



# **PPP Transmisión Eléctrica**

**Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV  
E.T. Río Diamante - Nueva E.T. Charlone,  
Estaciones Transformadoras y  
Obras Complementarias en 132 kV**

## **Pliego de Bases y Condiciones**

<p><b>ANEXO V</b></p>
-----------------------

<p><b>EXIGENCIAS TÉCNICAS</b></p>
-----------------------------------

<p><b>SECCIÓN Vb: ESTUDIOS ELÉCTRICOS</b></p>
---

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	2 / 12

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	3 / 12

## **Sección Vb: ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

### **CONTENIDO**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ESTUDIOS ELECTRICOS A REALIZAR POR LOS OFERENTES**
- 3. ESTUDIOS ELECTRICOS A REALIZAR POR EL CONTRATISTA PPP**
  - 3.1 VERIFICACIONES DE DISEÑO**
  - 3.2 OTROS ESTUDIOS DE ETAPA 2 y 3**

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	4 / 12

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente ANEXO se describen los estudios que se han planteado como necesarios para la OBRA, ya sea para la justificación del diseño, el cumplimiento de la normativa y/o el estudio del comportamiento del sistema.

Se asume que la lista de las secciones siguientes cubre básicamente los requerimientos en materia de Estudios Eléctricos del presente PROYECTO y complementarios. No obstante se hace expresa mención que cabe la posibilidad que durante el curso de la presentación de los resultados se ponga de manifiesto la necesidad de eventuales extensiones de los mismos para mejorar los resultados o contemplar contingencias no cubiertas. En cualquier caso será tarea del CONTRATISTA PPP efectuar todas las adecuaciones necesarias hasta la aprobación final de los trabajos.

Deberá tenerse en cuenta que es responsabilidad del CONTRATISTA PPP la obtención de la aprobación de las TRANSPORTISTAS y de CAMMESA.

## 2 ESTUDIOS ELECTRICOS A REALIZAR POR LOS OFERENTES.

Los OFERENTES estarán obligados a presentar los Estudios Eléctricos de Etapa 1 salvo en el caso en que en sus OFERTAS declaren expresamente que se adopta en su totalidad el PROYECTO DE REFERENCIA de este PLIEGO.

Al respecto corresponden las siguientes aclaraciones:

- Sólo en el caso que un OFERENTE proponga cambios en el trazado de la línea con respecto al previsto en el presente PLIEGO, se presentarán en la OFERTA los Estudios de Etapa 1 del Procedimiento Técnico N° 1 de CAMMESA, que demuestren que las prestaciones de su proyecto no introducen desmejoras en las condiciones de transporte con respecto al PROYECTO y estudios eléctricos realizados para la solicitud de acceso, tramitada por el ENTE CONTRATANTE (incorporados como referencia en el Anexo IX). Es decir, si la reactancia inductiva serie de los tramos de líneas entre las barras de 500 kV de las distintas EE.TT. es mayor que la correspondiente al PROYECTO DE REFERENCIA o si la inyección de reactivo se modifica sustancialmente en cualquiera de los extremos o estaciones intermedias, etc., será necesario que presente la

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	5 / 12

documentación con los estudios necesarios y la adecuación consecuente del proyecto, para evaluación del ENTE CONTRATANTE.

En cualquier condición, el OFERENTE deberá tener en cuenta que las provisiones de Estructuras y Conductores de la línea están definidos, sin posibilidad de cambios.

Los Estudios Eléctricos de Etapa 1 que se deberán incluir en la oferta, sólo en caso de proponerse los cambios antedichos, son los siguientes:

- Flujo de cargas.
- Cortocircuitos.
- Estabilidad transitoria.
- Parámetros de línea para secuencia directa y homopolar.
- Gradientes superficiales máximos por subconductor.
- Radio interferencia y ruido audible.
- Campos eléctrico y magnético a nivel del suelo en la franja de servidumbre.
- Estudios de transitorios electromagnéticos de diseño de la compensación shunt del proyecto.
- Estudios de energización.

### **3 ESTUDIOS ELECTRICOS A REALIZAR POR EL CONTRATISTA PPP.**

El CONTRATISTA PPP tendrá a su cargo la realización de todos los estudios eléctricos de diseño, de funcionamiento, de cumplimiento de la normativa que se detallan más adelante (Estudios de Etapas 2 y 3 del Procedimiento Técnico N° 1 de CAMMESA).

Los estudios eléctricos son los requeridos por la normativa vigente, para las obras que integran el PROYECTO deberán ser realizadas por un Consultor Especialista.

