



Este proyecto está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea en 65,9 millones de euros.



## Acceso de alta velocidad a Toledo



## Plataforma y trazado

Se trata de una infraestructura de 20,5 Km. de doble vía en ancho internacional entre Alameda de la Sagra y Toledo. El proyecto fue dividido en dos subtramos:

Tramo Alameda de La Sagra-Mocejón, adjudicado a la Unión Temporal de Empresas formada por Dragados, Obras y Proyectos y Tecsa Empresa Constructora.

Tramo Mocejón-Toledo, adjudicado a la empresa Necso Entrecanales y Cubiertas.

### Parámetros del Trazado

- Radio mínimo: 1.000 m.
- Peralte máximo: 160 mm.
- Insuficiencia máxima: 100 m.
- Exceso máximo: No hay para trenes comerciales.
- Rampa máxima 27,5 mml.
- Aceleración vertical: 0,37 m/seg<sup>2</sup>

### Tramo Alameda de La Sagra-Mocejón

Se inicia este tramo en el Km. 53 de la línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla, en las vías de apartado del PAET de la Sagra. Y abarca en su totalidad una longitud de 8,8 km

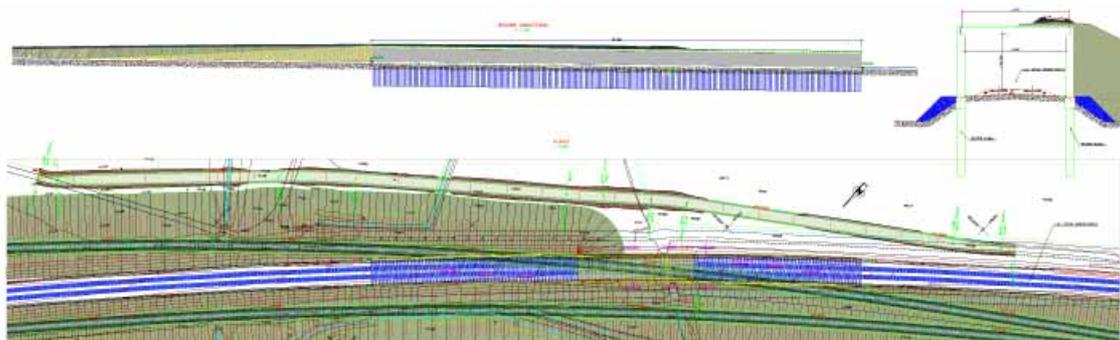
Para los primeros kilómetros (4,5 Km.) se construyen dos plataformas independientes a ambos lados de la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla, compartiendo este corredor.

Una pérgola situada en el P.K. 3+900 permite el paso de la vía izquierda sobre la línea de Madrid – Sevilla incorporándose a la vía derecha para iniciar desde aquí el trazado independiente de plataforma para vía doble hacia Toledo, aunque discurre aún unos km- más paralelo al de Madrid – Sevilla.

Estructura singular:

### Pérgola sobre la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla

Pérgola en el P.K. 3+900 V.Izq., sobre la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla, para que se pueda producir el paso de la vía izquierda del nuevo acceso a Toledo, sobre la mencionada línea. Es un pórtico de 271 m de largo, con 7,70 m de gálibo vertical y 17 m de horizontal. La cimentación está formada por 158 pilotes de diámetro 1.25 m y 15.20 m de longitud, con separación variable entre ellos de entre 2.85 m y 4.25 m. Los alzados son muros de hormigón armado de 0.90 m de espesor y el tablero está formado por vigas pretensadas unidas a los alzados mediante un nudo rígido, con losa de compresión de hormigón armado solamente en la zona correspondiente a la plataforma de la vía.





### Tramo Mocejón-Toledo

Este tramo abarca una longitud de 11,8 Km discurriendo por los términos municipales de Mocejón y Toledo. Destaca en él la construcción de un viaducto de 1.602 m de longitud que salva el río Tajo y el arroyo Valdecaba

En el P.K. 80 se aprovecha la plataforma de la antigua línea Madrid – Toledo a lo largo de 7,8 Km hasta su finalización en la estación de Toledo.

Estructura singular:

#### Viaducto sobre el río Tajo y arroyo Valdecaba

Se trata de una estructura que atraviesa ambos cauces, y de la que hay que destacar tanto su longitud total (1.602 m.), como la extensión y disposición de su tramo central (sobre el río Tajo) de 198 m.



Se compone este viaducto de 39 vanos isostáticos de 36 m. De longitud realizados mediante vigas artesas prefabricadas.

El tramo central está formado por 3 vanos hiperestáticos. Dos en los extremos, de 58 m. De longitud y uno central de 82 m.

Los dos vanos laterales están constituidos por una viga artesa única y cimbrada desde el suelo, mientras que el central se ejecutó por dovelas sucesivas desde ambos lados hasta cerrarse en el punto central.



La cimentación es básicamente por pilotes de 5.107 m.

El tablero central tiene una anchura de 14 m. Y las pilas que lo sustentan alcanzan una altura máxima de 11 m.





## Montaje de vía

Para realizar el montaje de vía con la calidad que requiere una línea de Alta Velocidad es precisa una topografía de precisión y el establecimiento de bases de referencia fijas a lo largo de la traza que permitan conseguir implantar la vía dentro de las tolerancias prescritas, que son de orden milimétrico.

