ANEJO 12

ELECTRIFICACIÓN

INDICE

1. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN 1

1.1. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN 1

1.2. SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN Y CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN ASOCIADOS 1

1.2.1. SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN 106.SE 2

1.2.2. CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN FINALES: ATF 106.1 Y ATF 107.1 3

1.2.3. CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN INTERMEDIOS: ATI 106.2, ATI 106.3, ATI 107.2 4

1.3. LÍNEA AÉREA DE CONTACTO 5

1.4. TELEMANDO DE ENERGÍA 7

1.4.1. INSTALACIONES A TELEMANDAR 8

1. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN

En este apartado se recoge la descripción del sistema de electrificación propuesto para las alternativas de trazado de alta velocidad en ancho internacional analizadas en el presente estudio, que formarían parte de la línea de alta velocidad Madrid – País Vasco – Frontera Francesa.

El sistema de electrificación propuesto es el 2x25 kV c.a., con catenaria C-350, por permitir más distancia entre subestaciones y reducir la contaminación electromagnética.

1.1. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN

Según se ha indicado, el sistema de electrificación previsto es el definido como "2x25 kV c.a., 50 Hz", el cual requiere la construcción de subestaciones de tracción, alimentadas desde la red de transporte de energía eléctrica a la tensión de 220 ó 400 kV, y de centros de autotransformación asociados finales e intermedios.

Este sistema de electrificación suministra energía a la tensión de 55 kV c.a. entre la línea 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, tal y como se ha adelantado.

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

Los centros de autotransformación, según su tipo, dispondrán de uno (ATI) o dos (ATF) autotransformadores de relación 55/27,5 kV c.a. y 10 MVA de potencia asignada.

La línea ferroviaria se divide en áreas eléctricas, cada una de ellas alimentada por una subestación e incluye los centros de autotransformación asociados a la misma.

Las subestaciones dispondrán de dos transformadores de potencia monofásicos de relación 220 ó 400 kV / 2x27,5 kV y de potencia asignada 30 MVA.

1.2. SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN Y CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN ASOCIADOS

De acuerdo a los resultados arrojados por las simulaciones eléctricas realizadas, presentadas como apéndice del presente anejo, para el suministro eléctrico a la tracción ferroviaria entre Burgos y Vitoria se requiere la ejecución de una única subestación de tracción.

En el dimensionamiento eléctrico se ha considerado, principalmente, la siguiente información de partida:

- Instalaciones de electrificación colaterales:
  - Anteriores a Burgos: área eléctrica de **Buniel**, en construcción durante la redacción del presente documento.
  - Posteriores a Vitoria: área eléctrica de **Erretana**, igualmente en fase de construcción durante la redacción de este documento.
- Perfil geométrico: características geométricas de la plataforma ferroviaria.
- Malla de circulación prevista.
- Limitaciones de velocidad.
- Perfil eléctrico: características técnicas de la línea aérea de contacto, de las subestaciones de tracción y centros de autotransformación.

La subestación de tracción, para las alternativas de trazado: Oeste 1 y Centro 1, se ubica en los PPKK 48+400 y 42+500 respectivamente. Es la mostrada en los planos incluidos en el presente anejo.

La conexión a la red de transporte va a realizarse desde una futura subestación de transporte de 400 kV, que REE construirá junto a la subestación de tracción. (La subestación de transporte está fuera del alcance del presente Estudio Informativo).

Al no haber separación entre las subestaciones de transporte y de tracción, dado que serán contiguas según se ha indicado, no se requerirá la construcción de acometidas eléctricas dedicadas al suministro a la subestación de tracción.

1.2.1. SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN 106.SE

La subestación de tracción, designada como 106.SE conforme a la codificación de subestaciones de la línea de alta velocidad Madrid – País Vasco – Frontera Francesa, (la anterior es la subestación de Buniel 105.SE y la posterior Erretana 107.SE) se prevé ubicar en el tramo Burgos - Pancorbo:

- En el PK 42+500, margen izquierdo, de la Alternativa Oeste 1 (350 km/h).
- En el PK 48+400, margen izquierdo, de la Alternativa Centro 1 (350 km/h).

1.2.1.1. Configuración de la subestación de tracción de 106.SE

Según se ha adelantado, el suministro eléctrico a la subestación de tracción de 106.SE se efectuará desde una futura subestación de transporte, contigua a la subestación de tracción, a través de dos alimentaciones bifásicas de 400 kV.

La subestación de tracción será de planta rectangular de dimensiones aproximadas 65,00 x 90,00 m con el lado menor paralelo y adosado a la plataforma ferroviaria.

De modo general, la subestación estará constituida por el parque de alta tensión, disponiendo de dos calles de 400 kV, dos transformadores de tracción de potencia asignada 30 MVA y relación de transformación 400 kV / 2x27,5 kV, un edificio de control, cuatro pórticos de catenaria – feeder y un armario de barra “0”.

El parque de 400 kV estará constituido por el siguiente equipamiento:

- Dos (2) seccionadores bipolares giratorios de tres columnas unipolares de 400 kV, con un seccionador de puesta a tierra.
- Cuatro (4) transformadores de tensión inductivos de 1 devanado primario y 2 devanados secundarios, uno para protección y otro para medida, con relación de transformación 400: 3 kV / 110: 3 - 110: 3 V. S1: 50 VA y clase de precisión 3P y S2: 50 VA y clase de precisión 0,2S.
- Dos (2) interruptores bipolares automáticos de tensión nominal 400 kV, intensidad nominal 2.500 A y poder de corte 50 kA.
- Cuatro (4) transformadores de intensidad de 1 devanado primario y 4 secundarios con protección 3000 / 5-5-5-5 A. Los devanados S2 y S3 cuya señal de intensidad será enviada a REE son de potencia nominal 50 VA y clase de precisión 5P20. Por su parte, los devanados S1 y S4, utilizados para la protección interna de la subestación son de potencia asignada 30 VA y clase de precisión 5P20.
- Cuatro (4) autoválvulas de protección de 400 kV.
- Dos (2) transformadores de tracción de potencia asignada 30 MVA y relación de transformación 400 kV±8% / 2x27,5 kV.

Para la salida de los cables de catenaria y feeder se prevén cuatro pórticos para la instalación de 4 seccionadores bipolares, dos para la alimentación al lado 1 de la subestación, vías 1 y 2, y dos para la alimentación del lado 2 de la subestación, vías 1 y 2.

Además, existirá un armario accesible desde el exterior para contener los equipos de medida de la compañía suministradora.

La subestación contará con los siguientes sistemas o instalaciones:

- Red de drenaje de agua pluvial.
- Canalizaciones de cables.
- Alumbrado.
- Depósito de recogida de aceite.
- Depósito de agua.
- Red de saneamiento y fosa séptica.
- Red de recogida de aceite.
- Red de tierras.

El edificio de control de se construirá a partir de paneles de hormigón prefabricado. Tendrá unas dimensiones aproximadas 26 m x 9 m. Estará dividido en salas indicadas a continuación, las cuales contendrán los siguientes equipos indicados:

- Sala de Control
  - Ocho (8) celdas blindadas de 55 kV de SF6. Dos (2) de protección de autotransformador, cuatro (4) de salida de catenaria-feeder, una (1) de acoplamiento y medida y una (1) de seccionamiento y medida
  - Dos (2) salidas laterales desde la barra de feeder para acometida a cabinas de servicios auxiliares.
- Cuatro (4) cabinas blindadas de 36 kV de SF6 de servicios auxiliares. Dos (2) de acometida desde las barras de 27,5 kV de feeder y dos (2) para la alimentación a los transformadores de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 220 Vca de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 125 Vcc de servicios auxiliares.
  - Equipos rectificadores y baterías.
  - Armarios de control y protección.
- Sala de transformadores de servicios auxiliares.
  - Dos (2) transformadores monofásicos de potencia asignada 250 kVA y relación de transformación 27,5 kV/220 V para servicios auxiliares.
- Oficina de telecomunicaciones.
  - Armario del puesto de operación local (POL)
  - Armarios de control (UCA)
  - Repartidor de red comunicaciones de ADIF.
  - Otros equipos que no forman parte de este proyecto.
- Almacén.
- Aseos.
- Depósito 50 l de agua sanitaria.
- Calentador.

Los cables de conexión a catenaria y feeder salen subterráneos desde las cabinas de salida de 55 kV hasta los cuatro (4) pórticos de salida de catenaria-feeder.

En cada uno de los pórticos se instalarán los siguientes equipos:

- Un (1) Seccionador bipolar de apertura lateral 55 kV, 2.000 A.
- Dos (2) autoválvulas.
- Dos (2) aisladores de 55 kV.

Además, el edificio cuenta con las siguientes instalaciones:

- Instalación de alumbrado, normal y de emergencia.
- Instalación de fuerza.
- Instalación de climatización y ventilación.
- Instalación de detección de incendios.
- Instalación de extinción manual de incendios.
- Red de tierras interior al edificio.

1.2.1.2. Configuración de centros de autotransformación

Para el tramo ferroviario objeto del estudio se prevé la instalación de los siguientes centros de autotransformación, finales e intermedios. Las ubicaciones indicadas a continuación son solo las ubicaciones óptimas, ideales, las consideradas en las simulaciones. La ubicación definitiva de los centros habrá de determinarse en futuros trabajos de diseños, proyectos, y queda fuera del alcance del presente estudio informativos.

Puesto que según se ha indicado las ubicaciones son aproximadas, y las alternativas Variante Exterior de Miranda 1, 2, 3, 4, 5 y 6 difieren muy poco, para todas ellas alternativas se indican los mismos puntos kilométricos.

Alternativa Oeste 1

Centros de autotransformación finales:

- ATF 106.1, PK 13+200, asociado al área 106.
- ATF 107.1, PK 78+700, asociado al área 106.

Centro de autotransformación intermedios:

- ATI 106.2, PK 30+800, asociado al área 106.
- ATI 106.3, PK 63+550, asociado al área 106.
- ATI 107.2, PK 93+850, asociado al área 106.

Alternativa Centro 1

Centros de autotransformación finales:

- ATF 106.1, PK 10+250, asociado al área 106.
- ATF 107.1, PK 74+250, asociado al área 106.

Centro de autotransformación intermedios:

- ATI 106.2, PK 26+375, asociado al área 106.
- ATI 106.3, PK 58+375, asociado al área 106.
- ATI 107.2, PK 90+125, asociado al área 106.

La ubicación definitiva de estos centros habrá de precisarse en fases de diseño posteriores, teniendo en cuenta otros factores: accesibilidad, afección al medio ambiente, proximidad a núcleos urbanos, movimientos de tierra necesarios, perturbaciones electromagnéticas generadas por la línea de alta velocidad sobre líneas convencionales próximas e instalaciones eléctricas de terceros, etc.

Ambos tipos de centros estarán constituidos básicamente por:

- Un edificio de control.
- Dos (2) autotransformadores en centros finales y uno (1) en intermedios.
- Un depósito de recogida de aceite.
- Cuatro (4) pórticos de salida de feeder en centros finales y dos (2) en intermedios.
- Un armario de barra cero situado en el interior de los edificios de control.
- Canalizaciones de cables, de recogida de aceite y de drenaje.

1.2.2. CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN FINALES: ATF 106.1 Y ATF 107.1

Su edificio de control será de planta rectangular con dimensiones aproximadas 11 m x 9 m.

A continuación se indica la distribución de los equipos principales en las distintas dependencias del edificio de control:

- Sala de Control
  - Ocho (8) celdas blindadas de 55 kV de SF_6. Dos (2) de protección de autotransformador, cuatro (4) de salida de catenaria-feeder, una (1) de acoplamiento y medida y una (1) de seccionamiento y medida.
  - Una (1) salida lateral desde la barra de feeder para acometida a celdas de servicios auxiliares.
  - Dos (2) celdas blindadas de 36 kV de SF_6 de servicios auxiliares. Una (1) de acometida desde la barra de 27,5 kV de feeder y una (1) para la alimentación al transformador de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 220 Vca de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 125 Vcc de servicios auxiliares.
  - Equipos rectificadores y baterías.
  - Armarios de control y protección
  - El armario de barra cero.
- Sala de transformadores de servicios auxiliares
  - Un (1) transformador monofásico de potencia asignada 100 kVA y relación de transformación 27,5 kV/220 V para servicios auxiliares.
- Oficina de comunicaciones.
  - Armarios de control (UCPA)

- Otros equipos que no forman parte de este proyecto.

En el exterior del edificio y cerrado por paneles prefabricados y valla metálica estarán situados los dos autotransformadores de potencia asignada 10 MVA.

Los cables de conexión a catenaria y feeder salen subterráneos desde las cabinas de salida de 55 kV hasta los pórticos de salida de catenaria-feeder.

En cada uno de los pórticos se instalarán los siguientes equipos:

- Un (1) Seccionador bipolar de apertura lateral 55 kV, 2.000 A.
- Dos (2) autoválvulas.
- Dos (2) aisladores de 55 kV.

La bancada de los autotransformadores se conectará al depósito de recogida de aceite a través de una red de recogida de aceite.

Además, el centro contará con las siguientes instalaciones:

- Instalación de alumbrado, normal y de emergencia.
- Instalación de fuerza.
- Instalación de climatización y ventilación.
- Instalación de detección de incendios.
- Instalación de extinción manual de incendios.
- Red de tierras exterior e interior.

1.2.3. CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN INTERMEDIOS: ATI 106.2, ATI 106.3, ATI 107.2

El edificio de control será de planta rectangular con dimensiones aproximadas 11 m x 9 m.

A continuación, se indican los equipos principales a instalar en las distintas dependencias del edificio de control:

- Sala de Control
  - Tres (3) celdas blindadas de 55 kV de SF6. Una (1) de protección de autotransformador y dos (2) de salida de catenaria-feeder.
  - Una (1) salida lateral para acometida a celdas de servicios auxiliares.
  - Dos (2) celdas blindadas de 36 kV de SF6 de servicios auxiliares. Una (1) de acometida desde barras de -27,5 kV y una (1) para la alimentación al transformador de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 220 Vca de servicios auxiliares.
  - Cuadros de 125 Vcc de servicios auxiliares.
  - Equipos rectificadores y baterías.
  - Armarios de control y protección.
  - El armario de barra cero.
- Sala de transformadores de servicios auxiliares
  - Un (1) transformador monofásico de potencia asignada 100 kVA y relación de transformación 27,5 kV/220 V para servicios auxiliares.
- Oficina de telecomunicaciones
  - Armarios de control (UCPA)
  - Otros equipos que no forman parte de este proyecto.

En el exterior del edificio y cerrado por paneles prefabricados y valla metálica estará situado el autotransformador de potencia asignada 10 MVA.

Los cables de conexión a catenaria y feeder saldrán subterráneos desde las cabinas de salida de 55 kV hasta los pórticos de salida de catenaria-feeder.

En cada uno de los pórticos se instalarán los siguientes equipos:

- Un (1) Seccionador bipolar de apertura lateral 55 kV, 2.000 A.
- Dos (2) autoválvulas.
- Dos (2) aisladores de 55 kV.

La bancada del autotransformador se conectará al depósito de recogida de aceite a través de una red de recogida de aceites.

Además, el centro contará con las siguientes instalaciones:

- Instalación de alumbrado, normal y de emergencia.
- Instalación de fuerza.
- Instalación de climatización y ventilación.
- Instalación de detección de incendios.
- Instalación de extinción manual de incendios.
- Red de tierras exterior e interior.

1.3. 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 l 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: Variable hasta 2,5 m.
    - 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 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 Fm = 0,00097 x V2 + 70 (N), que aparece en la ETI. En ningún caso esta fuerza debe superarse
    - Desviación típica: $F_m - 3 \cdot \sigma > 0$
    - Desviación máxima: $\sigma_{\max} = 0{,}3 F_m (N)$
  - 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

  - 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.
  - 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 º	43,3 kV	400mm	230mm
25 kV	180 º	50 kV	540mm	300mm

Elementos de sustentación: Cimentaciones, postes y pórticos

Cimentaciones

Los macizos de cimentación para los postes de catenaria serán de hormigón armado de tipo cilíndrico.

Los postes se fijan a las cimentaciones dejando un espacio entre la parte superior del macizo y la base del poste de unos 10 - 15 cm, de manera que permita el aplomado del poste.

Postes

Los postes a utilizar para sustentar las catenarias serán de acero S275JR (UNE EN 10025) galvanizado.

Los postes están compuestos por dos perfiles laminados tipo UPN en paralelo unidos mediante diagonales (postes abiertos)

El uso de postes con caras verticales minimiza en efecto de variación de altura de hilo de contacto con el giro de la ménsula.

El acabado de los postes será pintado con el color corporativo de ADIF.

Pórticos Rígidos

A fin de aumentar la fiabilidad de la instalación y de minimizar la incidencia de avería de una catenaria en otra colateral, se instalará preferiblemente un poste independiente para la o las catenarias de una vía.

Cuando por razones de gálibo, esto no pueda realizarse, se emplearán pórticos rígidos para varias vías o ménsulas para dos vías (semipórticos).

Los pórticos rígidos serán preferiblemente autoportantes. Las ménsulas se instalarán en dichos pórticos rígidos mediante los soportes adecuados.