En los estudios eléctricos de Etapa 2, el diseño de los sistemas de Desconexión Automática DAG/DAC deben concluir en la elaboración de un Pliego de Especificaciones Técnicas, que deberá ser presentado al ENTE CONTRATANTE y evaluada por las TRANSPORTISTAS correspondientes (TRANSENER S.A., EPEC, EDEN, EPE), a efectos de proceder a tramitar la implementación del mismo como Ampliación a la Capacidad de Transporte conforme a la

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	6 / 12

normativa vigente y de acuerdo con lo resuelto por el ENRE por el Artículo 15 de la Resolución ENRE N° 10/2008.

Dicho Pliego deberá ser entregado al ENTE CONTRATANTE, para su aprobación previa a la tramitación citada, a los DOSCIENTOS DIEZ (210) días de la firma del CONTRATO PPP.

### 3.1 VERIFICACIONES DE DISEÑO

#### ***i) Diseño Eléctrico de la Línea Extra Alta Tensión de 500 kV.***

Estudios para la coordinación de la aislación de conductor a tierra y entre conductores ante sobretensiones de maniobra, teniendo en cuenta diferentes condiciones climáticas, velocidades de vientos, y rigidez dieléctrica presentes en el trayecto de la línea. Estudios para la determinación de la capacidad térmica del OPGW ante falla de cortocircuito monofásico a tierra y bloqueo de interruptor durante 250 ms.

#### ***ii) Verificación del diseño del blindaje de las líneas para descargas atmosféricas.***

El CONTRATISTA PPP deberá comprobar que el número de fallas de origen atmosférico sea menor ó igual a 0,2 fallas por cada 100 km de línea por año.

En estos estudios debe prestarse especial atención a los valores de puesta a tierra de las estructuras a lo largo de la línea, debiéndose informar los mismos.

#### ***iii) Condiciones Ambientales para 500 kV***

El CONTRATISTA PPP deberá calcular que las intensidades de los campos electrostáticos y electromagnéticos en la franja de servidumbre de la línea, a un metro sobre el nivel del suelo, no superen los valores establecidos por las Resoluciones ex Secretaría de Energía N° 15/92 y N° 77/98.

Se determinará el gradiente de campo eléctrico en los conductores y las pérdidas por efecto corona que se pudieran presentar.

El CONTRATISTA PPP deberá calcular que los niveles de radio interferencia y ruido audible no superen los valores admisibles de acuerdo con lo estipulado en las resoluciones mencionadas.

En el caso de campos electromagnéticos, deberá considerarse una corriente máxima de transmisión de 2280 A.

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	7 / 12

Habilitada comercialmente la OBRA, el CONTRATISTA PPP deberá llevar a cabo una campaña de mediciones de campo para verificar que los valores calculados no son superados en la franja de servidumbre y sus adyacencias; la campaña de mediciones, a ser llevada a cabo según las pautas de las Resoluciones antes citadas, comprenderá valores de campo eléctrico, de campo magnético, de radiointerferencia y de ruido audible.

### 3.2 OTROS ESTUDIOS DE ETAPA 2 y 3

El CONTRATISTA PPP tendrá la obligación de cumplimentar la totalidad de los requerimientos del Procedimiento Técnico N° 1 de CAMMESA, establecidos para las Etapas 2 y 3, para lo cual deberán incluir entre los estudios a los que a continuación expresamente se indican:

#### 3.2.1 ESTUDIO DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Deberá presentarse las especificaciones técnicas del equipamiento que se incorpore y los estudios de diseño que se indican a continuación bajo este ítem:

##### *i) Estudios de recierre monofásico:*

Mediante la realización de estudios para todas las nuevas líneas de la interconexión, se deberá verificar que se cumplan satisfactoriamente los criterios exigidos por las TRANSPORTISTAS, tal como se los sintetiza a continuación, para demostrar una alta probabilidad de éxito del recierre monofásico:

- Último pico de la corriente de arco secundario: 40 A (pico)
- Primer pico de la tensión de restablecimiento: 80 kV
- Pendiente de la tensión de restablecimiento (RRRV): 8 kV/ms

Se deberán estudiar los casos de falla en ambos extremos de la línea y en las transposiciones, para cada una de las tres fases. Se deberán presentar los valores relevantes (primer pico de tensión de restablecimiento, último pico de corriente de arco secundario y la pendiente de crecimiento de la tensión de restablecimiento) en forma de tabla para cada una de las simulaciones que se realicen (diferentes lugares de falla y fase en falla). Asimismo se deberán presentar en forma gráfica las evoluciones temporales de dichos valores para los casos críticos, utilizando escalas o factores de amplificación que permitan cuantificar el nivel de las mismas.

Para la realización de este estudio se deberán asumir escenarios de máximas transferencias de potencia posibles por las líneas, adoptándose un tiempo muerto de 500 ms. El esquema de

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	8 / 12

compensación shunt que se adopte deberá ser efectivo para una transferencia de potencia por la línea de al menos 1263 MVA.