Las traviesas (70.000 para todo el tramo) han sido distribuidas a lo largo de la traza y se ha extendido la primera capa de balasto en más de 12 km. Sobre esta capa se ha montado la vía auxiliar que permite el transporte y la descarga del carril, que proviene de la base de Madrid Sur, próxima a Atocha. Desde esta base se suministrarán cinco mil toneladas de carril, transportadas en trenes carrileros tirados por dos locomotoras. Cada tren transporta 36 barras de 288 metros cada una, lo que en total supone una longitud de 5.184 metros de vía sencilla.

En relación con el balasto, se ha definido una zona de acopio en Villaseca de la Sagra, en el subtramo Alameda de la Sagra - Mocejón donde comienza la plataforma en vía doble. En este acopio se ha dispuesto un muelle de carga para el balasto que se distribuirá sobre la vía con trenes de tolvas, hasta completar los 6 metros cúbicos por metro lineal de vía doble que comprende la sección de vía de alta velocidad. En total se requieren 200.000 toneladas de balasto.

### FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MONTAJE DE VÍA

- **Primera capa de balasto.** La descarga de la primera capa de balasto (lecho de balasto) se realiza con una extendidora de balasto, alimentada desde camiones cuyo sentido de montaje se realiza hacia la zona de acopio de balasto para evitar el paso continuo de camiones sobre los tramos ya ejecutados.
- **Montaje de vía auxiliar.** Esta vía está formada por traviesas de madera, carriles UIC 54 o RN 45 y cupones (54/45-60) que servirán de enlace con el carril 60E1, materiales todos de segundo uso. Esta vía se prefabrica en tramos de 12 a 18 metros, con una separación entre ejes de traviesa de aproximadamente 80 centímetros. Por ella circulará el tren carrilero para llevar los carriles al tajo.
- **Descarga de carril, posicionado y levante de vía.** Se descargan las barras de la vía directora y paralela, en sus respectivos lugares, desde el tren carrilero.
- **Posicionamiento de traviesas.** Una vez que se ha retirado el tren carrilero y cajeado el lecho de balasto, se posicionan las traviesas que previamente han sido acopiadas a lo largo de la traza.

- **Avance de vía auxiliar.** El levante parcial de paneles de vía auxiliar comprendidos entre las barras tendidas sobre el balasto se hace con un pórtico que circula por ellas, y se apilan en vagones o diplorys, instalados en la vía auxiliar delantera, desplazados por una dresina, que será la encargada de llevarlos hasta la cabeza de avance. El avance de la vía auxiliar no debe alterar el lecho de balasto.
- **Levante y posicionado de los carriles.** Sobre las traviesas colocadas y apriete provisional de las sujeciones con un par de 120 a 150 Nm para fijar el carril. Se transportan a la cabeza de la vía los paneles de vía auxiliar apilados sobre diplorys, donde se descargan y montan con ayuda de una grúa que no deteriore el lecho de balasto, creando así su avance. Una vez posicionadas las 36 barras se repite el proceso dando entrada por la vía directora un nuevo tren carrilero.
- **Montaje de la vía.** Para el montaje de la vía se ha acondicionado una superficie de acopio en Villaseca de la Sagra. En total se han utilizado 136.056 metros cúbicos de balasto, distribuido en una capa de 35 cm bajo traviesa en el eje de los carriles.
- **Soldaduras intermedias.** Antes de realizar la 1ª nivelación, y antes de los levantes, se procederá a las soldaduras de barras de 288 m, consiguiendo barras provisionales de 1.152 m (3 soldaduras seguidas), disminuyendo así el número de calas a lo largo del tramo de forma que se reduce el deterioro de la vía.
- **Primera nivelación.** La primera nivelación consiste en realizar las descargas de balasto y los levantes necesarios para dejar la vía en situación definitiva en planta y a la cota necesaria, teniendo en cuenta que tras el 2º levante se realiza una estabilización.
- **Montaje de los aparatos de vía.** El montaje de los aparatos de vía se realizará cuando se haya llevado a cabo la primera nivelación y estén terminados todos los trabajos en la vía para que, una vez colocados, la circulación de trenes por los mismos sea la mínima posible hasta la puesta en funcionamiento de la línea.
- **Segunda nivelación y perfilado de vía.** Después de realizar la primera nivelación, se procederá a la última descarga de balasto y al bateo necesario para dejar la vía en su situación definitiva, tanto en planta como en alzado.
- **Liberación de tensiones.** Como última actividad a realizar en el montaje de vía quedaría la liberación de tensiones. El proceso consiste en cortar el carril o aprovechar una junta existente, desclavado del carril a liberar, colocación de rodillos entre carril y traviesa, liberación de tensiones mediante golpeo del carril (homogeneización) con mazas de caucho o de madera, nunca metálicas, cortar un cupón para crear la cala inicial, utilizar tensores hidráulicos si se precisa neutralizar (temperaturas bajas), y finalmente soldar la junta con la cala adecuada.
- **Estabilización dinámica.** La estabilización dinámica consigue de forma artificial la compactación del balasto colocado debajo de las traviesas y alrededores. Con esta actividad se logra un efecto de compactación del balasto equivalente al obtenido con el paso por las vías de unas 100.000 t brutas

