

---

**ELECTRIFICACIÓN**

**ANEJO**

**14**

---

## INDICE

---

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
2.1. LÍNEA AÉREA DE CONTACTO .....	1
2.2. SUMINISTRO DE ENERGÍA A LA TRACCIÓN .....	3
2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	3

### APÉNDICE 1. ESTUDIO DE POTENCIA

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de este anejo es definir el sistema de suministro de energía eléctrica a la tracción a implantar en la nueva Línea de Alta Velocidad Nogales de Pisuerga-Reinosa.

Dado que esta línea se plantea como una prolongación de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey, se ha tenido en cuenta en la definición del sistema las conclusiones alcanzadas en lo referente a la electrificación de dicha línea en su correspondiente Estudio Informativo.

En consecuencia, tal cual se detallará más adelante, el sistema de electrificación escogido para la alimentación de la Línea de Alta Velocidad Nogales de Pisuerga-Reinosa es el denominado 2x25 kV c.a., 50 Hz, por ser el mismo que se implantaría en la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey, habiéndose planteado el esquema de electrificación necesario como una ampliación del originalmente previsto.

Los condicionantes para el estudio de soluciones entre Nogales de Pisuerga y Reinosa y que se tendrán en cuenta son las siguientes:

- Velocidad de diseño de 350 km/h en la conexión con el tramo Palencia Nogales y 250 km/h desde el entorno de Aguilar de Campoo hasta Reinosa.
- Se considera una parada intermedia en el entorno de Aguilar de Campoo mediante un ramal en vía única.
- Vía doble, excepto en el ramal de conexión con la estación de Aguilar de Campoo y al final de la línea, en la conexión la línea actual en Reinosa.
- Ancho de vía internacional (UIC), 1.435 mm.
- Alimentación a 25 kV c.a.

Para ello se analizan los trazados definidos en el Anejo 8 distribuyendo el presente Estudio en tres ámbitos:

- **Ámbito Nogales-Mataporquera:** tres alternativas Alternativas Oeste, Alternativa Centro y Este. Todas las propuestas tienen además el baipás de Aguilar y la remodelación de la estación.
- **Ámbito central en Mataporquera:** dos alternativas Alternativas Oeste y Este.
- **Ámbito Mataporquera-Reinosa:** dos alternativas Alternativas Oeste y Este.

## 2. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN

### 2.1. LÍNEA AÉREA DE CONTACTO

El sistema de línea aérea de contacto tipo C-350 que se adopta se compone de las siguientes partes:

- Catenaria propiamente dicha: formada por un cable sustentador, un hilo de contacto, falso sustentador o péndola en 'Y' y péndolas equipotenciales.
- Elementos de sustentación: cimentaciones, ménsulas, postes y pórticos.
- Elementos de conexión: seccionadores, cables.
- Circuito de retorno.
- Protecciones.

#### Características generales del sistema

- Características geométricas:
  - Altura del hilo de contacto nominal: 5,3 m
  - Descentramiento del hilo de contacto:
    - Nominal: +/- 0,2 m
    - En agujas y seccionamientos: +/- 0,3m
  - Máximo desplazamiento del hilo de contacto por efecto del viento transversal: definido según el cuadro 4.2.9.2 de la ETI de Energía, y teniendo en cuenta el gálibo del pantógrafo calculado según la Instrucción técnica de gálibos.
  - Variación de la altura del hilo de contacto con respecto a la vía: 0 (cero)
  - Altura del sistema:
    - Vía general: 1,40 m
    - En seccionamiento: 1,40 m - Variable
    - En agujas: Variable hasta 2,5 m
  - Vano:
    - Máximo en vía general: 64 m
    - Máximo en túnel: 50 m
    - El vano normal entre apoyos deberá atender a:
      - Criterios de descentramiento
      - Tense radial mínimo y máximo
      - Desplazamiento lateral máximo producido por el viento
      - Obstáculos o puntos singulares (pasos superiores, desvíos, etc)
  - Variación máxima de longitud entre vanos consecutivos: 10 m

- Longitud mínima de péndola: 0,25 m
- Distancia de colocación de postes entre eje de vía y eje de poste:
  - Nominal: 3,35m
  - Mínima (por interferencia con canaleta): 3,15m
- Longitud del cantón de compensación máxima: 1400 m
- En general se procurará que la distancia entre el punto fijo y el equipo de compensación no sea superior a 640m.
- Separación mínima de catenarias en un seccionamiento de compensación: 200 mm.
- Separación mínima de catenarias en un seccionamiento de lámina de aire: 450 mm.
- Con péndola en Y o falso sustentador: La péndola en Y puede eliminarse en el caso de túneles o en caso de dobles o triples ménsulas donde las distancias entre las distintas partes no permitan su montaje. Se eliminará además la péndola en Y en las zonas con tense reducido ( $T = 15.45 \text{ kN}$ ).
- Número de vanos de un seccionamiento: mayor o igual que 4 (seccionamiento con un eje). En general se adopta:
  - Para vanos igual o superiores a 55m: 4 vanos.
  - Para vanos inferiores: 5 vanos.
- Zonas neutras de separación de fases: Serán del tipo “Sección neutra larga, definida en la figura A.1.2. de la EN 50367. Se diseñarán teniendo en cuenta una longitud mínima sin tensión de 402m. Esta distancia estará medida desde los semiejes más cercanos de los seccionamientos que forman la zona neutra.
- La compensación mecánica se realizará mediante equipos de poleas y contrapesos independientes para el sustentador e hilo de contacto, cuyas relaciones serán las siguientes:
  - Sustentador: relación 1:3
  - Hilo de contacto: relación 1:5.
- Características dinámicas:
  - Velocidad mínima de propagación de las ondas mecánicas: 550 km/ h
  - Factor Doppler: mínimo 0,17 para una velocidad de 300 km/h
  - Factor de reflexión máximo: 0,4
  - Factor de amplificación máximo: 2,3
  - Fuerza de contacto:
    - Mínima: Positiva
    - Máxima: 350 N

- Media: según la expresión  $F_m = 0,00097 \times V^2 + 70 \text{ (N)}$ , que aparece en la ETI. En ningún caso esta fuerza debe superarse
- Desviación típica:  $F_m - 3 \cdot \sigma > 0$
- Desviación máxima:  $\sigma_{\text{max}} = 0,3F_m \text{ (N)}$
- Elevación máxima del brazo de atirantado. Se tomará el criterio de la ETI ENE (Cuadro 2.12):
  - Será 2 S0, siendo S0 la elevación máxima prevista.
  - Cuando sea posible el empleo de dispositivos de limitación de altura, esta limitación puede reducirse hasta 1,5 S0
- Condiciones ambientales de diseño: Para el diseño se tendrá en cuenta las condiciones que se indican en normativa EN 50.125 – 2.
  - Temperatura ambiente: - 30° C a + 50° C
  - Temperatura máxima de los conductores: + 80° C
  - Margen de temperatura de los equipos de regulación de tensión mecánica: - 30° C a + 80° C
  - Velocidad del viento:
    - De referencia: 29m/s
    - Variación con la altura: De acuerdo con UNE EN 50.125-2
  - Zonas climáticas: A y B
  - Humedad del aire: 20 % a 100 %
- Aislamiento eléctrico:
  - Distancia de aislamiento entre partes en tensión: La distancia entre partes en tensión y tierra es la especificada en la tabla que aparece en la norma UNE EN 50.119.

Tensión	Distancias en el aire recomendadas	
	Estática	Dinámica
25 kV ca	270 mm	150 mm

Tabla 1. Distancias de aislamiento entre partes en tensión.

- Para el sistema de 2 x 25 kV con autotransformador, al existir una diferencia entre fases de 180º entre todos los elementos comunes del feeder y todos los elementos comunes a la línea de contacto aérea, las tensiones que aparecen son mayores.
- Para sistemas convencionales de corriente alterna la diferencia de fase de 120º producirá un efecto similar entre las zonas neutras.

- o La tabla que aparece en la norma EN 50.119 indica las distancias entre partes en tensión adyacentes de diferentes fases:

Tensión nominal	Diferencia de fases	Tensión relativa	Distancia en el aire recomendada	
			Estática	Dinámica
25 kV	120 °	43,3 kV	400mm	230mm
25 kV	180 °	50 kV	540mm	300mm

Tabla 2. Distancias de aislamiento entre fases.

## 2.2. SUMINISTRO DE ENERGÍA A LA TRACCIÓN

El sistema de alimentación eléctrica a la línea aérea de contacto previsto para esta línea es el denominado 2x25 kV c.a., 50 Hz.

Este sistema de electrificación suministra energía a la tensión de 55 kV c.a. entre la línea aérea de contacto y el feeder, y el material rodante toma energía a la tensión de 27,5 kV c.a. entre la línea de contacto y el carril, por lo que se requiere la instalación de autotransformadores de relación 55/27,5 kV c.a. a lo largo de la línea.

Para albergar estos autotransformadores y su equipo auxiliar se han de construir unas instalaciones situadas en la proximidad de las vías, que serán de dos tipos según los autotransformadores se instalen en las proximidades de las zonas neutras entre subestaciones – centros de autotransformación finales o ATF – o a lo largo del trayecto – centros de autotransformación intermedios o ATI.

A cada subestación de tracción le corresponde un área eléctrica, que incluye los centros de autotransformación asociados a la misma y que se define como el trayecto de catenaria que en modo de funcionamiento normal, no degradado, es alimentado por dicha subestación.

Este sistema se plantea como prolongación del previsto para la alimentación de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey, de modo que el área eléctrica correspondiente a la subestación eléctrica de tracción de Herrera de Pisuerga, que originalmente se extendía tan solo hasta Alar del Rey, llegue a alcanzar el final de esta nueva línea de alta velocidad, fijado en las cercanías de la estación de Reinosa. En consecuencia, no se prevé la construcción de una nueva subestación de tracción.

Los centros de autotransformación, por su parte, todos de tipo intermedio (ATI) contarían con un autotransformador de relación 55/27,5 kV c.a. y 10 MVA de potencia nominal.

## 2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

De conformidad con lo expuesto en el apartado anterior, el estudio de dimensionamiento incluido en el Apéndice 1 de este anejo se centra en estudiar si es factible la alimentación a las alternativas de nueva construcción propuestas en el presente Estudio Informativo sin más que añadir centros de autotransformación intermedios adicionales al esquema de alimentación propuesto en el Estudio Informativo del Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey, entre Aguilar de Campoo y Reinosa.

En concreto, como en el estudio realizado para la línea entre Palencia y Alar del Rey, se estudian dos posibles escenarios, consistente el segundo de los mismos en reducir al mínimo posible el número de centros de autotransformación considerados en el primero. Dichos escenarios se muestran en las dos figuras a continuación.

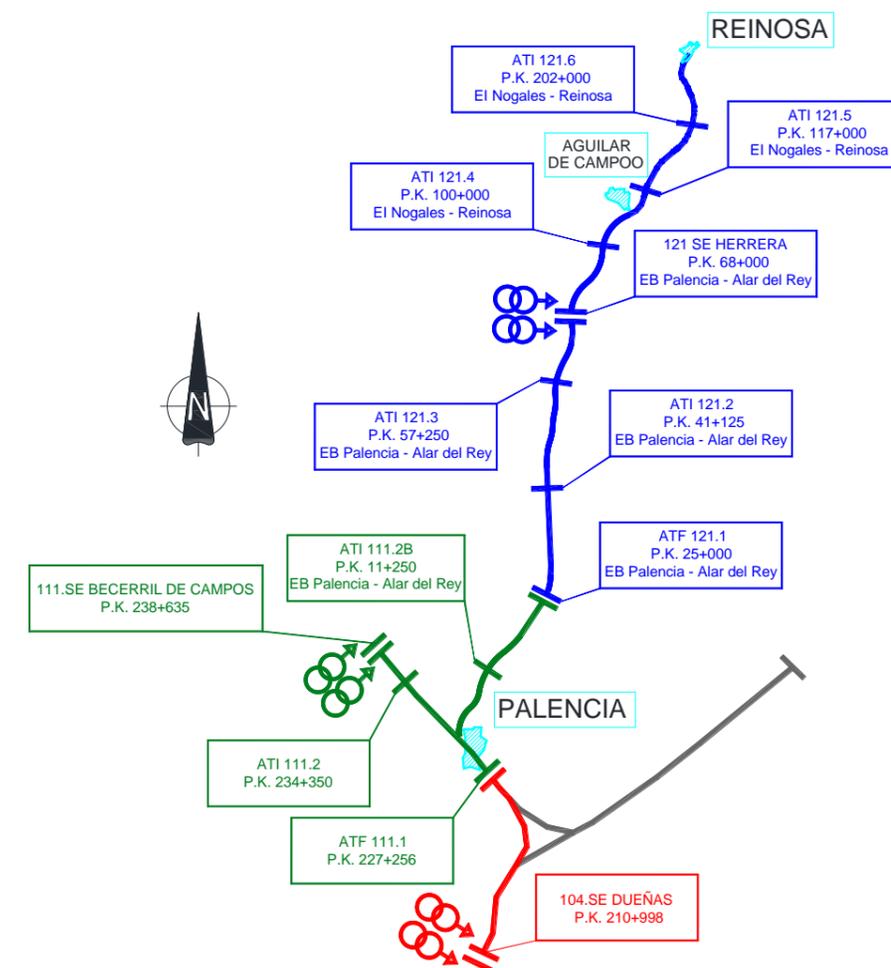
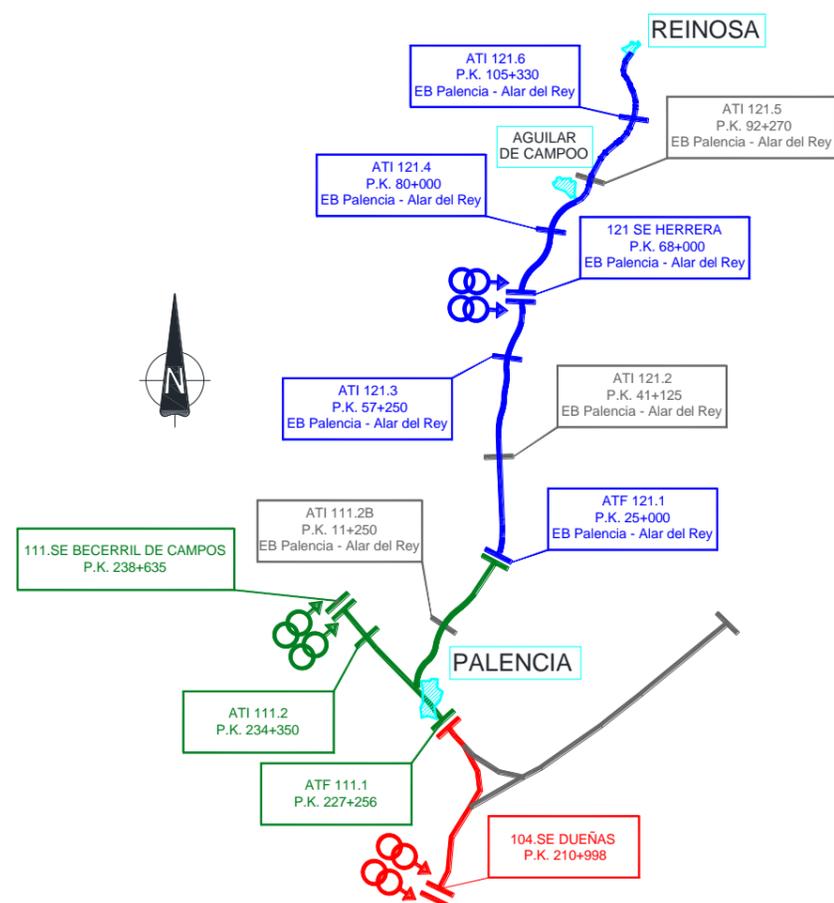