## **ii) Energización de Líneas**

Realización de estudios para la determinación de sobretensiones transitorias, ante maniobras de energización con falla, con el objeto de definir las sollicitaciones dieléctricas sobre el equipamiento, para asegurar el adecuado dimensionamiento de los equipos y que no se produzca un envejecimiento prematuro de los mismos.

Deberá demostrarse la existencia de un adecuado margen de seguridad, no inferior a 1.4, tanto para las sobretensiones de maniobra como para las atmosféricas, que se pudieran presentar sobre el equipamiento para casos extremos.

## **iii) Análisis de Sollicitación Térmica en los Descargadores**

Se deberá realizar este estudio para dos tipos de contingencias:

- 1) Energización de línea con falla en extremo lejano, bloqueo de interruptor y actuación posterior de la protección de falla interruptor (Stuck Breaker)
- 2) Línea en carga, ocurrencia de falla, bloqueo de interruptor en un extremo y actuación posterior de la protección de falla interruptor (Stuck Breaker)

Deberán obtenerse los máximos requerimientos de disipación de energía para los descargadores de extremos de línea, incluyendo también los descargadores de neutro.

- 3) A continuación se describen las especificaciones para estos estudios:
  - a) Energización de línea con falla en extremo lejano, bloqueo de interruptor y actuación posterior de la protección de falla interruptor (Stuck Breaker):

En este caso se deberá analizar la energización de línea desde ambos extremos, simulando una falla monofásica previa en el extremo opuesto al de energización.

Se deberá realizar un estudio estadístico, con 200 maniobras de energización, registrando las energías disipadas en los descargadores, ya que al realizar la energización con falla se producen tensiones transitorias y temporarias elevadas en las fases sanas.



<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	9 / 12

Se deberá asumir además una PFI-Protección Falla Interruptor (Stuck Breaker), en la que se despeja la línea a los 300 ms de realizada la energización.

Para este estudio no es de aplicación la distribución gaussiana, simplemente se deberá registrar la energización que provoque la máxima disipación de energía y presentar el gráfico correspondiente a esa simulación. Asimismo, se deberá presentar el listado de casos simulados con los respectivos resultados energéticos.

- b) Línea en carga, ocurrencia de falla, bloqueo de interruptor en un extremo y actuación posterior de protección falla interruptor (Stuck Breaker):

Se debe simular la maniobra de PFI - Protección Falla Interruptor (Stuck Breaker) en ambos extremos del tramo en estudio, con una falla fase a tierra próxima a esas posiciones, registrando las energías disipadas en los descargadores.

Esta maniobra se la debe realizar con el único fin de verificar el dimensionamiento térmico de los descargadores.

Se deberá considerar una secuencia en la simulación que siga las siguientes indicaciones:

- T0 (inicio de la simulación) = 0.0 ms
- TF (presencia de la falla) = 50.0 ms
- TA (apertura trifásica del interruptor en un extremo) = 130.0 ms
- TB (apertura definitiva de línea por PFI) = 350.0 ms

Se deben realizar estos estudios para los casos extremos de máxima y mínima transferencia de potencia, con falla de Stuck Breaker tanto en el extremo lejano como en cercano a la falla, con el fin de identificar y evaluar la solicitud térmica más desfavorable para los descargadores.

En las simulaciones se deberán registrar las energías disipadas en los descargadores próximos a la falla, como también en el extremo opuesto al que se aplica la falla.

Se deberá presentar el listado de casos simulados, con los respectivos resultados energéticos. En particular, se deberán mostrar los gráficos de energías disipadas para los peores casos de cada extremo.

#### **iv) Estudios de Solicitaciones Térmicas y Dinámicas en los Reactores de Neutro:**

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	10 / 12

Estos estudios tienen el objeto de verificar que los reactores de neutro puedan soportar corrientes elevadas de corta duración, como las corrientes de choque dinámicas que eventualmente se presentan en la operación de la línea.

De estos estudios surgirá la especificación de los requerimientos térmicos y dinámicos para los reactores de neutro. Aunque la Norma IEC no contempla la corriente de choque dinámica en la especificación de un reactor de neutro supresor de arco, se requiere su determinación con el objeto de que el fabricante del equipo garantice que soportará la misma.

En los estudios descritos en iii) “Análisis de Solicitación Térmica en los Descargadores”, en los tramos de línea en los que hay reactores de neutro, se deberá registrar también la energía disipada en los mismos, para determinar su capacidad térmica necesaria. Con similar objeto, deberán registrarse también las corrientes dinámicas que se presenten.

Para estos casos, se deberán prolongar las simulaciones del ítem anterior en 200 ms. adicionales posteriores a la apertura definitiva por PFI, teniendo en cuenta que se pueden dar oscilaciones propias de baja frecuencia en la línea, con corrientes elevadas en el reactor de neutro.