---

# Instalación de vía en placa en la estación del ramal de alta velocidad a Toledo

Almudena Hernando Gutiérrez

Jefe de Proyectos de Vía de Adif

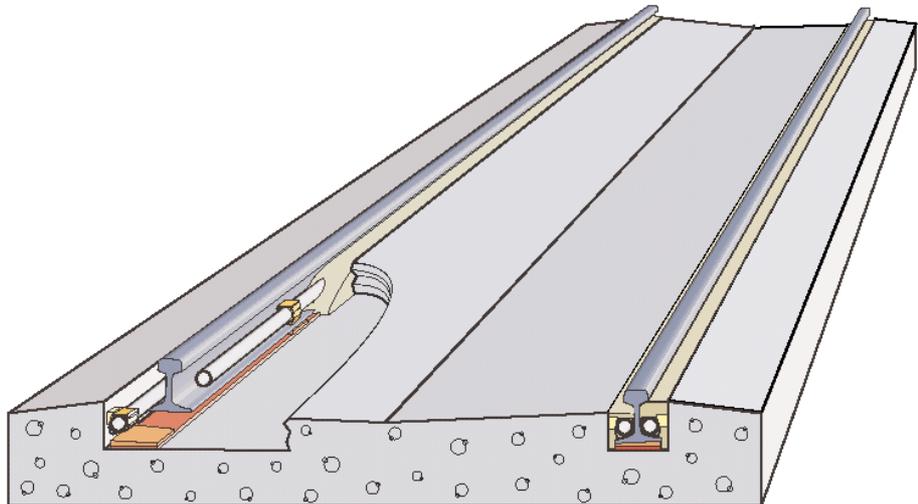
Responsable de las obras de montaje de vía del nuevo acceso ferroviario de alta velocidad a Toledo

---

La estación de Toledo, en el nuevo acceso ferroviario de alta velocidad en construcción a la ciudad castellano-manchega, contará con vía en placa, una solución aún no suficientemente experimentada en el tiempo pero que ya ha demostrado en la práctica importantes ventajas técnicas y, especialmente, desde el punto de vista del mantenimiento.

---

La denominada vía en placa es aquella que se asienta sobre hormigón o asfalto, sustituyendo estos materiales en su función al balasto. Los criterios para su construcción son mucho más exigentes que los de la vía convencional en lo que se refiere a nivelación, alineación y ancho de vía, ya que una vez instalada la corrección de posibles errores es muy costosa.



En este sentido, resulta de especial importancia prever un drenaje eficaz, con el fin de eliminar futuros problemas de mantenimiento, ya que en la vía tradicional es precisamente el balasto el que lo garantiza.

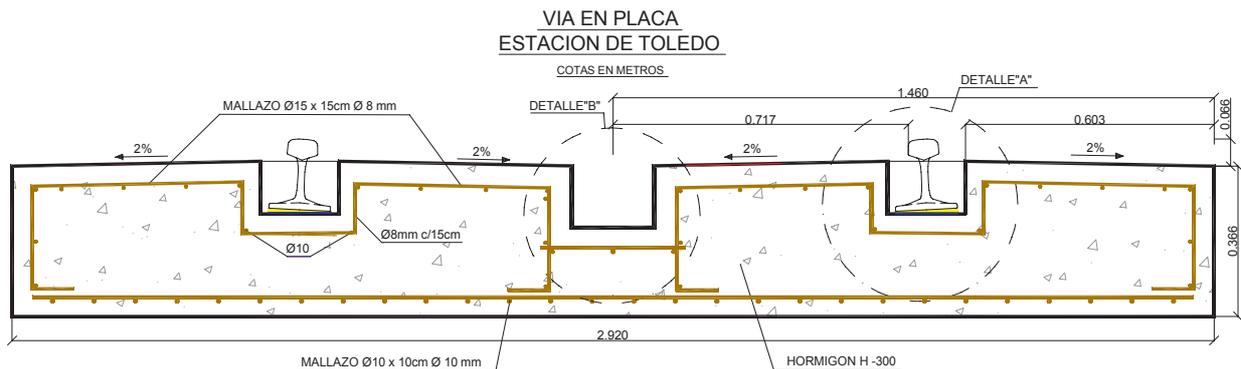
La vía en placa ofrece importantes ventajas a la hora de garantizar la posición correcta de cada uno de los elementos que la conforman, es decir, los carriles y traviesas, manteniendo especialmente inalterables los parámetros geométricos a lo largo del tiempo.

Las primeras estimaciones indican que este tipo de estructura precisa de un menor mantenimiento, que los expertos cifran en un 20 por ciento, circunstancia que permite reducir los tiempos de intervención y, por tanto, incrementar la disponibilidad de la infraestructura.

Otro de los aspectos positivos es la mayor seguridad y fiabilidad de su comportamiento y reparación ante descarrilamientos, que en un principio son menos probables, ya que la vía en placa presenta dos defensas: una activa, que reduce la formación de defectos transversales, lo que se traduce en una mayor estabilidad del tren; y una pasiva, basada en su robustez, lo que hace que sea más sólida desde el punto de vista estructural.

En cuanto a las expropiaciones, precisa menor anchura en la explanación, al no precisar banqueta, ni tampoco el espacio que ocupa el talud del balasto.

Desde la perspectiva de las desventajas, además de su precio, han de mencionarse los menores rendimientos en las operaciones de montaje de vía y la aparición de asientos en las transiciones cuando se pasa de una infraestructura sobre terraplén a otra situada bajo túnel o sobre puente, que en el caso de la vía tradicional se soluciona a través de bateos.



En la estación de Toledo, se ha utilizado vía en placa con carril embebido tipo Edilón, cuya principal característica es que carece de traviesa, por lo que el carril queda apoyado en toda su longitud y, como consecuencia, se reducen las tensiones en el mismo y mejora el reparto de las cargas, tanto estáticas como dinámicas.

