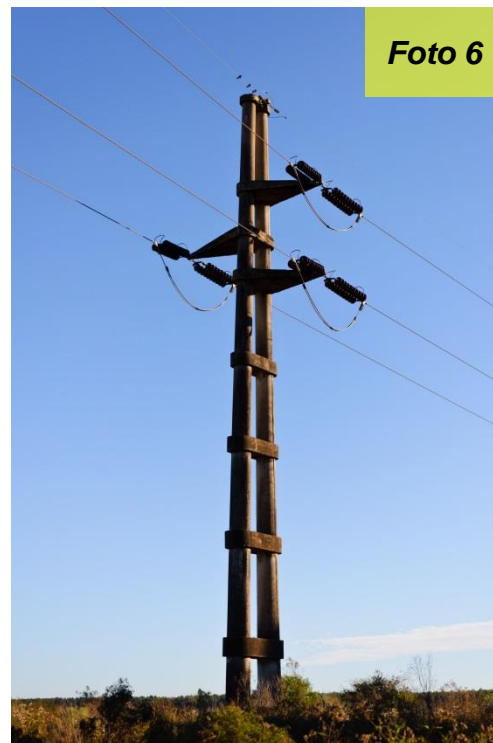
**Figura 1**



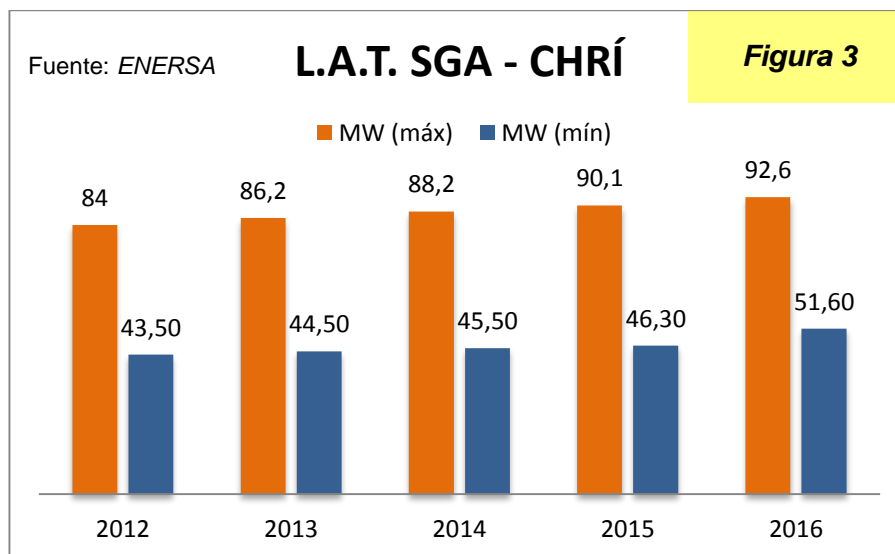
**Figura 2**

### 3.2. Corredor ET Salto Grande Argentina – ET Chajarí

La conexión actual entre los nodos ET Salto Grande Argentina y ET Chajarí consiste en una línea simple terna en 132 kV de 60,9 km en conductores ACSR 240/40 mm<sup>2</sup> [ver Foto 5 y 6]. Tanto la línea como los campos correspondientes en cada ET pertenecen a la empresa *TRANSNEA*.



Según estudios de flujos de potencia realizados por la empresa *ENERSA* en el sistema de 132 kV considerando las proyecciones de demanda en cada barra hasta el año 2016, las potencias activas máximas y mínimas transmitidas por el corredor en cuestión se vuelcan en el siguiente gráfico:



#### **4. Definición del problema**

El crecimiento turístico e industrial de la ciudad de Federación y su zona de influencia como también el crecimiento poblacional que ha presentado (según el censo de 2010 posee alrededor de 18.000 habitantes) hacen necesario disponer de forma inmediata de un sistema de alimentación de energía eléctrica que presente altos niveles de seguridad y calidad de servicio.

El sistema actual de suministro de energía (descrito en 3.1.) data de la década del '70 cuando se llevó a cabo la reubicación de la ciudad a causa de la formación del lago de Salto Grande. El punto débil que presenta este sistema se encuentra en la vulnerabilidad de las líneas de 33 kV ante los tornados cada vez más frecuentes que azotan la zona como el que golpeó la ciudad de Chajarí el 10 de enero de 2014 [Ver Foto 7] con vientos de 104 km/h siendo causante de destrucción de viviendas y cortes de suministro eléctrico en gran parte de la ciudad entre otros daños graves [Ver Foto 8].



