
INSTALACIONES DE ELECTRIFICACIÓN, SEGURIDAD Y COMUNICACIONES

**ANEJO
7**

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. Electrificación | 1 |
| 1.1. Generalidades..... | 1 |
| 1.2. Subestación de tracción y centros de autotransformación asociados..... | 1 |
| 1.2.1. Subestación de tracción de la palma del condado | 2 |
| 1.3. Línea aérea de contacto | 7 |
| 1.3.1. Características generales del sistema | 7 |
| 1.3.2. Elementos de sustentación: Cimentaciones, postes y pórticos | 9 |
| 1.4. Telemando de energía | 11 |
| 2. Instalaciones de seguridad y comunicaciones..... | 13 |
| 2.1. Introducción | 13 |
| 2.2. Enclavamientos..... | 13 |
| 2.2.1. Tecnología de los enclavamientos | 14 |
| 2.2.2. Configuración..... | 14 |
| 2.2.3. Seguridad en los enclavamientos | 15 |
| 2.2.4. Telemando de los enclavamientos | 16 |
| 2.2.5. Sistema puntual de frenado ASFA | 16 |
| 2.2.6. Sistema ERTMS/ETCS..... | 16 |
| 2.3. Bloqueos | 17 |
| 2.3.1. Señales de bloqueo | 17 |
| 2.3.2. Señales intermedias en los PBLs | 18 |
| 2.3.3. Mando de establecimiento de un bloqueo | 18 |
| 2.4. Sistemas de energía | 18 |
| 2.5. Sistema de telecomunicaciones..... | 18 |
| 2.6. Sistema de radio móvil GSM-R..... | 20 |

Apéndice 1. Estudio de dimensionamiento eléctrico

1. Electrificación

En este apartado se recoge la descripción del sistema de electrificación propuesta para las alternativas desarrolladas en la línea de alta velocidad en ancho internacional, que formarían parte de la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla - Huelva.

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. Generalidades

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.

Se ha analizado el sistema de alimentación y catenaria de las seis alternativas contempladas en este Estudio Informativo analizando la propuesta de ADIF con Red Eléctrica de dotar al sistema de 2 subestaciones, una ubicada en el entorno de Casa Quemada y otra ubicada en el entorno de Palma del Condado.

Se convoca y celebra una reunión adicional en la Dirección de Construcción de Alta Velocidad de Adif el 19 de abril de 2018. Adif informa a MIFO e Ineco de que ha efectuado tramitaciones previas para realizar una subestación de tracción en el entorno de San Lúcar La Mayor, denominada subestación de Casa Quemada, y que la línea Sevilla-Huelva deberá alimentarse de una forma independiente de la línea Madrid-Sevilla. Además, Adif aporta a Ineco un pasillo previsto para alimentar esta subestación desde la línea de alta tensión de REE.

Por lo cual, se toma este escenario como base de estudio.

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 Sevilla y Huelva se requiere la ejecución de dos subestaciones de tracción.

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

- Pasillo de ubicación para las subestaciones de Casa Quemada y La Palma del Condado.
- 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 Casa Quemada se ubicará entorno al p.k. 28 de la LAV Sevilla - Huelva, mientras que la de La Palma del Condado se ubicará en torno al p.k. 53. Estos p.k. variarán según la alternativa correspondiente.

En el caso de la subestación de La Palma del Condado, la conexión a la red de transporte va a realizarse desde la 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).

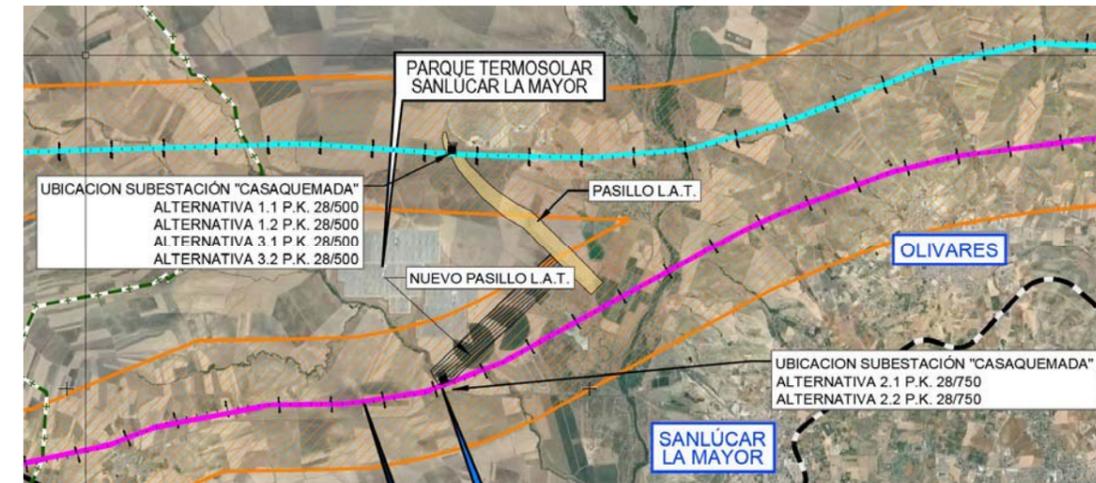
Por tanto, en este caso, al no haber separación entre las subestaciones de transporte y de tracción, dado que serán contiguas según se ha indicado, no se requerirá la construcción de acometidas eléctricas dedicadas al suministro a la subestación de tracción.

En el caso de la subestación de Casa Quemada, la conexión a la red de REE se realizará en la subestación de REE ya existente en ese entorno. Subestación de tracción de casa quemada

La subestación de tracción se prevé ubicar en los p.k. siguientes, según las alternativas:

| Alternativa | P.K. |
|-------------|--------|
| 1-1 | 28+500 |
| 1-2 | 28+500 |
| 2-1 | 28+750 |
| 2-2 | 28+750 |
| 3-1 | 28+500 |
| 3-2 | 28+500 |

En el siguiente gráfico se indica la posición de la subestación de Casa Quemada con las distintas alternativas.



En caso de las alternativas 2.1 y 2.2, las acometidas toman como referencia el pasillo facilitado por REE, salvo en su conexión final en la que se propone un tramo de nueva conexión, ya que el PAET está previsto al Oeste de este corredor dirección Huelva. La longitud del nuevo pasillo de AT, es de aproximadamente 2.5 Km

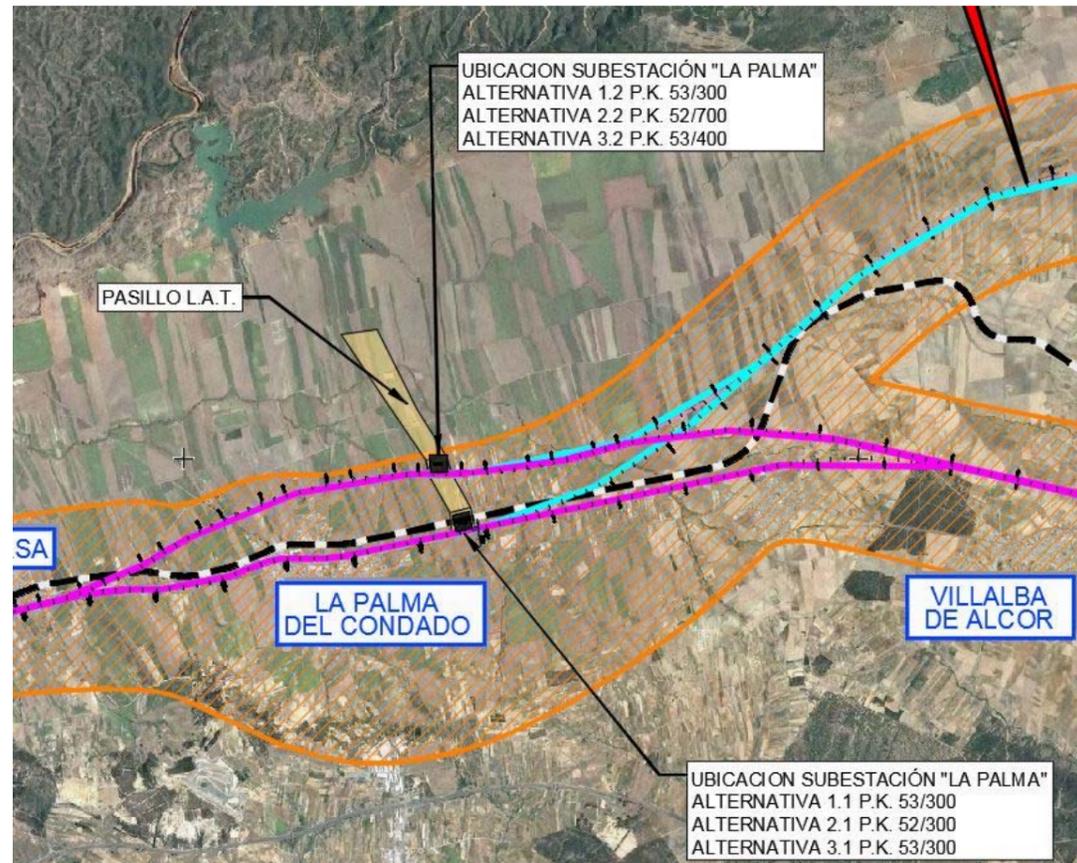
Para el resto de las alternativas (1-1, 1-2, 3-1, y 3-2) la acometida eléctrica es de longitud muy reducida, como puede verse en los planos del presente Estudio.

1.2.1. Subestación de tracción de la palma del condado

La subestación de tracción se prevé ubicar en los p.k. siguientes, según las alternativas:

| Alternativa | P.K. |
|-------------|--------|
| 1-1 | 53+300 |
| 1-2 | 53+300 |
| 2-1 | 52+300 |
| 2-2 | 52+700 |
| 3-1 | 53+300 |
| 3-2 | 53+400 |

En el siguiente gráfico se indica la posición de la subestación de La Palma del Condado con las distintas alternativas.



Como se puede apreciar en el gráfico, la huella del pasillo de la línea de alta tensión prevé la ubicación de las subestaciones en las siguientes alternativas. En el caso de las alternativas 1-1, 2-1 y 3-1 dicha huella queda a escasamente 50 m del eje de la traza de la LAV prevista.

Como ha podido observarse anteriormente, al ser contiguas las futuras subestaciones de tracción (ADIF) y transporte (REE), no es necesaria la ejecución de nuevas acometidas eléctricas entre ambas instalaciones en todas las alternativas propuestas.

Configuración de la subestación de tracción

A nivel de Estudio Informativo, se han previsto unas áreas en las que se propone implantar las futuras subestaciones de tracción, que deberán desarrollarse con más detalle en la fase de Proyecto Constructivo.