En este caso, el carril está recubierto por un elemento con propiedades elásticas (Corkelast), cuyas funciones son las de solidarizar el carril con la losa de hormigón, transmitir esfuerzos desde el carril a la losa y atenuar las vibraciones.

Otra de las ventajas de especial interés es que se reducen los problemas de mantenimiento, ya que no son necesarias las tradicionales sujeciones mecánicas, que son, por otra parte, frecuente fuente de defectos.

El vuelco del carril es imposible debido al polímero Corkelast que restringe por compresión y tracción los movimientos del carril en las tres direcciones. Este sistema proporciona una vía limpia, un sistema de drenaje simple y un carril protegido frente a la corrosión, al tiempo que la infraestructura se hace accesible al tráfico de vehículos de emergencia (bomberos, ambulancias, etc) en caso necesario.

Las tres vías de la estación toledana tienen longitudes de 287'82, 274'223 y 433'673 metros, respectivamente, y se han utilizado 950 metros cúbicos de hormigón en placa, otros 25 metros cúbicos de corkelast, 61.000 kilogramos de amardura y 1990 metros de carril.

# Fases de montaje

## 1.- Construcción de un suelo de cemento

Se extiende una capa de treinta centímetros de espesor con suelo estabilizado con cemento que será la base de la losa de hormigón. La mezcla se realiza en central, para así dosificar por separado árido, cemento y agua.

El suelo de cemento no se extiende hasta que la superficie sobre la que asienta tenga la densidad debida y las rasantes indicadas en los planos.

Finalmente, se compacta por tongadas con rodillo liso.



## 2.- Posicionado del emparrillado que forma las armaduras

A continuación se coloca la armadura de la placa de hormigón. En Toledo la armadura ya viene premontada para terminar de enlazarla in situ.

Para colocarla se lleva un control topográfico colocando separadores en el suelo con el fin de respetar un recubrimiento mínimo de 5 cm.



### 3.- Losa de hormigón

El paso siguiente es el hormigonado de la losa de libre figuración con hormigón de 350 kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia.

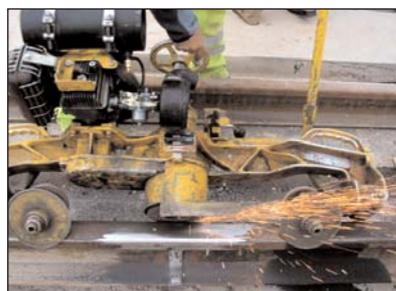
En la estación de la ciudad de Toledo se ha utilizado una extendidora con un encofrado adaptado, con lo que se logra optimizar el rendimiento y mejorar las tolerancias, al tiempo que el acabado final es más perfecto.

Durante el vertido y vibrado del hormigón se garantizará el perfecto relleno del hormigón entre la armadura e inexistencia de burbujas de aire, huecos o coqueas.



### 4.- Soldadura de carril

Concluida la losa de hormigón, se coloca el carril sobre ésta y, antes de introducirlo en la canaleta, se ejecuta la soldadura.



## 5.- Colocación de carril en canaleta

Una vez soldado el carril ya se puede meter dentro de la canaleta. Antes de ello es necesario limpiar la superficie de la canaleta y llevar un estricto control topográfico para determinar el número de galgas que se necesitan.

Se colocan las galgas y las cuñas que le darán la inclinación de 1/20.

Seguidamente se colocan unos tubos de hormigón junto al alma del carril con lo cual se aligerará el volumen del elastómero Corkelast en el que quedará embebido el carril.



## 6.- Nivelación y alineación de carril

Se trata de operaciones fundamentales que deben realizarse con la máxima exactitud ya que, cualquier error en el posicionamiento del carril, no se podrá rectificar una vez vertido el Corkelast.

La nivelación se consigue mediante las galgas mencionadas anteriormente, a su vez, la alineación se logra mediante contracñas de madera cada 1'5 m

Los trabajos topográficos se realizan en un hilo (hilo director). La nivelación y alineación del segundo se lleva a cabo tomando al primero como referencia, mediante regla de ancho y peralte o similar.



## 7.- Preparación final para el vertido del elastómero Corkelast

Antes de verter el Corkelast es necesario preparar el carril y la canaleta. Para ello se procede de la siguiente manera:

### A) Imprimación del carril y de las paredes de la canaleta

Para asegurar la correcta adherencia es necesario que todas las superficies en contacto con el Corkelast queden imprimadas.

Este riego de imprimación se aplica con un pulverizador y en dos capas. Es necesario respetar unos tiempos determinados según la temperatura entre la primera y la segunda capa y entre la segunda capa e y el vertido del Corkelast.

### B) Protección de los bordes de la canaleta

Con objeto de proteger la placa de posibles salpicaduras de Corkelast, se cubre el borde de la canaleta con una cinta adhesiva.