Por otro lado, se han detectado sectores del sistema de 33 kV con estructuras deterioradas [Ver Foto 9] en mayor o menor medida que de sufrir un colapso generarían un apagón en importantes sectores del noreste entrerriano incluyendo de manera segura la ciudad de Federación. Estas interrupciones de suministro podrían prolongarse por varios días afectando seriamente el normal funcionamiento de la ciudad y sus zonas aledañas. En otras palabras, una ciudad en constante expansión y de la jerarquía de Federación corre un grave riesgo al depender de un sistema eléctrico antiguo e inseguro cuyo colapso o salida de servicio de alguna de las ET que lo alimentan provocaría un apagón prolongado que generaría problemas serios en la ciudad como así también fuertes multas para ENERSA.

En lo referido a capacidad remanente, analizando los datos presentados en la Figura 2, se puede afirmar que se requiere para el año 2020 una obra que incremente la capacidad de transmisión y transformación del sistema de alimentación de Federación. Según las proyecciones de la demanda a corto plazo, en el año 2021 se superará la capacidad de carga actual de la ET Federación y se llegará al límite de saturación de la línea de 33 kV que la alimenta.

## **5. Justificación**

Los problemas enumerados en el punto anterior ponen en evidencia las graves limitaciones a corto y mediano plazo del sistema de alimentación de energía eléctrica de la ciudad de Federación y sus zonas de influencia, dichas limitaciones atentan tanto contra el crecimiento turístico e industrial como así también contra el normal funcionamiento de servicios básicos como el de agua potable, salud, etc. La situación descrita genera la necesidad inmediata de dotar a la ciudad de Federación y sus zonas de influencia de un sistema de alimentación de energía eléctrica que brinde seguridad, confiabilidad y calidad de servicio, esto es en otra palabras, continuidad de servicio ante condiciones atmosféricas adversas y salida de servicio de alguna ET de 132 kV, y además brinde un horizonte de crecimiento suficiente para mantener el desarrollo sostenido que se espera en la zona para el corto y mediano plazo.

## **6. Solución adoptada**

Como solución definitiva a los problemas planteados, se propone la alimentación de la ciudad de Federación y sus zonas de influencia directamente desde el sistema provincial de 132 kV mediante la construcción de una línea de interconexión y una nueva estación transformadora.

El proyecto completo incluye:

- Construcción de una línea aérea doble terna en 132 kV en conductores de alta temperatura y baja flecha (HTLS por las siglas en inglés de: “*High Temperature Low Sag*”) ACCC®/TW (Conductor de aluminio de hebras trapezoidales y alma de material compuesto) de 315.5 mm<sup>2</sup> (tamaño “Lisbon” según IEC), cable de guardia de 50 mm<sup>2</sup> y postación de hormigón armado en configuración *Braced Line-Post*. Longitud total: 13,9 km.

- Construcción completa de una estación transformadora de 132 / 33 / 13,2 kV compuesta por una **doble barra y 6 campos**, dos de entrada/salida de la línea doble terna, tres de transformación y uno de acoplamiento.

## **7. Objetivos**

Los principales objetivos de la obra son:

- > Dotar a la ciudad de Federación de abastecimiento de energía directamente del sistema provincial de 132 kV con la ventaja de tener 2 puntos de alimentación (ET SG Argentina y ET Chajarí), estas características le otorgará al servicio eléctrico altos niveles de confiabilidad y calidad de servicio.
- > Lograr una mayor oferta eléctrica a corto y mediano plazo para abastecer la demanda creciente de la ciudad de Federación y su zona de influencia, lo que permitirá la implantación de nuevas industrias que en su mayoría son aserraderos y emprendimientos turísticos.
- > Prever un incremento en la capacidad del transporte del corredor ET Salto Grande Argentina – ET Chajarí sin recurrir a la construcción de una nueva línea de 132 kV sino mediante la repotenciación de la existente utilizando conductores HTLS.

## **8. Descripción técnica de la solución adoptada**

Esta obra comprende la apertura de la línea de alta tensión en 132 kV que une la ET Salto Grande Argentina (*CTM Salto Grande*) con la ET Chajarí (*ENERSA*). Desde este punto se parte con una línea doble terna en conductores ACCC® que interconectará a la futura ET Federación con las antes mencionadas. En esta nueva configuración del sistema de 132 kV se incluye a la ET federación en el corredor SGA – CHRÍ, previendo para el mediano plazo la repotenciación de dicho corredor mediante el recambio de conductores, razón por la cual la selección de la sección de conductor a adoptar para la nueva línea se basará en esta previsión [Ver *II.1 Selección de conductores*].