En el caso de la subestación de tracción de Casa Quemada será de dimensiones 150 x 150 m; mientras que en el caso de La Palma del Condado será de 250 x 250 m (área prevista para la subestación de ADIF y la futura REE).

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 (ambas vías) de la subestación, y dos para la alimentación del lado 2 de la subestación (ambas vías).

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 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 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.

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 informativo.

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 1-1 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+500 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MI |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 53+300 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 68+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 83+300 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATF 3.1 | 94+350 | 25,00 | 35,00 | MD |

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 1-2 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+500 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MI |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 53+300 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 67+700 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 82+700 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATF 3.1 | 94+250 | 25,00 | 35,00 | MD |

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 2-1 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+750 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 52+300 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 68+400 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 83+400 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATF 3.1 | 95+460 | 25,00 | 35,00 | MD |

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 2-2 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+750 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 52+700 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 68+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 83+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATF 3.1 | 95+720 | 25,00 | 35,00 | MD |

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 3-1 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+500 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MI |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 53+300 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 67+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 82+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATF 3.1 | 96+440 | 25,00 | 35,00 | MD |

| | DESIGNACIÓN | PPKK | DIMENSIONES (m) | | SITUACION |
|-----------------|--|--------|-----------------|--------|-----------|
| ALTERNATIVA 3-2 | ATI 1.1 | 0+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | ATI 1.2 | 14+000 | 25,00 | 25,00 | MD |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "CASAQUEMADA" | 28+500 | 150,00 | 150,00 | MD |
| | ATF 2.1 | 40+000 | 25,00 | 35,00 | MI |
| | SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRACCIÓN "LA PALMA DEL CONDADO" | 53+400 | 250,00 | 250,00 | MD |
| | ATI 2.2 | 68+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATI 2.3 | 83+300 | 25,00 | 25,00 | MI |
| | ATF 3.1 | 96+350 | 25,00 | 35,00 | MD |

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.

CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN FINALES: ATF 2.1

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 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.
- Una (1) salida lateral desde la barra de feeder para acometida a celdas de servicios auxiliares.
- Dos (2) celdas blindadas de 36 kV de SF₆ 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.

CENTROS DE AUTOTRANSFORMACIÓN INTERMEDIOS Y CENTRO DE AUTOTRANSFORMACIÓN FINALES ATF 1.1 Y 3.1

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 Excepto para el caso del ATI 1.1, que será de 15MVA.

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.

1.3.1. Características generales del sistema

1. 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: 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 ($T = 15.45 \text{ kN}$).
- › 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.

2. 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: $\sigma_{\max} = 0,3F_m(N)$
- 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

3. 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 %

4. 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 180° 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 120° 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 ° | 43,3 kV | 400mm | 230mm |
| 25 kV | 180 ° | 50 kV | 540mm | 300mm |

1.3.2. 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 Sevilla - Huelva 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 (IISCC).

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 Area 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

2. Instalaciones de seguridad y comunicaciones

2.1. Introducción

Las instalaciones de seguridad tienen por objeto garantizar la circulación de los distintos trenes con los niveles de seguridad exigidos. Se dividen comúnmente en enclavamientos (aseguran la circulación por estaciones) y bloqueos (ampan la marcha de los trenes en plena línea).

Cuando los enclavamientos de las estaciones de una línea y sus bloqueos intermedios pueden ser controlados y operados desde un puesto central se dice que la línea cuenta con un Control de Tráfico Centralizado (CTC).

El Gestor de Infraestructura Ferroviaria está desarrollando en la actualidad el sistema a implantar en la línea de Madrid a Lleida que será base para las futuras líneas de alta velocidad, incluida la que es objeto del presente estudio.

Se ha previsto equipar la línea de ancho internacional con el sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System), como consecuencia de la Directiva 96/48/CE. Este sistema es compatible con cualquier sistema convencional que se quiera instalar, como la señalización luminosa lateral.

El enclavamiento de la estación término se propone electrónico, complementado con las eurobalizas que permitan el control automático de los trenes.

Las instalaciones de Telecomunicaciones serán las normales en este tipo de líneas. Estará constituida por una red de fibra óptica a lo largo de toda la línea.

La red de telefonía móvil será mediante un sistema GSM-R.

2.2. Enclavamientos

Mediante los enclavamientos se realiza el establecimiento de los itinerarios y de las maniobras de los trenes que estén en el ámbito interno de las estaciones, apartaderos y puestos de banalización (PB).

Se controla la circulación a través de los by-pass con otras líneas y en los bloqueos entre los puntos anteriores, incluyendo el control de las señales de los P.P.B.B, y el control y el mando de los elementos y aparatos de campo.

Pueden ser telemandados desde uno o varios puestos remotos, a los que transmitirán la información necesaria para la representación de elementos y aparatos.

Los enclavamientos proporcionan también la información necesaria al sistema ATP/ATC (sistemas de protección del tren) para que éste lleve a cabo las funciones de control y protección de los trenes que circulan por la línea.

Como sistema de protección del tren se ha elegido el sistema europeo ERTMS/ETCS, en su nivel 2 de aplicación. Además, se incluye un equipamiento ASFA para trenes sin ERTMS/ETCS o con el equipo a bordo fuera de servicio. El sistema ETCS (European Train Control System) es un sistema de mando, control y señalización de trenes compuesto por dos subsistemas: el subsistema del tren o equipo embarcado, y el subsistema de vía o equipo exterior. Ambos emplean componentes estándar para comunicarse a través de interfaces estandarizadas. La Directiva Europea 96/48/CE estableció en 1996 la base para la introducción del sistema ETCS y definió las especificaciones que todo sistema debe cumplir para garantizar la interoperabilidad. El ETCS, junto con el sistema vía radio móvil GSM-R y los sistemas estándar europeos de gestión de tráfico, conforman el sistema de gestión europeo de tráfico ferroviario ERTMS (European Rail Traffic Management System).

La normativa de aplicación en la actualidad es la STI contrôle commande definida por la directiva 2008/57/CE del 17/06/08.

El estándar europeo ERTMS/ETCS posibilita la interoperabilidad técnica, normalizando las funciones de control y protección del tren y las interfaces de intercambio de información entre los equipos embarcados en el tren y la infraestructura de la vía.

El nivel de implantación del sistema ERTMS/ETCS previsto es el nivel 2, inicialmente sin señalización lateral de respaldo y sin sistema nacional.

La disposición de señalización lateral y eurobalizas es una cuestión que deberá ser abordada en fases posteriores de estudio, en coordinación con las autoridades ferroviarias nacionales.

La funcionalidad ERTMS / ETCS nivel 2 cumplirá las especificaciones de requisitos del sistema ERTMS / ETCS.

La lista aplicable de especificaciones obligatorias del sistema ERTMS se define a día de hoy en el anexo de la decisión de la Comisión 2010/79/CE. La especificación debe evolucionar rápidamente hacia la versión baseline 3 en 2012.

La versión utilizada será la actual en el momento de las licitaciones de equipo.

Los elementos proyectados del Sistema ERTMS N2 son los siguientes:

- RBCs (Radio Block Centre) que controlen toda la Sección internacional.
- Un Puesto Central de ERTMS integrado en un Centro de Regulación Control a definir.
- Se deberá contemplar la funcionalidad de control local o centralizado de las LTV (limitaciones técnicas de velocidad) así como sistemas de ayuda al mantenimiento, equipo de control de interfaces y registrador jurídico.
- Posibles interfases con sistemas ERTMS colaterales existentes:
- Se tiene que considerar la ingeniería, integración, pruebas y puesta en servicio de definición e implementación acorde con las reglas operacionales y de ingeniería nacionales del interfase de ERTMS Nivel 2, uno por cada lado de la línea.
- También se tiene que considerar el hardware, ingeniería, integración, pruebas y puesta en servicio de definición e implementación acorde con las reglas de ingeniería de ADIF/RFF de un interfase para comunicar LTV (Limitaciones Temporales de Velocidad) de Nivel 2 con otros sistemas colaterales.

2.2.1. Tecnología de los enclavamientos

La tecnología de los enclavamientos será electrónica, limitando el uso de relés a aquellos casos en los que sean necesarios para el mando y control de elementos específicos.

La denominación genérica que se empleará para el enclavamiento electrónico será ENCE (enclavamiento electrónico).

El diseño de estos enclavamientos electrónicos se realiza en base a los siguientes criterios:

- Máximo nivel de seguridad.
- Alta disponibilidad mediante el uso de arquitecturas redundantes.
- Modularidad, que permita una fácil ampliación, tanto funcional como geográfica.
- Conexiones entre módulos separados geográficamente a través de interfaces series redundantes.
- Funcionamiento en modo local o telemandados, pudiéndose realizar el telemando desde varios puestos remotos.
- Sistema de ayuda al mantenimiento que facilite la diagnosis y localización de averías y el mantenimiento.
- Fácil adaptabilidad a los futuros avances tecnológicos que favorezcan la rentabilidad del sistema.
- Interfaces adaptados a estándares internacionales que permitan la conexión con equipos comerciales para el intercambio de información no vital.

2.2.2. Configuración

La configuración de los enclavamientos estará determinada, fundamentalmente, por los factores que afectan a la flexibilidad de la explotación, disponibilidad de la instalación y su mantenimiento.

Se podrán establecer configuraciones diferentes en función de la zona de control del enclavamiento y de la ubicación del mismo a lo largo de la línea, en estaciones, apartaderos o puestos de banalización.

La zona de control de cada enclavamiento electrónico dependerá de la capacidad de control del mismo y determinará, a su vez, el número de enclavamientos a equipar.

Si la zona de control del enclavamiento es pequeña (por ejemplo, un PB y parte de los bloqueos con los colaterales), el número de enclavamientos a instalar será superior que si se eligen zonas de control mayores (por ejemplo, un enclavamiento que controle varios PBs y apartaderos). Ahora bien, las incidencias que se

produzcan tienen una repercusión distinta en cada caso, especialmente en aquellos casos en que el enclavamiento completo queda fuera de servicio.

Por lo tanto, se consideran dos posibles configuraciones en función de la capacidad de control del enclavamiento, entendiéndose que aquella que se elija será la que se implemente a lo largo de toda la línea con las adaptaciones que se requieran en cuanto a equipamiento en función de los condicionantes de cada situación:

Configuración 1

- Un enclavamiento electrónico en cada estación, apartadero y PB, con su correspondiente mando local.
- La zona de control comprendería la propia estación, apartadero o PB y una parte o la totalidad del bloqueo entre la estación, apartadero o PB y sus colaterales.