Ménsulas

Las ménsulas serán del tipo tubular trianguladas estando formado el cuerpo de la ménsula por dos tubos (cuerpo y tirante) que se refuerzan en ciertos casos con tubos diagonales

El material de las ménsulas deberá ser aleación de aluminio para la estructura, tornillos de acero inoxidable para las fijaciones. Los aisladores podrán ser composite, vidrio o cerámico, sin herrajes internos.

Equipos de compensación

La catenaria a instalar estará compensada mecánicamente de forma automática de modo que se mantenga la tensión mecánica de los conductores ante un cambio de las condiciones medioambientales, principalmente la temperatura.

Esta compensación automática se conseguirá mediante equipos de poleas y contrapesos.

Agujas aéreas

Las agujas aéreas serán todas del tipo tangencial en el punto 90 (P-90) para desvíos con velocidades de paso inferiores o iguales a 160 km/h.

En el caso de los escapes entre vías generales o vías pertenecientes a distinto paquete eléctrico, se dispondrá para el aislamiento del correspondiente aislador de sección, que resultará ser un aislador de sección en escapes cuya velocidad de paso por desviada sea inferior a 160 km/h y seccionamientos con lámina de aire en el caso de velocidades superiores.

Nunca se instalará un aislador de sección para catenarias con paso de trenes a velocidad igual o superior a 160 km/h

Retorno de tracción y Protecciones

En el sistema de tracción en corriente alterna, el retorno se realiza a través de los carriles y de los conductores de retorno en su mayor parte y en menor medida por tierra.

Se tenderá un cable de retorno por vía. Los cables estarán suspendidos de los postes mediante grifas de suspensión que garanticen el contacto eléctrico cable – poste.

Sistema de retorno y puesta a tierra a cielo abierto

Todos los elementos que intervienen en el sistema de catenaria y que no están en tensión se conectan al sistema de retorno de tracción, de acuerdo con la normativa UNE EN 50122-1.

Todas las estructuras de viaductos, barandillas, pasos inferiores, superiores, etc estarán conectadas al sistema de retorno y puesta a tierra. Deberán comprobarse las conexiones de continuidad eléctrica de dichos cables que habrán sido ejecutados durante la obra civil de la estructura. De este modo se forma una red equipotencial que minimiza las tensiones de paso y contacto.

Zonas en tensión flotante o sin referencia de tensión

Todos los elementos integrantes del sistema de catenaria deberán tener una referencia de tensión, ya sea a la tensión de catenaria, de feeder de –25 kV o a tierra.

Los elementos o catenarias que puedan quedar aislados, tales como catenaria en zonas neutras o catenarias secundarias en estaciones, deberán estar conectados a tierra a través de autoválvula.

Interface con la línea convencional actual

En los enlaces de la instalación con las líneas actuales electrificadas a 3kV debe estudiarse conjuntamente con señalización y control de tráfico y operación las interfaces con el sistema de 3kV

Entre los sistemas de 25 kV y 3 kV es necesario instalar un cambio de sistemas, que exige que los trenes circulen por inercia. Deberá pues estudiarse a nivel de detalle la posición de los mismos a fin de asegurar que un tren no se detenga ya sea por estar ubicado en fuertes rampas o en zonas donde elementos de señalización exijan o puedan exigir la parada de los trenes.

1.4. TELEMANDO DE ENERGÍA

El telemando de energía del tramo de línea de alta velocidad Burgos – Vitoria estará integrado por todos los elementos hardware, software y de comunicaciones que permitan realizar a distancia el control, la supervisión y la gestión, de acuerdo con unos criterios de calidad, disponibilidad y seguridad, de todos los sistemas relacionados con el suministro y absorción de energía de la catenaria de la línea ferroviaria.

De modo general se diferencian las siguientes funciones básicas descritas a continuación:

Centro de Control y Operaciones (CCO) ocupa el puesto de mayor nivel jerárquico del sistema, y es el encargado del mando y control en tiempo real, así como la gestión de todos los subsistemas y elementos ubicados en campo.

En un nivel inferior se encuentra el Puesto Regional de Operación (PRO), que puede realizar las mismas funciones que el CCO, y al que se cederá el mando del sistema en caso de fallo en el CCO o de forma eventual para mantenimiento.

En el siguiente nivel de la jerarquía, se encuentran los Puestos Locales de Operación (PLO). Estos puestos de control se encuentran agrupados en tres tipos de redes:

Red Asociada a Subestaciones (RA-SE)

Esta red abarca el telemando de todos los elementos de campo relacionados con la transformación y suministro de energía desde la compañía eléctrica hasta la línea aérea de contacto (catenaria). Todo el equipamiento necesario para llevarlo a cabo se incluye dentro del Sistema Integrado de Control Distribuido de subestaciones (SICD) así como la conversión de protocolo para transmitir la información al telemando (IEC 61850 a IEC 60870-5-104) que se realizará en un gateway (pasarela).

Red Asociada a Catenaria (RA-CA)

Este sistema abarca el movimiento y control de los seccionadores que permiten el transporte de la energía desde los puntos de suministro (subestaciones) hacia la catenaria, y posteriormente a lo largo del tramo.

Además del movimiento de los seccionadores de catenaria, contemplará la captación de la medida de tensión de catenaria mediante la instalación de un detector de tensión capacitivo por vértice de catenaria.

Red Asociada a Consumidores (RA-CO)

Este sistema abarca el movimiento de los elementos de corte (seccionadores e interruptores) que permiten extraer energía de la catenaria para alimentar las Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones Ferroviarias (IISSCC).

También se contempla la captación de las medidas de tensión y consumo en baja tensión desde catenaria, el control de la calefacción de agujas, y el control de la iluminación de los túneles.

Dichas redes no son redes físicas, si no Redes Locales Virtuales o VLAN (Virtual Local Área Network), que mediante una configuración en bus une todos los nodos de campo entre sí, además de éstos con los centros de control, usando como medio físico las fibras ópticas tendidas por la técnica de comunicaciones.

Para el mando y control de los nodos de catenaria y consumidores se hace necesario instalar una serie de armarios que actuarán de PLO. Dichos armarios pueden ser de tres tipos:

- **Armarios Tipo A:** encargados de controlar únicamente elementos asociados a catenaria. Se instalarán en subestaciones, ATF y ATI.
- **Armarios Tipo B:** encargados de controlar elementos asociados a consumidores. Se instalarán en PICV, PCA, CTU.
- **Armarios Tipo C:** encargados de controlar elementos asociados a catenaria y a consumidores. Se instalarán en PAET, PB BIF.

Cada PLO tendrá asociada una o varias Redes Locales empleadas tanto para comunicaciones como para alimentar los distintos elementos finales. En todos los casos solo existirá un tipo de Redes Locales asociados a 2 tipos de Elementos Finales:

- **RL-CA:** Red Local de Catenaria. Se encargará de alimentar y comunicar todos los elementos finales de catenaria (EF-CA) asociados a subestaciones, ATI y ATF: seccionadores de catenaria, y detectores de tensión en catenaria.
- **RL-CO:** Red Local de Consumidores. Se encargará de alimentar y comunicar todos los elementos finales de consumidores (EF-CO) asociados a PICV, PCA y CTU: Seccionadores de alimentación a consumidores, interruptores de baja tensión, calefactores de agujas, iluminación de túneles y control de suministro de energía a consumidores.
- **RL-CA/CO:** Red Local de Catenaria y Consumidores. Se encargará de alimentar y comunicar todos los elementos finales de catenaria y consumidores asociados a los PAET, PB y BIF: Seccionadores de catenaria, y detectores de tensión en catenaria, seccionadores de alimentación a consumidores, interruptores de baja tensión, calefactores de agujas.

Se diseñará el subsistema de comunicaciones con el hardware adecuado que facilite el trasvase de información acorde a los protocolos de comunicaciones existentes en el resto del sistema.

Protocolo de comunicaciones IEC-60870-5-104 encapsulado en TCP/IP, basado en las normas ISO/OSI, en las redes corporativas WAN, con:

- Protocolo de comunicaciones IEC-60870-5-104 en las Redes Asociadas.
- Protocolo de comunicaciones IEC-60870-5-101 en las Redes Locales

1.4.1. INSTALACIONES A TELEMANDAR

Las instalaciones del tramo de línea de alta velocidad Burgos – Vitoria a telemandar serán:

- Las instalaciones correspondientes al suministro de energía a la línea aérea de contacto:
  - Subestaciones eléctricas de tracción:
    - Subestación 106.SE.
  - Centros de autotransformación finales:
    - ATF 106.1.
    - ATF 107.1.
  - Centro de autotransformación intermedios:
    - ATI 106.2.
    - ATI 106.3.
    - ATI 107.2.
- Las instalaciones correspondientes a circuito de tracción e instalaciones asociadas y consumidores.

APÉNDICE 1. ESTUDIO DE POTENCIA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO 1

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN 1

3. CONDICIONES DE DISEÑO 2

4. DATOS DE PARTIDA DE LAS SIMULACIONES 3

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 ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

4.1.5. LIMITACIONES DE VELOCIDAD ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

4.2. MATERIAL MÓVIL 8

4.2.1. CIRCULACIONES 8

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL RODANTE 8

4.3. PERFIL ELÉCTRICO 9

5. SIMULACIONES REALIZADAS ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

5.1. ESCENARIO PROPUESTO 9

5.1.1. FUNCIONAMIENTO NORMAL 9

5.1.2. FUNCIONAMIENTO DEGRADADO. FALLO DE LA SE DE HERRERA DE PISUERGA 12

5.2. ESCENARIO ALTENATIVO 16

5.2.1. FUNCIONAMIENTO NORMAL ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

5.2.2. FUNCIONAMIENTO DEGRADADO. FALLO DE LA SE DE HERRERA DE PISUERGA **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

5.3. MITIGACIÓN DE LAS POSIBLES AFECCIONES A LA ELECTRIFICACIÓN CONVENCIONAL ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

5.3.1. TENSIÓN EN CATENARIA ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

5.3.2. TENSIÓN MEDIA ÚTIL ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

6. CONCLUSIONES 24

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de este estudio es definir el esquema de electrificación para la alimentación en sistema 2x25 kV c.a. a las alternativas de nueva construcción propuestas en el Estudio Informativo del Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Burgos – Vitoria.

Se han analizado las alternativas de trazado:

- Burgos - Pancorbo:
  - Oeste 1: 55,74 Km.
  - Centro 1: 52,62 Km.
- Pancorbo - Vitoria:
  - Variante Miranda 1: 37,75 Km.
  - Variante Miranda 2: 37,62 Km.

A efectos del estudio de dimensionamiento las alternativas de trazado entre Pancorbo y Vitoria Variante Miranda 1 y Variante Miranda 2, por su similitud, pueden considerarse la misma. De tal forma, el presente estudio de potencia se realiza para los trazados entre Burgos y Vitoria que contemplan las alternativas Oeste 1 y Centro 1 a las que se les añade la Variante Miranda 1.

Se estudia un esquema eléctrico de con un número reducido de centros de autotransformación. Añadir a este esquema nuevos centros, si así se decidiera en estudios posteriores, significará mejor el perfil de tensiones a lo largo de la catenaria al reducirse su impedancia equivalente.

Se analiza el funcionamiento normal, con todas las subestaciones de tracción involucradas en el suministro eléctrico en servicio, y funcionamientos degradados, considerando la caída de una de las subestaciones.

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.

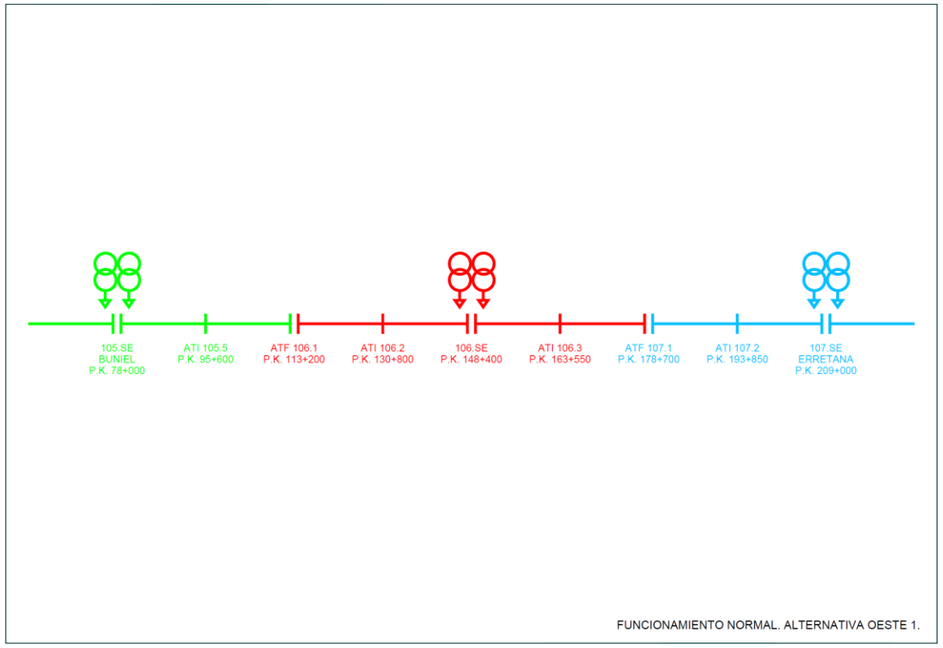
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN

En el suministro eléctrico a la tracción del tramo ferroviario Burgos – Vitoria intervienen las instalaciones mostradas en la tabla a continuación. (Las primeras simulaciones realizadas, para las condiciones de partida definidas en este documento, determinaron la necesidad de una única subestación entre Burgos – Vitoria).

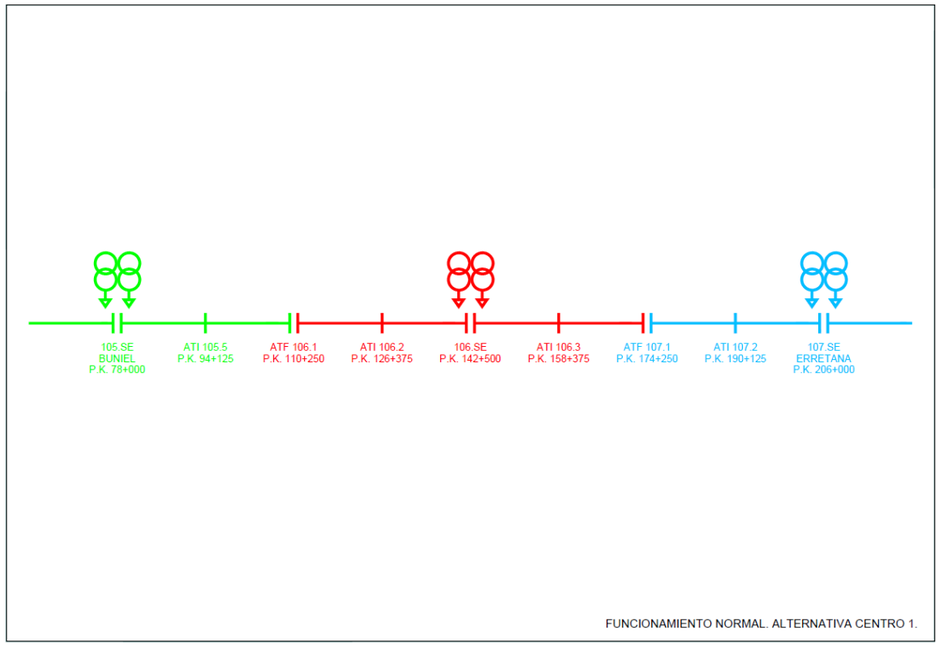
ÁREA ELÉCTRICA	INSTALACIÓN	Estado	P.K. Estudio Informativo Alternativa Oeste 1	P.K. Estudio Informativo Alternativa Centro 1	P.K. Simulación Alternativa Oeste 1	P.K. Simulación Alternativa Centro 1
105 Buniel	105.SE Subestación de Buniel	En construcción	Fuera del alcance del EI	Fuera del alcance del EI	78+000	78+000
	ATI 105.5	Entorno de Burgos. Tramo ferroviario en	Fuera del alcance del EI	Fuera del alcance del EI	95+600	94+125
106	ATF 106.1	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	13+200	10+250	113+200	110+250
	ATI 106.2	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	30+800	26+375	130+800	126+375
	106.SE	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	48+400	42+500	148+400	142+500
	ATI 106.3	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	63+550	58+375	163+550	158+375
107 Erretana	ATF 107.1	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	78+700	74+250	178+700	174+250
	ATI 107.2	Incluido en el EI Burgos - Vitoria	93+850	90+125	193+850	190+125
	107.SE	En construcción	Fuera del alcance del EI	Fuera del alcance del EI	209+000	206+000

Las figuras a continuación muestran los esquemas de electrificación para las alternativas Oeste 1 y Centro 1. Puede observarse en los que esquemas que los centros finales, ATF, suponen el límite entre las áreas de alimentación de dos subestaciones consecutivas, entre dos áreas eléctricas. Cada área se muestra con un color diferente.

Esquema 1. Alternativa Oeste 1



Esquema 2. Alternativa Centro 1



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): Umin>19.000 V.
- Valor mínimo de la tensión media útil en pantógrafo del material rodante: Ūmin>22.500V.
- Potencia demandada por los transformadores de las subestaciones: 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 muestran 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.