Este proyecto se complementa con el diseño y construcción de parte de la empresa *ENERSA* de la nueva estación transformadora “Federación”, quedando planteado en este trabajo un esquema y configuración basados en las últimas EETT instaladas en la provincia de Entre Ríos.

### **8.1. Línea doble terna en conductores ACCC®**

#### **Traza**

La traza definitiva se detalla en **Lámina 1** y resulta del análisis de los espacios disponibles a la vera del acceso a la ciudad de Federación (al norte de éste) de manera que tenga el menor impacto sobre emprendimientos ya existentes y evitando nuevos cruces con la línea existente de 33 kV. La traza de la nueva línea



se dispuso de manera tal que su franja de servidumbre no se solape con la correspondiente a la antes mencionada.



Las características particulares de cada piquete se han resumido en la planilla de **Lámina 2**.

### **Conductores ACCC®/TW**

Los conductores ACCC®/TW disponen de un núcleo de composite con fibras de carbono obtenido por el método de poltrusión y un recubrimiento de aluminio 1350 H0 (temple blando), con alambres trapezoidales. Esta combinación ofrece excelente comportamiento a las temperaturas elevadas, bajas pérdidas y flecha reducida. Este diseño data del año 2004 y está siendo rápidamente aceptado como el nuevo estándar de la industria a nivel internacional.



Ventajas del ACCC® aprovechadas en este proyecto:

- Su núcleo es 25% más fuerte que el acero y 60% más liviano.
- Su mayor fortaleza y estabilidad dimensional, permite un menor número de torres y de menor altura.
- El núcleo no se corroe y no se presenta corrosión bimetálica.
- Las propiedades del “*composite*” le dan excelentes características de auto amortiguación de las vibraciones. Esto se debe a las hebras trapezoidales que junto con el núcleo de “*Composite*”, ayudan a disipar energía en forma más eficiente que en el caso de los hilos redondos tradicionales.
- Elevada temperatura admisible de trabajo (180°C para régimen permanente y 200°C por tiempo limitado).
- Flecha prácticamente invariable para condiciones de alta temperatura (por encima de apróx. 60°C). Esto se debe a que por sobre los 60 °C la carga mecánica del conductor es completamente soportada por el núcleo de fibra de carbono, este fenómeno en el cual el aluminio se relaja completamente se produce a la temperatura de inflexión térmica (*Thermal Knee Point* en la bibliografía estadounidense) y se debe a la gran diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales. En el siguiente gráfico se observa esta característica:

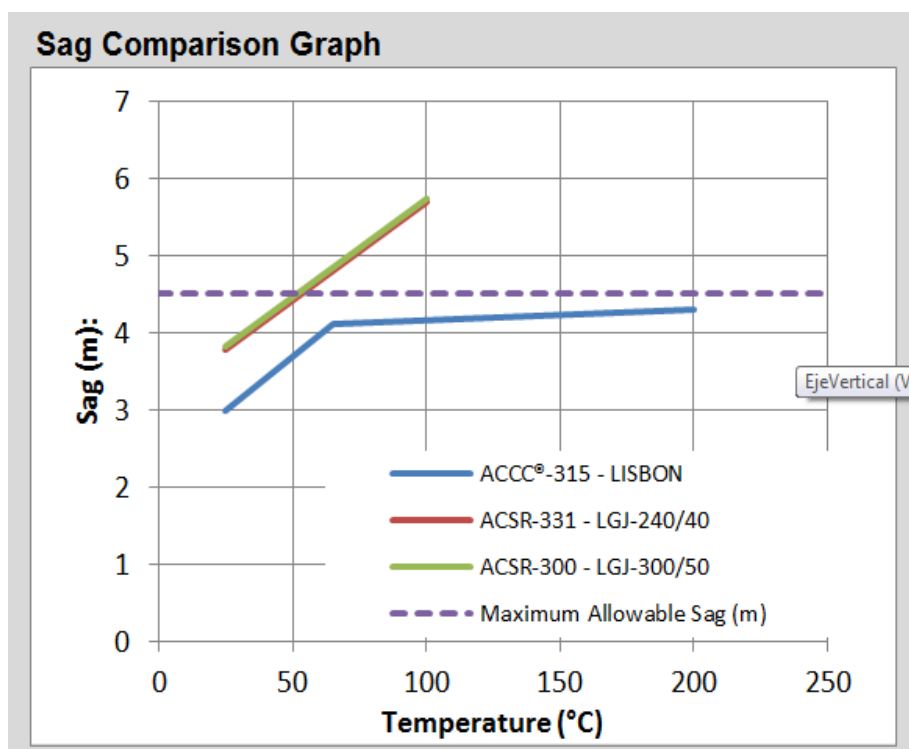


Gráfico comparativo de Software CCP (CTC Global)

Flecha [m] – Temperatura [°C]

Vano: 200 m

Knee Point Temperature: 65°C

### Hilo de guardia

De acero cincado de 50 mm<sup>2</sup> construido de 6 alambres exteriores y uno central.