Configuración 2

- Un enclavamiento electrónico en cada estación, y en determinados apartaderos, con su correspondiente mando local.
- La zona de control comprendería la propia estación o apartadero, y varios apartaderos y PBs colaterales con sus correspondientes bloqueos. A fin de reducir el efecto de los fallos del enclavamiento en la circulación, no es aconsejable que la zona de control supere los 60 – 65 km aproximadamente.

Con objeto de que los tiempos de proceso de los enclavamientos sean lo más pequeños posible, en ningún caso se admiten configuraciones del tipo de dos o más enclavamientos de tamaños inferiores interconectados entre sí para controlar cada una de las zonas citadas y los bloqueos asociados.

El dimensionamiento del enclavamiento se establecerá en función de la zona a controlar y del número de movimientos previstos. Incluirá todos los movimientos simples posibles dentro de su zona de control, y también movimientos compuestos formados por varios movimientos simples.

Los enclavamientos se proyectarán, tanto en lo que respecta al hardware como al software, de forma que permitan una fácil ampliación futura, añadiendo a la configuración existente el equipamiento que se requiera para la misma. Por ejemplo, el enclavamiento que se instale en un puesto de banalización tendrá capacidad para asumir la ampliación del mismo a un apartadero sin desechar la arquitectura empleada.

El enclavamiento podrá admitir entradas provenientes de elementos de vigilancia y supervisión instalados a lo largo de la línea y transferir esa información al sistema de protección del tren (ATP/ATC).

2.2.3. Seguridad en los enclavamientos

El nivel de seguridad de los enclavamientos electrónicos se garantizará mediante alguna de las técnicas siguientes:

- Equipos redundantes de hardware, mediante una configuración de varios ordenadores o microprocesadores trabajando en paralelo.
- Mecanismos de control eficaces en las comunicaciones entre módulos, subsistemas o enclavamientos colaterales para la detección de errores que se produzcan en la transmisión.

Las funciones mínimas que debe tener el ENCE para cumplir los objetivos de seguridad son:

- Tienen que pasar a un estado seguro conocido al detectarse un fallo dentro de sí mismo.
- Autocomprobación. Los microprocesadores utilizados en procesos vitales efectúan comprobaciones continuas de todos sus componentes: autocomprobación de la CPU, de las EPROMs, de las RAMs, convertidores, y resto de elementos implicados, para verificar su correcto funcionamiento. Las rutinas de auto-test internas cíclicas permiten la detección de errores.
- Degradación parcial. Cuando ocurre un fallo en cualquier entrada o salida vital, el sistema la aísla. El aislamiento de entradas o salidas individualmente, permite que el sistema siga funcionando, quedando solamente limitado al efecto del fallo.

- Comprobación de interfaces entre módulos para garantizar una comunicación “segura”, aunque dichas interfaces sean redundantes.
- Mecanismos de protección de los telegramas serie. Se intercambian los distintos módulos, mediante códigos adecuados de protección de errores.

Las condiciones anteriores se refieren fundamentalmente al proceso de diseño y desarrollo del enclavamiento. Deberán justificarse, además, las medidas adicionales que deben adoptarse durante el ciclo de vida completo del sistema para mantener el nivel de seguridad requerido, especialmente en lo referente a:

- Planificación de la Instalación.
- Control de calidad de la instalación.
- Pruebas de aceptación
- Un mantenimiento adecuado, detallando las tareas necesarias y su periodicidad para conseguir, además de la disponibilidad necesaria, el nivel de seguridad requerido.

2.2.4. *Telemando de los enclavamientos*

Todos los enclavamientos de la línea podrán ser telemandados desde la estación “central”, y se comunicará con los demás puestos remotos instalados a lo largo de la línea.

El mando estará asignado, en cada momento, sólo a uno de los posibles puestos remotos, para lo cual se establecerán los procedimientos necesarios de toma y cesión de mando. Sin embargo, las indicaciones podrán visualizarse en todos ellos simultáneamente.

La conexión de los enclavamientos y el CTC se realizará a través de la infraestructura proporcionada por el sistema de telecomunicaciones. Los ENCEs dispondrán de interfaces de comunicación redundantes de forma que se mantenga el nivel de disponibilidad proporcionado por el sistema de telecomunicaciones.

El ENCE supervisará continuamente el estado de dichas conexiones con el CTC, conmutando automáticamente de una interface a la otra en caso de fallo o degradación de la calidad de transmisión. En caso de fallo de ambas interfaces, el ENCE establecerá los itinerarios locales planificados.

La misma técnica se utilizará para la conexión de los enclavamientos con los puestos de mandos auxiliares cuando dichos mandos no coincidan con los mandos locales del enclavamiento.

2.2.5. *Sistema puntual de frenado ASFA*

Para poder operar con el sistema puntual ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), el tren deberá estar dotado de un equipo ASFA 200, modelo AVE.

El equipamiento en vía permitirá una circulación totalmente banalizada sin disminución alguna de prestaciones.

La instalación ASFA será compatible con la electrificación de la línea y las perturbaciones generadas por las corrientes de tracción y retorno, corrientes regenerativas del freno e interfaces electromagnéticas.

El equipamiento fijo ASFA se compondrá de:

- Balizas ASFA en la vía.
- Unidades de conexión, interface entre la señal y la baliza ASFA.

Las balizas ASFA estarán asociadas a cada una de las señales luminosas.

Existirá una baliza ASFA al pie de cada una de las señales de entrada, salida, mangos de las estaciones, apartaderos, PBs, by-pass, cambiadores y de las señales intermedias de bloqueo en los trayectos (PBLs). Se la denomina “baliza de Señal”.

La “baliza previa” se colocará a unos 300 m, aproximadamente, antes de cada una de las señales de entrada e intermedias de los PLBs.

2.2.6. *Sistema ERTMS/ETCS*

Mientras el tren esté bajo supervisión total del ERTMS/ETCS, la señalización en cabina proporcionada por éste prevalecerá sobre la señalización lateral luminosa.

El equipamiento en vía permitirá una circulación totalmente banalizada sin disminución alguna de prestaciones.

Las autorizaciones de movimiento serán enviadas al tren a través de eurobalizas conmutables.

Se situarán eurobalizas conmutables al final de cada cantón, al pie de las señales de entrada, salida e intermedias de bloqueo.

El equipamiento de ERTMS/ETCS, para el nivel 2, consta de los siguientes elementos:

- Eurobalizas fijas.
- Centros de bloqueo por radio (RBCs).

A lo largo de la línea existirá un Centro de Regulación y Control (CRC) con un puesto central de ERTMS/ETCS. Las funciones principales de este puesto de operación son:

- Telemando de los RBCs.
- Recepción en tiempo real de la información que manejan los RBCs.
- Recepción en tiempo real de las peticiones de establecimiento automático de rutas a los trenes desde los RBCs y transmisión de las mismas al Sistema de Regulación y Control (SRC) y al CTC.
- Envío de comandos en información de usuario en tiempo real a los trenes a través del canal de comunicación establecido entre los trenes y los RBCs.
- Recepción de los eventos almacenados en los registros de los RBCs.
- Sincronización de fecha y hora.
- Manejo de toda la información que se solicite

La instalación ERTMS/ETCS será compatible con la electrificación de la línea y las perturbaciones generadas por las corrientes de tracción y retorno, corrientes regenerativas del freno e interfaces electromagnéticas.

2.3. Bloqueos

El control del tráfico entre estaciones, apartaderos y PBs de la línea estará garantizado por medio de los bloqueos automáticos banalizados.

El bloqueo automático banalizado permitirá circulaciones sucesivas en el mismo sentido de circulación, pudiéndose cambiar éste en función de las necesidades de explotación cuando el trayecto solo se pueda realizar a través de un mando especial de inversión del bloqueo. Aunque por criterios de explotación uno de los dos sentidos será el prioritario, la funcionalidad será la misma para ambos.

El bloqueo podrá establecerse por mando directo o automáticamente al establecer el itinerario de salida de la estación, apartadero o PB, siempre que se den las condiciones necesarias, sin ninguna intervención de la estación colateral de destino.

El equipamiento necesario para la funcionalidad correspondiente a los bloqueos estará integrado en el propio enclavamiento, sin necesidad de instalar equipos específicos adicionales. Cuando el trayecto pertenezca a dos enclavamientos distintos, se asegurará la misma funcionalidad a través del intercambio de información entre los mismos.

El enclavamiento incorporará todos los mandos e indicaciones específicos del bloqueo que se incluyen en la norma SV-01 de RENFE para sistemas videográficos y telemandos y los específicos de AVE, así como la norma de interconexión entre enclavamientos y telemandos.

2.3.1. Señales de bloqueo

Las secciones de vía del bloqueo estarán protegidas por señales virtuales. Estas señales ficticias existen a efectos del enclavamiento y del sistema de protección del tren, y establecen posibles puntos de parada del tren. El enclavamiento informará del estado de estas señales al RBC, que establecerá puntos de parada cuando estén cerrados. En la vía, en la sección correspondiente a la ubicación de la señal, sólo hay un cartelón que marca el punto de parada del tren, que se situará a una cierta distancia de deslizamiento del límite de la sección de vía.

Habrán señales virtuales para ambos sentidos de circulación y tendrán una representación específica en las imágenes videográficas del ENCE, y los mandos correspondientes para abrirlas o cerrarlas. Existirá un mando que permita abrir o cerrar todas las señales virtuales del bloqueo. Además de visualizar su estado en el mando local del ENCE, éste proporcionará dicha información a los puestos de mando remotos en los CTCs y puestos de mando auxiliares.

Las señales virtuales tienen dos aspectos: Parada y vía libre para trenes bajo supervisión ERTMS nivel 2, refiriéndose esto a la sección de vía que protege.

La señal virtual indicará parada en los siguientes casos:

- La sección de vía que protege está ocupada por otro tren.
- El bloqueo no está establecido.
- El bloqueo está establecido en sentido contrario.
- Se ha producido alguna anomalía en el bloqueo.
- Se ha ejecutado un mando de cierre de señal. La señal permanecerá cerrada hasta que se ejecute el mando de apertura correspondiente.

La señal indicará vía libre cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Está establecido el bloqueo en el sentido correspondiente, y normalizado.
- La señal no ha recibido un mando de cierre.
- La sección de vía que protege está libre.

2.3.2. Señales intermedias en los PBLs

El tratamiento de estas señales es similar al de las señales virtuales en cuanto a los aspectos de parada y vía libre para trenes bajo supervisión ERTMS nivel 2.

Adicionalmente, la señal podrá tener las siguientes indicaciones:

- Vía libre hasta la siguiente señal, cuando esté establecido el bloqueo en sentido correspondiente y libre todo el trayecto hasta aquella, exigiéndose como requisito adicional que dicha señal no indique parada.
- Autorización de movimiento con marcha limitada.