4.1.1. Paradas y puntos de paso

Nº	ESTACIÓN / PUNTO DE PASO	P.K. Simulación Alternativa Oeste 1	P.K. Simulación Alternativa Centro 1
1	Subestación de Buniel 105.SE (Inicio de la simulación)	78+000	78+000
2	Estación de Burgos	93+450	93+450
3	Subestación 106	148+400	142+500
4	Estación de Miranda	171+750	168+750
5	Estación de Vitoria	203+000	200+000
6	Subestación de Erretana 107.SE (Fin de la simulación)	209+000	206+000

4.1.2. Rampas

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	PENDIENTE (‰)
77,27	79,32	2,05	-11,40
79,32	80,50	1,18	4,50
80,50	82,15	1,65	3,40

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	PENDIENTE (‰)
82,15	83,19	1,04	2,50
83,19	83,80	0,61	15,00
83,80	84,74	0,93	0,00
84,74	88,22	3,49	12,50
88,22	89,27	1,05	-12,50
89,27	90,52	1,25	9,00
90,52	91,80	1,28	15,00
91,80	93,11	1,32	-10,00
93,11	93,76	0,65	0,00
93,76	94,80	1,04	-10,00
94,80	96,92	2,12	15,00
96,92	100,00	3,08	-5,00
100,00	100,45	0,45	-5,40
100,45	103,52	3,07	18,00
103,52	105,40	1,88	5,00
105,40	106,92	1,53	-15,00
106,92	108,07	1,15	10,00
108,07	110,14	2,07	-15,00
110,14	111,98	1,84	-5,00
111,98	114,82	2,84	12,00
114,82	119,70	4,88	-25,00
119,70	120,97	1,26	-8,60
120,97	123,34	2,37	-22,00
123,34	125,40	2,06	-13,00
125,40	128,24	2,84	5,00
128,24	131,19	2,95	-25,00
131,19	134,27	3,08	-2,50
134,27	137,97	3,71	11,00
137,97	140,97	3,00	2,00
140,97	142,88	1,91	-12,00
142,88	144,05	1,17	7,00
144,05	144,86	0,81	-9,00
144,86	150,36	5,51	-5,00
150,36	152,11	1,75	-7,00
152,11	153,00	0,89	-15,00
153,00	154,61	1,61	15,00
154,61	157,14	2,53	-25,00

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	PENDIENTE (‰)
157,14	158,97	1,83	-7,00
158,97	163,10	4,13	-25,00
163,10	163,65	0,55	-7,00
163,65	164,64	0,99	-7,00
164,64	165,15	0,51	15,00
165,15	166,26	1,11	-5,00
166,26	167,42	1,16	-15,00
167,42	168,35	0,93	2,00
168,35	168,85	0,50	-25,00
168,85	170,36	1,51	-9,00
170,36	171,62	1,25	0,20
171,62	172,74	1,12	0,00
172,74	173,99	1,25	3,78
173,99	174,41	0,42	2,00
174,41	174,94	0,53	0,00
174,94	176,83	1,89	25,00
176,83	177,35	0,52	18,00
177,35	179,05	1,70	18,00
179,05	182,69	3,63	-15,00
182,69	185,41	2,72	3,50
185,41	186,93	1,52	15,00
186,93	189,39	2,47	5,00
189,39	190,97	1,58	-15,00
190,97	193,51	2,54	-5,00
193,51	193,71	0,20	5,50
193,71	194,03	0,32	2,50
194,03	197,31	3,28	0,10
197,31	197,97	0,66	2,10
197,97	200,80	2,83	4,90
200,80	202,37	1,57	6,00
202,37	203,46	1,09	0,14
203,46	207,61	4,15	18,00
207,61	208,30	0,69	12,20

ALTERNATIVA CENTRO 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	PENDIENTE (‰)
77,27	79,32	2,05	-11,40
79,32	80,50	1,18	4,50
80,50	82,15	1,65	3,40
82,15	83,19	1,04	2,50
83,19	83,80	0,61	15,00
83,80	84,74	0,93	0,00
84,74	88,22	3,49	12,50
88,22	89,27	1,05	-12,50
89,27	90,52	1,25	9,00
90,52	91,80	1,28	15,00
91,80	93,11	1,32	-10,00
93,11	93,76	0,65	0,00
93,76	94,80	1,04	-10,00
94,80	96,92	2,12	15,00
96,92	100,00	3,08	-5,00
100,00	100,45	0,45	-5,40
100,45	104,02	3,57	18,00
104,02	106,15	2,13	-8,00
106,15	107,55	1,40	14,00
107,55	109,12	1,57	-7,00
109,12	110,97	1,85	14,00
110,97	117,33	6,36	-23,00
117,33	120,89	3,56	6,00
120,89	123,56	2,68	-18,00
123,56	126,34	2,78	15,00
126,34	129,83	3,49	-18,00
129,83	131,31	1,48	-5,00
131,31	133,17	1,86	15,00
133,17	138,01	4,84	-2,20
138,01	146,49	8,48	-15,00
146,49	147,48	0,99	-5,00
147,48	149,22	1,75	-7,00
149,22	150,00	0,78	15,00
150,00	151,61	1,61	15,00
151,61	154,14	2,53	-25,00
154,14	155,97	1,83	-7,00
155,97	160,10	4,13	-25,00

ALTERNATIVA CENTRO 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	LONGITUD (km)	PENDIENTE (‰)
160,10	160,65	0,55	-7,00
160,65	161,64	0,99	-7,00
161,64	162,15	0,51	15,00
162,15	163,26	1,11	-5,00
163,26	164,42	1,16	-15,00
164,42	165,35	0,93	2,00
165,35	165,85	0,50	-25,00
165,85	167,36	1,51	-9,00
167,36	168,62	1,25	0,20
168,62	169,74	1,12	0,00
169,74	170,99	1,25	3,78
170,99	171,41	0,42	2,00
171,41	171,94	0,53	0,00
171,94	173,83	1,89	25,00
173,83	174,35	0,52	18,00
174,35	176,05	1,70	18,00
176,05	179,69	3,63	-15,00
179,69	182,41	2,72	3,50
182,41	183,93	1,52	15,00
183,93	186,39	2,47	5,00
186,39	187,97	1,58	-15,00
187,97	190,51	2,54	-5,00
190,51	190,71	0,20	5,50
190,71	191,03	0,32	2,50
191,03	194,31	3,28	0,10
194,31	194,97	0,66	2,10
194,97	197,80	2,83	4,90
197,80	199,37	1,57	6,00
199,37	200,46	1,09	0,14
200,46	204,61	4,15	18,00
204,61	205,30	0,69	12,20
205,30	206,01	0,71	-13,00
206,01	207,46	1,45	9,40

4.1.3. Curvas

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
77,27	80,50	3,23	-8.000,00
80,50	81,41	0,91	0,00
81,41	81,99	0,58	-10.000,00
81,99	82,77	0,79	0,00
82,77	84,68	1,91	2.800,00
84,68	84,85	0,16	0,00
84,85	85,94	1,09	-3.200,00
85,94	86,06	0,12	0,00
86,06	87,41	1,34	3.200,00
87,41	87,54	0,13	0,00
87,54	88,21	0,67	-4.000,00
88,21	88,35	0,13	0,00
88,35	89,86	1,52	3.200,00
89,86	91,22	1,35	0,00
91,22	92,52	1,30	-2.800,00
92,52	94,36	1,84	0,00
94,36	95,94	1,58	2.800,00
95,94	96,07	0,13	0,00
96,07	97,20	1,13	-2.800,00
97,20	98,00	0,81	0,00
98,00	100,00	2,00	-3.200,00
100,00	103,55	3,55	-3.500,00
103,55	109,50	5,95	8.000,00
109,50	112,45	2,95	-7.500,00
112,45	115,80	3,35	0,00
115,80	116,90	1,10	-10.000,00
116,90	123,50	6,60	6.500,00
123,50	127,80	4,30	-7.500,00
127,80	133,70	5,90	7.500,00
133,70	141,60	7,90	0,00
141,60	142,70	1,10	-9.000,00
142,70	145,05	2,35	7.500,00
145,05	150,00	4,95	0,00
150,00	153,00	3,00	-7.250,00
153,00	155,25	2,25	-7.250,00

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
155,25	156,75	1,50	0,00
156,75	160,00	3,25	8.500,00
160,00	163,20	3,20	-7.250,00
163,20	163,65	0,45	0,00
163,65	163,70	0,05	0,00
163,70	164,10	0,40	-2.500,00
164,10	167,05	2,95	2.200,00
167,05	167,90	0,85	-2.200,00
167,90	168,85	0,95	0,00
168,85	169,34	0,49	-600,00
169,34	170,00	0,66	0,00
170,00	170,11	0,11	500,00
170,11	171,30	1,19	0,00
171,30	171,49	0,19	-500,00
171,49	171,62	0,13	0,00
171,62	172,00	0,38	0,00
172,00	172,96	0,96	-500,00
172,96	174,41	1,45	0,00
174,41	174,55	0,14	0,00
174,55	175,00	0,45	-750,00
175,00	176,70	1,70	750,00
176,70	177,30	0,60	-750,00
177,30	177,35	0,05	0,00
177,35	177,45	0,10	0,00
177,45	180,30	2,85	-7.250,00
180,30	184,95	4,65	0,00
184,95	186,15	1,20	10.000,00
186,15	188,20	2,05	-10.000,00
188,20	191,60	3,40	0,00
191,60	193,45	1,85	-2.800,00
193,45	193,51	0,06	0,00
193,51	193,89	0,38	0,00
193,89	194,86	0,97	900,00
194,86	196,41	1,55	0,00
196,41	196,86	0,45	850,00
196,86	199,26	2,40	0,00
199,26	199,88	0,62	800,00

ALTERNATIVA OESTE 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
199,88	201,71	1,83	0,00
201,71	201,87	0,16	750,00
201,87	202,20	0,33	0,00
202,20	202,61	0,41	-1.000,00
202,61	203,46	0,85	0,00
203,46	207,84	4,38	0,00
207,84	210,46	2,62	3.560,00

ALTERNATIVA CENTRO 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
77,27	80,50	3,23	-8.000,00
80,50	81,41	0,91	0,00
81,41	81,99	0,58	-10.000,00
81,99	82,77	0,79	0,00
82,77	84,68	1,91	2.800,00
84,68	84,85	0,16	0,00
84,85	85,94	1,09	-3.200,00
85,94	86,06	0,12	0,00
86,06	87,41	1,34	3.200,00
87,41	87,54	0,13	0,00
87,54	88,21	0,67	-4.000,00
88,21	88,35	0,13	0,00
88,35	89,86	1,52	3.200,00
89,86	91,22	1,35	0,00
91,22	92,52	1,30	-2.800,00
92,52	94,36	1,84	0,00
94,36	95,94	1,58	2.800,00
95,94	96,07	0,13	0,00
96,07	97,20	1,13	-2.800,00
97,20	98,00	0,81	0,00
98,00	100,00	2,00	-3.200,00
100,00	102,85	2,85	-3.500,00
102,85	111,60	8,75	6.500,00
111,60	112,90	1,30	0,00
112,90	116,80	3,90	-7.750,00

ALTERNATIVA CENTRO 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
116,80	120,15	3,35	7.250,00
120,15	127,80	7,65	-7.250,00
127,80	129,85	2,05	7.250,00
129,85	140,10	10,25	0,00
140,10	146,80	6,70	6.500,00
146,80	150,00	3,20	-7.250,00
150,00	152,25	2,25	-7.250,00
152,25	153,75	1,50	0,00
153,75	157,00	3,25	8.500,00
157,00	160,20	3,20	-7.250,00
160,20	160,65	0,45	0,00
160,65	160,70	0,05	0,00
160,70	161,10	0,40	-2.500,00
161,10	164,05	2,95	2.200,00
164,05	164,90	0,85	-2.200,00
164,90	165,85	0,95	0,00
165,85	166,34	0,49	-600,00
166,34	167,00	0,66	0,00
167,00	167,11	0,11	500,00
167,11	168,30	1,19	0,00
168,30	168,49	0,19	-500,00
168,49	168,62	0,13	0,00
168,62	169,00	0,38	0,00
169,00	169,96	0,96	-500,00
169,96	171,41	1,45	0,00
171,41	171,55	0,14	0,00
171,55	172,00	0,45	-750,00
172,00	173,70	1,70	750,00
173,70	174,30	0,60	-750,00
174,30	174,35	0,05	0,00
174,35	174,45	0,10	0,00
174,45	177,30	2,85	-7.250,00
177,30	181,95	4,65	0,00
181,95	183,15	1,20	10.000,00
183,15	185,20	2,05	-10.000,00
185,20	188,60	3,40	0,00
188,60	190,45	1,85	-2.800,00

ALTERNATIVA CENTRO 1			
P.K. INICIAL	P.K. FINAL	RADIO (m)	LONGITUD (km)
190,45	190,51	0,06	0,00
190,51	190,89	0,38	0,00
190,89	191,86	0,97	900,00
191,86	193,41	1,55	0,00
193,41	193,86	0,45	850,00
193,86	196,26	2,40	0,00
196,26	196,88	0,62	800,00
196,88	198,71	1,83	0,00
198,71	198,87	0,16	750,00
198,87	199,20	0,33	0,00
199,20	199,61	0,41	-1.000,00
199,61	200,46	0,85	0,00
200,46	204,84	4,38	0,00
204,84	207,46	2,62	3.560,00

4.2. MATERIAL MÓVIL

4.2.1. Circulaciones

Para determinar el número de circulaciones a considerar en el tramo Burgos – Vitoria se ha considerado la tabla a continuación extraída del documento "Estudio para la estimación de la demanda actual y futura y la rentabilidad financiera y socioeconómica de distintos corredores de alta velocidad ferroviaria", tabla 21 "Circulaciones por día y sentido en la situación de proyecto":

Ferrocarril convencional 2024	LAV 2024	LAV 2030
MADRID – BURGOS – PAÍS VASCO		
Madrid – Vitoria - Bilbao	10	10 (*)
Madrid – Vitoria – San Sebastián	7	7 (*)
Madrid – Vitoria -	0	0 (*)
MADRID – PAÍS VASCO		
Vitoria – San Sebastián	9	9
Vitoria – Bilbao	14	14
San Sebastián - Bilbao	12	12
INTERNACIONAL		
Madrid - París	4	6 (*)
Bilbao - París	1	3
San Sebastián - Burdeos	3	6
CORREDOR DEL EBRO		
Barcelona - Bilbao	4	5
Barcelona – San Sebastián	3	3
Barcelona - Vitoria	1	1
RESTO DE SERVICIOS		
Bilbao - Galicia	1	1 (*)
San Sebastián - Galicia	1	1 (*)

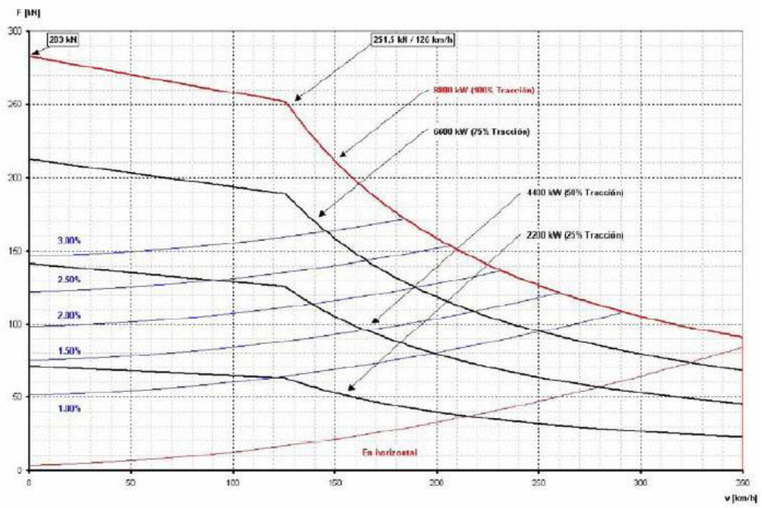
De la tabla anterior se deduce que el número de trenes/día y sentido circulando en el trayecto Burgos – Vitoria, trenes destacados con (*), es: 25 trenes/día. Previendo que el servicio de trenes tenga lugar entre las 7:00 h y 23:00 h, es decir 16 h/día, el número de trenes por hora es 0,64 trenes/h, o bien 1 tren cada 38,4' y sentido. **Para el estudio de potencia se ha considerado un escenario más conservador**, con un mayor número de trenes/hora y sentido: **1 circulación cada 30 minutos 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/s^2)	1.2



4.3. PERFIL ELÉCTRICO

El sistema de electrificación considerado en las simulaciones para el sistema 2x25 kV c.a. incluye la subestación 106, entre Burgos y Vitoria, y sus colaterales Buniel, anterior a Burgos, y Erretana, posterior a Vitoria, ambas se encuentran actualmente en fase de construcción, diversos centros de autotransformación y la línea aérea de contacto C-350.