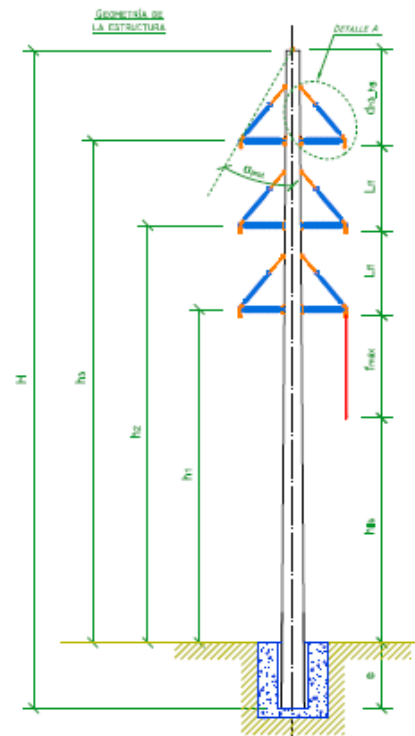


### Estructuras de suspensión

El diseño adoptado para las estructuras de suspensión está detallado en [Ver *Lámina 3.A y 3.B*]. Este es el resultado de un análisis de costo (Componentes y mano de obra para montaje) y comportamiento mecánico ante fallas (corte de conductores) en el cual se logró obtener una estructura con aislación de tipo Braced Line-Post articulado a diferencia del diseño tradicional de crucetas de hormigón o Line Post convencional.



Estructura convencional de crucetas  
Línea doble terna Masisa  
Vano: 150 m



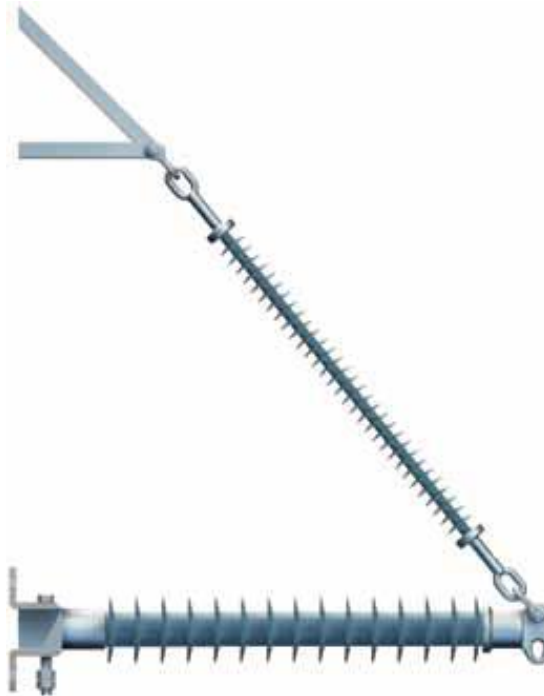
Estructura con aislación Braced Line Post  
Línea doble terna Federación  
Vano: 200 m

### **Vano adoptado: 200 m**

La longitud del vano que se adoptó es la máxima posible que mantiene las alturas de las columnas y su resistencia similares a las utilizadas en el modelo con crucetas de hormigón (con vano de 150 m y conductores tipo ACSR), de manera tal que se respeten las alturas libres exigidas por la Reglamentación. Esta diferencia de 50 m en la longitud del vano pone en evidencia una de las ventajas de los conductores ACCC® por sobre los ACSR.