2.3.3. Mando de establecimiento de un bloqueo

Cuando se solicite el establecimiento de un bloqueo de la vía principal en el sentido requerido, el enclavamiento rechazará el mando en los siguientes casos:

- Si hay establecido un bloqueo en sentido contrario.
- Si no está establecido el bloqueo, pero hay algún tren en el trayecto, por ocupación intempestivas de algún circuito de vía (situación probable cuando se realice una inversión del bloqueo).

2.4. Sistemas de energía

Los equipos de suministro de energía proyectados, tienen la función de alimentar los equipos de señalización, telecomunicación e instalación doméstica, con la energía necesaria para su correcto funcionamiento dentro del tipo, tolerancia y permisividad a interrupciones, que necesite cada uno de ellos. Estos equipos también se encargan de la protección frente a elevaciones bruscas de tensión y perturbaciones que puedan proceder de la acometida de red de catenaria, red pública o grupo electrógeno de emergencia.

Para garantizar un suministro continuado de corriente, el suministro de energía se realiza desde dos acometidas complementarias, siendo como primera opción la procedente de la catenaria a través de un transformador instalado en un poste y que suministra una tensión alterna monofásica de 230 V +15/-30 %. En caso de fallo de este sistema la alimentación podrá realizarse desde la red pública o grupo electrógeno de emergencia que suministra una tensión alterna trifásica de 400 V +10/-10% entre fases, o bien mediante baterías 24V de una autonomía de 12 horas. Se instalará también una toma de tierra para grupo electrógeno. En general se contemplará la primera de las opciones (red pública o grupo electrógeno)

2.5. Sistema de telecomunicaciones

La explotación de la línea de alta velocidad, con un control de tráfico centralizado, exige un complejo sistema de telecomunicaciones, capaz de transmitir simultáneamente señales de:

- › Voz: telefonía fija y telefonía móvil.
- › Vídeo: televisión de circuito cerrado.
- › Detectores.

Las señales de audio y de vídeo se digitalizan y, junto con los datos, se transmiten mediante un sistema múltiplex en el tiempo MIC (modulación por impulsos codificados) a lo largo de toda la línea.

El soporte físico de este sistema está constituido por un cable de fibra óptica tendido a lo largo del trayecto, al lado de la vía, por un trazado de canaleta que facilita su inspección y mantenimiento.

En los edificios técnicos, los cables de fibra óptica proporcionan conectividad a los equipos de transmisión, que son los que físicamente convierten las señales luminosas transmitidas por los cables en señales eléctricas para su uso "in situ", o bien, introducen en los cables la información que sea necesario emitir a otros lugares.

Los equipos de transmisión digital emplean la técnica MIC que, en cada edificio técnico, se encarga de "traducir" los datos que viajan por la fibra óptica en códigos digitales. Una vez en este lenguaje, los datos están disponibles para cualquier sistema "usuario" que los necesite.

A partir de esta red, los distintos sistemas asociados se encargan de transmitir las informaciones tomadas en campo a otras zonas o al puesto central de control, o de recibir información y actuar consecuentemente.

El sistema telefónico formado por centralita digital situada en edificio técnico y terminales fijos de tecnología IP, a través de este sistema es posible establecer comunicación inmediata con cualquier punto telefónico de la línea. Mediante la centralita digital también es posible acceder a los equipos de megafonía instalados en las estaciones de viajeros.

El otro sistema de transmisión de voz y de mensajes codificados lo constituye la instalación fija de radiotelefonía tren-tierra que, con los equipos montados en las unidades móviles, permite la comunicación selectiva y directa de los jefes de circulación con los trenes de la línea. También es posible la comunicación con otros equipos móviles instalados en locomotoras y vehículos de servicio.

Los móviles enlazan vía radio con puestos fijos, que están situados a lo largo de la vía y equipados con antenas directivas para asegurar la cobertura radio en todo el trayecto. Se emplean canales multifrecuencia en GSM-R según el plan establecido por la UIC.

La gestión del sistema la realiza un equipo central (principal y redundante), llamado MSC (Mobile Switching Center), ubicados en los CRC de Madrid y Zaragoza. Asociado a este equipamiento central se encuentra el Controlador de Estaciones Base (BSC) y distribuidos a lo largo de la traza las distintas estaciones base (BTS) que dan cobertura a la línea.

Todas las estaciones base se encuentran conectadas con los equipos centrales a través de un cable de fibra óptica monomodo y el correspondiente equipo de acceso (SDH).

Todas las conversaciones realizadas desde cualquier punto con el Puesto Central de Control quedan registradas en un sistema de grabación automática, tanto si éstas se realizan a través del sistema telefónico fijo, como si se emplea el sistema de radiotelefonía GSM-R.

Otro sistema asociado a los equipos de comunicaciones móviles lo constituye la red de acceso SDH y la red multiservicio IP-MPLS. Estos sistemas proporcionan la conectividad necesaria a todos los elementos o dispositivos instalados a lo largo de la línea (edificios técnicos, casetas, subestaciones, estaciones, etc.). Todo ello interconectado a través de la red de fibra óptica con arquitecturas redundadas y de alta disponibilidad.

Otros sistemas asociados, que aumentan enormemente la seguridad de las instalaciones de la línea son:

- › Sistema de video vigilancia o circuito cerrado de televisión y el control de accesos para supervisar los distintos puntos o instalaciones críticas de la línea de todo el conjunto y garantizan las mejores condiciones de explotación son:
- › Detectores de cajas calientes: Se encargan de "detectar" si algún elemento de las circulaciones adquiere una temperatura excesiva (frenos o cajas de rodamiento agarrotados).

- › Equipos de detección de caída de objetos, que supervisa en cada paso superior o boca de túnel la caída de objetos a la vía que pueda impedir o dificultar el paso de las circulaciones.
- › Equipos de detección de viento lateral.

2.6. Sistema de radio móvil GSM-R

El sistema GSM-R es una red de radiotelefonía móvil para uso de los ferrocarriles en las líneas transeuropeas. Proporciona el soporte para las comunicaciones de voz y datos entre los trenes y la infraestructura, así como para los servicios y necesidades asociadas a la operación y explotación de la línea.

Atendiendo a una clasificación funcional, el sistema constará de los siguientes subsistemas:

- Subsistema de estaciones base (BSS) que comprenderá un conjunto de estaciones base (BTS) conectadas y controladas por una o más controladoras de estaciones base (BSC).
- El subsistema de red y conmutación (NSS) compuesto por el centro de conmutación de móviles (MSC) conectado a:
 - › Registro de localización local (HLR).
 - › Centro de autenticación (AuC).
 - › Registro de localización de visitantes (VLR).
 - › Equipamiento de interconexión y adaptación de protocolos con otras redes (IWF).
 - › Registro de identificación de suscripciones (EIR).
 - › Red inteligente (IN).
- El subsistema de operación y mantenimiento (OMSS) compuesto por:
 - › Centro de Operación y Mantenimiento (OMC) con su interface al sistema de gestión integral de la red de telecomunicaciones (TMN).
 - › Registro de Gestión de Suscripciones y Motorización de llamadas.

Cada uno de los componentes de estos subsistemas será independiente de los otros (realiza sus funciones en máquinas separadas).

Se considerarán las conexiones necesarias con las centrales de conmutación de móviles (MSC) a efectos del establecimiento de las comunicaciones de datos con los trenes, los mecanismos de gestión de claves (generación, almacenamiento, distribución). Asimismo, se tendrán en cuenta los condicionantes relativos a la interconexión entre los equipos de control y protección del tren y los equipos GSM-R embarcados.

APÉNDICE 1. ESTUDIO DE DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. Objeto del estudio | 1 |
| 2. Hipótesis de estudio..... | 1 |
| 3. Descripción general de la instalación de suministro eléctrico | 1 |
| 3.1. Situación Proyectada | 1 |
| 3.2. Escenario en Estudio | 3 |
| 4. Condiciones de Diseño | 4 |
| 5. Datos de partida de las simulaciones..... | 4 |
| 5.1. Perfil Geométrico | 4 |
| 5.1.1. Sevilla – Huelva | 4 |
| 5.2. Material Móvil..... | 6 |
| 5.2.1. Malla de Explotación..... | 6 |
| 5.2.2. Circulaciones | 8 |
| 5.2.3. Características del Material Rodante..... | 8 |
| 5.3. Perfil Eléctrico | 9 |
| 6. Simulaciones Realizadas | 9 |
| 6.1. Escenario en Estudio | 9 |
| 6.1.1. Factor Limitante | 9 |
| 6.1.2. Resultados | 9 |
| 7. Resumen de Resultados | 11 |
| 7.1. Escenario en Estudio | 11 |
| 7.1.1. Tensiones | 11 |
| 7.1.2. Potencias | 11 |
| 8. Conclusiones | 11 |

1. Objeto del estudio

Se realiza este estudio con el fin de comprobar si es factible alimentar la malla propuesta por Renfe para la Línea de Alta Velocidad Sevilla – Huelva, en sistema 2x25 kV, desde dos subestaciones, situadas en Casa Quemada y en La Palma del Condado de forma que la disponibilidad y calidad de la energía se garanticen.

El estudio de potencia ha consistido en la simulación mediante software de la circulación de trenes, a lo largo de los tramos electrificados, a partir de 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.

Esta simulación se ha llevado a cabo empleando el programa informático SIMTRENAC, desarrollado por INECO, cuya fiabilidad está avalada por la gran cantidad de estudios similares realizados con éxito anteriormente.

2. Hipótesis de estudio

El estudio se realizará según las siguientes hipótesis:

- Líneas alimentadas desde la subestación de Casa Quemada y de La Palma del Condado.
- Línea alimentada desde la subestación de La Palma del Condado (fallo en Casa Quemada).

3. Descripción general de la instalación de suministro eléctrico

3.1. Situación Proyectada

De acuerdo a los esquemas unifilares de electrificación de las obras ejecutadas en el tramo en estudio, las ubicaciones de las subestaciones y centros de autotransformación que intervienen en el presente escenario son las indicadas en las tablas a continuación.

Hipótesis 1:

| INSTALACIÓN | P.K. |
|---------------------------|--------|
| ATI 1.1 | 0 |
| ATI 1.2 | 14 |
| Casa Quemada SE 1 | 28+500 |
| ATF 2.1 | 40 |
| La Palma del Condado SE 2 | 53+400 |
| ATI 2.2 | 68+300 |
| ATI 2.3 | 83+300 |
| Huelva ATF 3.1 | 96+350 |

Tabla 1: Ubicación de Centros de transformación

La imagen a continuación muestra de forma gráfica la distribución de subestaciones y centros de autotransformación a lo largo de los diferentes tramos. En este esquema, cada color identifica una subestación y el tramo alimentado por la misma.