Las subestaciones de Buniel y Erretana estarán equipadas con dos transformadores de tracción de 30 MVA, relación de transformación 400/2x27.5 kV y clase de potencia IX B; de éstos el grupo 1 de la subestación de Buniel alimentará hacia Madrid, hacia el nudo de Venta de Baños, y el grupo 2 de Erretana hacia la frontera francesa, y los grupos 2 de Buniel y 1 de Erretana hacia el tramo Burgos – Vitoria.

Los autotransformadores de los centros de autotransformación son de potencia asignada 10 MVA y relación de transformación asignada 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.

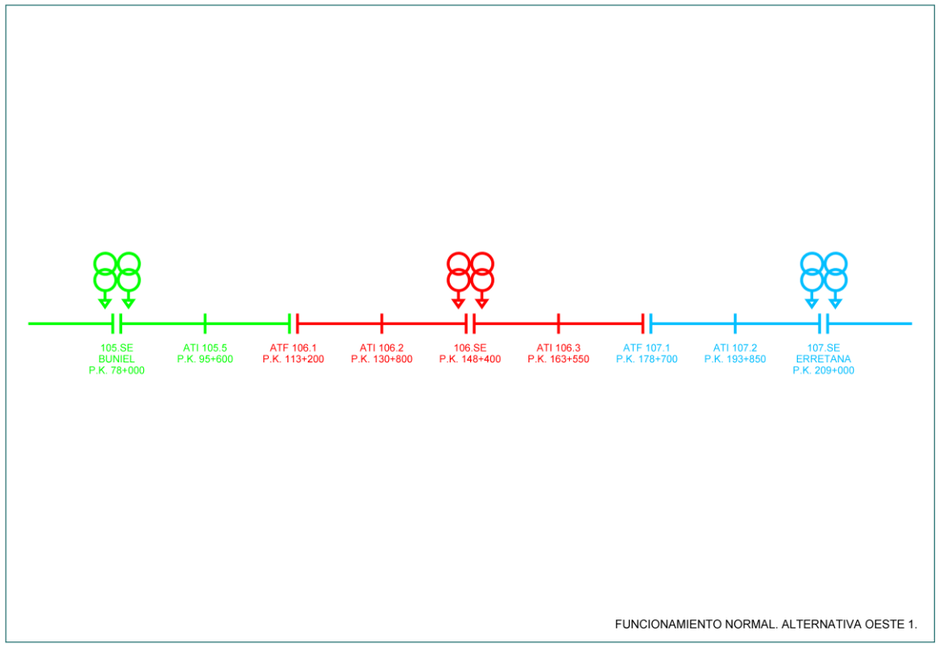
5. SIMULACIONES REALIZADAS

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 resultados obtenidos para el escenario de electrificación de la Alternativa Oeste 1 y a continuación, en apartados diferenciados, los obtenidos para el escenario de la Alternativa Centro 1.

5.1. ALTERNATIVA OESTE 1

Se estudia en este caso el esquema de alimentación que se propone emplear para la alimentación a la alternativa Oeste 1 para la línea Burgos - Vitoria, 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.

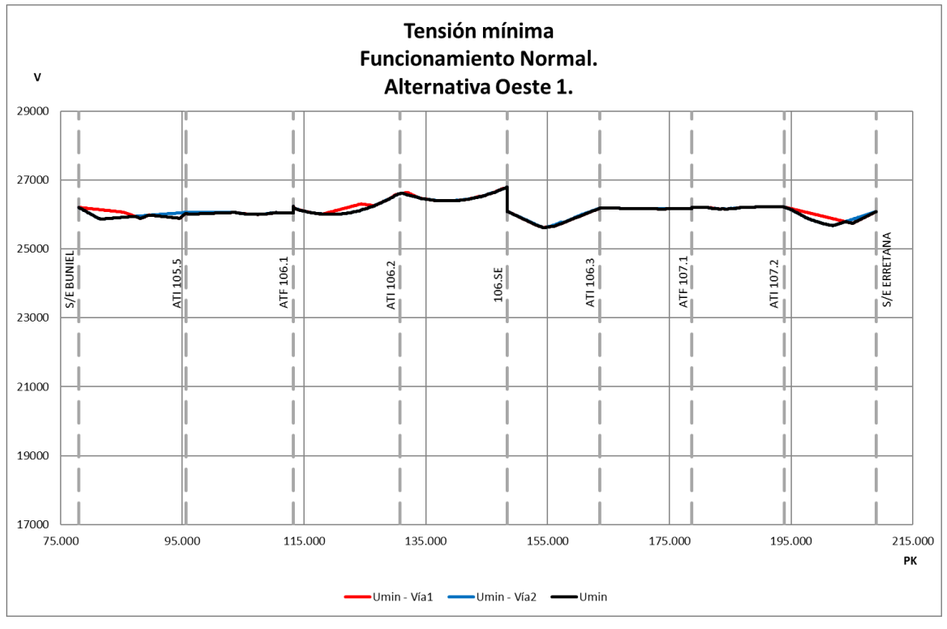


5.1.1. Funcionamiento Normal

En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos para la situación en la que la totalidad de las instalaciones consideradas están en servicio. Es decir, la línea se alimenta desde las subestaciones de Buniel, la subestación 106.SE y Erretana, estando la totalidad de los centros de autotransformación en servicio.

5.1.1.1. Tensión en catenaria

El gráfico siguiente muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto objeto de estudio con las circulaciones estudiadas.



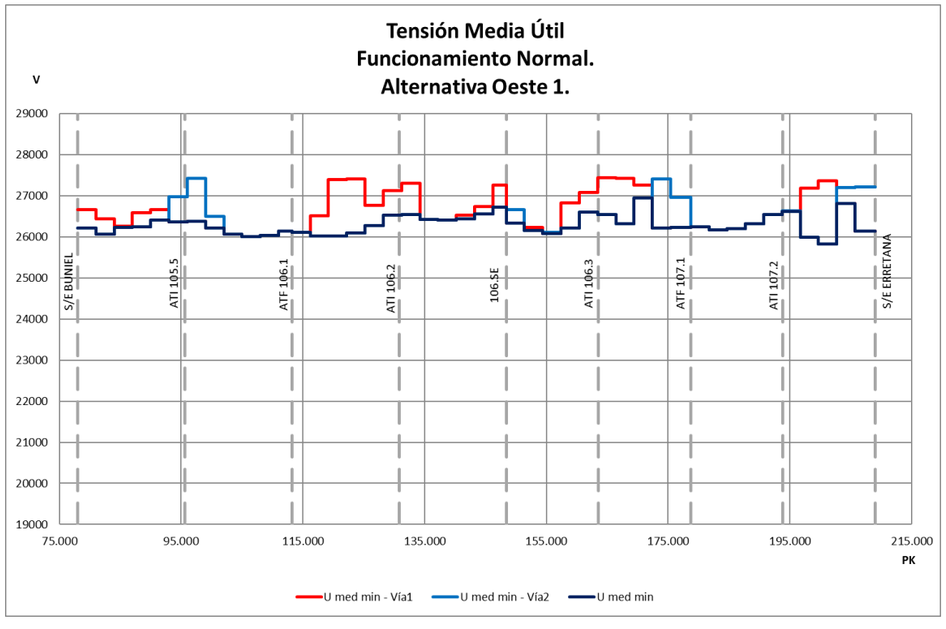
De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en el punto kilométrico 154+484, y tiene un valor de 25,608 kV.

Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto. 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 estudiado.

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 25,821 kV.

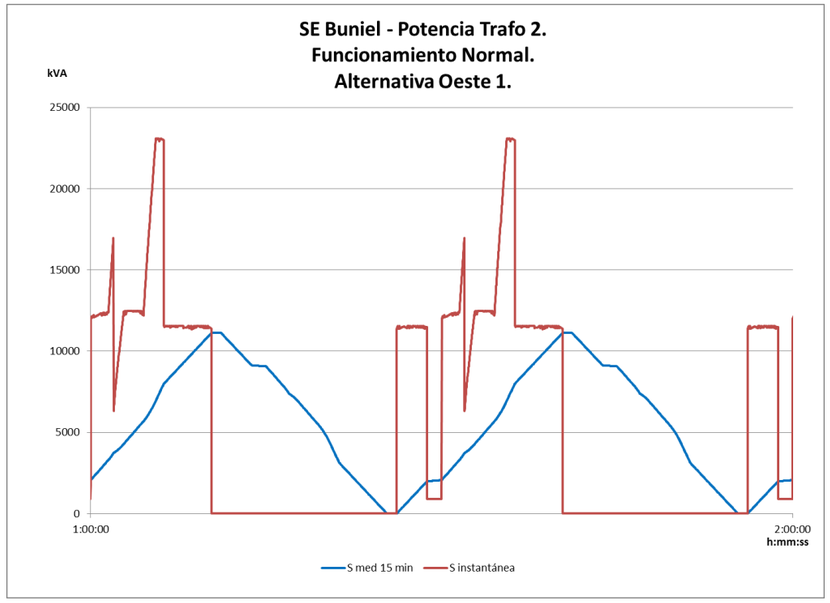


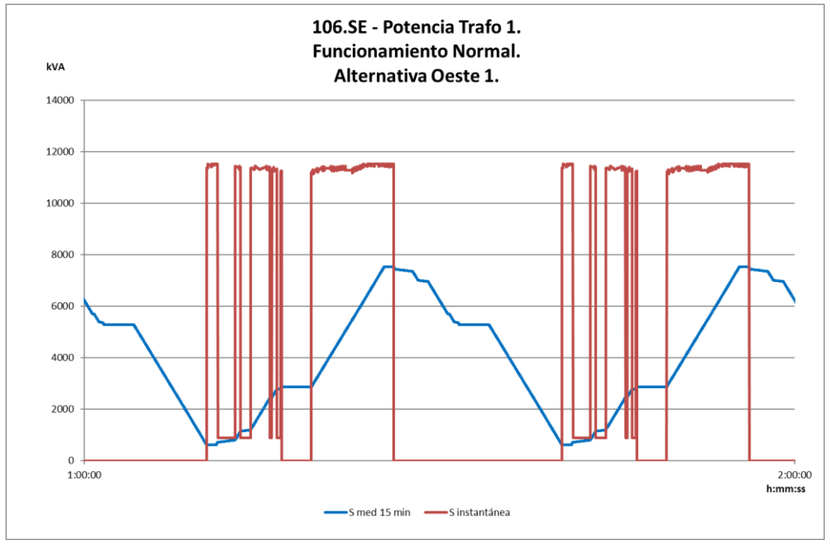
5.1.1.3. Potencia demandada

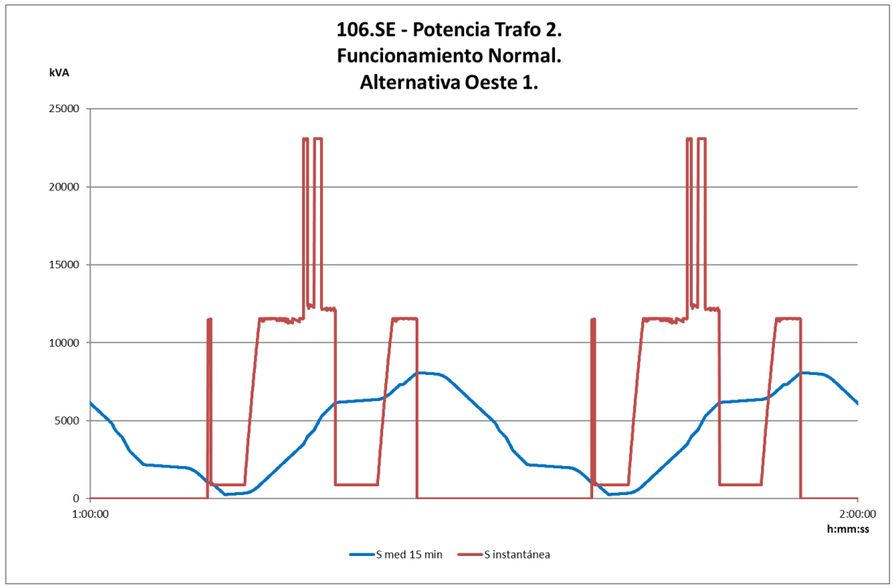
La siguiente tabla resume las potencias medias máximas demandadas de los transformadores de tracción de las subestaciones y los autotransformadores de los centros de autotransformación.

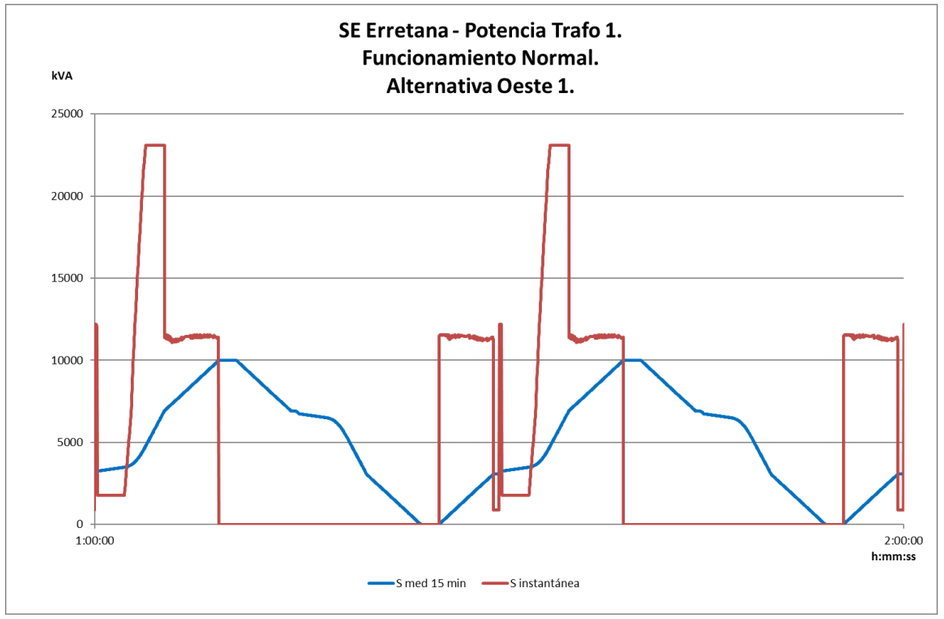
		Pot. media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
SE BUNIEL	Trafo 1	11126.52277	30000
ATI 105.5	Autotransformador 1	5202.97	10000
ATF 106.1	Autotransformador 1	2825.56	10000
ATF 106.1	Autotransformador 2	1697.22	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3723.61	10000
106.SE	Trafo 1	7532.69	30000
106.SE	Trafo 2	8084.18	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3795.70	10000
ATF 107.1	Autotransformador 1	2311.69	10000
ATF 107.1	Autotransformador 2	2639.30	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	4731.17	10000
SE ERRETANA	Autotransformador 1	9978.87	30000

A continuación, se muestran las gráficas de potencia integrada a 15 minutos demandada a los transformadores de tracción de las subestaciones que intervienen en el suministro en modo normal del tramo Burgos - Vitoria.









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.

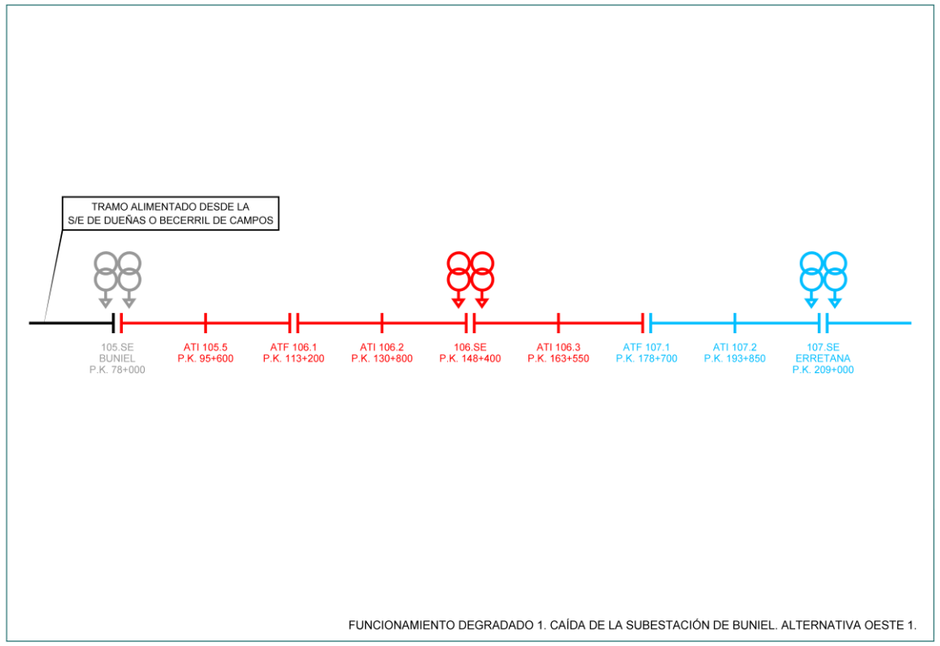
5.1.2. Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Buniel

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Buniel pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde la subestación 106.SE y la de Erretana.

En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de la subestación 106.SE hasta la zona neutra de la subestación de Buniel, a través de las barras del ATF 106.1, con lo que el esquema de alimentación quedaría como se muestra en el esquema 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 106.1 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.