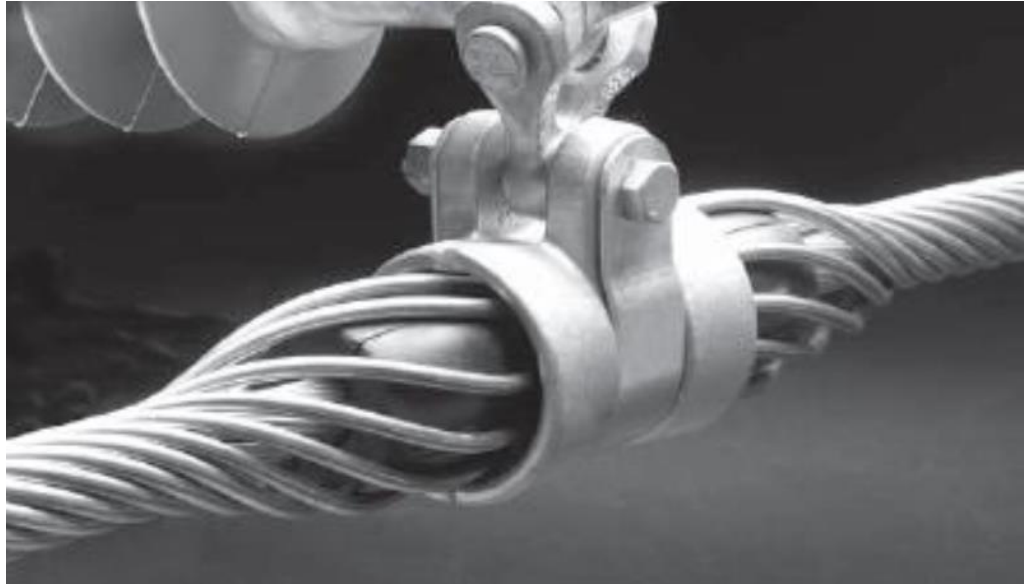
### **Aislación tipo Braced Line Post**

Está conformada por un aislador tipo Line Post con base articulada arriostrado por uno de tipo suspensión convencional siendo ambos aisladores de tipo polimérico [Ver *Lámina 3.A y 3.B*]. Con esta configuración se obtiene una mayor resistencia en sentido vertical y ninguna en la dirección longitudinal de la línea.



### **Morsetería**

La morsetería tanto de suspensión como de retención es provista por el fabricante del conductor ya que la misma es de tipo especial debido a las características particulares de operación a temperaturas elevadas (hasta 180 °C de forma permanente).



Morseto de suspensión para conductor ACCC®

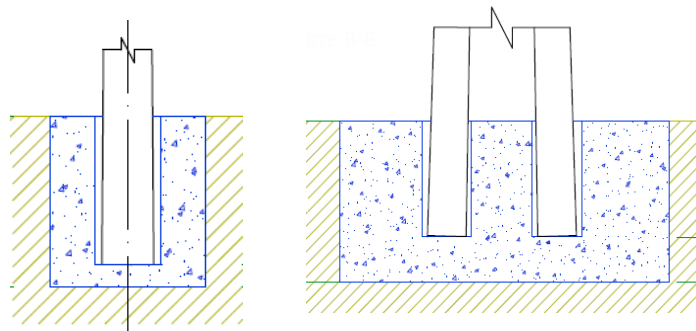


Corte de morseto de retención para conductor ACCC®

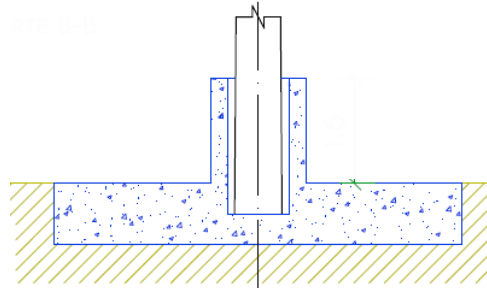
### **Fundaciones**

El tipo de fundación utilizado [Ver *Lámina 9*] depende de las características del terreno, fundamentalmente de la presión admisible del mismo y la capacidad para aportar al momento estabilizante de encastramiento (reacción de las paredes del pozo). Según este criterio se implementaron dos tipos de fundaciones:

- Tipo monobloque (Sulzberger) para terrenos con características que permitan un momento estabilizante de encastramiento elevado:

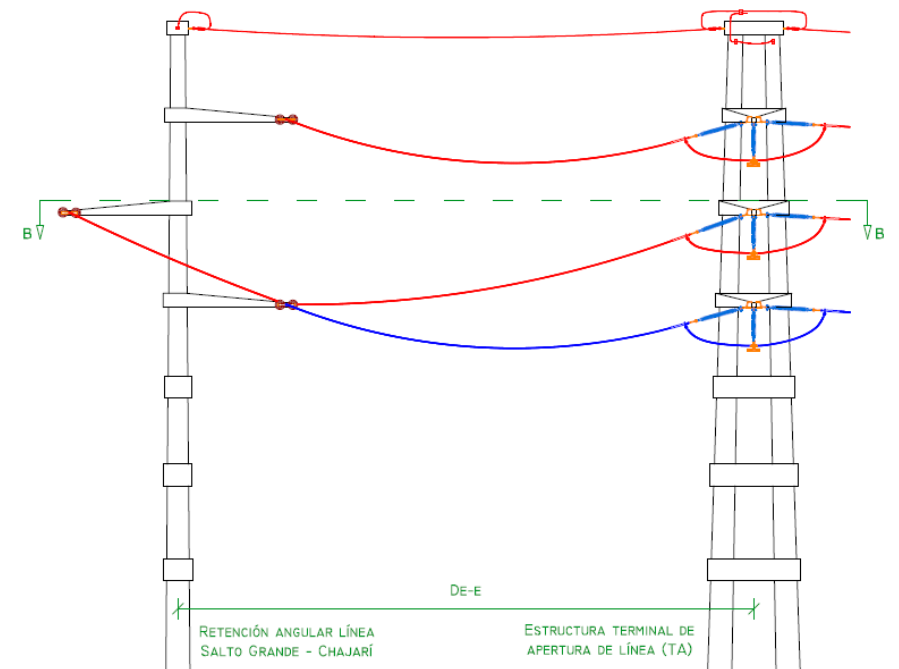


- Tipo zapata (Pöhl) para terrenos donde no se disponga de presiones admisibles aptas para asegurar la estabilidad con una fundación monobloque. (Zonas aledañas a arroyos):



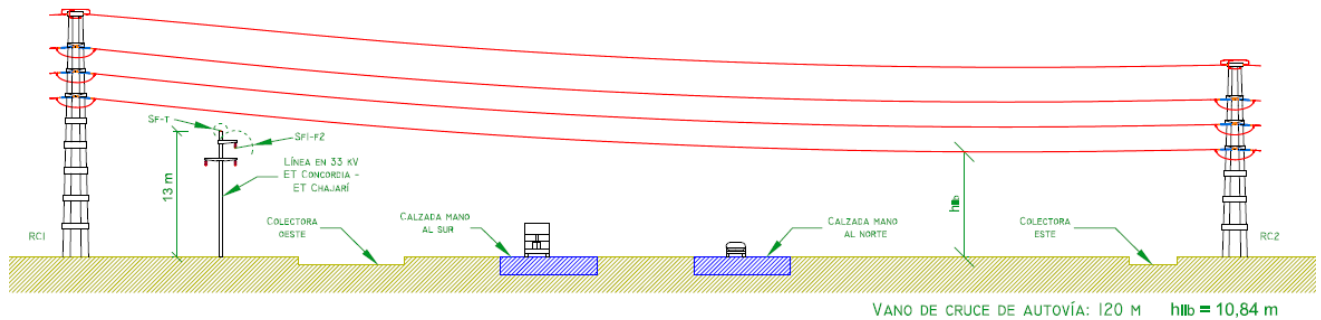
### **Estructuras de apertura de LAT SGA - Chajarí**

La apertura de LAT Salto Grande Argentina – Chajarí [Ver *Lámina 5*] se lleva a cabo mediante la implementación de una estructura terminal ubicada a 16 m de una retención angular perteneciente a dicha línea.