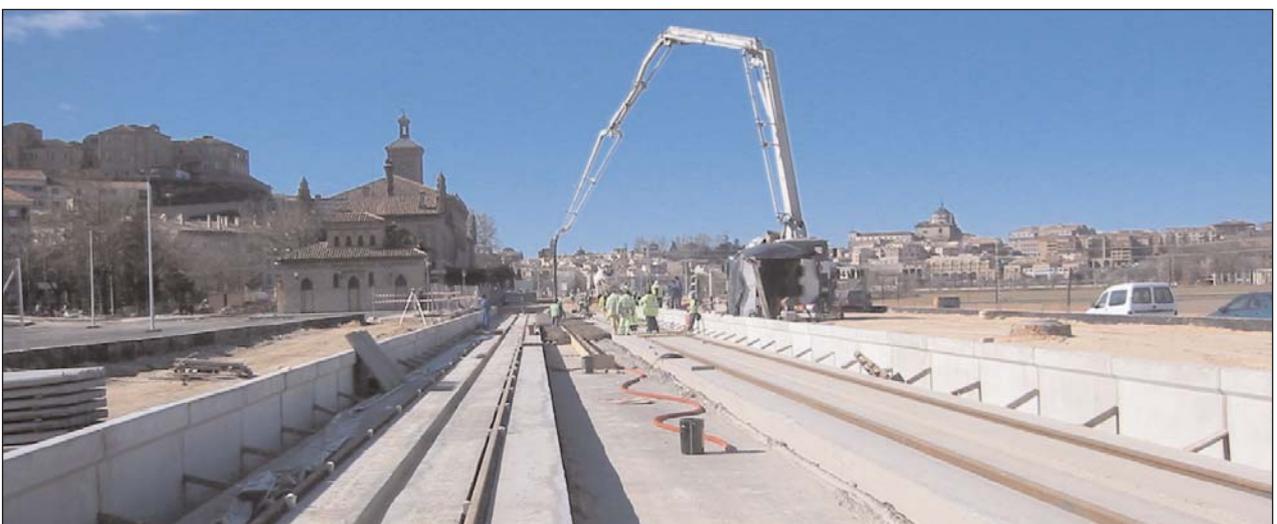
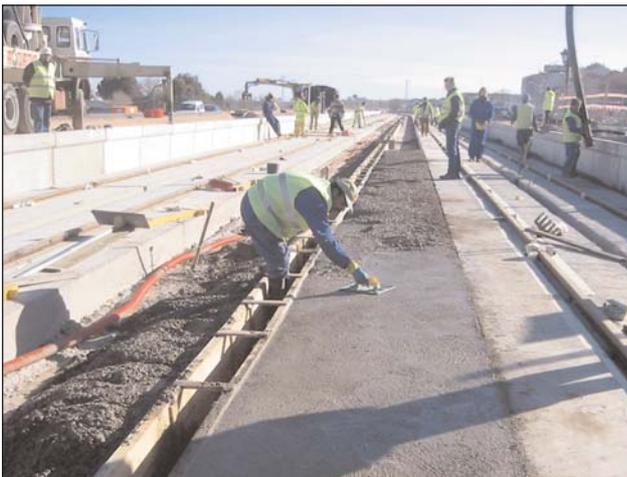
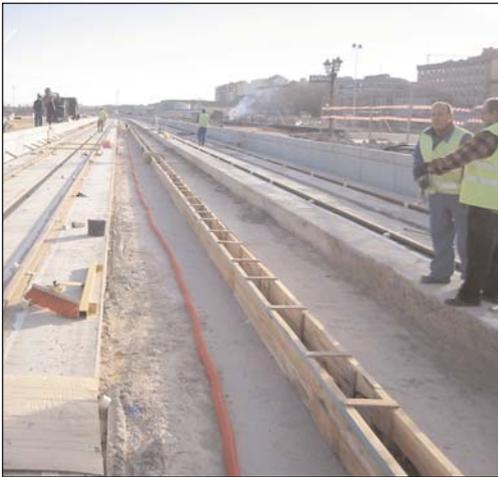
## 8.- Mezclado, batido y vertido del elastómero Corkelast

El elastómero de unión entre carril y canaleta es el elemento esencial del carril embebido, por lo que debe prestarse atención a su correcto mezclado y batido, que se realizan al mismo tiempo. Es necesario cumplir unos condicionantes de temperatura y tiempos con el fin de que la puesta en obra sea correcta.



## 9.- Hormigonado de canaletas de recogida de aguas

Para completar la sección de la vía en placa, se hormigona la parte central entre vías y las medias cañas laterales, que permitirán canalizar el agua.



## Instalaciones Eléctricas

*El sistema de alimentación de energía a la línea ferroviaria lo componen principalmente las líneas de alimentación a las subestaciones de tracción en alta tensión, las propias subestaciones de tracción y la línea aérea de contacto con los sistemas a ella asociados como son la alimentación de energía a los subsistemas de señalización, telecomunicaciones, detectores, y calefacción de agujas. La alimentación de energía a las subestaciones de tracción se realiza a través de la Red pública de transporte de energía.*

*El sistema de electrificación para alimentación de la catenaria, en corriente alterna, utiliza en todo el tramo el sistema denominado 1 x 25 KV, esto es así, principalmente por los condicionantes de conexión a la red de alta tensión y las disponibilidades de puntos de conexión a la Red pública de transporte de energía.*

*El transporte y captación de la energía por parte del tren se hacen a 25 kV a través de la línea aérea de contacto, utilizando el carril de rodadura como retorno de la corriente a la subestación. Se utiliza este sistema y no el de 2 x 25KV como en otras líneas de alta velocidad por criterios de homogeneidad con la línea existente Madrid – Sevilla.*

*La subestación de tracción que alimentará el tramo es la subestación existente de Añover. La conexión a dicha subestación será objeto de un proyecto específico.*

*La línea aérea de contacto (catenaria) es de tipología simple, poligonal atirantada y con regulación de la tensión mecánica. La altura del hilo de contacto es de 5,30 m y el vano máximo es de 65 m a cielo abierto. No hay túneles en el trazado.*