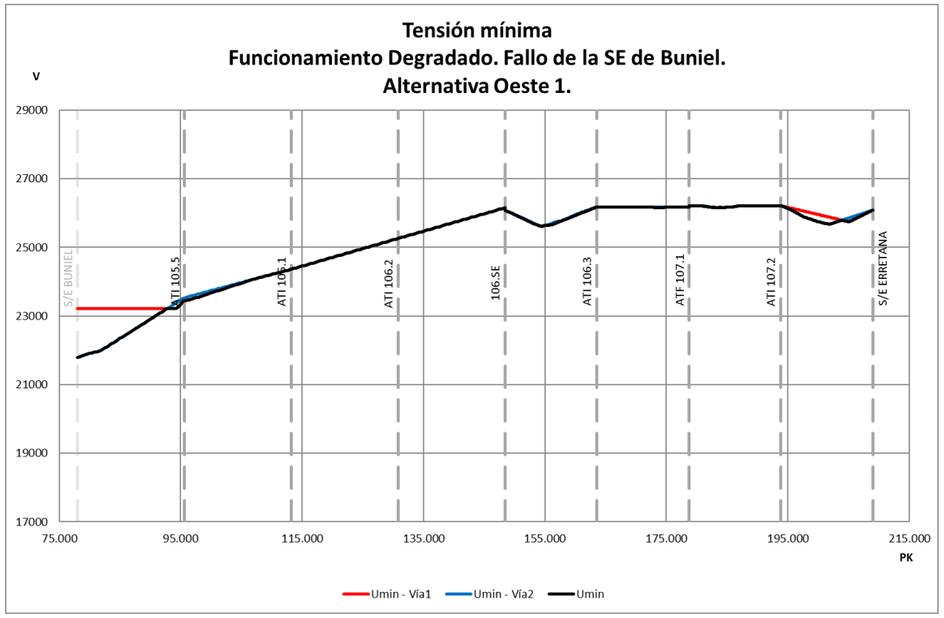


5.1.2.1. Tensión en catenaria

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

De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria es de 21,790 kV.

Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Buniel y Erretana en una de las más desfavorables de las situaciones que se podrían esperar.



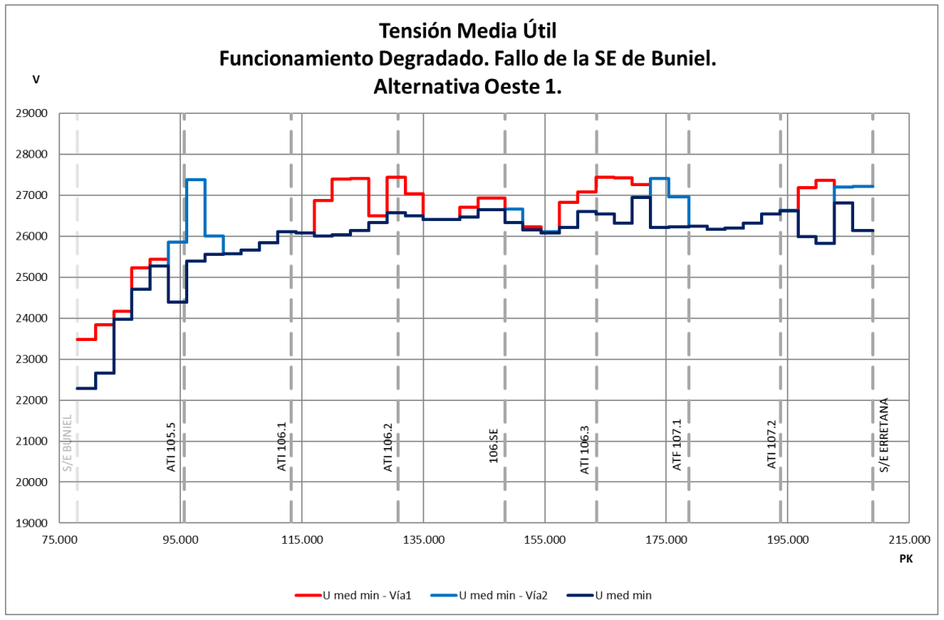
5.1.2.2. Tensión media útil

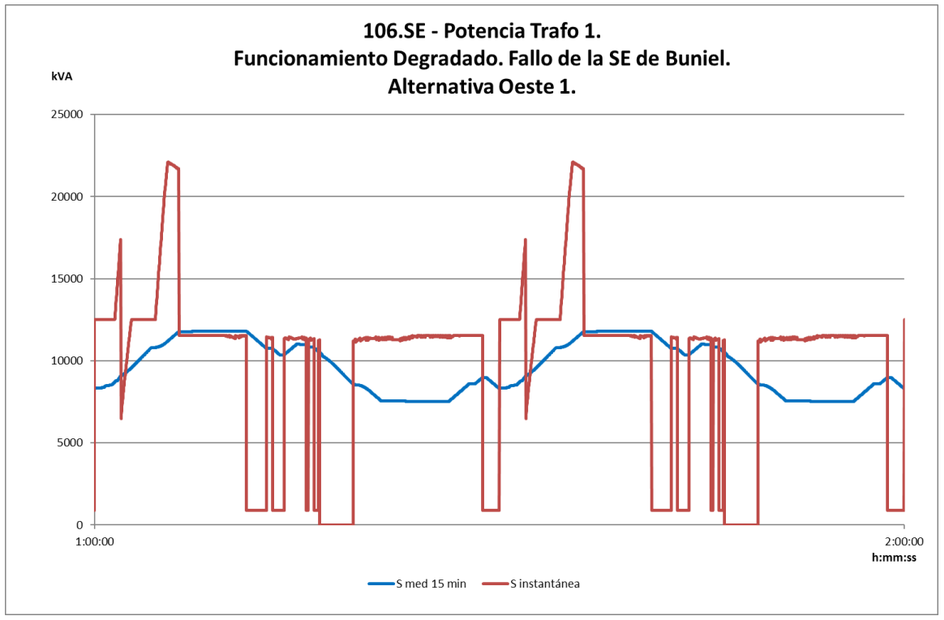
Los valores de tensión media útil en pantógrafo alcanzados para el caso de que la subestación de tracción de Buniel quede fuera de servicio se muestran en el siguiente gráfico.

De acuerdo al mismo, el valor mínimo alcanzado es de 22,284 kV. Este valor es inferior al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo, lo que supone que, en principio, las unidades circulantes no serían capaces de completar el trayecto sin perder capacidad de tracción.

No obstante, dado que esta tensión reducida se mantendría únicamente el tiempo que la unidad circulante estuviera demandando potencia, es decir de forma puntual, que esta pérdida de capacidad de tracción sólo supondría una ligera disminución de velocidad, que como mucho incrementaría ligeramente la duración del trayecto y que esta situación se da en una condición degradada, no se considera necesario modificar el perfil eléctrico propuesto.

Además, debe considerarse que unidades de menor potencia, probablemente, afrontarán caídas de tensión menores y por tanto podrán completar el trayecto sin pérdida de capacidad de tracción, lo que supone que podrán cumplir su horario sin problema.

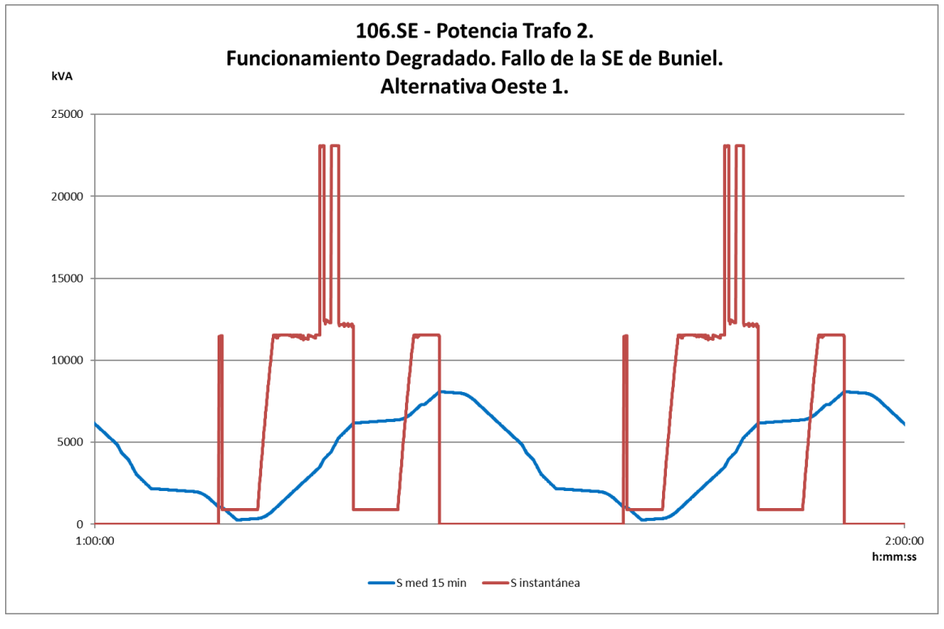


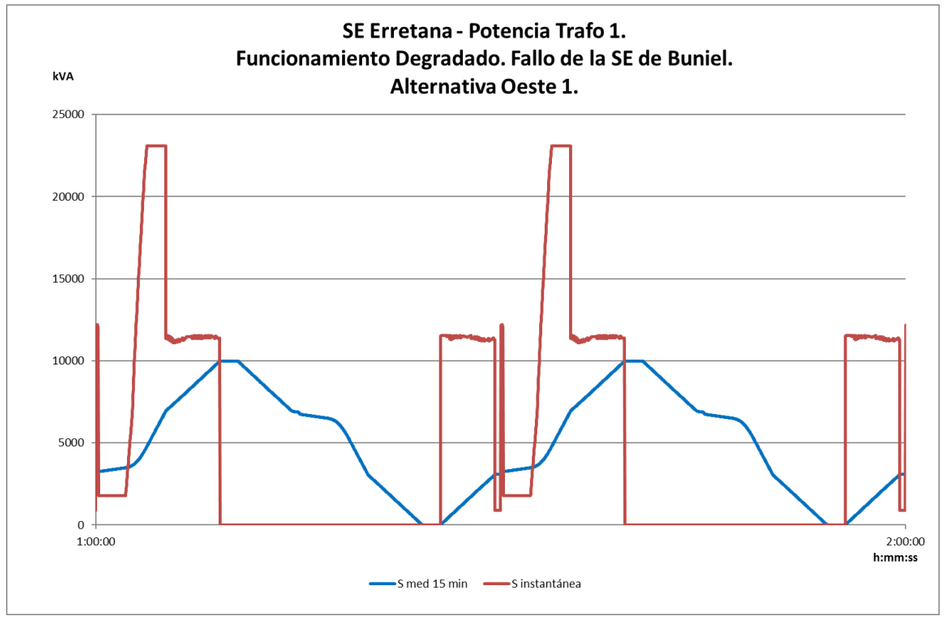


5.1.2.3. Potencia demandada

La siguiente tabla presenta las demandas de potencia soportadas por las subestaciones 106.SE y la de Erretana, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado. Se aportan las gráficas de las potencias demandadas en los transformadores de las subestaciones.

		Pot media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
ATI 105.5	Autotransformador 1	6500.51	10000
ATI 106.1	Autotransformador 1	3124.85	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3737.40	10000
106.SE	Trafo 1	11804.39	30000
106.SE	Trafo 2	8084.18	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3795.70	10000
ATF 107.1	Autotransformador 1	2311.69	10000
ATF 107.1	Autotransformador 2	2639.30	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	4731.17	10000
SE ERRETANA	Autotransformador 1	9978.87	30000





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.

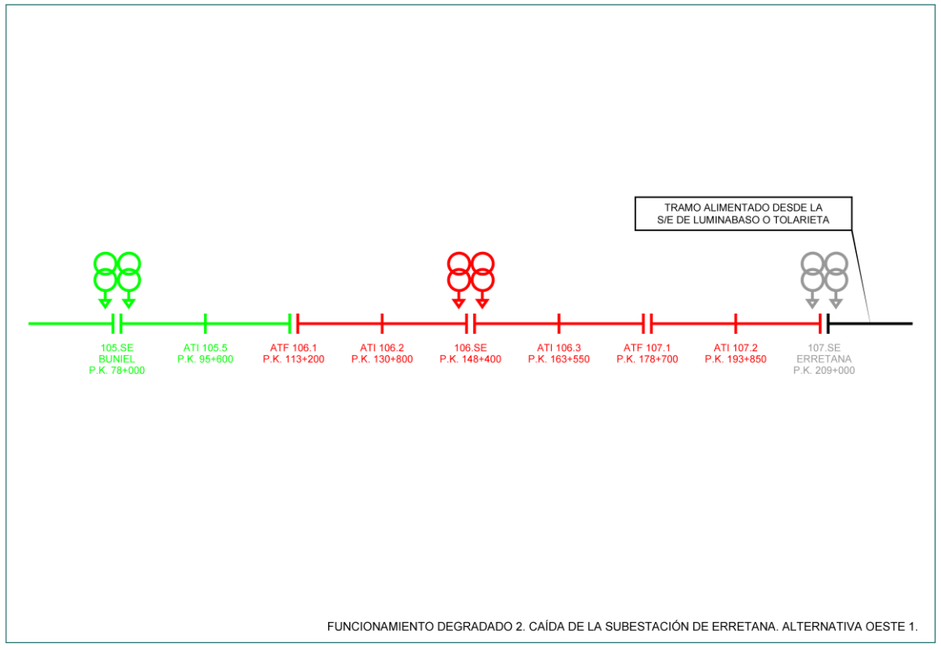
5.1.3. Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Erretana

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Erretana pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde la subestación de Buniel y la subestación 106.SE.

En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de la subestación 106.SE hasta la zona neutra de la subestación de Erretana, a través de las barras del ATF 107.1, con lo que el esquema de alimentación quedaría como se muestra en el esquema 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 107.1 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.

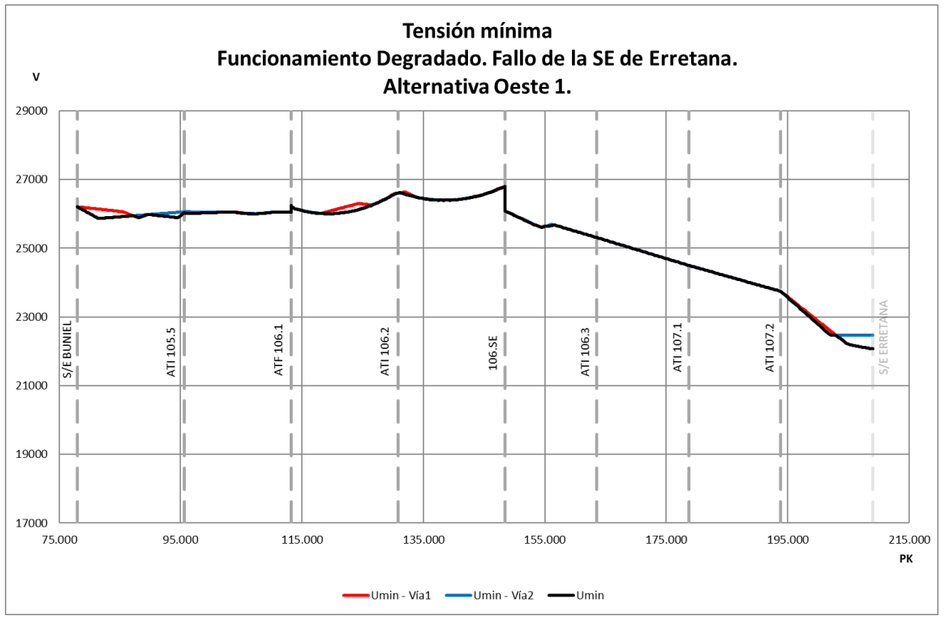


5.1.3.1. Tensión en catenaria

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

De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria es de 22,070 kV.