ILUSTRACIÓN 1. ESCENARIO PROPUESTO



**ILUSTRACIÓN 2. ESCENARIO ALTERNATIVO**

Para los centros de autotransformación entre Nogales y Reinoso, es decir, los centros ATI 121.4, ATI 121.5 y ATI 121.6, se proponen, en el documento de planos de este estudio informativo, ubicaciones concretas que se consideran, en principio, adecuadas atendiendo a los condicionantes ambientales existentes en estos emplazamientos y teniendo en cuenta también la orografía (situándose en terrenos con la menor inclinación posible) y las vías de comunicación existentes (para facilitar el acceso a las instalaciones) en la zona. No obstante, estas localizaciones habrán de analizarse en detalle más adelante, en fase de proyecto básico o constructivo, a fin de determinar la posición definitiva de cada centro, una vez que se disponga de una cartografía de detalle y se definan en la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental posibles condicionantes ambientales adicionales a considerar en la ubicación de estas instalaciones.

De los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas puede concluirse que es viable alimentar la línea mediante cualquiera de estos dos esquemas de alimentación. No obstante, el escenario alternativo es más desfavorable en lo que a la distribución de tensiones se refiere, es probable que incumpliera alguna de las condiciones de diseño ante un aumento en el número de circulaciones y no es susceptible de soportar un fallo múltiple. Por tanto, se considera que el

esquema propuesto inicialmente y descrito en el presente apartado es el más adecuado para la electrificación de la línea.

Adicionalmente, se analiza también en dicho estudio si, para evitar posibles afecciones a la electrificación convencional por inducción electromagnética de la nueva línea, electrificada en 2x25 kV c.a., sobre la existente, electrificada a 3 kV c.c., bastaría con ubicar el último centro de autotransformación de la línea en las inmediaciones de la estación de Reinoso o si, por las caídas de tensión, sería necesario un centro de autotransformación adicional.

La conclusión de este análisis es que, en caso de que fuera necesaria la ubicación de un centro de autotransformación al final del trazado, para evitar posibles afecciones a la electrificación convencional, no es necesario considerar la instalación de un centro adicional en Reinoso, sino que bastaría con desplazar el último centro considerado hasta las cercanías de la estación. Por tanto, los planos del estudio incluyen una posible ubicación para este centro, denominado 121.6B, en las cercanías de la estación de Reinoso.

# APÉNDICE 1. ESTUDIO DE POTENCIA

**INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>3. CONDICIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. DATOS DE PARTIDA DE LAS SIMULACIONES .....</b>	<b>3</b>
4.1. PERFIL GEOMÉTRICO.....	3
4.1.1. PARADAS Y PUNTOS DE PASO .....	3
4.1.2. RAMPAS.....	3
4.1.3. CURVAS.....	5
4.1.4. TÚNELES .....	7
4.1.5. LIMITACIONES DE VELOCIDAD .....	7
4.2. MATERIAL MÓVIL.....	7
4.2.1. CIRCULACIONES.....	7
4.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL RODANTE .....	8
4.3. PERFIL ELÉCTRICO .....	8
<b>5. SIMULACIONES REALIZADAS.....</b>	<b>9</b>
5.1. ESCENARIO PROPUESTO .....	9
5.1.1. FUNCIONAMIENTO NORMAL .....	9
5.1.2. FUNCIONAMIENTO DEGRADADO. FALLO DE LA SE DE HERRERA DE PISUERGA	11
5.2. ESCENARIO ALTERNATIVO .....	13
5.2.1. FUNCIONAMIENTO NORMAL .....	13
5.2.2. FUNCIONAMIENTO DEGRADADO. FALLO DE LA SE DE HERRERA DE PISUERGA	15
5.3. MITIGACIÓN DE LAS POSIBLES AFECCIONES A LA ELECTRIFICACIÓN CONVENCIONAL..	16
5.3.1. TENSIÓN EN CATENARIA .....	16
5.3.2. TENSIÓN MEDIA ÚTIL .....	17
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>17</b>

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de este estudio es comprobar si resulta factible la alimentación en sistema 2x25 kV c.a. a las alternativas de nueva construcción propuestas en el Estudio Informativo de la Línea de Alta Velocidad Nogales de Pisuerga-Reinosa sin más que añadir centros de autotransformación intermedios adicionales al esquema de alimentación propuesto en el Estudio Informativo del Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey.

Adicionalmente, se estudia también un posible escenario alternativo, desarrollado a partir del anterior y consistente en reducir el número de centros de autotransformación a lo largo de la línea que, si bien no es tan favorable como el primero en lo que a distribución de tensiones se refiere, si se considera que puede ser viable, además de permitir el estudio del comportamiento del esquema propuesto ante la falta de parte de sus componentes.

Finalmente, también se estudia si, para evitar posibles afecciones a la electrificación convencional por inducción electromagnética, resulta más conveniente ubicar el último centro de autotransformación previsto en el esquema al extremo de la línea o prever uno adicional.

El estudio de potencia ha consistido en la simulación mediante software de la circulación de trenes, a lo largo de los tramos electrificados, considerando los datos de partida correspondientes a:

- Los parámetros cinemáticos del material rodante.
- Los parámetros eléctricos, tanto del material rodante como de las instalaciones de energía que alimentan a la línea.

Estas simulaciones se han llevado a cabo empleando los programas informáticos SIMTREN y SIMTRENAC, desarrollados por INECO, cuya fiabilidad está avalada por la gran cantidad de estudios similares realizados con éxito anteriormente.

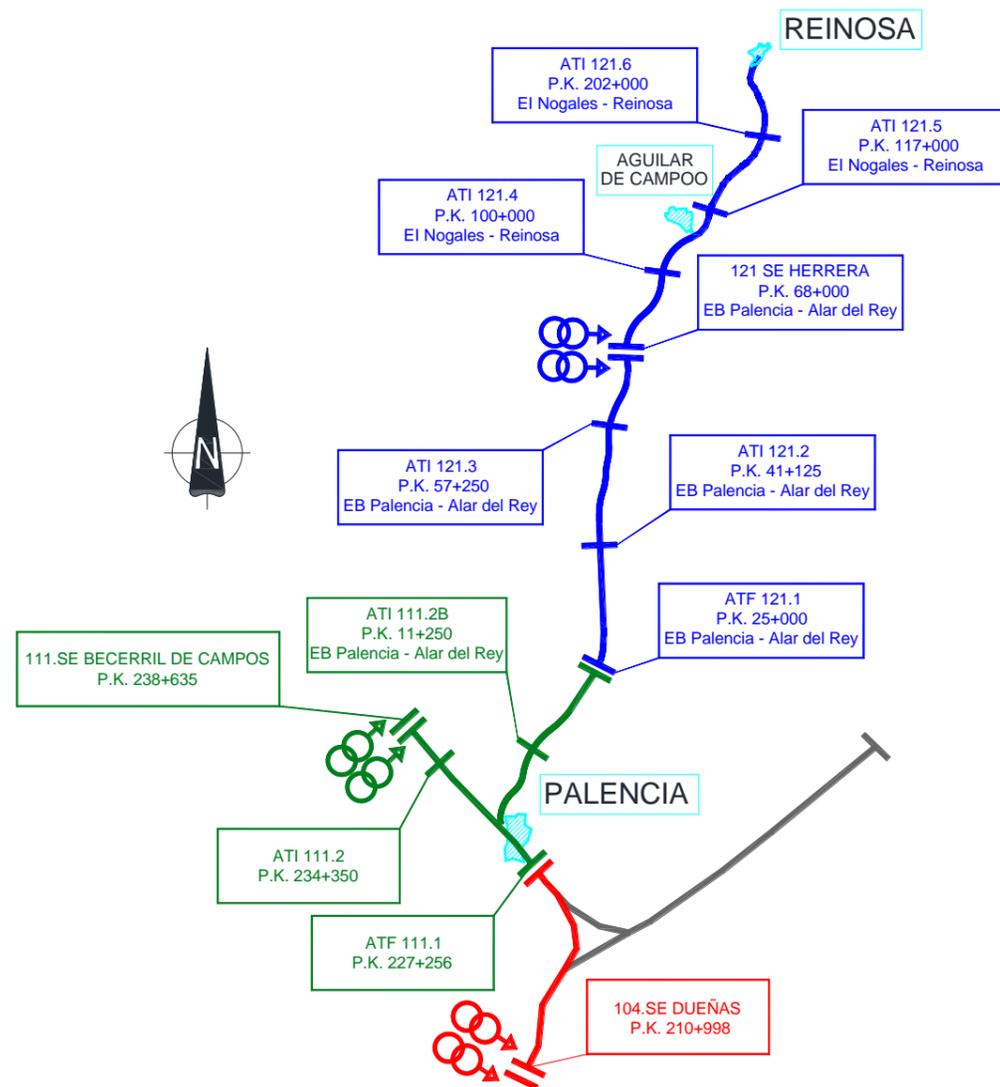
## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN

En vista de lo anteriormente expuesto, la instalación de electrificación propuesta queda tal y como se expone en la tabla a continuación y el esquema de la página siguiente.

ÁREA ELÉCTRICA	INSTALACIÓN	LÍNEA	PK
Becerril de Campos 111.SE	ATF 111.1	Valladolid - León	227+256
	ATI 111.2		234+350
	111.SE		238+635
	ATI 111.2B	Palencia – Alar del Rey	11+250
ATF 121.1	25+000		
ATI 121.2	41+125		
ATI 121.3	57+250		
121.SE	68+000		
ATI 121.4	100+000		
ATI 121.5	117+000		
ATI 121.6	202+000		
Herrera de Pisuerga 121.SE		Nogales – Reinosa	

Tanto en dicho esquema como en la tabla, ATF hace referencia a los centros de autotransformación finales, que suponen el límite entre las áreas de alimentación de dos subestaciones consecutivas, y ATI a los centros de autotransformación intermedios dispuestos a lo largo del trazado.

El esquema de la instalación de electrificación alternativa se presenta más adelante junto con los resultados obtenidos para la misma.



### 3. CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones de diseño vienen definidas por las siguientes normas:

- **UNE-EN 50163:2005 CORR:2010** relativa a “Tensiones de alimentación de las Redes de Tracción”. En la que se especifican las tensiones nominales y sus límites permisibles en valor y duración.
- **UNE-EN 50388:2013** relativa a los “Criterios técnicos para la coordinación entre sistemas de alimentación y material rodante”.
- **UNE-EN 50329:2004/A1:2011** relativa a “Transformadores de tracción” en la que se especifican las condiciones de carga admisibles en función de la clase de servicio, siendo la clase IXB la correspondiente a los grupos del presente estudio.

Esto implica que los **parámetros principales a controlar** en las simulaciones en 2x25 kV c.a. sean los siguientes:

- Valor mínimo instantáneo de tensión en línea aérea de contacto (LAC):  $U_{min} > 19.000 \text{ V}$ .
- Valor mínimo de la tensión media útil en pantógrafo del material rodante:  $\bar{U}_{min} > 22.500 \text{ V}$ .
- Potencia demandada de los transformadores de las subestaciones: que habrán de ser inferiores a la potencia instalada.