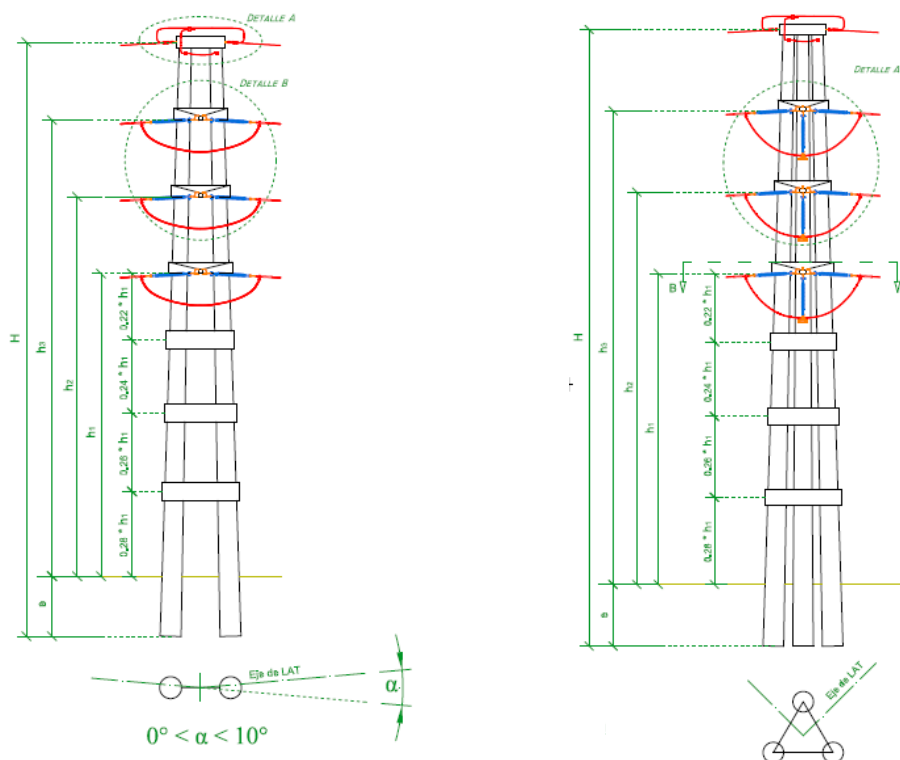
### Cruce de Autovía J. G. Artigas

El cruce de la línea doble terna "Federación" sobre la Autovía J. G. Artigas [Ver *Lámina 4*] se ejecuta mediante dos estructuras dobles de diferentes alturas. En este cruce se debe mantener las distancias establecidas por la reglamentación a la calzada y a una línea existente de 33 kV.



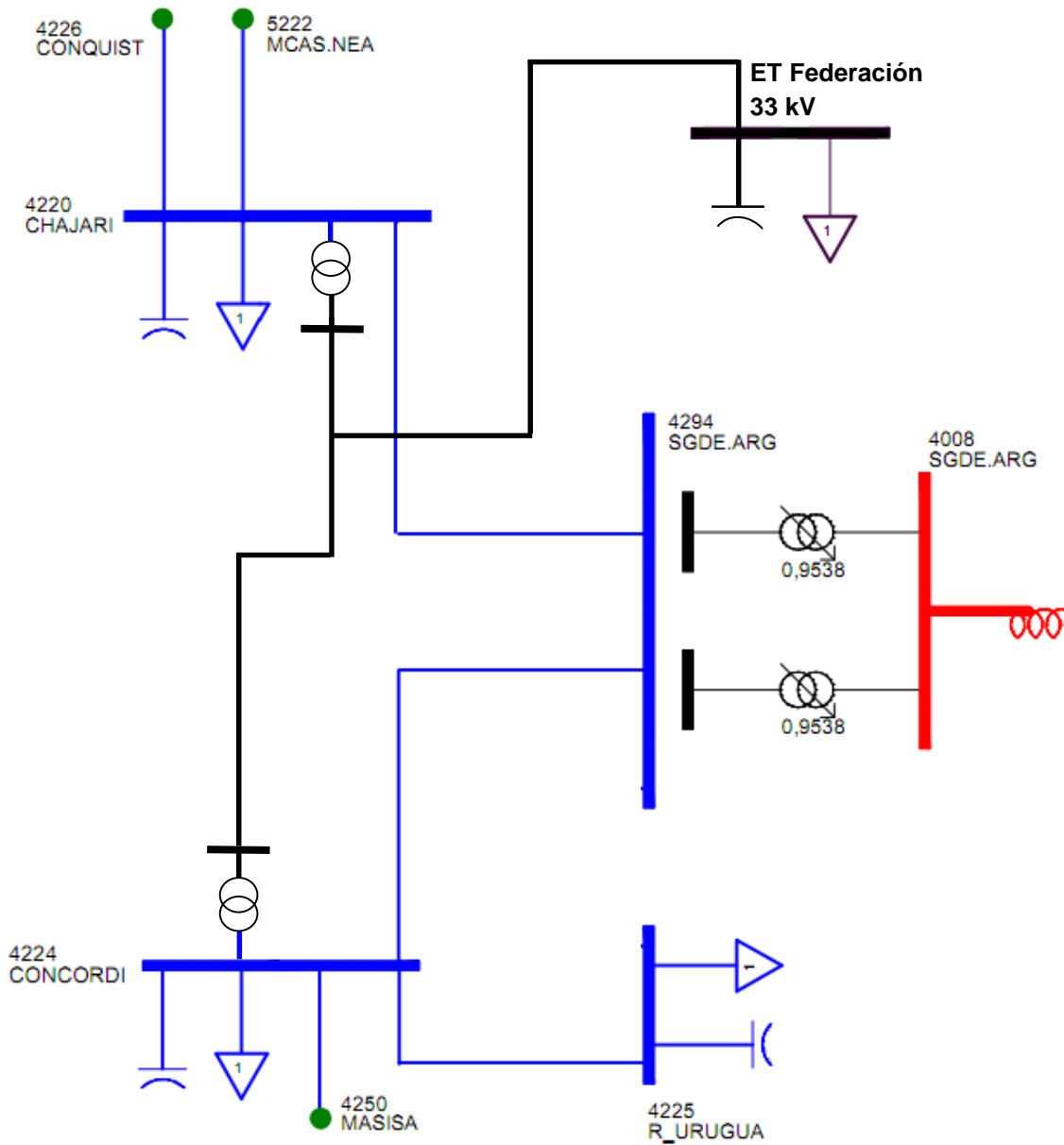
### Estructuras de retención

Serán de H°A°P de tipo doble o triple poste según sea la resistencia requerida para cada caso. En general, las retenciones en línea o angulares con ángulos menores a 10° son dobles y la estructura terminal así como las angulares de ángulos mayores a 10° triples. [Ver *Láminas 6 y 7*].