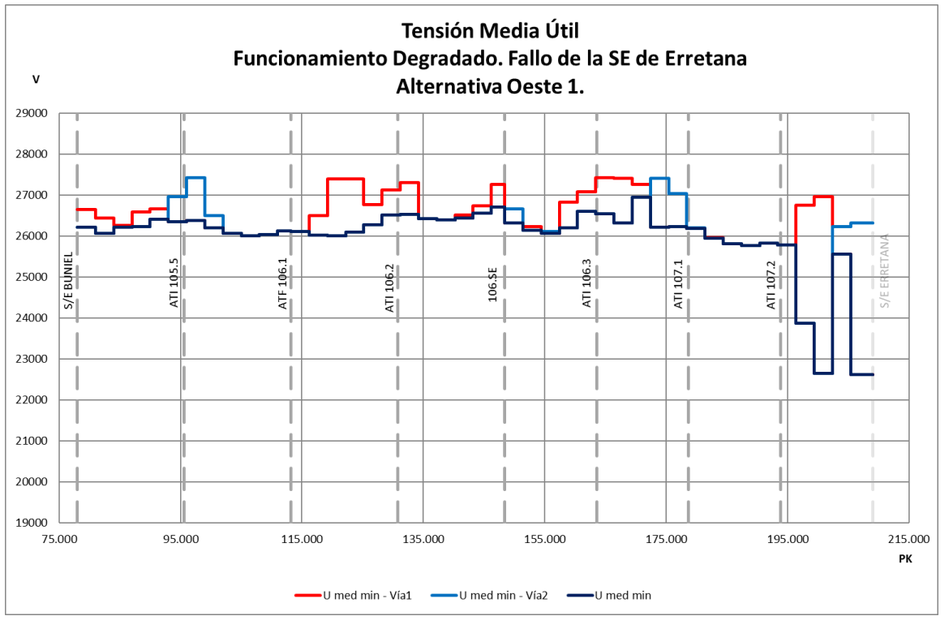
Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Buniel y Erretana en una de las más desfavorables de las situaciones que se podrían esperar. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad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



5.1.3.2. Tensión media útil

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

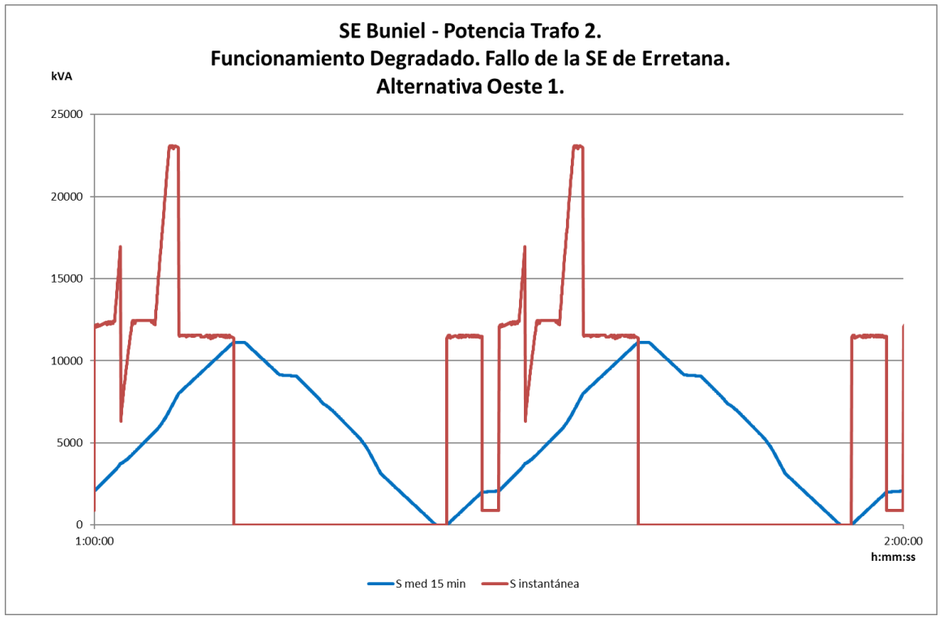
Como puede observarse, los valores de tensión media útil se mantienen en todo momento por encima de los 22,5 kV mínimos necesarios para que las unidades circulantes mantengan su capacidad de tracción. En concreto, el mínimo alcanzado es de 22,618 kV.

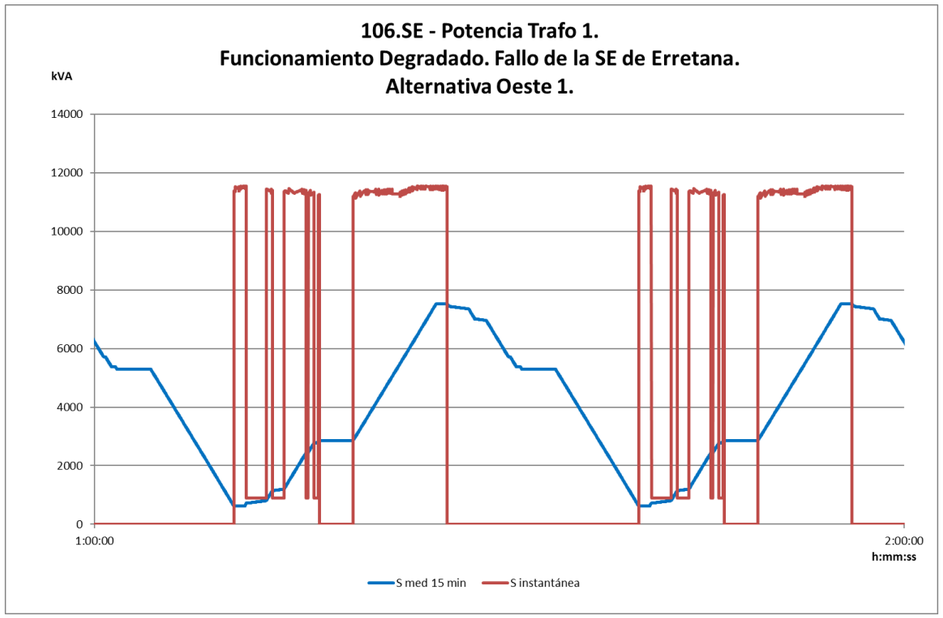


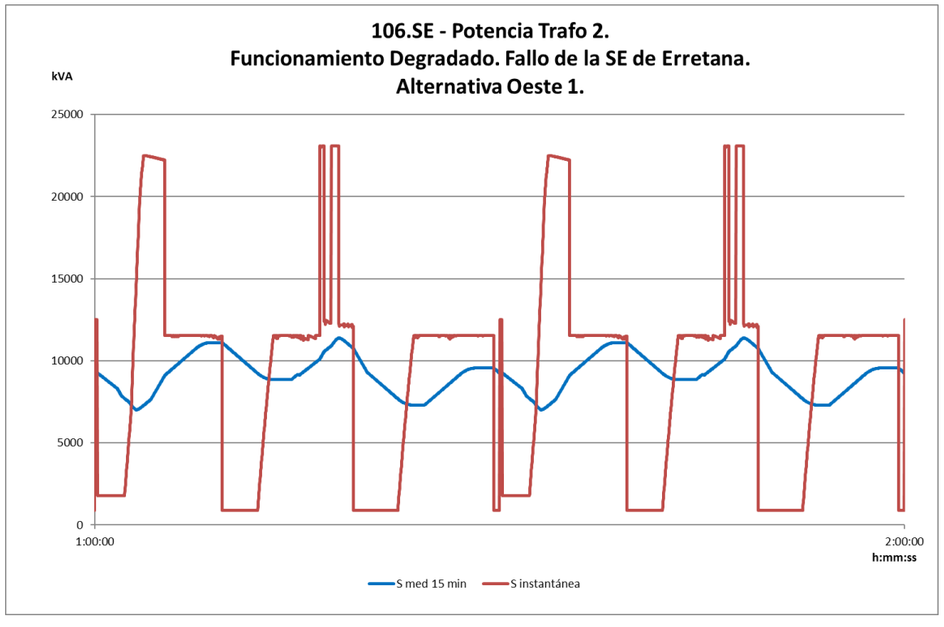
5.1.3.3. Potencia demandada

La siguiente tabla presenta las demandas de potencia soportadas por las subestaciones de Buniel y la 106.SE, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado. Se aportan las gráficas de las potencias demandadas en los transformadores de las subestaciones.

		Pot. media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
SE BUNIEL	Trafo 1	11126.52	30000
ATI 105.5	Autotransformador 1	5202.97	10000
ATF 106.1	Autotransformador 1	2825.56	10000
ATF 106.1	Autotransformador 2	1697.22	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3723.61	10000
106.SE	Trafo 1	7532.69	30000
106.SE	Trafo 2	11399.43	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3856.49	10000
ATI 107.1	Autotransformador 1	3142.82	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	5816.86	10000



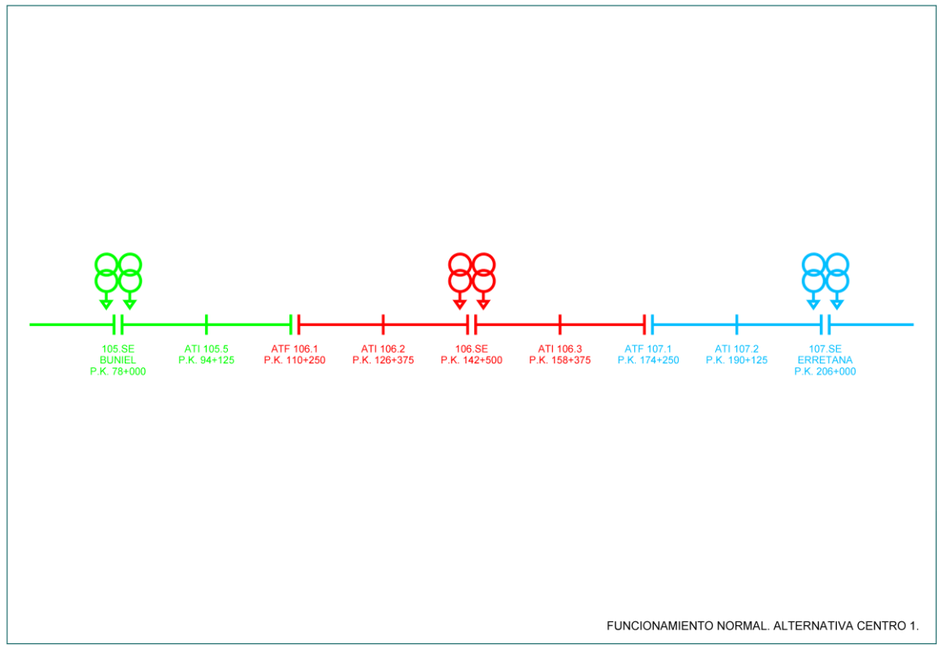




Como puede verse en las mismas, ni la demanda instantánea ni la integrada a 15 minutos, que es la realmente representativa, superan la potencia instalada. Por tanto, se considera que es suficiente la instalación de grupos de 30 MVA.

5.2. ALTERNATIVA CENTRO 1

Se estudia en este caso el esquema de alimentación que se propone emplear para la alimentación a la alternativa Centro 1 para la línea Burgos - Vitoria, 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.

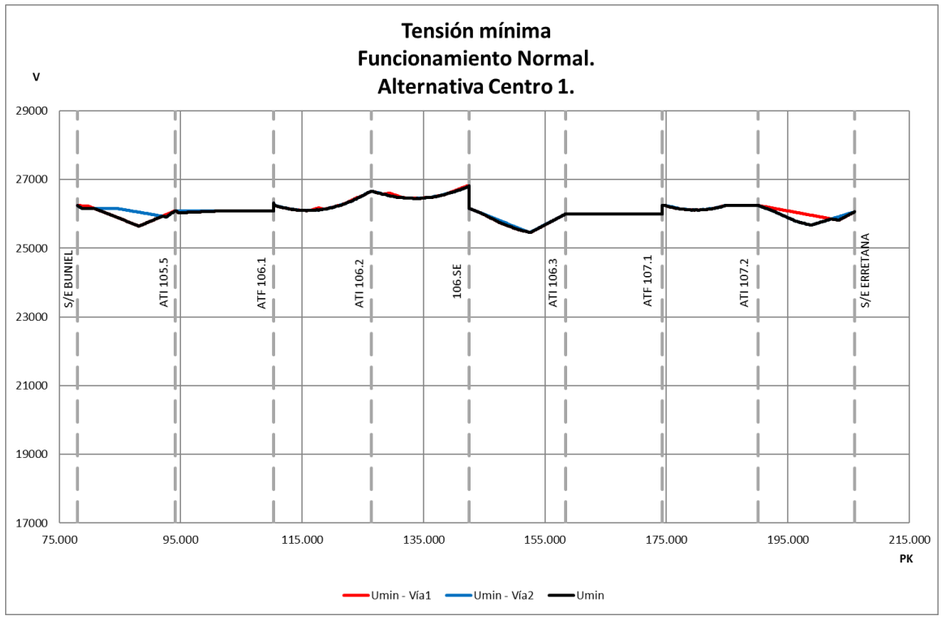


5.2.1. *Funcionamiento Normal*

En este caso 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 Buniel, la subestación 106.SE y Erretana, con todos los centros de autotransformación en servicio.

5.2.1.1. Tensión en catenaria

El gráfico siguiente muestra los valores mínimos de tensión en catenaria a lo largo del trayecto objeto de estudio con las circulaciones estudiadas.



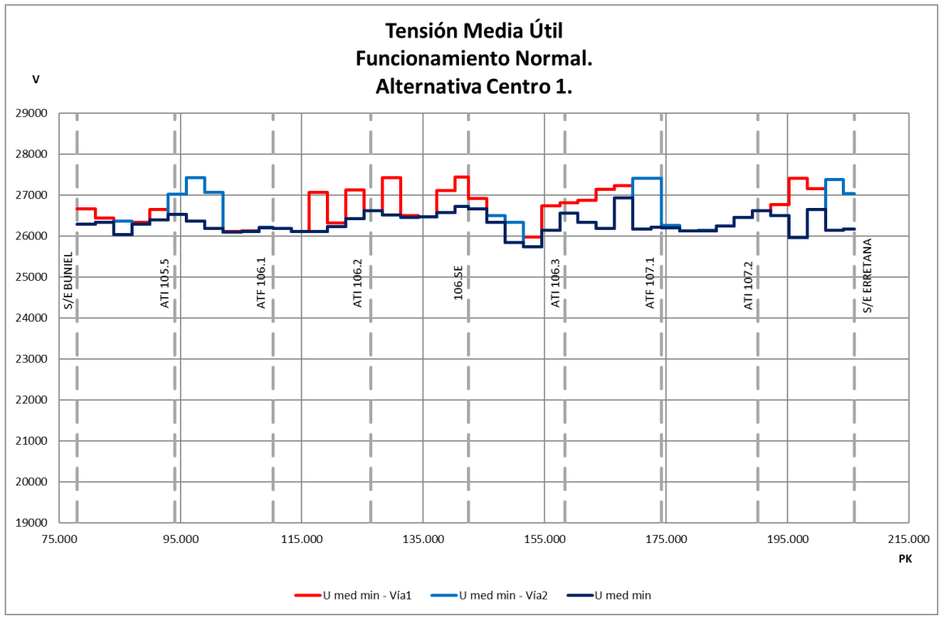
De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria se da en el punto kilométrico 152+573, y tiene un valor de 25,4568 kV.

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

5.2.1.2. Tensión media útil

La gráfica recogida a continuación muestra de forma detallada los resultados obtenidos para la tensión media útil en pantógrafo a lo largo del trayecto.

Como puede observarse, 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 25,735 kV.