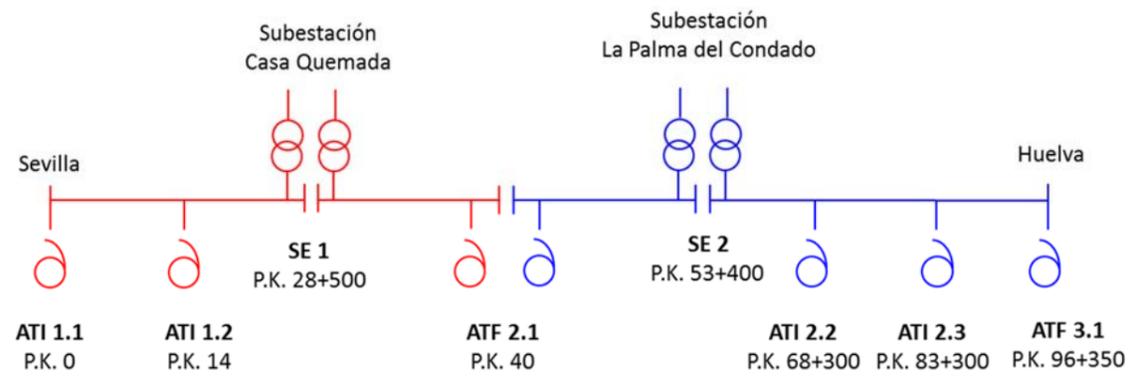


Figura 1: Esquema simplificado

Hipótesis 2:

| INSTALACIÓN | P.K. |
|---------------------------|--------|
| ATI 1.1 | 0 |
| ATI 1.2 | 14 |
| ATI 2.1 | 40 |
| La Palma del Condado SE 2 | 53+400 |
| ATI 2.3 | 68+300 |
| ATI 2.4 | 83+300 |
| Huelva ATF 3.1 | 96+350 |

Tabla 2: Ubicación de Centros de transformación

La siguiente imagen muestra gráficamente la distribución de subestaciones y centros de autotransformación en esta nueva hipótesis. Cada color identifica una subestación y el tramo alimentado por la misma.

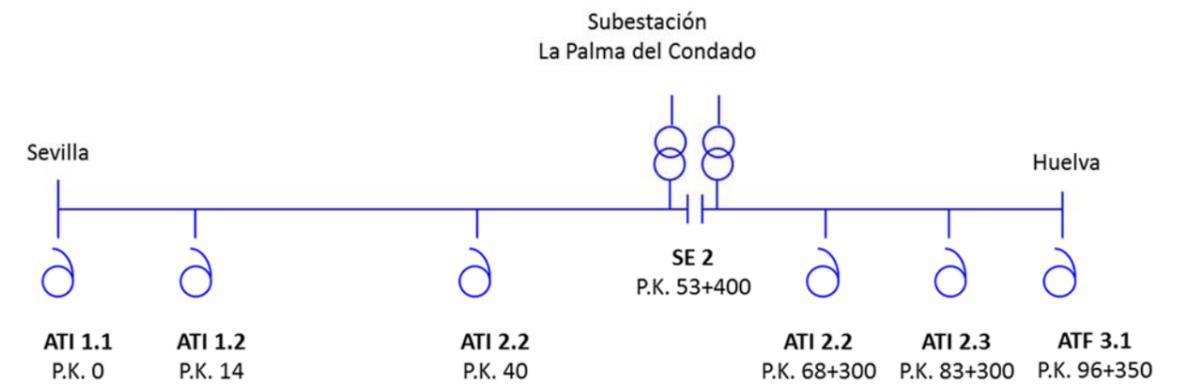


Figura 2: Esquema simplificado

3.2. Escenario en Estudio

Las simulaciones a desarrollar son las definidas a través de los esquemas de electrificación mostrados a continuación. Como se anteriormente se comentó, se ha comprobado, para ambas hipótesis, si es factible alimentar la malla de circulación propuesta por Renfe en forma que la disponibilidad y calidad de la energía queden garantizadas.

Hipótesis 1:

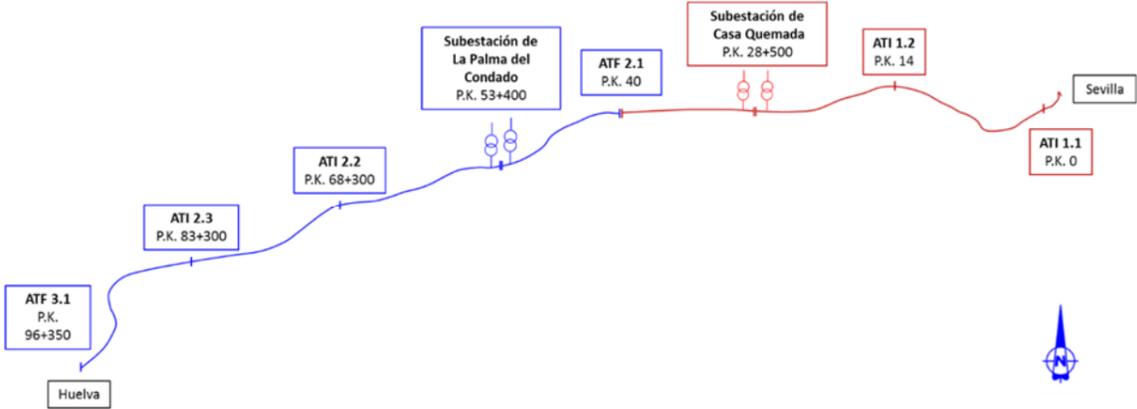


Figura 2: Esquema de la línea situación normal

Hipótesis 2:

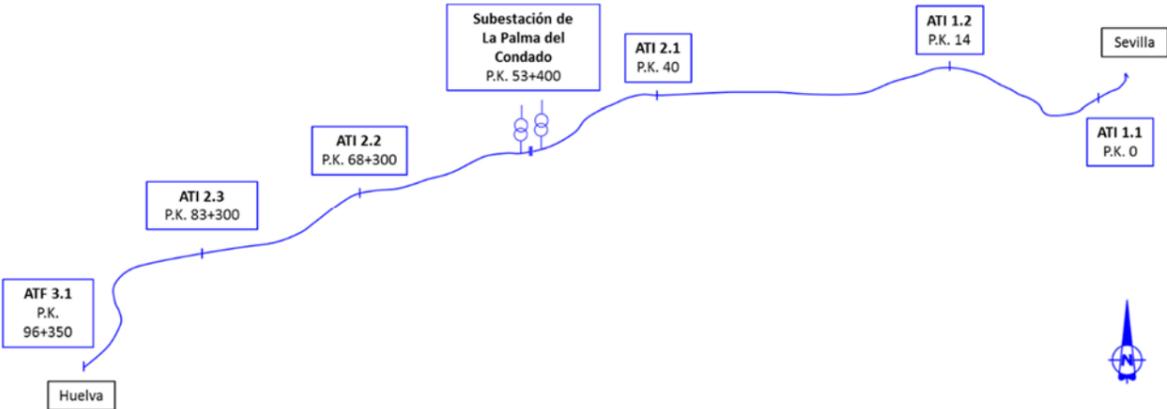


Figura 3: Esquema de la línea situación degradado

4. 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, según ET 03.359.504.2.

Los **parámetros principales a controlar** en las diversas simulaciones sean los siguientes:

- Valor mínimo instantáneo de tensión en la línea aérea de contacto (LAC).
- $U_{\min} > 19.000 \text{ V}$.
- Valor mínimo de la tensión media útil en pantógrafo del material rodante.
- $\bar{U}_{\min} > 22.500 \text{ V}$.
- Potencias demandadas de los transformadores de las subestaciones.
- Potencias asignadas a transformadores y autotransformadores.

5. 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 catenaria.
- Características del material móvil: descripción de los conjuntos que van a circular.
- Condiciones de explotación previstas.

5.1. Perfil Geométrico

A continuación se adjuntan las tablas de las paradas o puntos de paso para cada uno de los tramos de estudio así como las tablas en las que se describen los radios de curvatura del trazado y rampas y las de limitación de velocidad.

5.1.1. Sevilla – Huelva

5.1.1.1. Paradas y puntos de paso

| Nº | Estación | P.K. |
|----|----------|--------|
| 1 | Inicio | 0 |
| 2 | Huelva | 96+350 |

Tabla 2: Puntos de parada

5.1.1.2. Curvas

| P.K. Inicial | P.K. Final | Radio (m) | Longitud (km) |
|--------------|------------|-----------|---------------|
| 0 | 0,01 | 0 | 0,01 |
| 0,01 | 1,22 | 1.300 | 1,21 |
| 1,22 | 1,98 | -2.500 | 0,76 |
| 1,98 | 2,15 | 0 | 0,17 |
| 2,15 | 2,92 | 5.000 | 0,77 |
| 2,92 | 4,69 | 0 | 1,77 |
| 4,69 | 5,43 | 4.250 | 0,74 |

| P.K. Inicial | P.K. Final | Radio (m) | Longitud (km) |
|--------------|------------|-----------|---------------|
| 5,43 | 5,61 | 0 | 0,18 |
| 5,61 | 6,77 | 2.000 | 1,16 |
| 6,77 | 7,69 | 1.350 | 0,92 |
| 7,69 | 7,99 | 0 | 0,30 |
| 7,99 | 9,88 | -5.000 | 1,89 |
| 9,88 | 10,27 | 0 | 0,39 |
| 10,27 | 11,47 | 12.500 | 1,20 |
| 11,47 | 12,68 | -12.500 | 1,21 |
| 12,68 | 12,93 | 0 | 0,25 |
| 12,93 | 19,28 | -7.250 | 6,35 |
| 19,28 | 21,85 | 0 | 2,57 |
| 21,85 | 26,01 | 10.400 | 4,16 |
| 26,01 | 27,63 | 0 | 1,62 |
| 27,63 | 28,44 | 11.000 | 0,81 |
| 28,44 | 30,75 | 0 | 2,31 |
| 30,75 | 31,93 | -7.250 | 1,18 |
| 31,93 | 41,18 | 0 | 9,25 |
| 41,18 | 46,72 | -7.250 | 5,54 |
| 46,72 | 47,69 | 0 | 0,97 |
| 47,69 | 53,31 | 7.250 | 5,62 |
| 53,31 | 57,65 | -7.250 | 4,34 |
| 57,65 | 59,65 | 5.350 | 2,00 |
| 59,65 | 60,91 | 0 | 1,26 |
| 60,91 | 61,69 | -4.250 | 0,78 |
| 61,69 | 64,39 | 7.250 | 2,70 |
| 64,39 | 69,71 | -7.250 | 5,32 |
| 69,71 | 75,92 | 10.000 | 6,21 |
| 75,92 | 83,00 | 0 | 7,08 |
| 83,00 | 84,94 | -7.250 | 1,94 |
| 84,94 | 86,22 | 0 | 1,28 |
| 86,22 | 90,39 | -2.200 | 4,17 |
| 90,39 | 91,83 | 1.125 | 1,44 |
| 91,83 | 93,27 | 0 | 1,44 |
| 93,27 | 93,75 | 3.000 | 0,48 |
| 93,75 | 94,33 | 0 | 0,58 |
| 94,33 | 94,68 | 700 | 0,35 |

| P.K. Inicial | P.K. Final | Radio (m) | Longitud (km) |
|--------------|------------|-----------|---------------|
| 94,68 | 94,74 | 0 | 0,06 |
| 94,74 | 95,01 | -700 | 0,27 |
| 95,01 | 95,57 | 0 | 0,56 |
| 95,57 | 96,09 | 750 | 0,52 |
| 96,09 | 96,18 | 0 | 0,09 |
| 96,18 | 96,35 | 652 | 0,17 |