*Las instalaciones asociadas o complementarias incluyen como ya hemos dicho anteriormente los calefactores de agujas y la alimentación a sistemas auxiliares (edificios técnicos, casetas de vía, puestos de telefonía, etc.).*

*Entre otras protecciones, se proyecta un sistema de corriente de retorno y de puesta a tierra, del sistema ferroviario cuyas funciones son:*

- Retorno seguro de la corriente de tracción con reducción de la corriente en el subsuelo*
- Control del potencial para evitar tensiones inadmisibles de contacto accidental durante el servicio y en caso de cortocircuito*
- Limitación de perturbaciones inductivas en cables de señalización y comunicaciones tendidos en paralelo a la catenaria*
- Disparo seguro de las protecciones caso de romperse el hilo de contacto, o de aparecer algún defecto a tierra en la instalación.*

*Los centros de mantenimiento, que albergarán los servicios de mantenimiento de infraestructura, vía, electrificación y subestaciones, son los existentes del trayecto Madrid – Sevilla por lo que no se construirá ninguna base nueva.*

*Con objeto de garantizar los requisitos de interoperabilidad con el resto de la Red europea de alta velocidad, las instalaciones eléctricas de la línea La Sagra - Toledo cumplen con la normativa europea y, en particular, con la norma EN 50119 de CENELEC, con las especificaciones técnicas de interoperabilidad (STI subsistema energía) y con las recomendaciones de la UIC (grupo de estudio 57H1 y 57H3 principalmente).*

## Señalización y Seguridad

### **Sistemas de señalización**

*Tienen como misión garantizar la seguridad de la circulación de los trenes en cualquier circunstancia de explotación de la línea. En la ejecución de estas actuaciones también se tiene en cuenta la integración de la línea con las instalaciones existentes siguientes:*

- ❑ *Conexión con el tramo Madrid Atocha – La Sagra.*

### Subsistema de enclavamientos

*El núcleo del sistema de señalización y protección del tren estará formado por los enclavamientos, con sus elementos en vía asociados, los sistemas de protección del tren y las interfaces entre ambos. Dichos sistemas cooperarán entre sí para garantizar el tráfico seguro de los trenes y la explotación eficiente de la línea.*

*El equipamiento de señalización de la línea de alta velocidad contempla las instalaciones y elementos de campo de las estaciones comerciales, de los cambiadores de ejes, de los apartaderos, de los Puestos de Banalización (PB) y de los Puestos de bloqueo de línea (PBL) en los trayectos. En el caso de esta línea no se instala ningún cambiador de ejes.*

*La dotación de señales laterales permitirá la explotación de la línea de forma totalmente banalizada por ambas vías principales de circulación. En las estaciones y apartaderos se han previsto señales de entrada (con sus avanzadas), salida y, en su caso, señales de mango; en los PB se han previsto señales de entrada y de salida, así como señal de mango, donde existan.*

*El control y el mando de los elementos y aparatos de campo, 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), la circulación a través de los by-pass y en los bloqueos entre los puntos anteriores, incluyendo el control de las señales de los PBLs, serán realizados y asegurados por los enclavamientos. La configuración de los enclavamientos dependerá de la arquitectura propuesta en función de su capacidad de control y los condicionantes de disponibilidad de la instalación.*

*Los enclavamientos incluyen los equipos de proceso y control situados en los edificios técnicos y casetas de señalización en vía, en los by-pass y en los cambiadores, así como los elementos de campo asociados: dispositivos de detección de presencia del tren, señales laterales luminosas, sensores de rueda de indicación de talonamiento de una aguja, etc.. También se contempla el control, mando y supervisión de los accionamientos de los desvíos por parte del enclavamiento. Se prevén asimismo las interfaces necesarias para el control y supervisión de dispositivos de supervisión en vía.*

*Incorporarán, asimismo, la capacidad de ser telemandados desde uno o varios puestos remotos (CTCs y otros puestos de mando auxiliares), a los que transmitirán la información necesaria para la representación de elementos y aparatos.*

*Por otra parte, los enclavamientos entregarán información al sistema integral de ayuda al mantenimiento y proporcionarán, también, la información necesaria al sistema ATP/ATC para que éste lleve a cabo las funciones de control y protección de los trenes que circulan por la línea.*

*La técnica de señalización incluye también, el suministro de energía a los equipos ubicados en los edificios técnicos, casetas de señalización en trayecto, y en los by-pass y cambiadores. La instalación se dimensionará para proporcionar alimentación a los equipos propios y a otros, entre los que se incluyen:*

- *Equipos de telecomunicaciones fijas.*
- *Equipos del sistema de radio móvil GSM-R.*
- *Dispositivos de supervisión a lo largo de la línea.*
- *Otros equipos de vigilancia y monitorización.*

### *Subsistemas de protección del tren*

*Los sistemas de protección del tren supervisan la marcha segura del mismo, de acuerdo con la información que reciben de los enclavamientos y con las condiciones propias del trazado de la línea. Como sistema principal se ha elegido el ERTMS/ETCS nivel 2, soportado por una red de radio móvil GSM-R. Se equipará, además, un sistema de respaldo ERTMS/ETCS nivel 1 que permitirá la explotación de la línea en modo degradado del sistema principal.*

*Además de los dos sistemas mencionados anteriormente y al ser el Tramo La Sagra – Toledo un ramal de la existente línea Madrid – Sevilla de RENFE, cuyo principal sistema de protección es el LZB, se dotará a este tramo con dicho sistema de protección. Este sistema utiliza cable radiante ubicado en la caja de la vía que envía información al tren.*