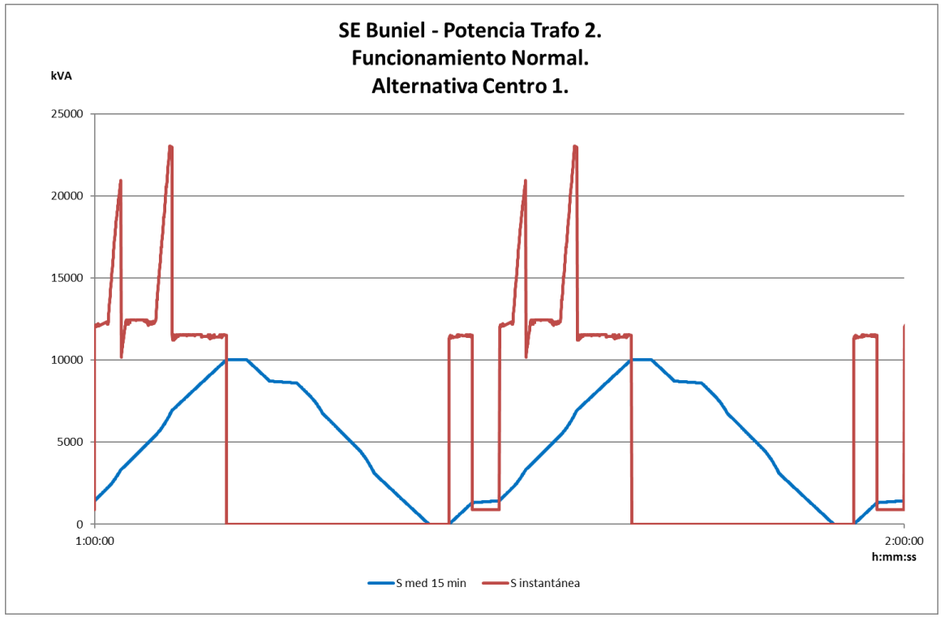


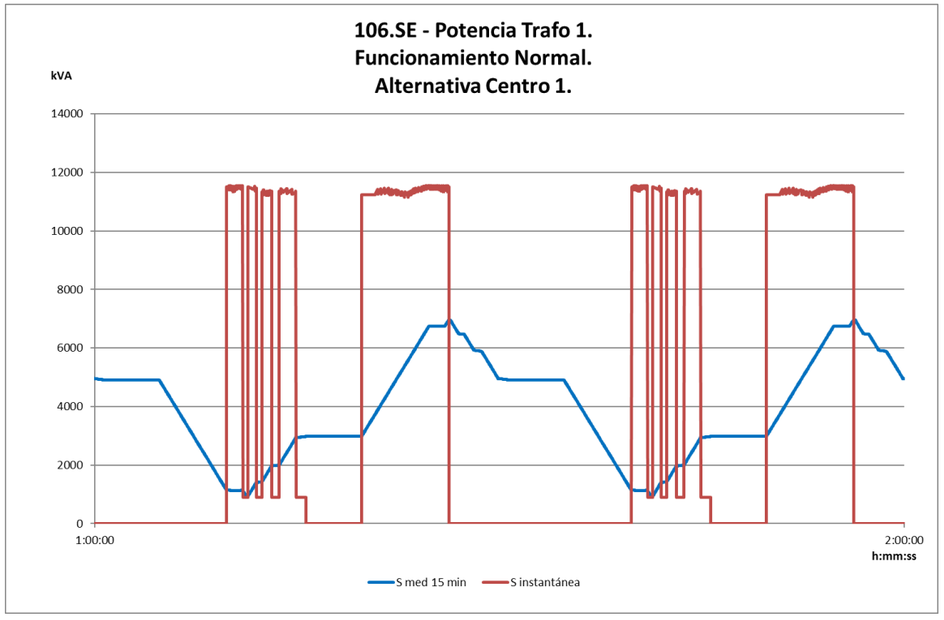
5.2.1.3. Potencia demandada

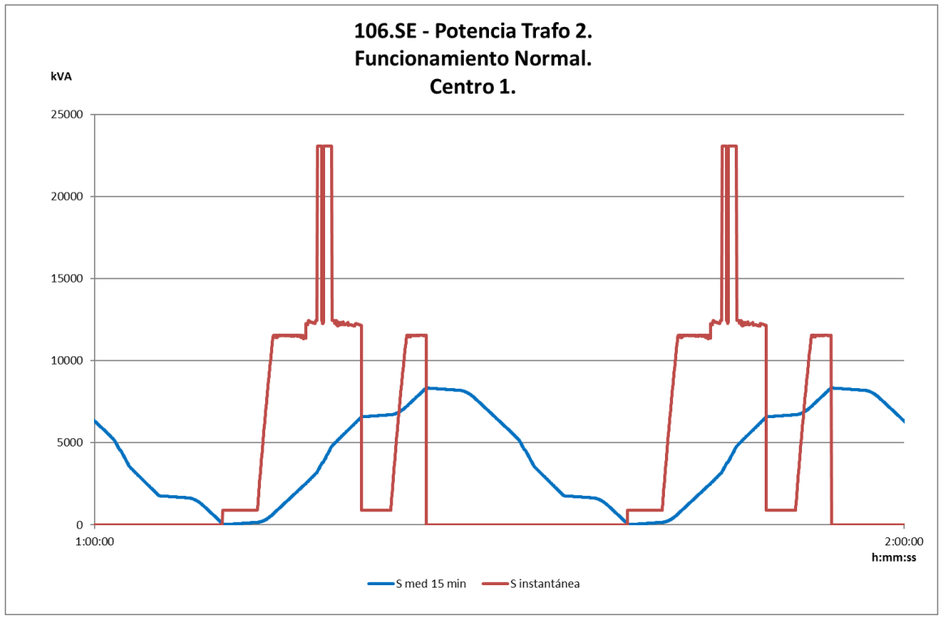
La siguiente tabla resume las potencias medias máximas demandadas de los transformadores de tracción de las subestaciones y los autotransformadores de los centros de autotransformación.

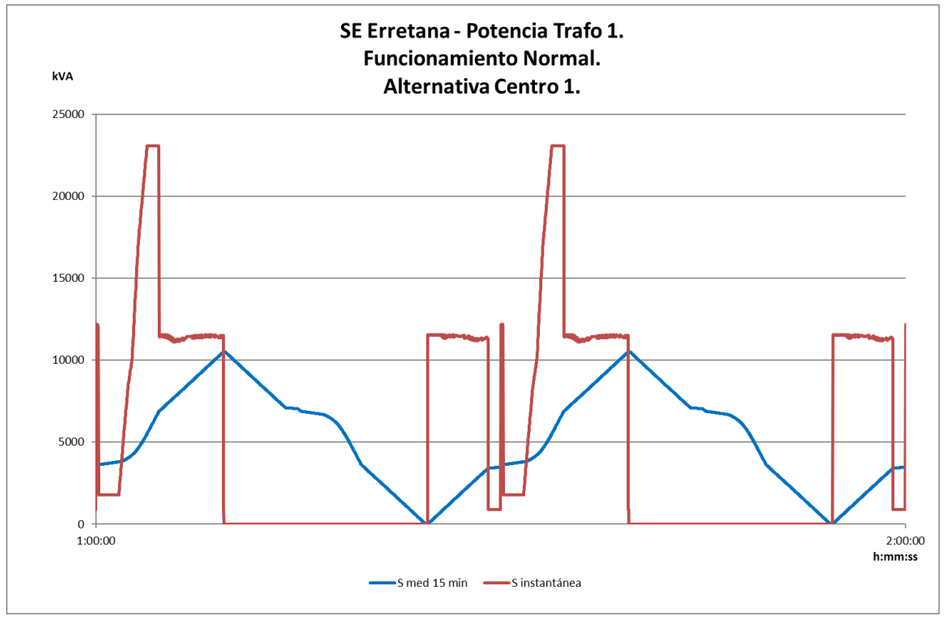
		Pot media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
SE BUNIEL	Trafo 1	10036.02162	30000
ATI 105.5	Autotransformador 1	4700.48	10000
ATF 106.1	Autotransformador 1	2571.80	10000
ATF 106.1	Autotransformador 2	1603.07	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3533.93	10000
106.SE	Trafo 1	6965.20	30000
106.SE	Trafo 2	8343.82	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3817.97	10000
ATF 107.1	Autotransformador 1	2476.05	10000
ATF 107.1	Autotransformador 2	2788.83	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	4972.91	10000
SE ERRETANA	Autotransformador 1	10510.24	30000

A continuación se muestran las gráficas de potencia integrada a 15 minutos demandada de los transformadores de tracción de las subestaciones.









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.

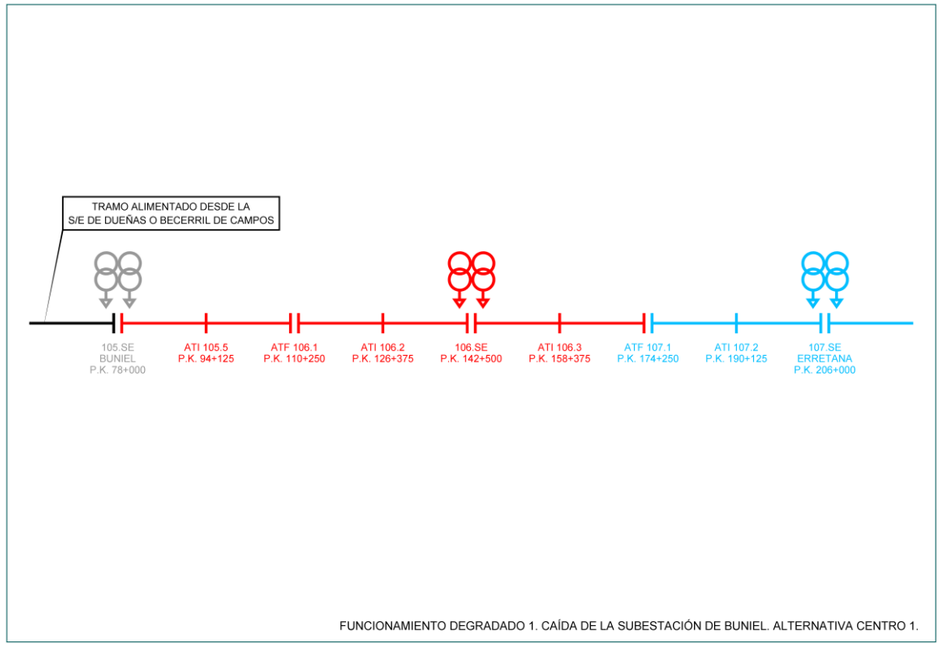
5.2.2. Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Buniel

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Buniel pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde las subestaciones 106.SE y la de Erretana.

En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de la subestación 106.SE hasta la zona neutra de la subestación de Buniel, a través de las barras del ATF 106.1, con lo que el esquema de alimentación quedaría como se muestra en el esquema 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 106.1 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.

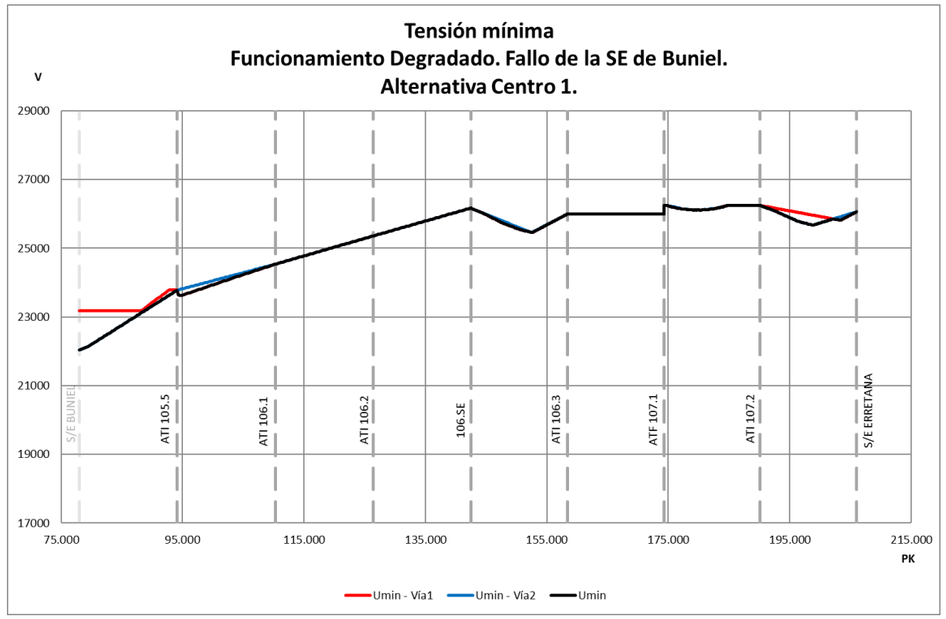


5.2.2.1. <u>Tensión en catenaria</u>

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

De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria es de 22.045 kV.

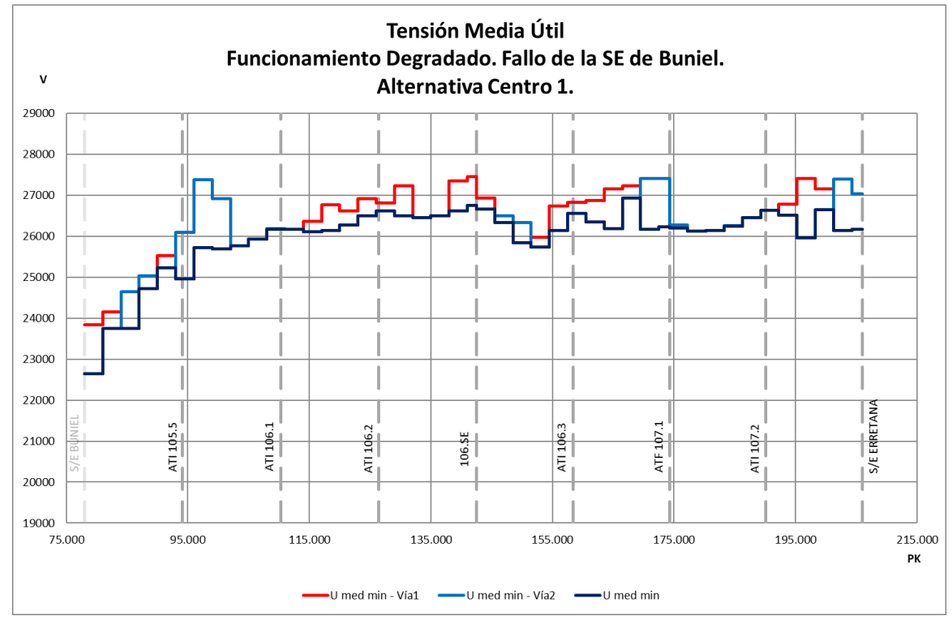
Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Buniel y Erretana en una de las más desfavorables de las situaciones que se podrían esperar. Sin embargo, para confirmar que además pueden hacerlo sin perder capacidad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



5.2.2.2. Tensión media útil

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

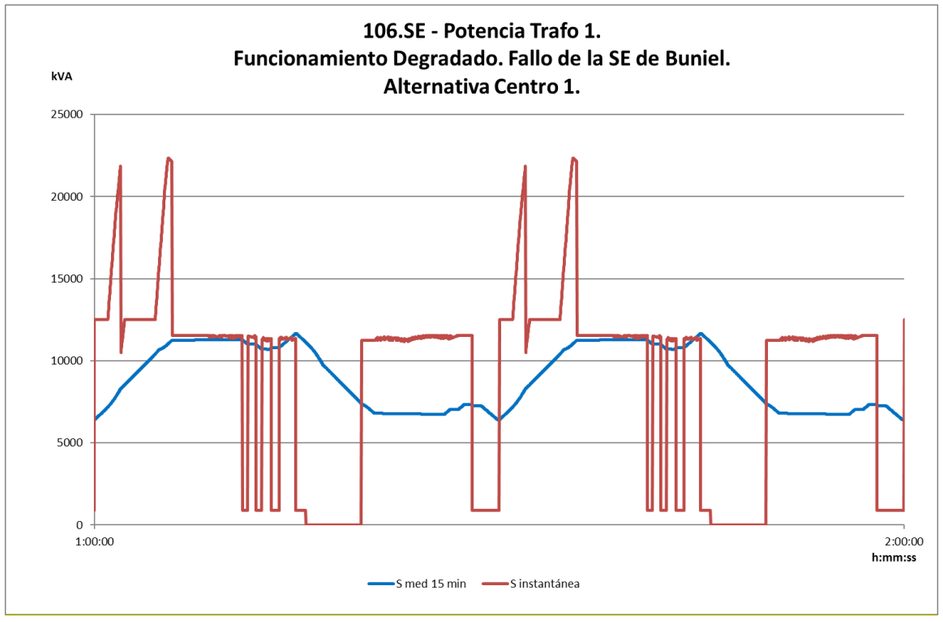
De acuerdo al mismo, el valor mínimo alcanzado es de 22,643 kV, superior al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo, por lo que las unidades circulantes no pierden capacidad de tracción.

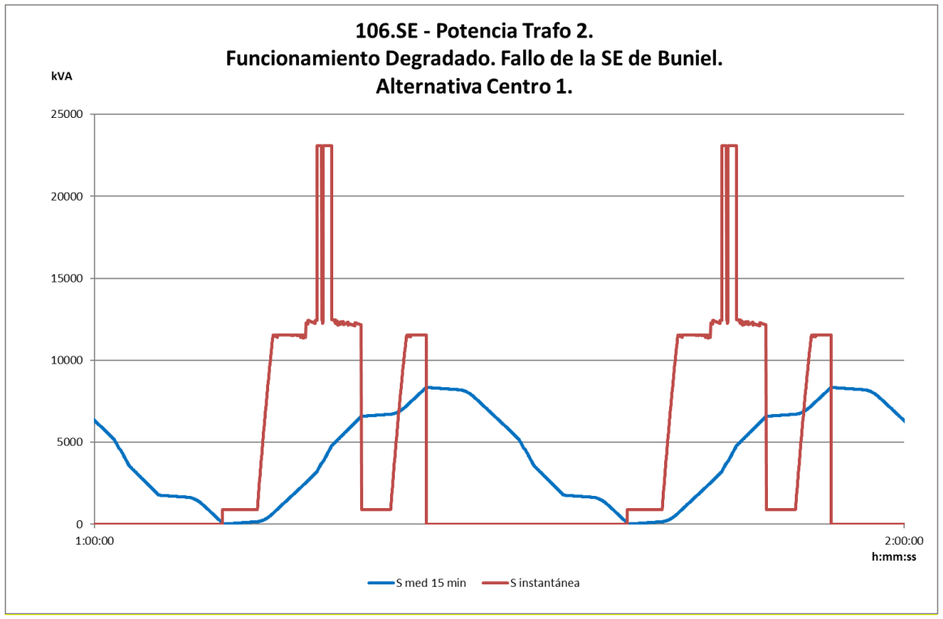


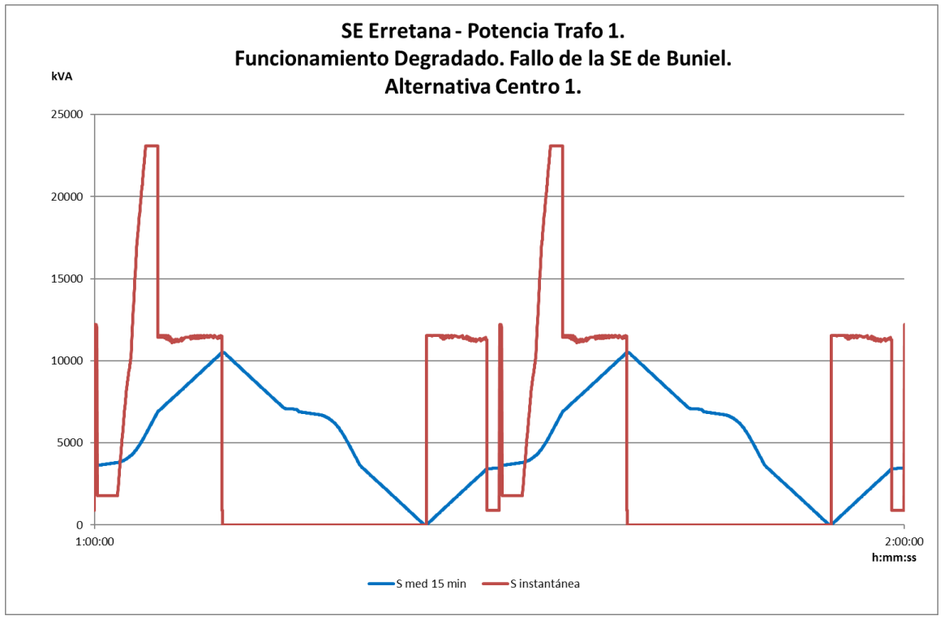
5.2.2.3. Potencia demandada

La siguiente tabla presenta las demandas de potencia soportadas por las subestaciones 106.SE y la de Erretana, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado. Se aportan las gráficas de las potencias demandadas en los transformadores de las subestaciones.