Tabla 3: Topología en planta de la línea

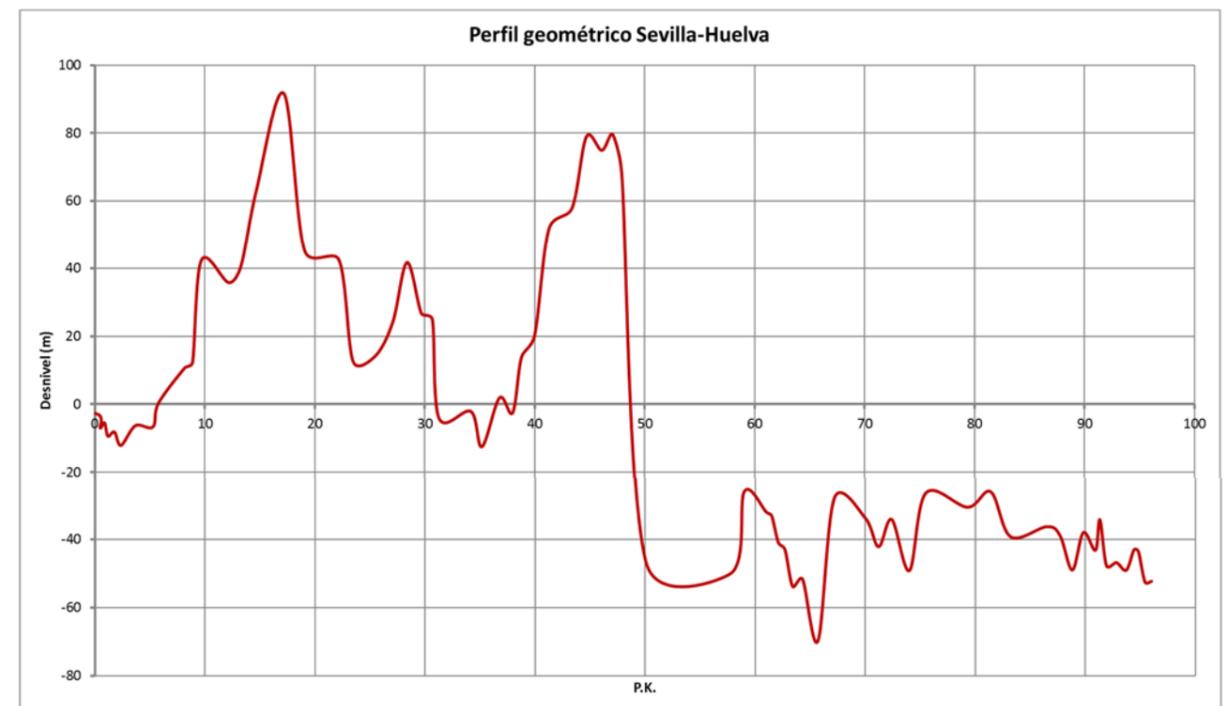
5.1.1.3. Rampas

| P.K. Inicial | P.K. Final | Pendiente (‰) | Longitud (km) |
|--------------|------------|---------------|---------------|
| 0 | 0,30 | 0,00 | 0,30 |
| 0,30 | 0,50 | -15,00 | 0,20 |
| 0,50 | 0,90 | -10,00 | 0,40 |
| 0,90 | 1,20 | 5,00 | 0,30 |
| 1,20 | 1,80 | -6,50 | 0,60 |
| 1,80 | 2,40 | 2,00 | 0,60 |
| 2,40 | 3,70 | -3,00 | 1,30 |
| 3,70 | 5,30 | 3,60 | 1,60 |
| 5,30 | 5,80 | -0,70 | 0,50 |
| 5,80 | 8,20 | 2,90 | 2,40 |
| 8,20 | 8,90 | 14,90 | 0,70 |
| 8,90 | 9,70 | 2,00 | 0,80 |
| 9,70 | 12,20 | 12,00 | 2,50 |
| 12,20 | 13,30 | -6,00 | 1,10 |
| 13,30 | 14,70 | 3,50 | 1,40 |
| 14,70 | 17,20 | 9,00 | 2,50 |
| 17,20 | 19,10 | 15,00 | 1,90 |
| 19,10 | 22,20 | -15,00 | 3,10 |
| 22,20 | 23,50 | -2,00 | 1,30 |
| 23,50 | 25,50 | -15,00 | 2,00 |
| 25,50 | 27,10 | 1,00 | 1,60 |
| 27,10 | 28,40 | 7,70 | 1,30 |
| 28,40 | 29,70 | 13,50 | 1,30 |
| 29,70 | 30,70 | -15,00 | 1,00 |
| 30,70 | 31,30 | -3,00 | 0,60 |

| P.K. Inicial | P.K. Final | Pendiente (‰) | Longitud (km) |
|--------------|------------|---------------|---------------|
| 31,30 | 34,20 | -10,00 | 2,90 |
| 34,20 | 35,20 | 2,00 | 1,00 |
| 35,20 | 36,80 | -6,50 | 1,60 |
| 36,80 | 38,00 | 12,00 | 1,20 |
| 38,00 | 38,80 | -5,50 | 0,80 |
| 38,80 | 40,00 | 13,60 | 1,20 |
| 40,00 | 41,30 | 5,00 | 1,30 |
| 41,30 | 43,40 | 15,00 | 2,10 |
| 43,40 | 44,70 | 4,70 | 1,30 |
| 44,70 | 46,10 | 15,00 | 1,40 |
| 46,10 | 47,10 | -4,00 | 1,00 |
| 47,10 | 47,90 | 5,80 | 0,80 |
| 47,90 | 50,10 | -5,00 | 2,20 |
| 50,10 | 57,80 | -15,00 | 7,70 |
| 57,80 | 59,00 | -2,50 | 1,20 |
| 59,00 | 61,00 | 12,00 | 2,00 |
| 61,00 | 61,50 | -12,00 | 0,50 |
| 61,50 | 62,10 | -2,00 | 0,60 |
| 62,10 | 62,70 | -13,00 | 0,60 |
| 62,70 | 63,40 | -3,00 | 0,70 |
| 63,40 | 64,30 | -12,00 | 0,90 |
| 64,30 | 65,70 | 1,50 | 1,40 |
| 65,70 | 67,20 | -12,00 | 1,50 |
| 67,20 | 70,00 | 15,00 | 2,80 |
| 70,00 | 71,20 | -5,00 | 1,20 |
| 71,20 | 72,40 | -7,00 | 1,20 |
| 72,40 | 74,00 | 5,00 | 1,60 |
| 74,00 | 75,50 | -10,00 | 1,50 |
| 75,50 | 79,30 | 6,00 | 3,80 |
| 79,30 | 81,40 | -2,00 | 2,10 |
| 81,40 | 83,20 | 2,50 | 1,80 |
| 83,20 | 86,50 | -4,00 | 3,30 |
| 86,50 | 87,70 | 2,50 | 1,20 |
| 87,70 | 88,80 | -2,50 | 1,10 |
| 88,80 | 89,80 | -10,00 | 1,00 |
| 89,80 | 90,90 | 10,00 | 1,10 |

| P.K. Inicial | P.K. Final | Pendiente (‰) | Longitud (km) |
|--------------|------------|---------------|---------------|
| 90,90 | 91,30 | -13,00 | 0,40 |
| 91,30 | 91,90 | 15,00 | 0,60 |
| 91,90 | 92,80 | -15,00 | 0,90 |
| 92,80 | 93,70 | 1,00 | 0,90 |
| 93,70 | 94,40 | -3,20 | 0,70 |
| 94,40 | 94,80 | 15,00 | 0,40 |
| 94,80 | 95,40 | -0,80 | 0,60 |
| 95,40 | 96,00 | -15,00 | 0,60 |
| 96,00 | 96,30 | 0,70 | 0,30 |