#### 4. DATOS DE PARTIDA DE LAS SIMULACIONES

Los datos de partida para realizar la simulación comprenden:

- Perfil geométrico: características generales de la línea férrea: trazado (planta y alzado), puntos de arranque, parada y paso de circulaciones.
- Características del circuito eléctrico: parámetros que caracterizan las subestaciones, feeders y línea aérea de contacto.
- Características del material móvil: descripción de las composiciones que van a circular.
- Condiciones de explotación previstas.

##### 4.1. PERFIL GEOMÉTRICO

A continuación, se adjunta una serie de tablas en las que se detallan las paradas o puntos de paso de la línea, así como los radios de curvatura, las rampas y las limitaciones de velocidad consideradas en las simulaciones realizadas como parte del estudio.

Para un mismo punto de origen y un mismo destino, alternativas de trazado de iguales características geométricas, arrojan resultados similares en lo que al estudio de la electrificación se refiere. Por tanto, se ha optado por tomar una sola de las alternativas existentes y considerar sus resultados extrapolables al resto. En concreto, la alternativa escogida ha sido la combinación de las denominadas Carrión-Este y Conexión Aguilar Este en el Estudio Informativo del Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey y la denominada Alternativa 7 en el Estudio de alternativas realizado en la fase A del Estudio Informativo de la Línea de Alta Velocidad Aguilar de Campoo-Reinosa.

Los puntos kilométricos indicados en estas tablas se refieren a la combinación de estas alternativas con la salvedad de que, para integrar en la simulación las instalaciones existentes en la Línea de Alta Velocidad Valladolid – León, el PK 0+000 de la alternativa y, por tanto, el de la estación de Palencia pasa a ser el 100+000.

Correspondientemente, las instalaciones existentes en la Línea de Alta Velocidad Valladolid – León estarán comprendidas entre los PP.KK. 91+850, en que se ubica la Subestación de Becerril de Campos, y el 103+245, en el que se ubica el ATF 111.1.

Con el fin de evitar confusiones, se indica explícitamente en las tablas a que línea se refiere el kilometraje o se presentan tablas separadas con el nombre de la línea claramente identificado.

##### 4.1.1. Paradas y puntos de paso

Nº	ESTACIÓN / PUNTO DE PASO	LÍNEA	P.K.
1	Becerril de Campos 111.SE	LAV Valladolid – León	91+850
2	Palencia		100+000
3	ATF 111.1		103+245
4	Palencia	LAV Palencia – Alar del Rey	100+000

Nº	ESTACIÓN / PUNTO DE PASO	LÍNEA	P.K.
6	Aguilar de Campoo		193+500
7	Reinosa	LAV Nogales– Reinosa	220+500

##### 4.1.2. Rampas

LAV VALLADOLID – LEÓN			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	PENDIENTE (‰)	LONGITUD (km)
91,00	93,54	1,00	2,54
93,54	94,36	-9,00	0,82
94,36	95,99	1,00	1,63
95,99	96,90	4,00	0,91
96,90	98,02	8,00	1,12
98,02	102,02	0,00	4,00
102,02	102,93	6,00	0,91
102,93	103,27	-2,00	0,33

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	PENDIENTE (‰)	LONGITUD (km)
100,00	102,50	0,00	2,50
102,50	102,60	-1,30	0,11
102,60	102,98	0,21	0,38
102,98	103,72	5,00	0,74
103,72	103,96	-5,00	0,24
103,96	105,09	2,00	1,13
105,09	105,93	22,00	0,84
105,93	106,97	-20,00	1,04
106,97	108,10	6,00	1,14
108,10	108,59	-5,00	0,48
108,59	110,40	2,50	1,81

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	PENDIENTE (‰)	LONGITUD (km)
110,40	111,16	10,00	0,76
111,16	112,50	-2,50	1,34
112,50	113,10	5,00	0,60
113,10	113,92	-2,50	0,82
113,92	114,99	5,00	1,07
114,99	115,96	-2,00	0,96
115,96	117,82	18,00	1,87
117,82	123,31	-4,00	5,49
123,31	124,12	3,00	0,81
124,12	124,96	-8,00	0,84
124,96	127,10	-0,25	2,15
127,10	127,80	4,50	0,69
127,80	129,37	2,00	1,57
129,37	130,81	22,50	1,44
130,81	133,58	-2,00	2,77
133,58	134,72	15,00	1,14
134,72	136,33	2,00	1,61
136,33	137,76	-3,50	1,43
137,76	139,51	20,00	1,75
139,51	141,20	-20,00	1,69
141,20	142,62	-5,00	1,42
142,62	143,55	5,00	0,93
143,55	144,92	-5,00	1,37
144,92	146,50	18,00	1,58
146,50	148,11	-12,00	1,62
148,11	149,18	4,00	1,07
149,18	150,21	-2,50	1,03

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	PENDIENTE (‰)	LONGITUD (km)
150,21	151,51	20,00	1,30
151,51	153,51	2,00	2,00
153,51	155,12	-5,00	1,61
155,12	157,49	4,00	2,38
157,49	158,92	8,00	1,43
158,92	160,64	2,00	1,73
160,64	161,68	8,00	1,04
161,68	162,57	-8,00	0,89
162,57	164,89	-2,00	2,32
164,89	166,37	16,00	1,49
166,37	167,90	-20,00	1,53
167,90	169,34	-7,00	1,44
169,34	170,59	16,00	1,24
170,59	172,10	2,00	1,52
172,10	173,36	8,00	1,26
173,36	174,19	-3,00	0,83
174,19	175,34	12,00	1,15
175,34	176,69	-6,00	1,35
176,69	179,76	17,00	3,07
179,76	183,15	-9,00	3,39
183,15	185,64	6,00	2,49
185,64	189,23	-7,00	3,59
189,23	190,31	14,00	1,09
190,31	191,19	-16,00	0,88

LAV ALAR DEL REY/NOGALES – REINOSA			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	PENDIENTE (%)	LONGITUD (km)
191,19	191,59	-8,00	0,40
191,59	193,11	15,00	1,52
193,11	196,00	-5,00	2,89
196,00	197,47	15,00	1,47
197,47	201,22	-2,00	3,75
201,22	203,09	8,00	1,87
203,09	204,57	25,00	1,48
204,57	205,85	-20,00	1,28
205,85	207,03	15,00	1,18
207,03	208,15	-20,00	1,12
208,15	211,16	25,00	3,01
211,16	212,49	-25,00	1,33
212,49	213,27	2,50	0,78
213,27	218,38	-25,00	5,11
218,38	219,60	-1,00	1,22
219,60	219,90	-15,00	0,30
219,90	220,50	0,00	0,60

#### 4.1.3. Curvas

LAV VALLADOLID - LEÓN			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
91,00	91,90	-15000	0,90
91,90	93,29	0	1,39
93,29	94,00	10000	0,71
94,00	95,93	12000	1,93
95,93	98,02	0	2,09
98,02	102,02	0	4,00

LAV VALLADOLID - LEÓN			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
102,02	102,40	0	0,38
102,40	103,27	-2500	0,86

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. INICIAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
100,00	101,15	0	1,15
101,15	102,50	1800	1,35
102,50	102,68	0	0,18
102,68	102,96	0	0,28
102,96	105,60	5000	2,64
105,60	105,88	0	0,28
105,88	106,29	0	0,41
106,29	109,30	-6000	3,01
109,30	109,71	0	0,41
109,71	110,21	0	0,50
110,21	116,50	9000	6,29
116,50	117,00	0	0,50
117,00	117,19	0	0,19
117,19	122,29	-14000	5,10
122,29	122,48	0	0,19
122,48	126,34	0	3,86
126,34	126,84	0	0,50
126,84	130,61	-8000	3,77
130,61	131,11	0	0,50
131,11	132,09	0	0,98
132,09	132,39	0	0,30
132,39	132,89	-10000	0,50

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. INICIAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
132,89	133,19	0	0,30
133,19	137,02	0	3,83
137,02	137,52	0	0,50
137,52	138,11	-8000	0,59
138,11	138,61	0	0,50
138,61	139,11	0	0,50
139,11	139,67	8000	0,56
139,67	140,17	0	0,50
140,17	147,01	0	6,84
147,01	147,18	0	0,17
147,18	150,84	15000	3,66
150,84	151,34	0	0,50
151,34	151,62	8000	0,28
151,62	152,12	0	0,50
152,12	152,62	0	0,50
152,62	154,44	-8000	1,81
154,44	154,94	0	0,50
154,94	155,44	0	0,50
155,44	155,96	8000	0,53
155,96	156,46	0	0,50
156,46	156,96	0	0,50
156,96	158,27	-8000	1,31
158,27	158,77	0	0,50
158,77	159,27	0	0,50
159,27	162,22	8000	2,95
162,22	162,72	0	0,50
162,72	163,78	0	1,06

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. INICIAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
163,78	164,28	0	0,50
164,28	165,07	8000	0,79
165,07	165,57	0	0,50
165,57	166,07	0	0,50
166,07	170,67	-7500	4,61
170,67	171,17	0	0,50
171,17	171,67	0	0,50
171,67	177,85	6500	6,17
177,85	178,35	0	0,50
178,35	178,85	0	0,50
178,85	183,94	-6500	5,10
183,94	184,44	0	0,50
184,44	184,85	0	0,41
184,85	191,19	5115	6,34

LAV ALAR DEL REY/ NOGALES – REINOSA			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
191,19	191,51	5.115,00	0,32
191,51	195,97	-3.550,00	4,46
195,97	197,62	3.550,00	1,65
197,62	200,51	0,00	2,89
200,51	202,13	3.550,00	1,62
202,13	204,26	0,00	2,13
204,26	205,03	0,00	0,77
205,03	207,00	-3.550,00	1,97
207,00	207,78	0,00	0,78
207,78	211,24	-7.500,00	3,46

LAV ALAR DEL REY/ NOGALES – REINOSA			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
211,24	211,85	-10.000,00	0,61
211,85	212,28	0,00	0,43
212,28	214,42	-3.550,00	2,14
214,42	215,41	3.550,00	0,99
215,41	216,91	-3.550,00	1,50
216,91	217,33	0,00	0,42
217,33	218,25	0,00	0,92
218,25	219,58	0,00	1,33
219,58	219,90	650,00	0,32
219,90	220,50	0,00	0,50

4.1.4. Túneles

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY		
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)
179,85	181,5	1,65
182,09	182,44	0,34
182,89	183,03	0,14
183,25	183,33	0,08
183,6	183,88	0,28
185,16	185,69	0,53
187,26	188,88	1,63

LAV ALAR DEL REY / NOGALES– REINOSA		
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)
194,87	195,43	0,56
196,89	198,39	1,50
203,51	203,67	0,16

LAV ALAR DEL REY / NOGALES– REINOSA		
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)
215,55	216,19	0,64
218,47	218,57	0,10

4.1.5. Limitaciones de velocidad

LAV VALLADOLID - LEÓN			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	V MÁX. (km/h)
91,00	103,27	12,27	350,00

LAV PALENCIA – ALAR DEL REY			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	V MÁX. (km/h)
100,00	191,19	93,50	350,00

LAV ALAR DEL REY / NOGALES – REINOSA			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	V MÁX. (km/h)
191,19	220,5	29,31	250,00

4.2. MATERIAL MÓVIL

4.2.1. Circulaciones

De acuerdo a la prognosis de tráfico considerada en el Estudio Informativo del Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Palencia-Alar del Rey, se espera que las circulaciones de larga distancia por esta línea lleguen a los 7 trenes por sentido y día entre Madrid y Santander.

En consecuencia, en el presente estudio se ha considerado que el nuevo esquema de electrificación propuesto ha de alimentar estas mismas circulaciones.

En concreto, se consideran las circulaciones recogidas en la tabla siguiente.