*Por último, se incluye un equipamiento ASFA para trenes sin ERTMS/ETCS ni LZB o con el equipo a bordo fuera de servicio. Como criterio general, el equipamiento en vía estará constituido por las balizas de señal y previas, así como las unidades de conexión.*

*Los sistemas de protección tendrán una configuración que permita una explotación idéntica sin disminución de prestaciones por ambas vías principales de circulación.*

*Los sistemas de ATP/ATC que constituyen el sistema ERTMS/ETCS y LZB están gestionados y controlados desde un puesto central ubicado en el centro de regulación y control (CRC). Desde este puesto central, se establecerán las limitaciones de velocidad a los trenes en los puntos que se requiera, y recibirá periódicamente la información relativa de cada uno de los trenes equipados con el sistema ERTMS/ETCS y LZB, para ponerla a disposición de otros sistemas externos que la necesiten, tales como el sistema de regulación y control (SRC) y el sistema ATO, así como, si fuese necesario con el CTC.*

*También se incluye, dentro del suministro y validación de los elementos constituyentes del sistema ERTMS/ETCS, el equipo embarcado de dicho sistema. En este equipo embarcado será de aplicación la norma EN 50155 o su equivalente IEC 60571 para tensiones en el circuito de retorno de alimentación.*

*Los requisitos técnicos y funcionales del sistema ERTMS/ETCS embarcado propuesto cumplirán todas las especificaciones de los documentos de aplicación de EEIG, UNISIG–ECSAG para la clase 1. \_\_\_\_\_*

### Subsistema de protección de personas que trabajan en la vía

Se ha previsto también un sistema de protección a las personas que realizan trabajos en la vía, con objeto de incrementar las medidas de seguridad de las mismas. El personal en la vía dispondrá de terminales desde los cuales se podrán realizar peticiones de asignación de una zona de trabajos al puesto central, que establecerá restricciones temporales de velocidad a los trenes que circulen con ERTMS. Los terminales generan avisos de alarma cuando se aproximan trenes a la zona, estén o no equipados con ERTMS/ETCS. Como medio de comunicación entre el sistema de señalización y los terminales, se utiliza la red de radio móvil GSM-R.

*Sistemas de control del tráfico del Centro de regulación y control (CRC) de la estación de Madrid Puerta de Atocha*

*La operación del tramo La Sagra–Toledo de la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla/ Toledo, en cuanto al control del tráfico de trenes se refiere, se realizará en origen desde el centro de regulación y control (CRC) existente situado en la estación Puerta de Atocha de Madrid, mediante el telemando, control y supervisión de los enclavamientos instalados en dicho tramo, y que se integran en las instalaciones actuales del AVE Madrid-Sevilla consiguiendo los objetivos de:*

- *mejora del control del tráfico de dicho tramo y la optimización del mismo,*
- *mejora de la regularidad del tráfico por la rapidez en la toma de decisiones,*
- *racionalización en la explotación ferroviaria*

*Dicho centro de regulación y control del tráfico estará equipado con sistemas cuyas funcionalidades permitan realizar la gestión del control del tráfico de forma efectiva y racional, por lo que serán necesarios los siguientes subsistemas:*

- 1. Programas de control del tráfico centralizado, constituido por programas de mando y control de los enclavamientos, y las funcionalidades básicas de operación (mandos a los enclavamientos, recepción de los estados de los elementos de campo, numeración de trenes, representaciones gráficas, etc., así como algunas funcionalidades adicionales, indicadas más adelante.*
- 2. Programas automáticos y semiautomáticos de enrutamiento de los trenes en función de su número de identificación.*
- 3. Programas de regulación del tráfico (SRC) para mantener las circulaciones de los trenes con los horarios nominales, obtener ahorro de energía eléctrica de las circulaciones, etc.*
- 4. Programas de monitorización de control de tráfico de la explotación: reconstrucción de las secuencias de explotación.*
- 5. Conexión con sistemas externos, con programas específicos para transferencia de información, ya sea para transferencia de información en tiempo real o no, como por ejemplo, con el sistema de regulación y control del tráfico (programas de regulación, de ATO, etc.), puesto central del sistema de protección del tren (ERTMS), telemando de subestaciones y de energía, sistemas de información a los viajeros, sistemas de gestión de los operadores de trenes, sistemas de mallas, sistemas complementarios y auxiliares, sistema de ayuda al mantenimiento, etc.*
- 6. Telemando de electrificación para el control y supervisión de los subsistemas de energía: subestaciones eléctricas, seccionadores de catenaria, etc.*

*Dentro del CRC se podrán diferenciar dos grupos de funciones:*

- *Funciones de control del tráfico centralizado (CTC).*

- *Funciones de regulación, enrutamiento de trenes y operación automática de trenes (ATO).*

*El alcance de este sistema se circunscribirá al primer grupo de funciones, previendo en cualquier caso los equipamientos necesarios para la interconexión futura del CTC con el sistema de regulación central (SRC).*

*El funcionamiento conjunto de ambos sistemas permitirá automatizar los procesos y sistemas que intervienen en la regulación del tráfico a fin de conseguir los objetivos previstos.*

*El control de los enclavamientos del tramo –La Sagra - Toledo podrá ser realizado por cualquiera de los dos modos siguientes:*

- *Modo telemando, a distancia mediante el sistema de control de tráfico centralizado CTC, situado en el CRC .*
- *Modo local, desde la estación de Toledo donde estará ubicado el enclavamiento, mediante el puesto de operación o PLO, constituido básicamente por los mandos locales propios del enclavamiento.*