		Pot media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
ATI 105.5	Autotransformador 1	5973.00	10000
ATI 106.1	Autotransformador 1	3169.94	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3515.58	10000
106.SE	Trafo 1	11653.14	30000
106.SE	Trafo 2	8343.82	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3817.97	10000
ATF 107.1	Autotransformador 1	2476.05	10000
ATF 107.1	Autotransformador 2	2788.83	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	4972.91	10000
SE ERRETANA	Autotransformador 1	10510.24	30000







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.

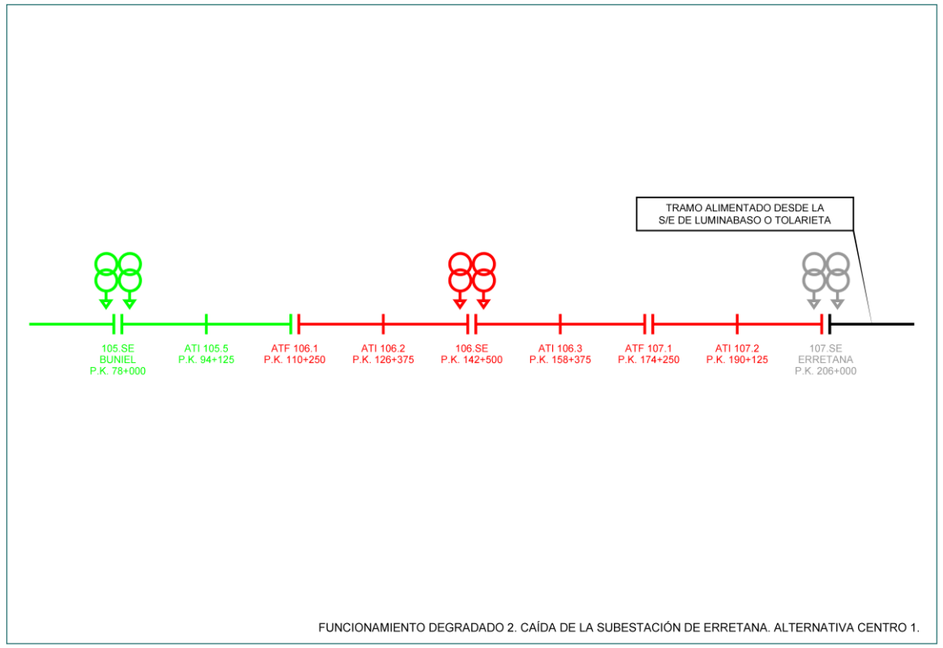
5.2.3. Funcionamiento degradado. Fallo de la SE de Erretana

Se estudia en este caso la posibilidad de que la subestación de Erretana pudiera quedar fuera de servicio por algún motivo, situación en la que el trayecto tendría que alimentarse desde la subestación de Buniel y la subestación 106.SE.

En este caso, se daría continuidad al área de alimentación de la subestación 106.SE hasta la zona neutra de la subestación de Erretana, a través de las barras del ATF 107.1, con lo que el esquema de alimentación quedaría como se muestra en el esquema 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 107.1 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.

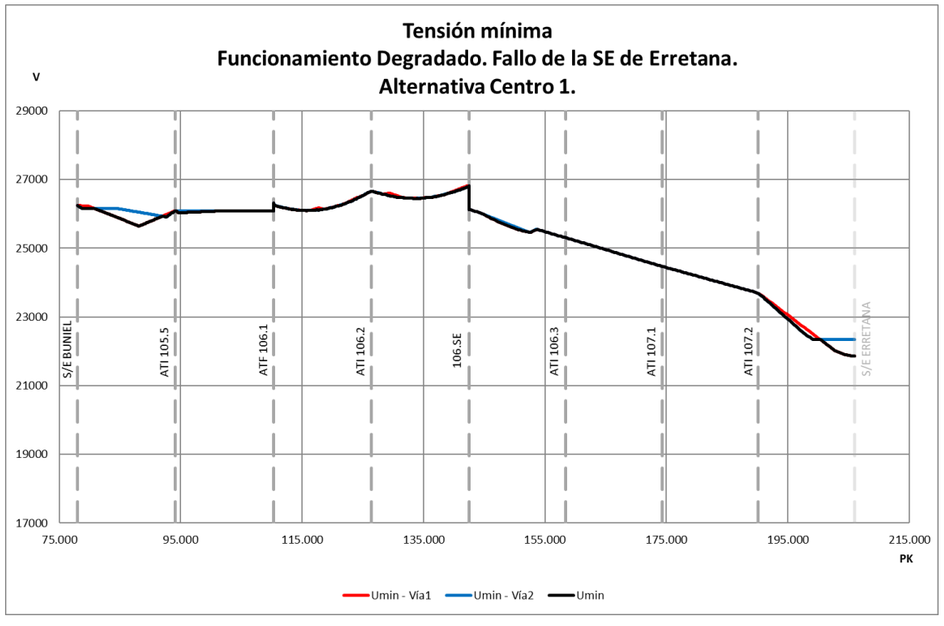


5.2.3.1. Tensión en catenaria

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

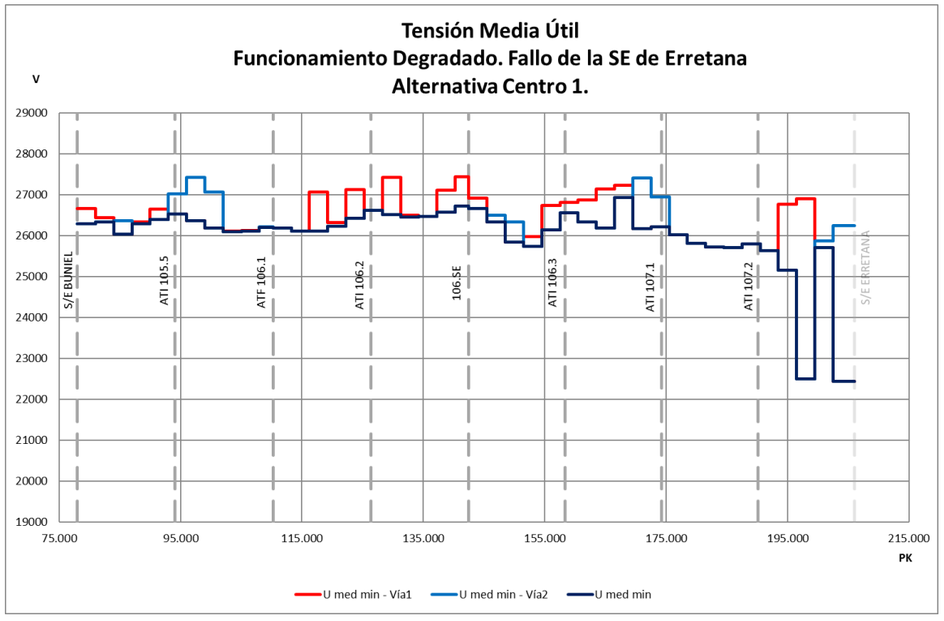
De acuerdo al mismo, la mínima tensión instantánea en catenaria es de 21.854 kV.

Esto supone que, como la tensión en catenaria no cae por debajo de 19 kV, las unidades consideradas pueden completar el trayecto entre Buniel y Erretana en una de las más desfavorables 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.



5.2.3.2. Tensión media útil

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



De acuerdo al mismo, el valor mínimo alcanzado es de 22,439 kV. Este valor es inferior al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo, lo que supone que, en principio, las unidades circulantes no serían capaces de completar el trayecto sin perder capacidad de tracción.

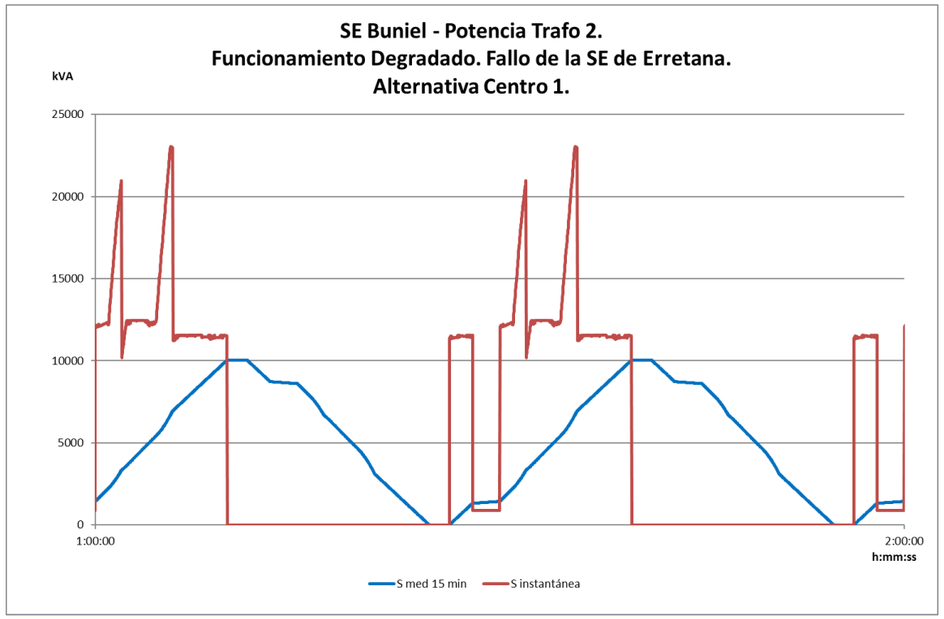
No obstante, dado que esta tensión reducida se mantendría únicamente el tiempo que la unidad circulante estuviera demandando potencia, es decir de forma puntual, que esta pérdida de capacidad de tracción sólo supondría una ligera disminución de velocidad, que como mucho incrementaría ligeramente la duración del trayecto y que esta situación se da en una condición degradada, no se considera necesario modificar el perfil eléctrico propuesto.

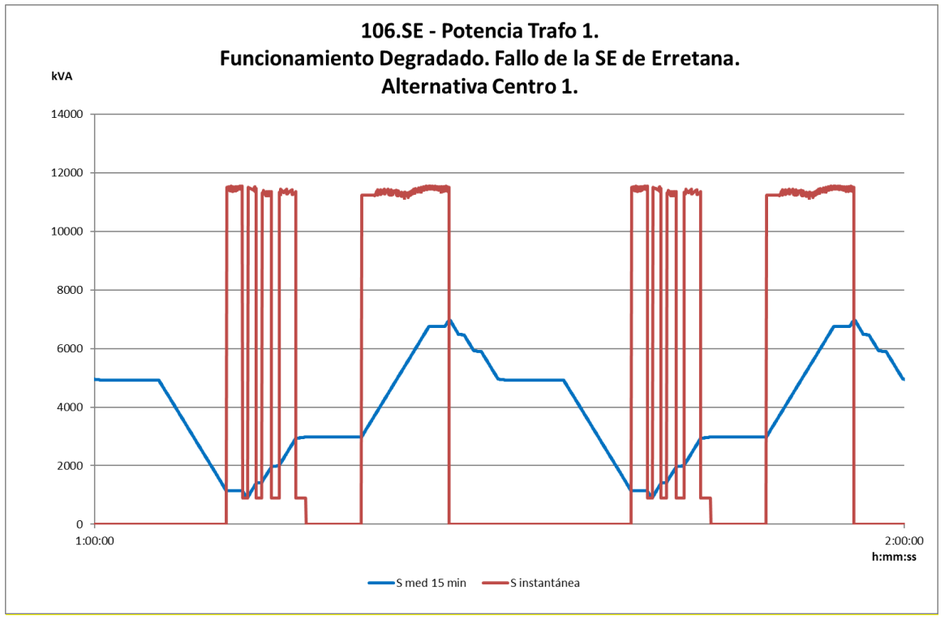
Además, debe considerarse que unidades de menor potencia, probablemente, afrontarán caídas de tensión menores y por tanto podrán completar el trayecto sin pérdida de capacidad de tracción, lo que supone que podrán cumplir su horario sin problema.

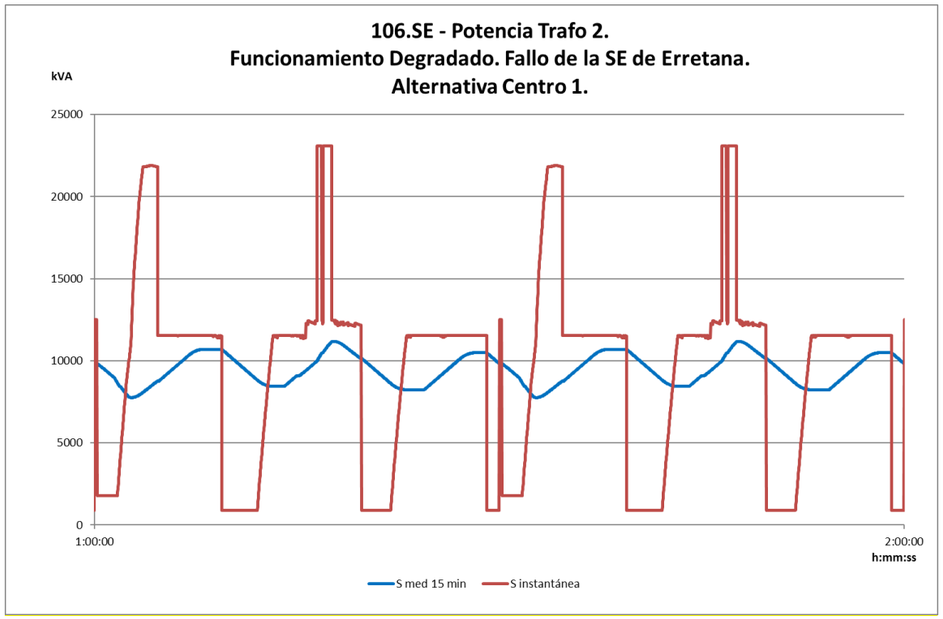
5.2.3.3. Potencia demandada

La siguiente tabla presenta las demandas de potencia soportadas por las subestaciones de Buniel y la 106.SE, así como por los diferentes centros de autotransformación del trazado. Se aportan las gráficas de las potencias demandadas en los transformadores de las subestaciones.

		Pot. media15 min (kVA)	Potencia disponible(kVA)
SE BUNIEL	Trafo 1	10036.02162	30000
ATI 105.5	Autotransformador 1	4700.48	10000
ATF 106.1	Autotransformador 1	2571.80	10000
ATF 106.1	Autotransformador 2	1603.07	10000
ATI 106.2	Autotransformador 1	3533.93	10000
106.SE	Trafo 1	6965.20	30000
106.SE	Trafo 2	11177.80	30000
ATI 106.3	Autotransformador 1	3932.33	10000
ATI 107.1	Autotransformador 1	3111.24	10000
ATI 107.2	Autotransformador 1	6044.95	10000







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.

6. CONCLUSIONES

En vista de lo expuesto a lo largo de este estudio de dimensionamiento, puede concluirse que es viable alimentar la electrificación del nuevo tramo de línea de alta velocidad Burgos – Vitoria, alternativas Oeste 1 y Centro 1, a mediante los esquemas eléctricos de alimentación propuestos en los apartados 5.1. “Alternativa Oeste 1” y 5.2. “Alternativa Centro 1”, de este documento, ya que, para las condiciones de funcionamiento normal y degradado 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, no obstante, para las situaciones degradadas “Alternativa Oeste 1, fallo de la subestación de Buniel” y “Alternativa Centro 1, fallo de la subestación de Erretana”, que se alcanza, de forma puntual, un valor tensión media útil de 22,284 kV y 22,439 kV, respectivamente. Valores algo inferiores al mínimo exigible por normativa de 22,5 kV de tensión media útil en pantógrafo, lo que supone que, en principio, las unidades circulantes no serían capaces de completar el trayecto sin perder capacidad de tracción. No obstante, dado que esta tensión reducida se mantendría únicamente el tiempo que la unidad circulante estuviera demandando potencia, es decir de forma puntual, esta pérdida de capacidad de tracción sólo supondría una mínima disminución de velocidad, que como mucho incrementaría ligeramente, de forma no apreciable, la duración del trayecto. Además, ha de considerarse que esta situación se da en una condición degradada. Por tanto, no se considera necesario modificar el perfil eléctrico propuesto.