Nº. TREN	ORIGEN	DESTINO	Hora paso Palencia	COMPOSICIÓN	PERIODO HORARIO (al paso por Palencia)
4001	MADRID	SANTANDER	7:38	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4002	SANTANDER	MADRID	9:22	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4003	MADRID	SANTANDER	9:23	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4004	SANTANDER	MADRID	11:07	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4005	MADRID	SANTANDER	12:23	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4006	SANTANDER	MADRID	14:07	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4007	MADRID	SANTANDER	15:23	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4008	SANTANDER	MADRID	17:07	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4009	MADRID	SANTANDER	17:08	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4010	SANTANDER	MADRID	18:52	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4011	MADRID	SANTANDER	18:53	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Día (7:00-19:00)
4012	SANTANDER	MADRID	20:37	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Tarde (19:00-23:00)
4013	MADRID	SANTANDER	20:38	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Tarde (19:00-23:00)
4014	SANTANDER	MADRID	22:22	Serie 130 (Autopulsado M-11 R - M)	Tarde (19:00-23:00)

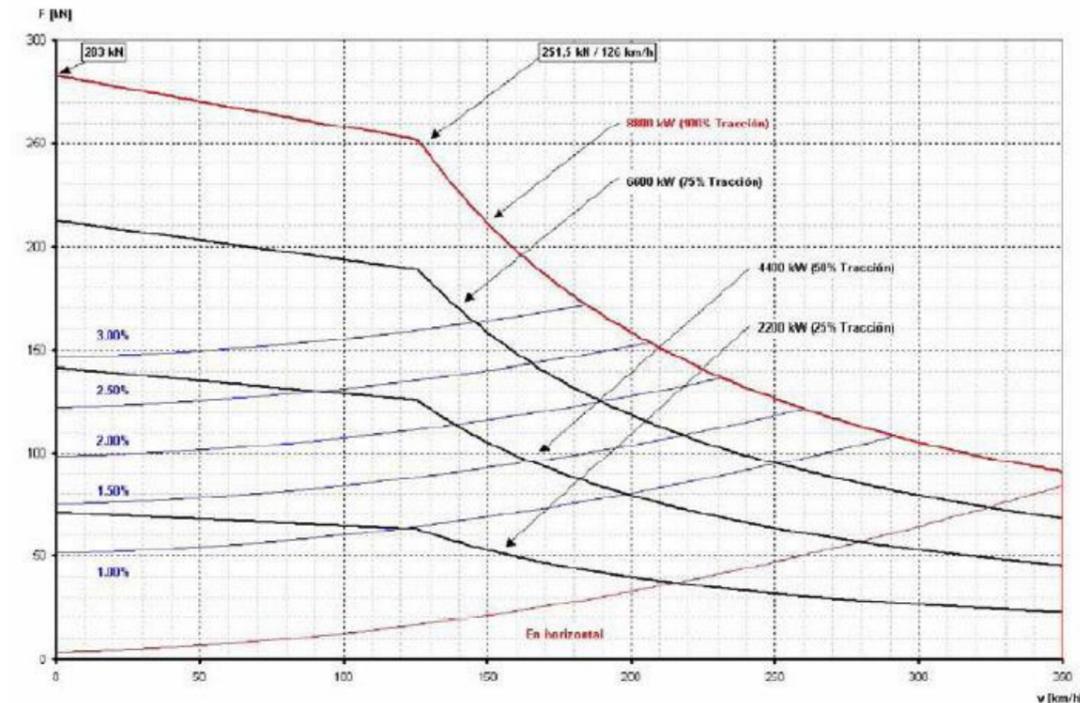
Por otro lado, en vista de la frecuencia de paso de las circulaciones comerciales actualmente existentes en la Línea de Alta Velocidad Valladolid – León, se ha optado por considerar para esta, del lado de la seguridad, un total de una circulación por hora y sentido.

#### 4.2.2. Características del material rodante

Como material rodante para esta comprobación se han considerado las unidades de la serie S103 de Renfe, por ser las de mayor potencia de las circulantes por la red y, en consecuencia, aquellas para las que las caídas de tensión en catenaria son más acusadas.

La tabla de la página siguiente resume las principales características del material móvil utilizado. Más adelante se muestra la curva de esfuerzo tractor – velocidad de la serie S 103.

CARACTERÍSTICAS	S 103
Longitud (m)	200
P aux (kW)	800
Tara (t)	465
Peso en Freno (%)	100
Resistencia al avance	
Coeficiente A (kp)	356,770
Coeficiente B [kp/(m/s)]	12,034.8
Coeficiente C [kp/(m/s)²]	701.52
Pot. en llanta por unidad (kW)	8,800
Velocidad máxima (km/h)	350
Aceleración máxima (m/s²)	1.2



#### 4.3. PERFIL ELÉCTRICO

El sistema de electrificación considerado en las simulaciones para el sistema 2x25 kV c.a. incluye las subestaciones de tracción de Becerril de Campos y Herrera de Pisuerga, diversos centros de autotransformación y línea aérea de contacto C-350.

La Subestación de Becerril de Campos está equipada con dos transformadores de tracción de 30 MVA, relación de transformación 400/2x27.5 kV y clase de potencia IX B; de estos, el grupo 1, el más cercano a Madrid, es el que alimentará hacia Alar del Rey. Se considera la Subestación de Herrera de Pisuerga equipada del mismo modo.

Los autotransformadores de los centros de autotransformación son de 10 MVA y relación de transformación 50/2x25 kV.

La configuración de la línea aérea de contacto C-350 es la siguiente:

- Hilo de Contacto: 150 mm² Cu - Mg 0.5.
- Hilo Sustentador: 95 mm² Cu.
- Cable de Retorno: LA110.
- Feeder Negativo: LA280.
- Carril: UIC60.

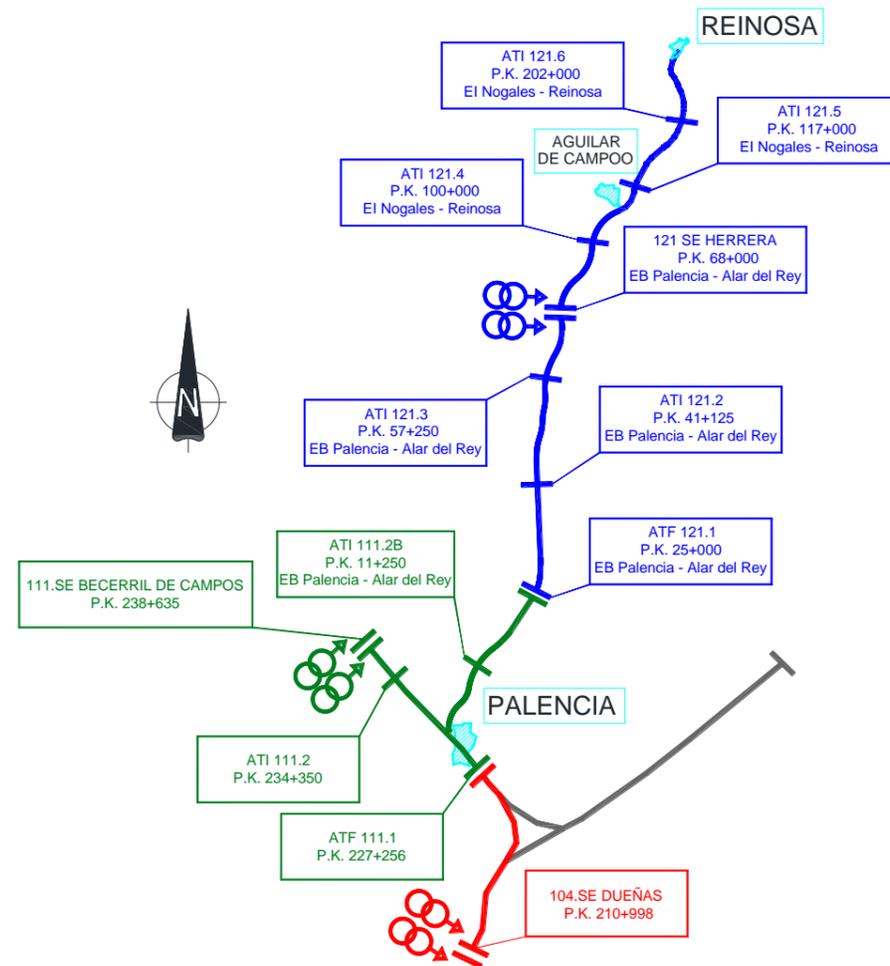
## 5. SIMULACIONES REALIZADAS

Se presentan en esta sección los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas, para los parámetros de diseño citados en el apartado 3. Condiciones de Diseño de este documento.

Se presentan en primer lugar los obtenidos para el escenario de electrificación propuesto y a continuación, en apartados diferenciados, los obtenidos para el escenario alternativo anteriormente comentado.

### 5.1. ESCENARIO PROPUESTO

Se estudia en este caso el esquema de alimentación que se propone emplear para la alimentación de la línea Palencia-Alar del Rey, es decir el mismo expuesto en el apartado 2. Descripción general de la instalación de electrificación y mostrado, de nuevo, en la gráfica a continuación.

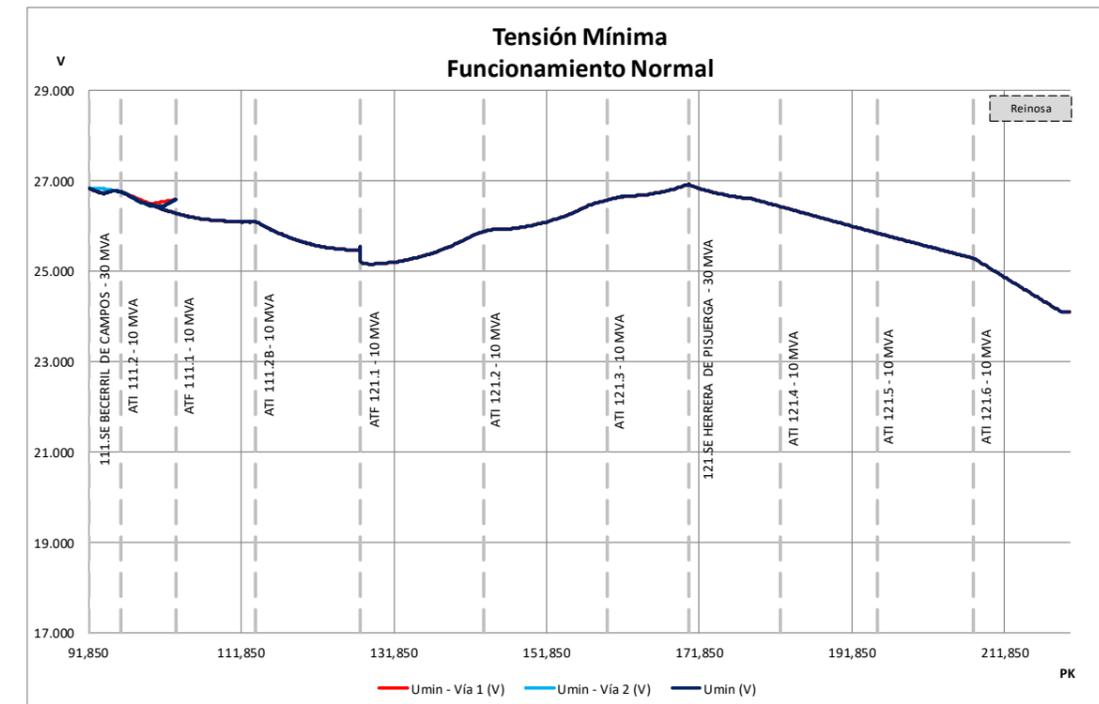


### 5.1.1. Funcionamiento Normal

En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos para la situación en la que la totalidad de las instalaciones consideradas está en servicio. Es decir, la línea se alimenta desde las subestaciones de Becerril de Campos y Herrera de Pisuerga

#### 5.1.1.1. Tensión en catenaria

El gráfico siguiente muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto entre Becerril de Campos y Reinoso con las circulaciones estudiadas.



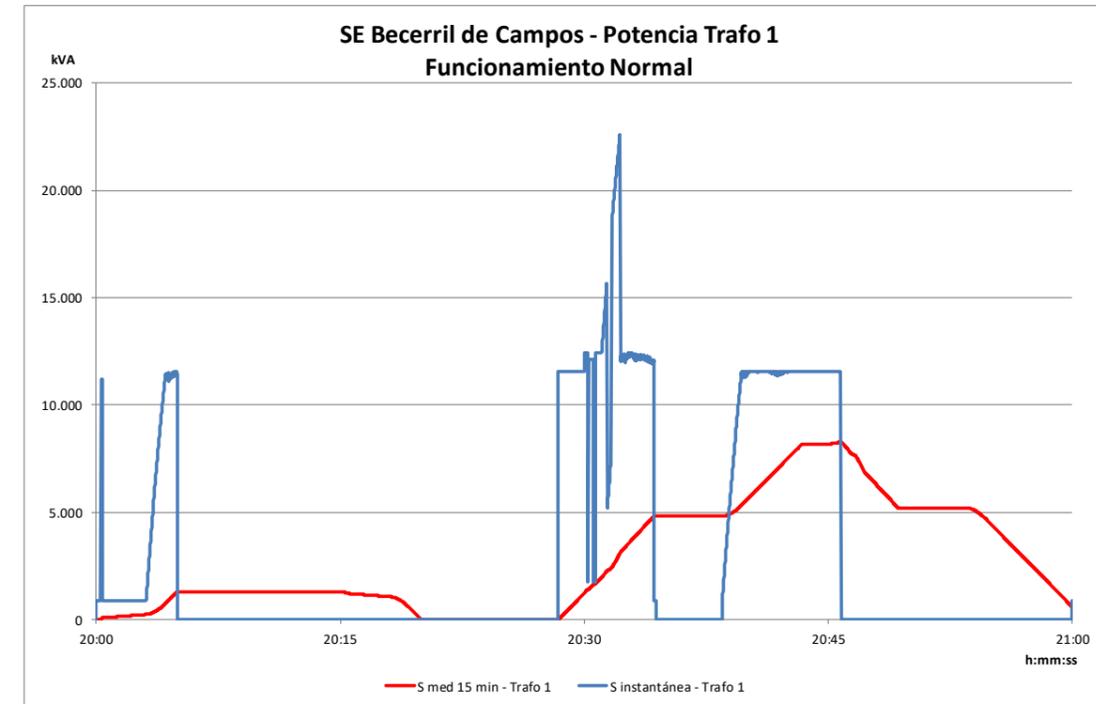
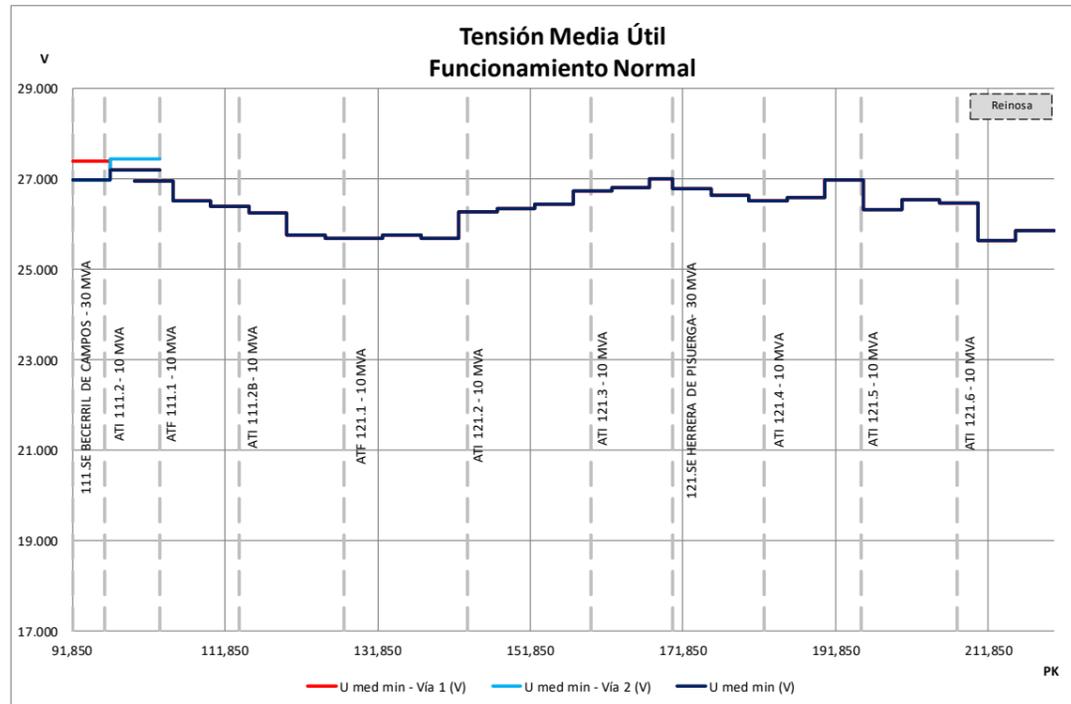
De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en el entorno de la estación de Reinoso que supone el extremo más alejado del área eléctrica de la Subestación de Herrera de Pisuerga, y tiene un valor de 24,096 kV.

Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Becerril de Campos y Reinoso. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad de tracción debe estudiarse, en el punto siguiente, la tensión media útil en pantógrafo.

#### 5.1.1.2. Tensión media útil

La gráfica recogida en la siguiente columna muestra de forma detallada los resultados obtenidos para la tensión media útil en pantógrafo en el trayecto entre Becerril de Campos y Reinoso.

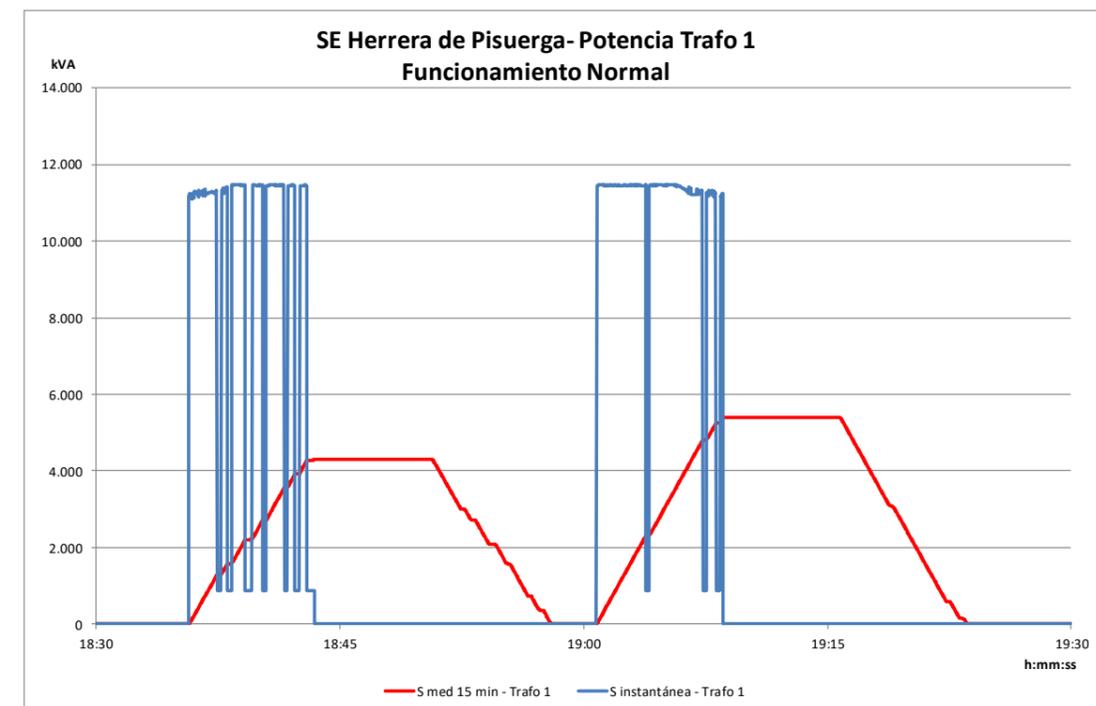
Como puede observarse en la misma, los valores de tensión media útil se mantienen en todo momento muy por encima de los 22,5 kV mínimos necesarios para que las unidades circulantes mantengan su capacidad de tracción. En concreto, el mínimo alcanzado es de 25,646 kV.



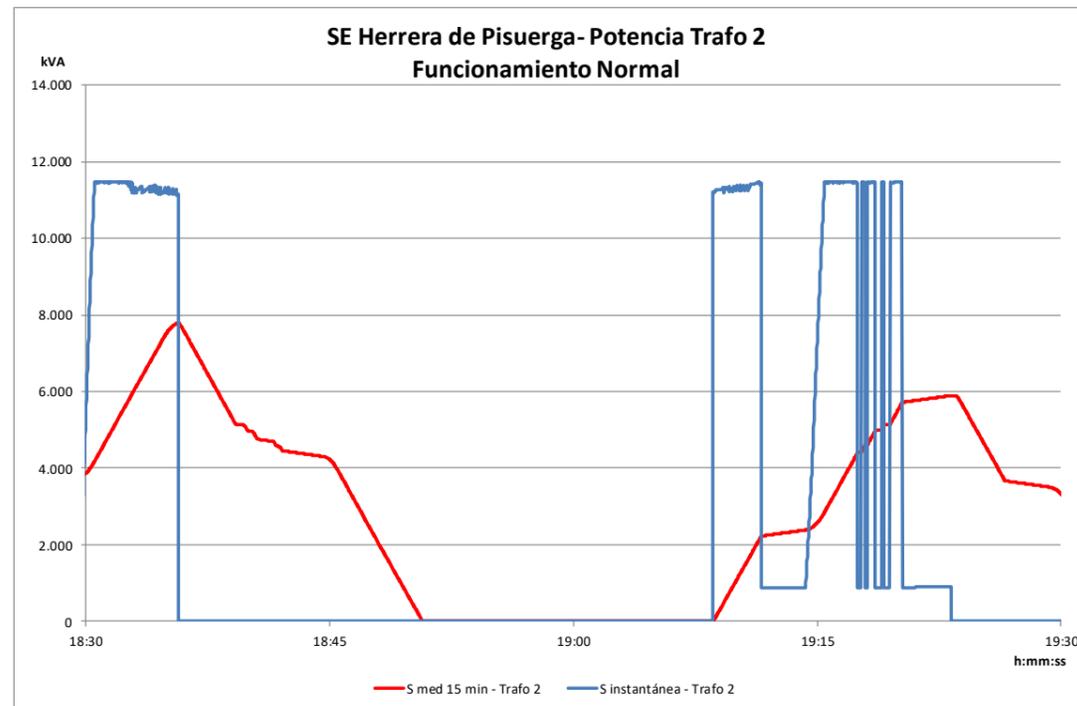
5.1.1.3. Potencia demandada

La siguiente tabla resume las potencias medias máximas demandadas de los transformadores de tracción de las subestaciones y los autotransformadores de los centros de autotransformación.

		Pot media 15 min (kVA)	Potencia instalada (kVA)
<b>Becerril de Campos 111.SE</b>	Trafo 1	8.285	30.000
ATI 111.2	-	3.645	10.000
ATF 111.1	-	3.575	10.000
ATI 111.2B	-	2.959	10.000
ATF 121.1	Autotrafo 1	1.175	10.000
	Autotrafo 2	1.029	10.000
ATI 121.2	-	1.655	10.000
ATI 121.3	-	1.681	10.000
<b>Herrera de Pisuerga 121.SE</b>	Trafo 1	5.391	30.000
	Trafo 2	7.794	30.000
ATI 121.4	-	2.233	10.000
ATI 121.5	-	1.706	10.001
ATI 121.6	-	2.603	10.002



A continuación, se muestran las gráficas de potencia integrada a 15 minutos demandada del transformador de tracción nº 1 de la subestación de Becerril de Campos y los dos transformadores de la subestación de Herrera de Pisuerga.



Como puede verse en las mismas, ni la demanda instantánea ni la integrada a 15 minutos, que es la realmente representativa, superan la potencia instalada. Por tanto, se considera que es suficiente la instalación de grupos de 30 MVA.

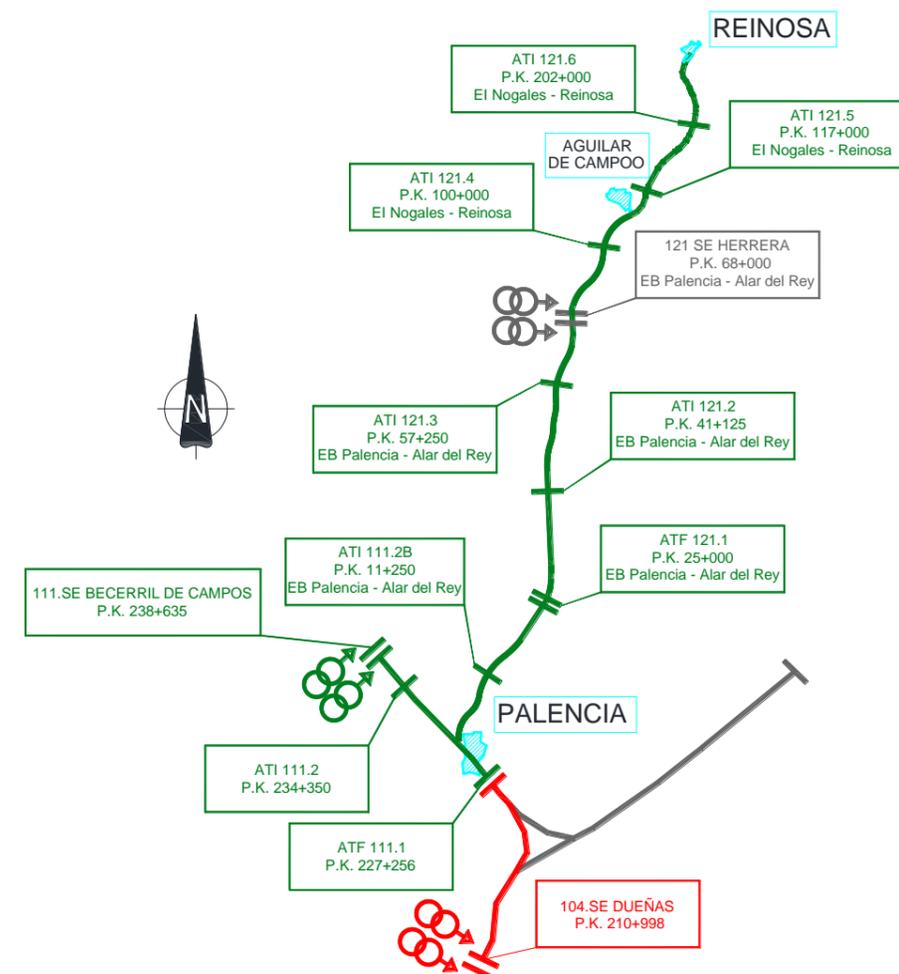
#### 5.1.2. Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Herrera de Pisuerga

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Herrera de Pisuerga pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde la subestación de Becerril de Campos.

En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de Becerril de Campos hasta el final de la línea, a través de las barras del ATF 121.1, con lo que el esquema de alimentación quedaría como se muestra en la gráfica de la página siguiente.

No se ha considerado el fallo de centro de autotransformación alguno, así que las restantes instalaciones seguirían funcionando. No obstante, el centro de autotransformación final ATF 121.1 pasaría a trabajar como ATI, con solo uno de sus dos autotransformadores en funcionamiento.

Tampoco se ha considerado reducción alguna en el tráfico circulante, así que las circulaciones serían exactamente las mismas que en el caso de funcionamiento normal.