Tabla 4: Topología en alzado de la línea

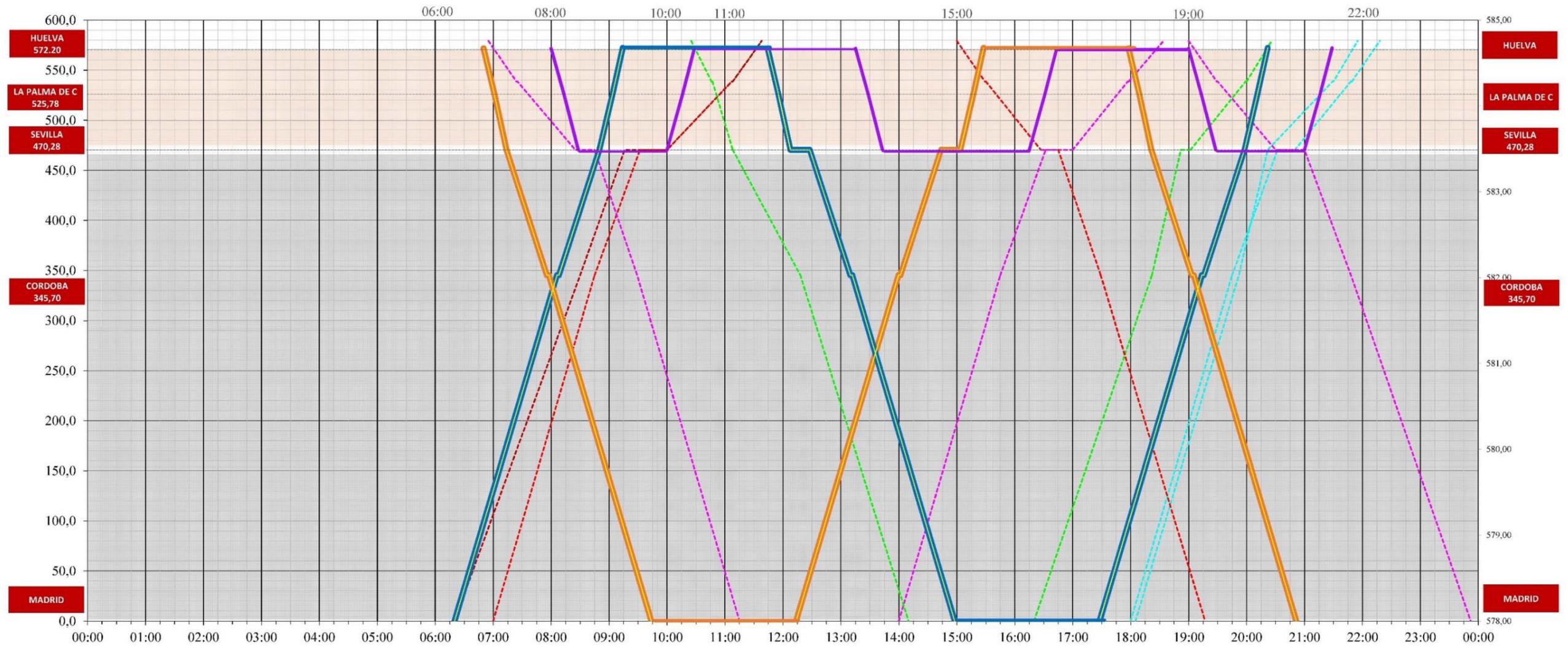


Gráfica 1: Alzado de la línea

5.2. Material Móvil

5.2.1. Malla de Explotación

La malla de partida es la perteneciente al gráfico de circulaciones actuales y futuras en un día laborable, que se incluye a continuación.



5.2.2. *Circulaciones*

Las circulaciones consideradas son las correspondientes a la malla modificada mostrada en el gráfico anterior.

5.2.3. *Características del Material Rodante*

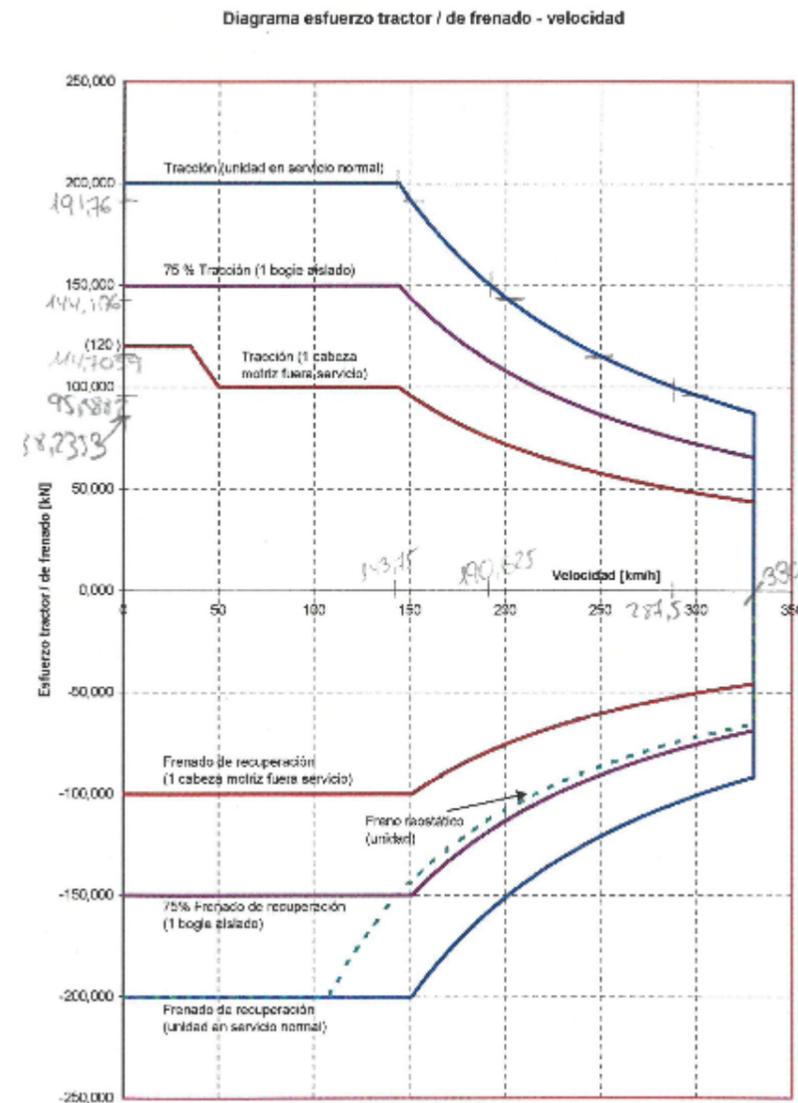
A continuación se resumen las principales características del material móvil utilizado:

| Características | S120 | S102 |
|--|-------|---------|
| Longitud (m) | 120 | 200 |
| P _{aux} (kW) | 480 | 800 |
| Tara (t) | 272 | 361 |
| Peso en Freno (%) | 125 | 125 |
| Resistencia al avance | | |
| Coficiente A (kp) | 225,1 | 311,321 |
| Coficiente B [kp/(m/s)] | 2,556 | 47,692 |
| Coficiente C [kp/(m/s) ²] | 0,583 | 9,214 |
| Pot. en llanta por unidad (kW) | 4100 | 8600 |
| Velocidad máxima (km/h) | 250 | 363 |
| Aceleración máxima (m/s ²) | 1,2 | 1,2 |

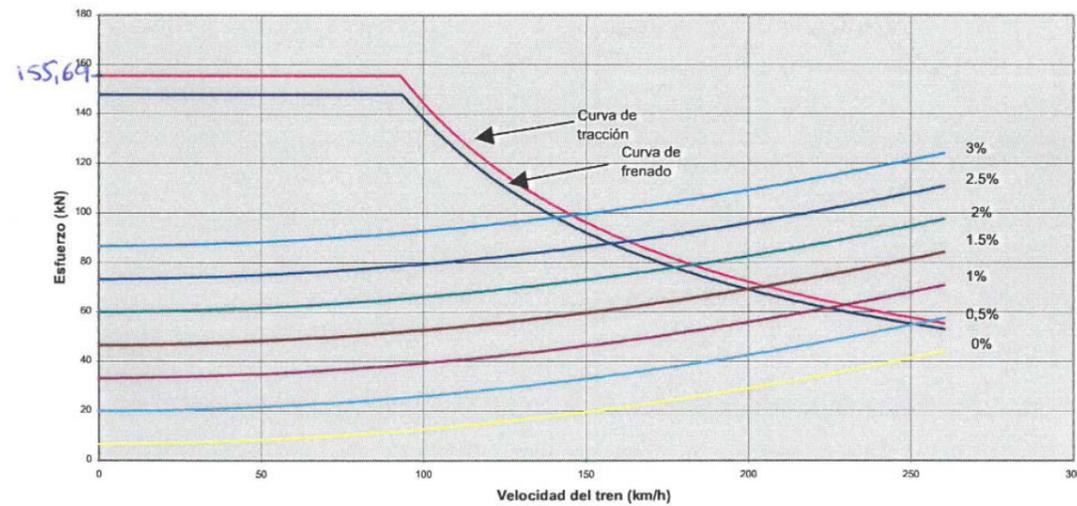
Tabla 5: Características de material rodante

Nota: Los valores mostrados en la tabla anterior corresponden a las composiciones simples, que son las simulados en este estudio.

Las gráficas a continuación muestran las curvas de esfuerzo tractor – velocidad de las series S 102, y S 112 respectivamente.



Gráfica 2 Esfuerzo tractor – velocidad. Serie 102



Gráfica 3 Esfuerzo tractor – velocidad. Serie S 120

5.3. Perfil Eléctrico

El sistema de electrificación considerado en las simulaciones es el designado como 2x25 kV.

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 por vía 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

Vía única.

6. Simulaciones Realizadas

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para el tramo en estudio de los parámetros citados en el punto 4. Condiciones de Diseño de este documento.

6.1. Escenario en Estudio

El escenario estudiado se ajusta al esquema de alimentación mostrado a continuación y a los datos geométricos recogidos en el punto 5.1 Perfil Geométrico, siendo las circulaciones consideradas conforme a lo mostrado en el punto 5.2.1 Malla de Explotación de este informe.

6.1.1. Factor Limitante

De acuerdo a las simulaciones realizadas, tanto los valores mínimos de tensión, ya sea instantánea o media útil, como los máximos de potencia están dentro de lo admisible, por tanto se considera que no hay factor limitante alguno para este escenario.

6.1.2. Resultados

6.1.2.1. Potencia demandada

La siguiente tabla resume las potencias máximas demandadas a cada transformador de tracción de cada subestación y cada autotransformador de cada centro de autotransformación.