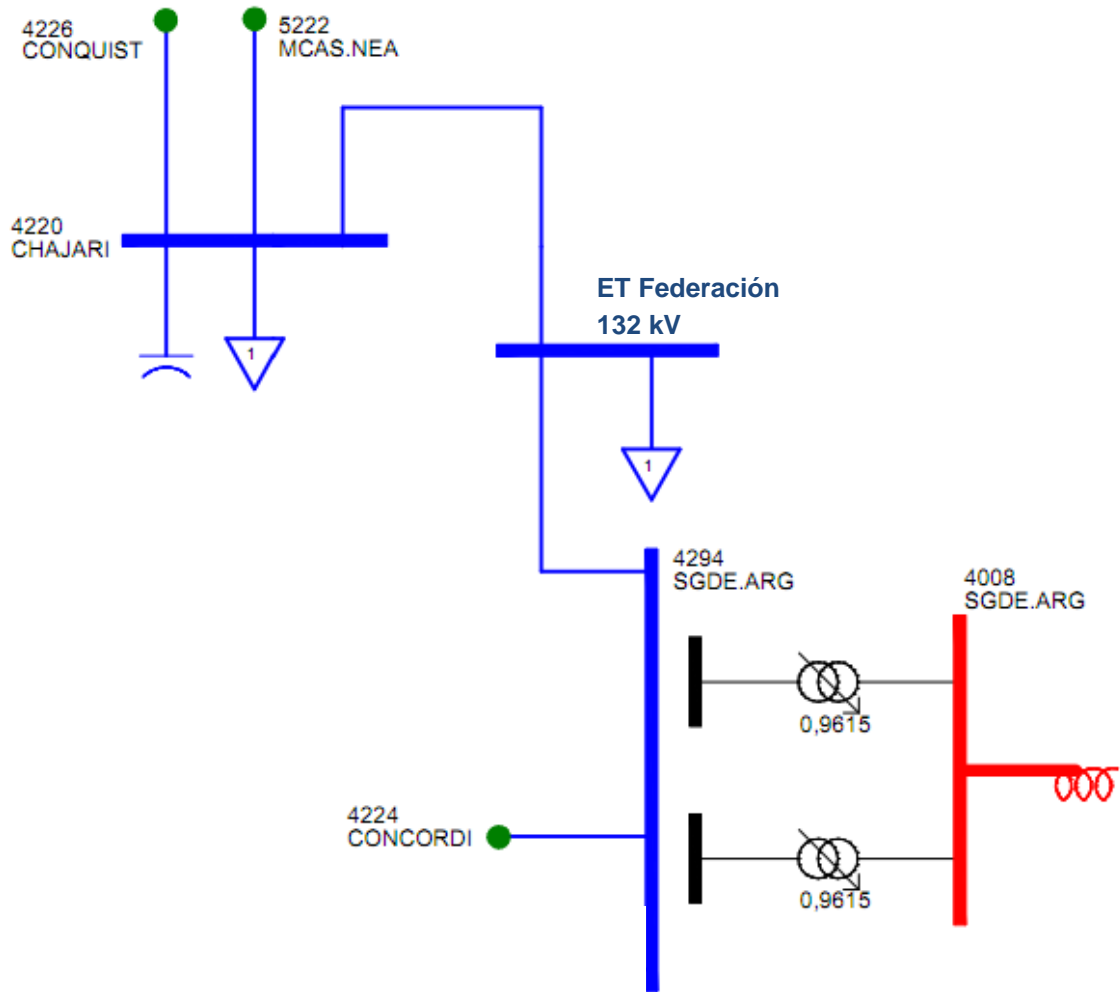
**Configuración del sistema enterrriano de 132 kV**

**Configuración actual**





**Configuración luego de la obra**



## Nueva ET "Federación"

La nueva estación transformadora 132 / 33 / 13,2 kV compuesta por una **doble barra y 6 campos** [Ver Láminas 10 y 11], dos de entrada/salida de la línea doble terna, tres de transformación y uno de acoplamiento. En una primera instancia la empresa *ENERSA* prevé la instalación de 2 transformadores 15 / 15 / 10 MVA quedando un campo libre para futuras ampliaciones. El terreno donde se ubicará ya es propiedad de dicha empresa y posee 100 x 100 m.