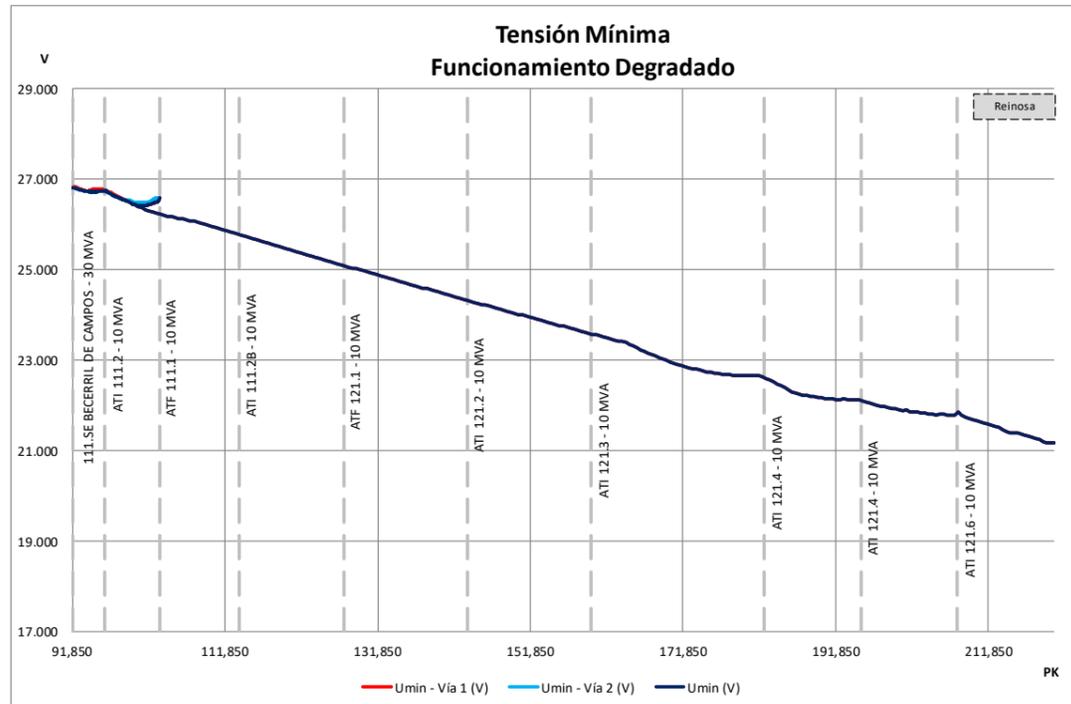


#### 5.1.2.1. Tensión en catenaria

El gráfico de la página siguiente muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto entre Becerril de Campos y Reinosa con las circulaciones estudiadas.

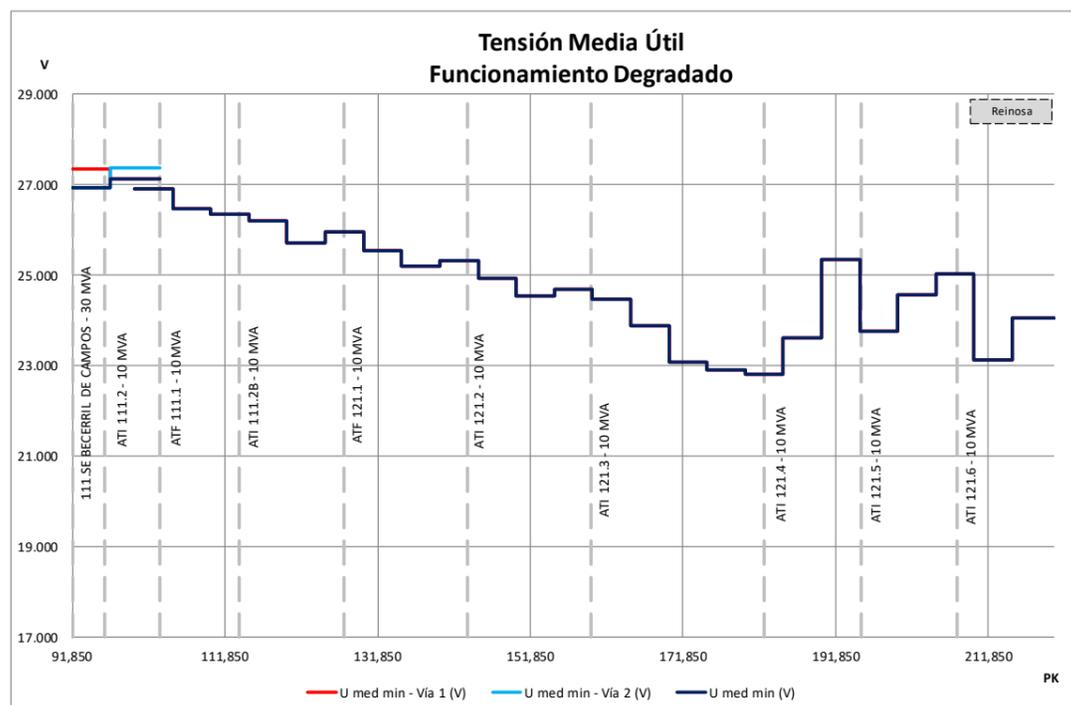
De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en su extremo y es de 21,166 kV.

Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Becerril de Campos y Reinosa en la más desfavorable de las situaciones que se podrían esperar. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad de tracción debe estudiarse, en el punto siguiente, la tensión media útil en pantógrafo.



5.1.2.2. Tensión media útil

Los valores de tensión media útil en pantógrafo para el caso de que la subestación de tracción de Herrera de Pisuerga quede fuera de servicio se muestran en el gráfico siguiente.



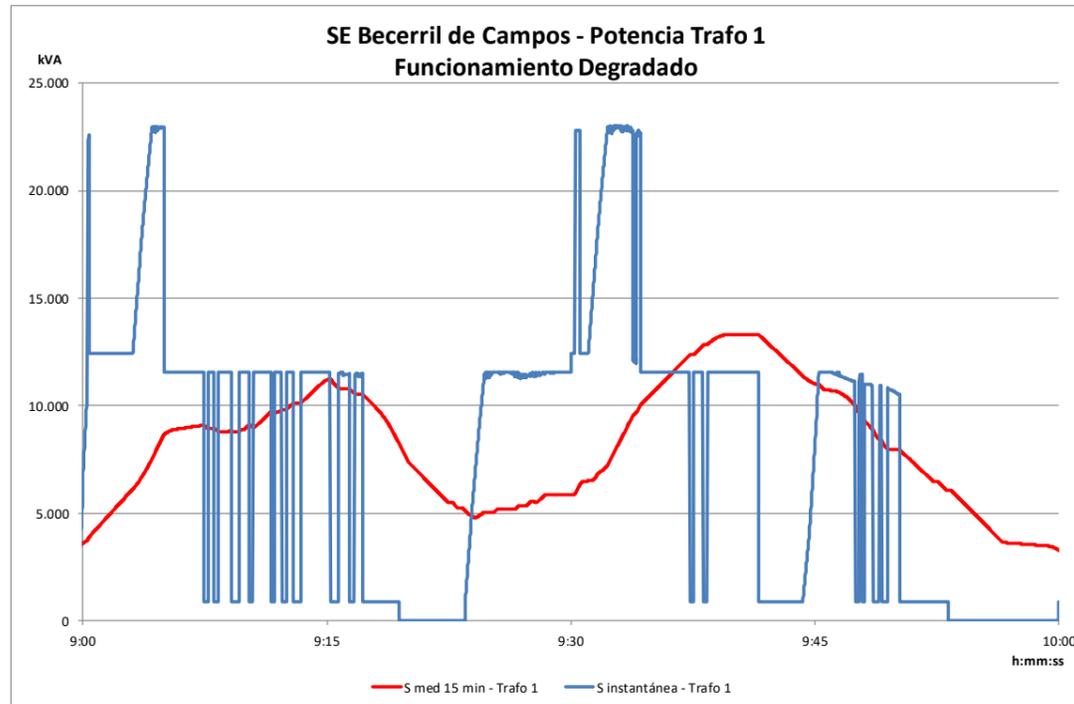
De acuerdo al mismo, el valor mínimo alcanzado es de 22,808 kV. Este valor es solo ligeramente superior al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo. Sin embargo, es lo suficientemente elevado para que las unidades circulantes puedan completar el trayecto sin perder capacidad de tracción.

5.1.2.3. Potencia demandada

La tabla a continuación presenta las demandas de potencia soportadas por el grupo 1 de la Subestación de Becerril de Campos, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado. La gráfica de la página siguiente la potencia integrada a 15 minutos demandada del transformador de tracción nº 1 de la subestación de Becerril de Campos.

Como puede verse en las mismas, ni la demanda instantánea ni la integrada a 15 minutos, que es la realmente representativa, superan la potencia instalada. Por tanto, se considera que es suficiente la instalación de grupos de 30 MVA.

		Pot media 15 min (kVA)	Potencia instalada (kVA)
Becerril de Campos 111.SE	Trafo 1	13.307	30.000
ATI 111.2	-	5.681	10.000
ATF 111.1	-	5.828	10.000
ATF 111.2B	-	2.948	10.000
ATI 121.1	-	1.912	10.000
ATI 121.2	-	1.729	10.000
ATI 121.3	-	1.823	10.000
ATI 121.4	-	2.078	10.000
ATI 121.5	-	1.482	10.000
ATI 121.6	-	2.074	10.000

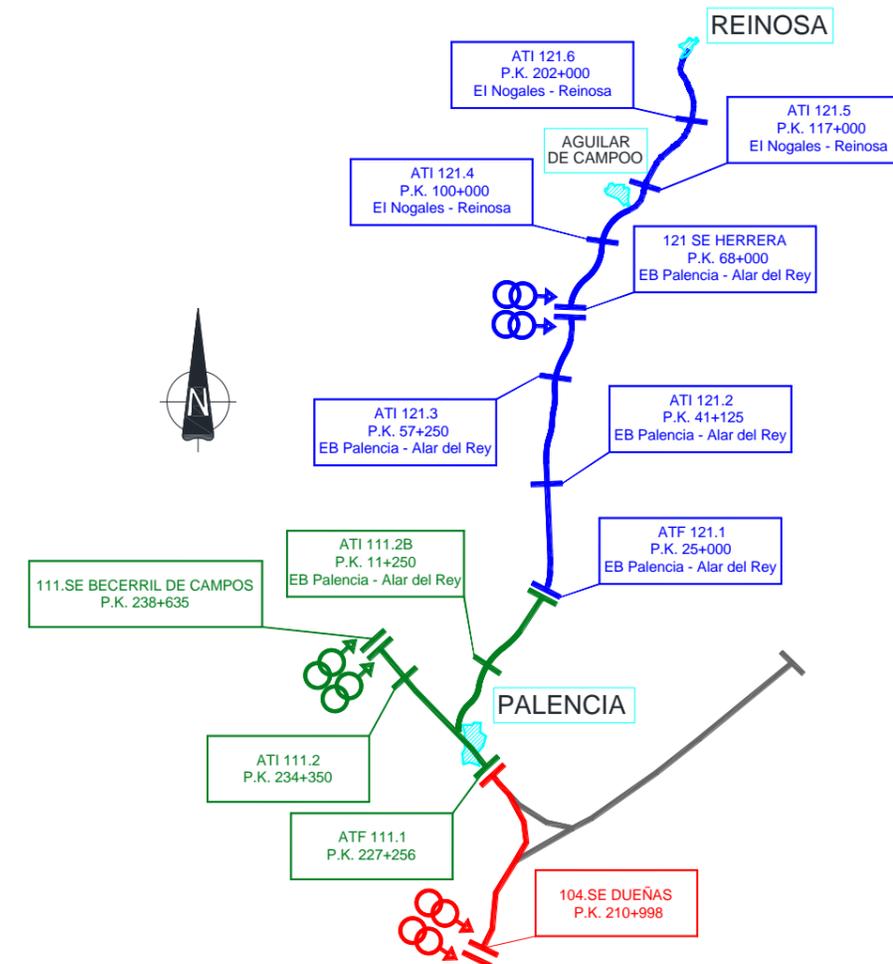


## 5.2. ESCENARIO ALTERNATIVO

Se estudia en este caso el esquema de alimentación alternativo, desarrollado a partir del propuesto para la alimentación y consistente en reducir el número de centros de autotransformación a lo largo de la línea.

En concreto, se considera en este escenario que no existen, o están fuera de servicio, los centros de autotransformación intermedios ATI 111.2B, ATI 121.2 y ATI 121.5, de modo que el esquema de electrificación queda tal como puede verse en la gráfica de la página siguiente.

Como ya se ha comentado, si bien este esquema no es tan favorable como el estudiado en los apartados anteriores en lo que a distribución de tensiones se refiere, sí se considera que puede ser viable y además, fundamentalmente, permite estudiar el comportamiento del sistema ante la falta de parte de sus componentes, lo que, en cierta forma, valida los resultados obtenidos para aquel escenario, pues garantiza que la alimentación a la línea es factible incluso en situaciones de fallo múltiple.