Hipótesis 1:

| | | Pot media 15 min (kVA) | Potencia instalada (kVA) |
|---------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| ATI 1.1 | Autotrafo 1 | 3814,1 | 10000 |
| ATI 1.2 | Autotrafo 1 | 3814,1 | 10000 |
| Casa Quemada SE 1 | Trafo 1 | 9033,9 | 30000 |
| | Trafo 2 | 3059,3 | 30000 |
| ATF 2.1 | Autotrafo 1 | 1866,3 | 10000 |
| | Autotrafo 2 | 2194,3 | 10000 |
| La Palma del Condado SE 2 | Trafo 1 | 3629,1 | 30000 |
| | Trafo 2 | 9813,4 | 30000 |
| ATI 2.2 | Autotrafo 1 | 4012,8 | 10000 |

| | | Pot media 15 min (kVA) | Potencia instalada (kVA) |
|----------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| ATI 2.3 | Autotrafo 1 | 3193,4 | 10000 |
| Huelva ATF 3.1 | Autotrafo 1 | 1928,3 | 10000 |

Tabla 6: Potencias demandadas

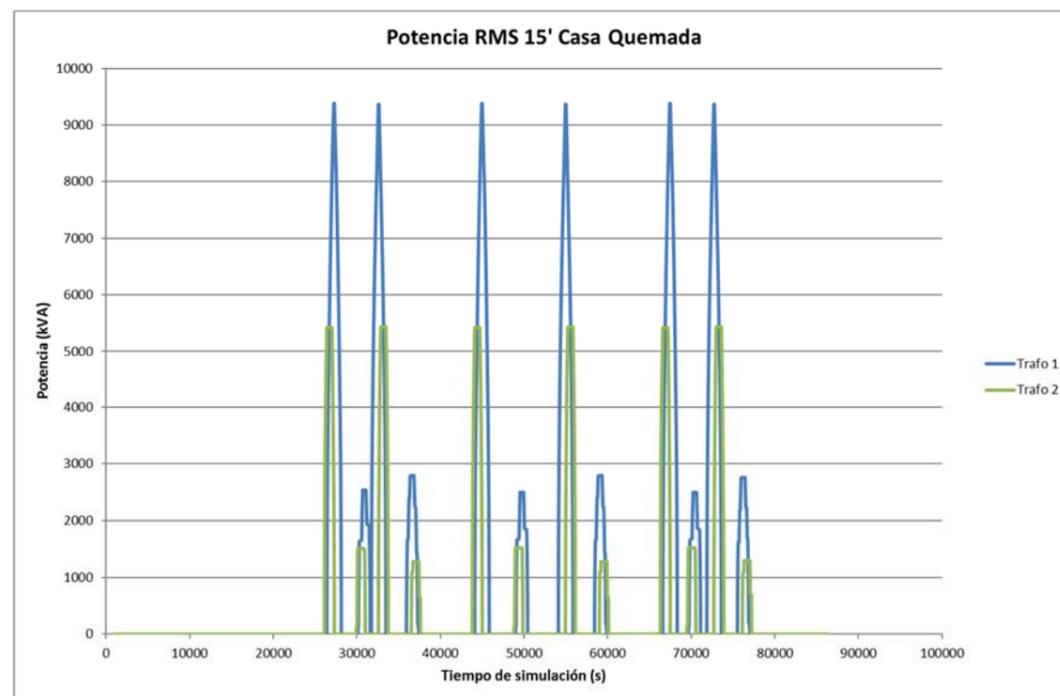
Hipótesis 2:

| | | Pot media 15 min (kVA) | Potencia instalada (kVA) |
|---------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| ATI 1.1 | Autotrafo 1 | 2196,0 | 10000 |
| ATI 1.2 | Autotrafo 1 | 5437,2 | 10000 |
| ATI 2.1 | Autotrafo 1 | 5437,2 | 10000 |
| La Palma del Condado SE 2 | Trafo 1 | 9905,6 | 30000 |
| | Trafo 2 | 9813,4 | 30000 |
| ATI 2.2 | Autotrafo 1 | 4012,8 | 10000 |
| ATI 2.3 | Autotrafo 1 | 3193,4 | 10000 |
| Huelva ATF 3.1 | Autotrafo 1 | 1928,3 | 10000 |

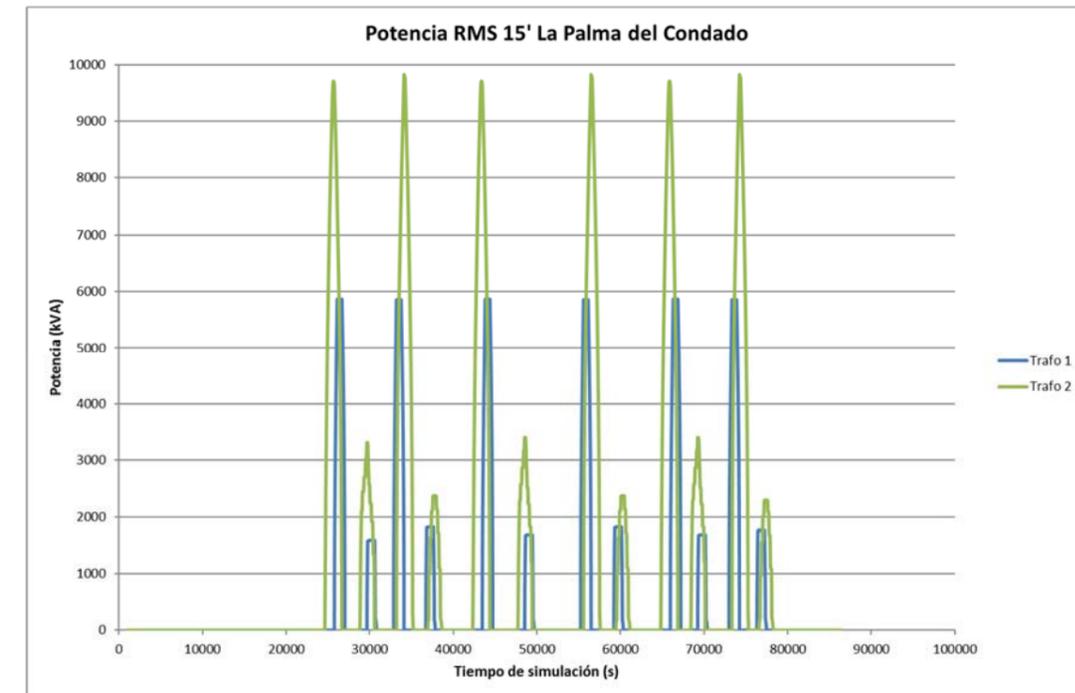
Tabla 7: Potencias demandadas

A continuación se muestran las gráficas de las potencias integradas a 15 minutos de los transformadores de las subestaciones.

Hipótesis 1:

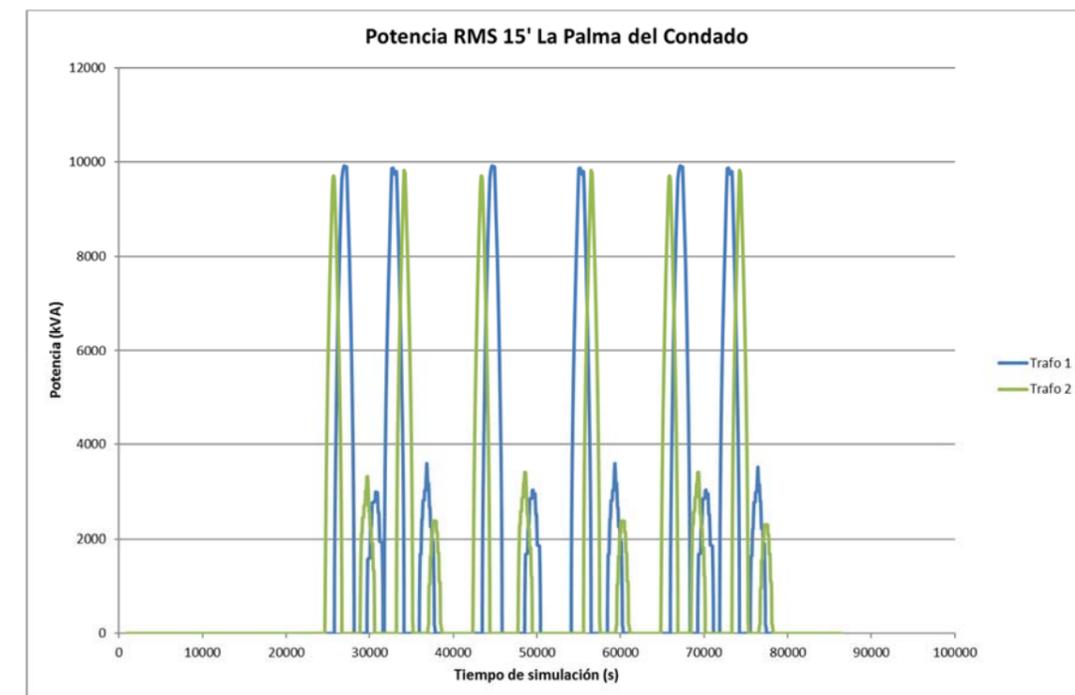


Gráfica 4 Potencia RMS Casa Quemada / Tiempo



Gráfica 5 Potencia RMS La Palma del Condado / Tiempo

Hipótesis 2:



Gráfica 6 Potencia RMS La Palma del Condado / Tiempo

7. Resumen de Resultados

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los distintos escenarios resaltando los valores que están fuera del rango de valores permitidos.

7.1. Escenario en Estudio

7.1.1. Tensiones

| | U min (V) | U med útil min (V) |
|-------------|-----------|--------------------|
| Hipótesis 1 | 26349,7 | 26792,9 |
| Hipótesis 2 | 26080,6 | 26555,9 |

Tabla 8: Resumen de tensiones / valores comparativos

7.1.2. Potencias

Hipótesis 1:

| | | Pot media 15 min (kVA) | Potencia instalada (kVA) |
|---------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| ATI 1.1 | Autotrafo 1 | 3814,1 | 10000 |
| ATI 1.2 | Autotrafo 1 | 3814,1 | 10000 |
| Casa Quemada SE 1 | Trafo 1 | 9033,9 | 30000 |
| | Trafo 2 | 3059,3 | 30000 |
| ATF 2.1 | Autotrafo 1 | 1866,3 | 10000 |
| | Autotrafo 2 | 2194,3 | 10000 |
| La Palma del Condado SE 2 | Trafo 1 | 3629,1 | 30000 |
| | Trafo 2 | 9813,4 | 30000 |
| ATI 2.2 | Autotrafo 1 | 4012,8 | 10000 |
| ATI 2.3 | Autotrafo 1 | 3193,4 | 10000 |
| Huelva ATF 3.1 | Autotrafo 1 | 1928,3 | 10000 |

Tabla 9: Resumen de potencias / valores comparativos

Hipótesis 2:

| | | Pot media 15 min (kVA) | Potencia instalada (kVA) |
|---------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| ATI 1.1 | Autotrafo 1 | 2196,0 | 10000 |
| ATI 1.2 | Autotrafo 1 | 5437,2 | 10000 |
| ATI 2.1 | Autotrafo 1 | 5437,2 | 10000 |
| La Palma del Condado SE 2 | Trafo 1 | 9905,6 | 30000 |
| | Trafo 2 | 9813,4 | 30000 |
| ATI 2.2 | Autotrafo 1 | 4012,8 | 10000 |
| ATI 2.3 | Autotrafo 1 | 3193,4 | 10000 |
| Huelva ATF 3.1 | Autotrafo 1 | 1928,3 | 10000 |

Tabla 10: Resumen de potencias / valores comparativos

8. Conclusiones

En función de los resultados anteriormente expuestos se puede afirmar que resulta factible alimentar la malla de circulación propuesta para la Línea de Alta Velocidad Sevilla - Huelva, con una subestación en Casa Quemada y otra en La Palma del Condado, situándose la zona neutra entre sus áreas de alimentación, en forma que la disponibilidad y calidad de la energía queden garantizadas.

Adicionalmente, se garantiza que la alimentación queda asegurada desde la subestación de La Palma del Condado para todo el tramo.