Adicionalmente, se deberán identificar los peores casos de recierre monofásico no exitoso posibles, que pudieran originar las solicitudes térmicas y dinámicas más altas para los reactores de neutro. En este estudio es de interés prolongar la simulación en 200 ms posteriores a la apertura definitiva de la línea, para tener también en cuenta las oscilaciones propias de baja frecuencia en la línea, con corrientes elevadas en el reactor de neutro.

Se deberá presentar el listado de casos simulados, con los respectivos resultados de energías disipadas y amplitudes de corrientes dinámicas obtenidas. En particular, se deberán mostrar los gráficos de energías disipadas y corrientes dinámicas para los peores casos.

#### **v) *Sobretensiones por fenómenos de resonancia con fases abiertas***

Se deberán analizar las posibilidades de energización de cada línea desde ambos extremos. En aquellos casos en que fuera necesario o conveniente disponer para la energización de la línea del reactor de barras de la ET del extremo remoto, cabe la posibilidad que ante situaciones de fases abiertas, tanto una como dos, se presente un fenómeno de resonancia con tensiones inadmisibles, sostenidas por acoplamiento con las fases energizadas.

Consecuentemente, se deberán realizar estudios con 1 y 2 fases abiertas, con el objeto de verificar las solicitudes térmicas sobre los descargadores de fases y de neutro, durante un

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	11 / 12

lapso no menor de 2 segundos (tiempo que la línea puede permanecer energizada debido a una discrepancia de fases), previo a la apertura definitiva.

Estos estudios son necesarios para verificar el diseño de los reactores de neutro.

#### **vi) Verificación de Tensiones de Restablecimiento (TRV)**

El objeto de este análisis es determinar las máximas solicitaciones dieléctricas entre sus terminales a las que estarán expuestos los interruptores operando en condiciones extremas, para su consideración en las especificaciones de los mismos.

Se deberán realizar estudios registrando la TRV (Transient Recovery Voltage), que es el valor de cresta de la tensión de restablecimiento que se presenta entre los terminales de un interruptor en la apertura del mismo, y la RRRV (Rate of Rise of Restriking Voltage), que es el valor de la tangente a esta curva y que pasa por el punto en que se interrumpe la corriente del arco.

#### **vii) Estudios y especificaciones particulares para reactores y transformadores**

Los transformadores y reactores deberán cumplir con características de magnetización tales que no se produzca ferorresonancia y que no se presenten efectos adversos sobre el sistema y sobre el mismo equipamiento, tanto para el caso de maniobras como para el caso de tensiones temporarias. Deberán presentarse los estudios que demuestren la validez del diseño realizado.

Para el caso particular de reactores se exige linealidad hasta 1.40 p.u. de la tensión máxima de servicio (525 kV).

#### **viii) Estudios de protecciones**

Se deberán presentar estudios que permitan comprobar que las protecciones de la LEAT Río Diamante - Coronel Charlone, en su conjunto y en cada uno de sus tramos, deberán ser las adecuadas de tal manera que las posibles fallas previstas no provoquen efectos adversos sobre el SADI.

Asimismo, a partir de estos estudios, que deberán cumplimentar los lineamientos que establece la Guía de Diseño de Protecciones de TRANSENER S.A., se definirán los ajustes de las protecciones.

El programa y alcance de los trabajos a realizar queda supeditado a lo que establezcan la citada TRANSPORTISTA al inicio de los mismos.

<b>MINISTERIO DE ENERGÍA</b>	<b>PPP Transmisión Eléctrica</b> Línea de Extra Alta Tensión en 500 kV E.T. Río Diamante – Nueva E.T. Charlone, Estaciones Transformadoras y Obras Complementarias en 132 kV.		
	Anexo V: Exigencias Técnicas	Rev.:	03
	Título: Sección Vb. Estudios Eléctricos	Fecha:	Agosto 2018
		Hoja:	12 / 12

### **3.2.2) ESTUDIO DETALLADO DE ESTABILIDAD TRANSITORIA Y OTROS COMPLEMENTARIOS**

El Estudio Detallado de Estabilidad Transitoria tiene por objeto analizar la incidencia de fallas severas (cortocircuitos de diversos tipos) que pueden derivar en cambios de estructura de la red.

El estudio debe cubrir una gran diversidad de escenarios y estado de la red (N y N-1) de manera tal que sea posible establecer y ajustar los automatismos que minimicen las consecuencias de fallas severas en el SADI.

Los resultados del Estudio se traducirán en la actualización de estrategias de DAG y DAC.

El programa y alcance de los trabajos a realizar queda supeditado a lo que establezca TRANSENER S.A. al inicio de los mismos.