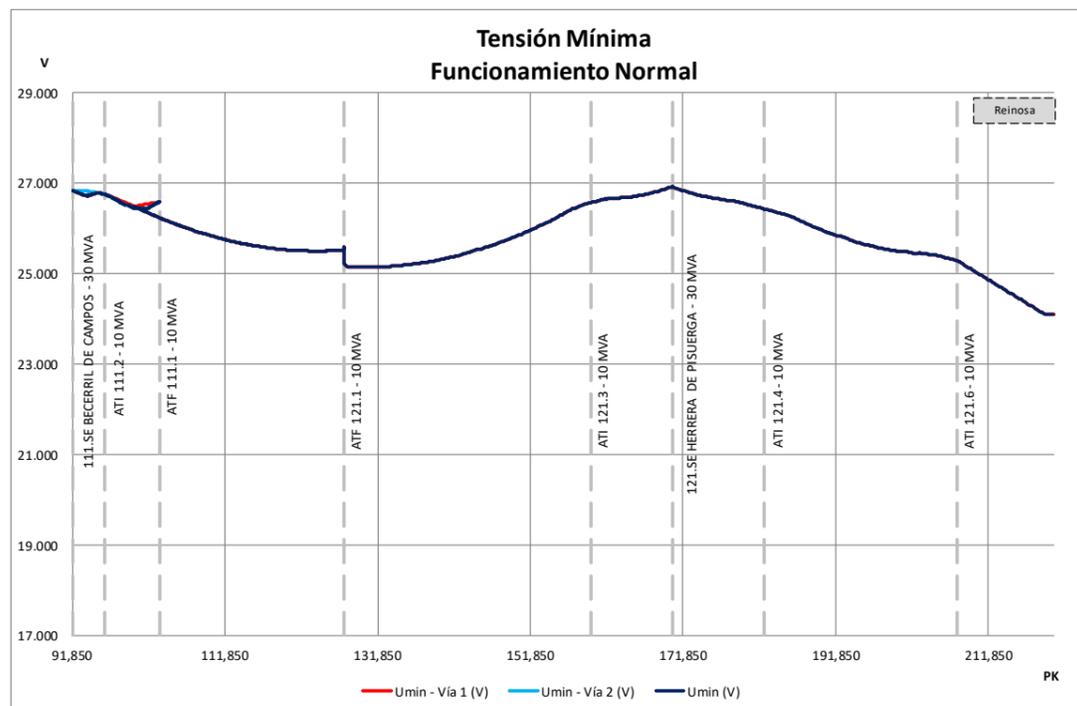
### 5.2.1. Funcionamiento normal

En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos para la situación en la que las dos subestaciones consideradas están en servicio. Es decir, la línea se alimenta desde las subestaciones de Becerril de Campos y Herrera de Pisuerga

#### 5.2.1.1. Tensión en catenaria

El gráfico de la siguiente columna muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto entre Becerril de Campos y Reinos con las circulaciones estudiadas.

De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en el entorno de la estación de Reinos, que supone el extremo más alejado del área eléctrica de la Subestación de Herrera de Pisuerga, y tiene un valor de 24,092 kV.



Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Becerril de Campos y Reinoso. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad de tracción debe estudiarse, en el punto siguiente, la tensión media útil en pantógrafo.

Además, como puede apreciarse al comparar este gráfico con el correspondiente del escenario propuesto, la ausencia de los centros ATI 111.2B, ATI 121.2 y ATI 121.5 influye de forma apreciable en la distribución de tensiones entorno a su punto de ubicación, pero tiene una influencia limitada sobre el valor de tensiones mínimo, estando la diferencia en el orden de los voltios.

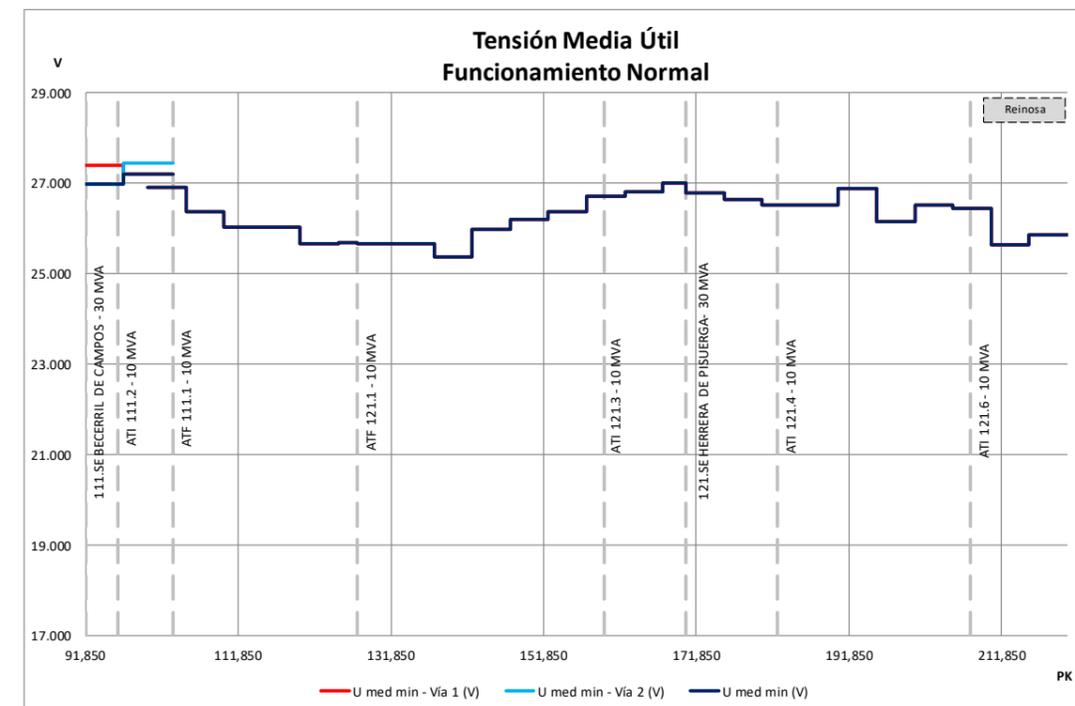
No obstante, debe aclararse que esto se debe a que, con la densidad de circulaciones considerada, el número de unidades de tracción presentes en la línea simultáneamente se reduce a una única unidad, y que con más unidades en la línea de forma simultánea la situación sería diferente.

### 5.2.1.2. Tensión media útil

La gráfica recogida en la página siguiente muestra de forma detallada los resultados obtenidos para la tensión media útil en pantógrafo entre Becerril de Campos y Reinoso.

Como puede observarse en la misma, los valores de tensión media útil se mantienen en todo momento muy por encima de los 22,5 kV mínimos necesarios para que las unidades circulantes mantengan su capacidad de tracción. En concreto, el mínimo alcanzado es de 25,382 kV.

Igualmente, como en el caso de la tensión mínima, puede apreciarse al comparar este gráfico con el del escenario propuesto, que la influencia de los centros de autotransformación se ciñe, con las circulaciones consideraras, al entorno de su punto de ubicación y que, en lo referente al valor mínimo alcanzado, la diferencia está en el orden de los centenares de voltios.



### 5.2.1.3. Potencia demandada

La siguiente tabla resume las potencias medias máximas demandadas de los transformadores de tracción de las subestaciones y los autotransformadores de los centros de autotransformación.

		Pot media 15 min (kVA)	Potencia instalada (kVA)
<b>Becerril de Campos 111.SE</b>	Trafo 1	8.299	30.000
<b>ATI 111.2</b>	-	3.652	10.000
<b>ATF 111.1</b>	-	3.584	10.000
<b>ATF 121.1</b>	Autotrafo 1	2.851	10.000
	Autotrafo 2	1.840	10.000
<b>ATI 121.3</b>	-	2.429	10.000
<b>Herrera de Pisuerga 121.SE</b>	Trafo 1	5.392	30.000
	Trafo 2	7.796	30.000
<b>ATI 121.4</b>	-	2.964	10.000
<b>ATI 121.6</b>	-	3.387	10.000

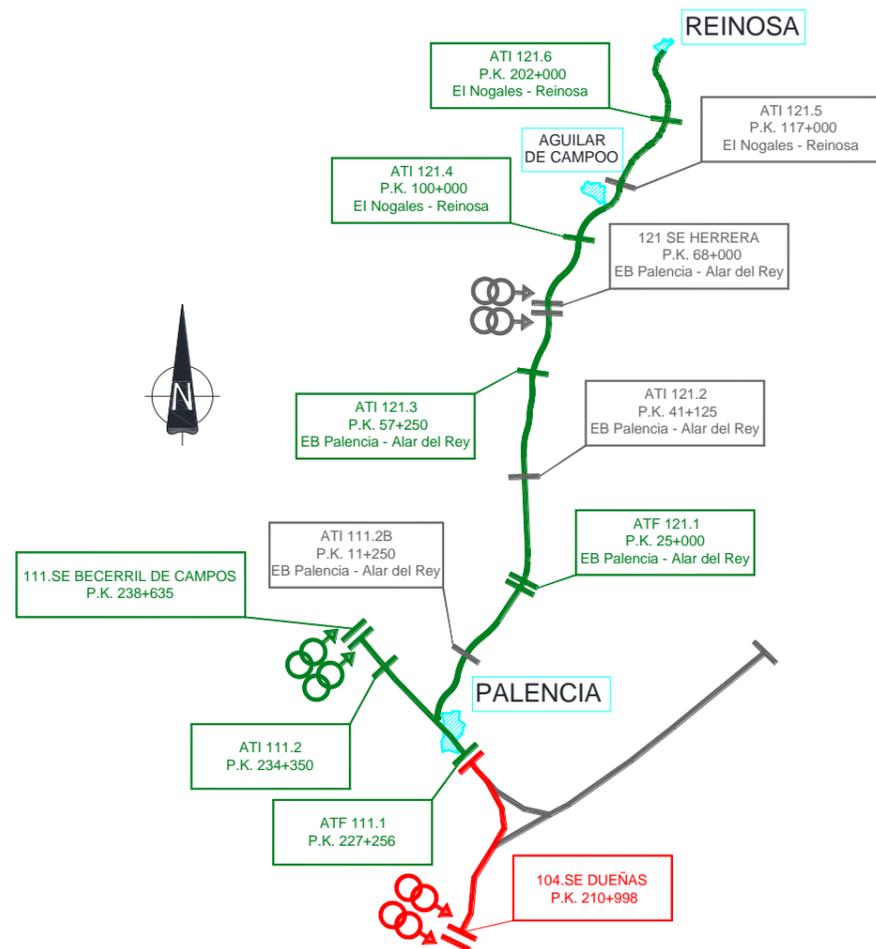
Como puede verse en la misma, la ausencia de los centros ATI 111.2B, ATI 121.2 y ATI 121.5 no apenas influye en la potencia demandada de las subestaciones, que es prácticamente la misma en este escenario que en el escenario propuesto.

Sí tiene influencia, no obstante, en la demanda soportada por los restantes centros de autotransformación, que tienen que suplir la falta de estos centros.

5.2.2. *Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Herrera de Pisuergra*

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Herrera de Pisuergra pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde la subestación de Becerril de Campos.

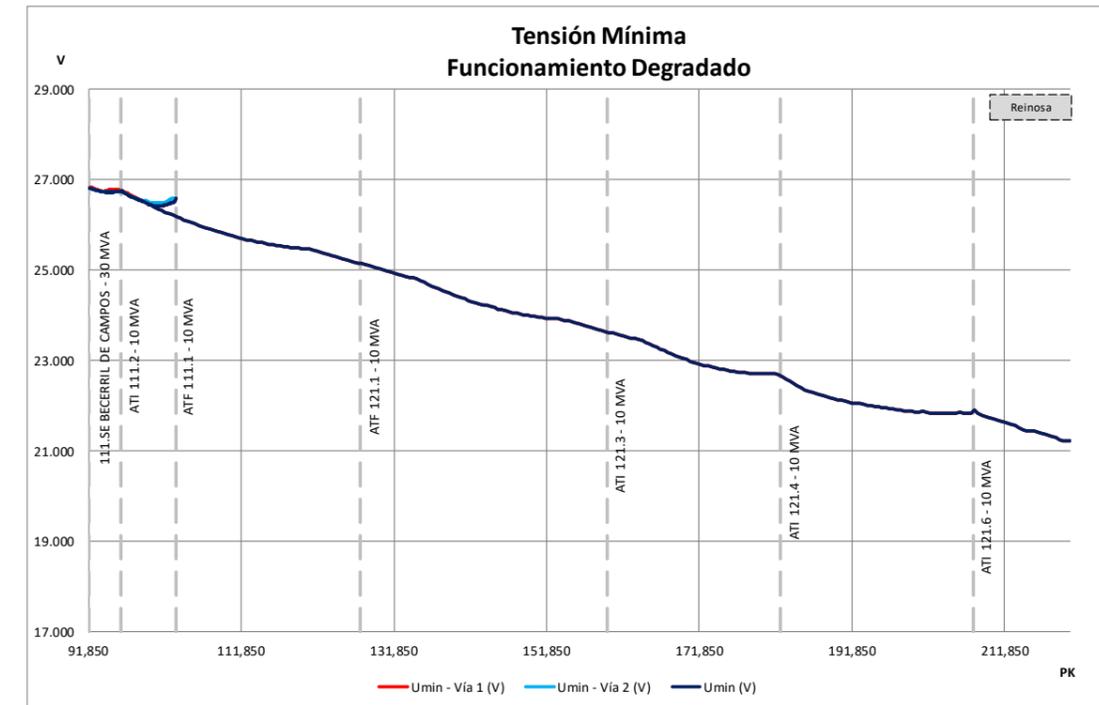
En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de Becerril de Campos hasta el final de la línea, a través de las barras del ATF 121.1, con lo que el mismo pasaría a trabajar como ATI, con solo uno de sus dos autotransformadores en funcionamiento, y el esquema de alimentación quedaría como se muestra en la gráfica de más abajo.



No se ha considerado reducción alguna en el tráfico circulante, así que las circulaciones son exactamente las mismas que en el caso de funcionamiento normal.

5.2.2.1. Tensión en catenaria

El gráfico a continuación muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto entre Becerril de Campos y Reinosa con las circulaciones estudiadas. De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en su extremo y es de 21,219 kV.



Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Becerril de Campos y Reinosa en la más desfavorable de las situaciones que se podrían esperar. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad de tracción debe estudiarse, en el punto siguiente, la tensión media útil en pantógrafo.

Además, de nuevo se observa que la ausencia de los centros ATI 111.2B, ATI 121.2 y ATI 121.5 tiene una influencia apreciable en la distribución de tensiones entorno a su ubicación, pero apenas afecta a los valores mínimos de tensión.

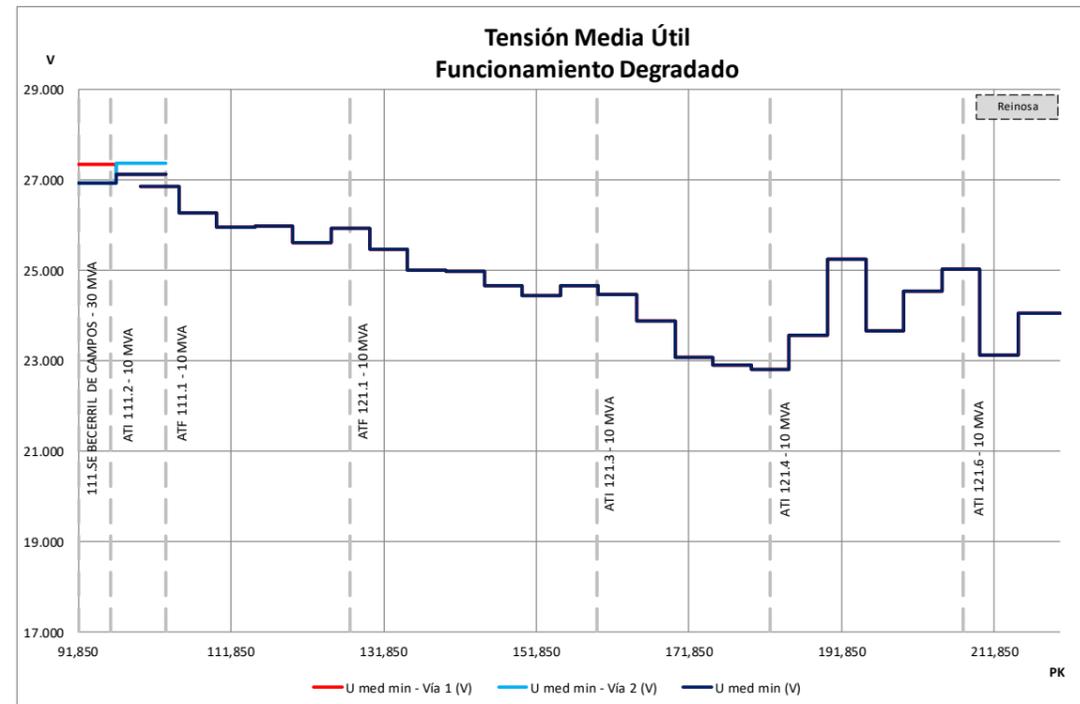
5.2.2.2. Tensión media útil

Los valores de tensión media útil en pantógrafo alcanzados para el caso de que la subestación de tracción de Herrera de Pisuergra quede fuera de servicio se muestran en el gráfico de la columna siguiente.

De acuerdo al mismo, el valor mínimo alcanzado es de 22,797 kV. Este valor es solo ligeramente superior al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo. Sin embargo, es lo suficientemente elevado para que las unidades circulantes puedan completar el trayecto sin perder capacidad de tracción.

En lo que a la influencia de los centros de autotransformación que se considera que no existen o están fuera de servicio se refiere, de nuevo se puede decir que esta se reduce al entorno de su punto de ubicación, no siendo apreciable en lo que a los valores mínimos atañe.

No obstante, debe remarcarse una vez más, que este hecho es función de la densidad de circulaciones considerada, que supone que el número de unidades de tracción presentes en la línea de forma simultánea se reduzca a una única unidad, y que no puede garantizarse que esta situación permanezca en el caso de que la densidad de las circulaciones aumente y llegue a haber más de una única circulación en la línea de forma simultánea.



5.2.2.3. Potencia demandada

La tabla siguiente presenta la demanda de potencia soportadas por el grupo 1 de la Subestación de Becerril de Campos, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado.

Becerril de Campos 111.SE		Pot media 15 min (kVA)	Potencia instalada (kVA)
Trafo 1		13.317	30.000
ATI 111.2	-	5.686	10.000
ATF 111.1	-	5.834	10.000
ATI 121.1	-	4.124	10.000
ATI 121.3	-	2.676	10.000
ATI 121.4	-	2.650	10.000
ATI 121.6	-	2.735	10.000

Como puede verse en la misma, la ausencia de los centros ATI 111.2B, ATI 121.2 y ATI 121.5 no influye en la potencia demandada de las subestaciones, que es prácticamente la misma para el caso degradado de este escenario que para el caso degradado del escenario propuesto. Sí tiene influencia, no obstante, en la demanda soportada por los restantes centros de autotransformación, que tienen que trabajar más para suplir la falta de estos centros.

5.3. MITIGACIÓN DE LAS POSIBLES AFECCIONES A LA ELECTRIFICACIÓN CONVENCIONAL

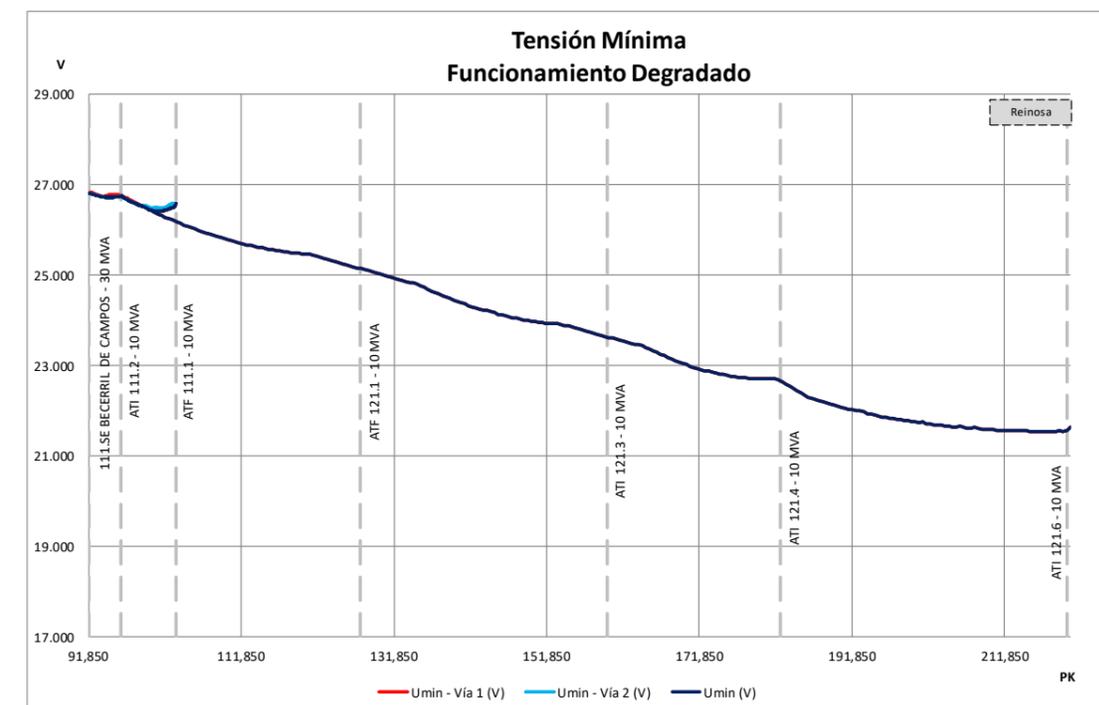
Para completar este estudio, se analiza en este apartado, conforme a lo explicado en el cuerpo de este documento, si resulta más conveniente ubicar el ATI 121.6 al extremo de la línea o prever un ATI adicional, para evitar posibles afecciones a la electrificación convencional.

Dicho análisis incluye el estudio de la tensión en catenaria y la tensión media útil en pantógrafo para el caso de que el ATI 121.6 se ubicara al final de la línea.

5.3.1. *Tensión en catenaria*

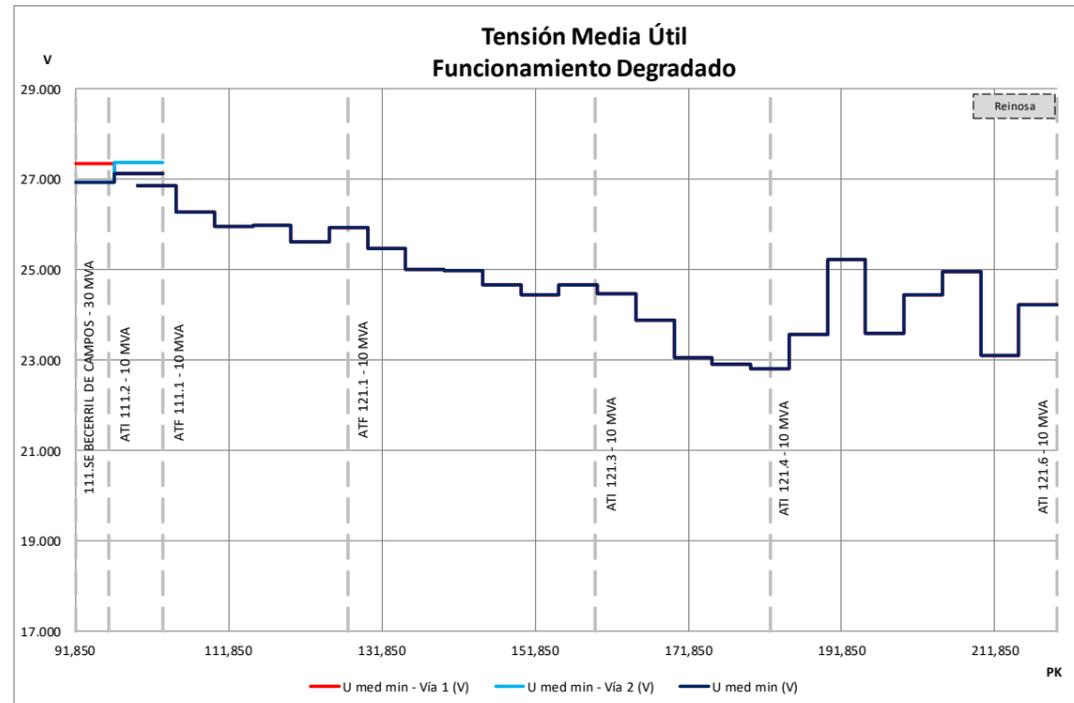
El gráfico de la siguiente columna muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto entre Becerril de Campos y Reinoso con las circulaciones estudiadas. De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da prácticamente en su extremo y es de 21,532 kv.

Esto supone una mejora respecto al caso de que el ATI se situara en el PK 105+330. No obstante, debe estudiarse la tensión media útil en pantógrafo antes de ofrecer una conclusión.



### 5.3.2. Tensión media útil

La tensión media útil en pantógrafo, para este caso, a lo largo del trayecto hasta Reinoso y con las circulaciones consideradas se muestra en la gráfica siguiente.



De acuerdo con ésta, el mínimo de tensión media útil se da en el mismo tramo que en el resto de situaciones. Sin embargo, en este, el valor mínimo obtenido es de 22,793 kV, lo que supone una diferencia apenas apreciable frente a las situaciones anteriormente consideradas.

En consecuencia, la conclusión de este análisis solo puede ser que, en caso de que sea necesaria la ubicación de un centro de autotransformación al final del trazado, para evitar posibles afecciones a la electrificación convencional, no es necesario considerar la instalación de un centro adicional en Reinoso, sino que bastaría con desplazar el centro ATI 121.6 hasta las cercanías de la estación.

## 6. CONCLUSIONES

En vista de lo expuesto a lo largo de este estudio de dimensionamiento, puede concluirse que es viable alimentar la electrificación de la nueva Línea de Alta Velocidad entre Palencia y Reinoso mediante el escenario de alimentación propuesto en el apartado 5.1 de este documento, ya que, para la condición de funcionamiento normal de la línea, los resultados de tensión en catenaria, tensión media útil en pantógrafo y potencia demandada, obtenidos de las simulaciones realizadas, son conformes a la normativa y acordes a la potencia instalada en cada subestación y/o centro de autotransformación considerado.

Cabe mencionar, además, que estos valores se cumplen también en situación degradada, con lo que la alimentación al tramo es factible incluso en caso de fallo de la subestación de Herrera de Pisuerga.

Igualmente, puede concluirse de lo expuesto en este estudio, que es viable alimentar la electrificación de la nueva Línea de Alta Velocidad entre Palencia y Reinoso mediante el escenario de alimentación alternativo propuesto en el apartado 5.2 de este documento, ya que los resultados obtenidos para el mismo son análogos a los obtenidos para el escenario propuesto, tanto en funcionamiento normal como en degradado.

No obstante, debe remarcarse que esto se debe a que la densidad de circulaciones considerada supone que el número de unidades de tracción presentes en la línea de forma simultánea sea de tan solo una unidad, y que no puede garantizarse que esta analogía en los resultados permanezca en el caso de que la densidad de las circulaciones aumente y llegue a haber más de una única circulación en la línea de forma simultánea.

Finalmente, en lo que a la ubicación de un centro de autotransformación en Reinoso para evitar afecciones a la línea convencional se refiere, la conclusión de este estudio es que, en caso de que resulte necesario, bastará con desplazar el ATI 121.6 hasta las cercanías de la estación.