*Con respecto a los puestos centrales del CTC, del SRC y del telemando de electrificación se contemplará únicamente el suministro y instalación de los elementos necesarios para integrarse en el puesto central existente, permitiendo el control del tráfico y los sistemas de regulación.*

#### *Control del tráfico centralizado (CTC)*

*La operación normal de la línea se realizará desde el centro de regulación y control existente, mediante programas automáticos y semiautomáticos de enrutamiento de los trenes, y que formarán parte del futuro sistema de regulación central, de tal manera que en función de los números de identificación de los trenes, de las velocidades de circulación en cada instante o de otros parámetros, dichos programas realicen los itinerarios adecuados a cada tren, mandando las órdenes correspondientes a cada uno de los enclavamientos de la línea. El mando de itinerarios de forma manual realizado por los técnicos de explotación y gestión del CTC (TEG) se reduce a situaciones particulares, no siendo el modo normal de operación.*

*En aquellos casos en que no sea posible realizar el control de los enclavamientos de la línea desde el CTC, es decir, en modo degradado del CTC, ya sea por una causa debida al mal funcionamiento de los ordenadores o porque no funcione en un determinado momento la comunicación entre el CTC y los enclavamientos, la operación de la línea recaerá entonces en los agentes de circulación destinados a tal efecto. Este modo de funcionamiento se denomina modo local.*

*Así pues, la operación y el control de cada enclavamiento del tramo de –La Sagra - Toledo, es decir, el mando de itinerarios, movimientos, etc., y la visualización de los itinerarios y de los estados de los elementos de campo, podrá ser realizada mediante dos modos (tres niveles jerárquicos distintos de operación):*

1. *Por el puesto central de control del tráfico centralizado CTC, situado en el centro de regulación y control del tráfico de la estación de Madrid Puerta de Atocha.*
2. *Por el mando local propio del enclavamiento.*

### Sistema de regulación central (SRC)

*Los objetivos de la regulación del tráfico son la explotación óptima global de la línea con criterios económicos, la compensación de perturbaciones y la resolución de conflictos de circulación.*

*Este módulo será el responsable del enrutamiento automático de trenes, del establecimiento de paradas comerciales y del establecimiento de tiempos de marcha y de parada en las rutas establecidas. Actuará estableciendo itinerarios a los enclavamientos, enviando órdenes de conducción automática (ATO) a medida de cada tren y enviando tiempos de espera a los dispositivos de cuenta-atrás tanto de los trenes como de las estaciones.*

*Las funciones principales del SRC son:*

- *Regulación de tráfico, con información al maquinista del tren, tanto off-line (misión del tren previa a la salida) como on-line vía ATO.*
- *Información al Técnico de Explotación y Gestión (TEG). Mediante pantallas gráfico-textuales, se informará al TEG del estado actual del sistema y de la estimación de su estado previsto.*
- *Información al administrador. Similar a la del TEG, pero personalizada para funciones de gestión de más alto nivel.*
- *Información a los operadores de trenes. La información básica que se envía es la estimación precisa de tiempos de llegada/salida de los trenes en las estaciones. También podrá informarse sobre las decisiones de regulación que afecten a cada operador y sobre el estado actual de cumplimiento de los contratos GIF - Operador (política de penalizaciones y compensaciones aplicable).*
- *Información al módulo de facturación a los Operadores. Toda la información que dicho módulo necesite para aplicar al final de cada jornada la política de penalizaciones y compensaciones vigente para cada operador.*
- *Información al módulo de gestión del sistema eléctrico. Las previsiones de movimiento de trenes y consumos estimados espacio-tiempo son comunicados al módulo de gestión del sistema eléctrico que determina, según la estrategia más conveniente, la cantidad de energía a producir por el propio GIF, así como la contratación de compra-venta de energía en el mercado eléctrico diariamente.*

- *Información al módulo de gestión del mantenimiento. Las incidencias relevantes de trenes y equipos de vía, así como del sistema eléctrico, serán comunicadas de inmediato al módulo de mantenimiento. Tanto estas incidencias relevantes como las incidencias menores y las anomalías (desviaciones detectadas en los elementos del sistema entre su comportamiento previsto y su comportamiento monitorizado) serán registradas y enviadas diariamente a dicho módulo. También quedará registrada la información estadística disponible sobre el desgaste sufrido por trenes y equipos fijos (kilómetros recorridos, nº de arranques/frenados, nº de maniobras de agujas, etc.)*
- *Moviola: Una función interesante en general, e imprescindible en las fases iniciales de integración y pruebas, es la de poder reproducir de forma pormenorizada lo ocurrido durante una jornada (o fracción) de explotación del sistema. Para ello se cargará un fichero "log" con todos los eventos de entrada al sistema y su etiqueta horaria. Este fichero alimentará luego a una réplica del sistema en modo diferido, para análisis off-line.*

### Telemando de electrificación

*Este sistema tendrá características similares al CTC, con la diferenciación en cuanto a que el control lo realiza sobre el sistema de electrificación y de las subestaciones de energía: subestaciones de energía y su equipamiento, seccionadores de catenaria , etc.*

## Sistemas de Telecomunicaciones

*Las instalaciones de telecomunicaciones deben proporcionar el soporte de transmisión y conmutación, tanto de voz como de datos, para el resto de sistemas del tramo La Sagra - Toledo. Estas instalaciones se agrupan en dos grandes grupos que se describen a continuación:*

### Telecomunicaciones fijas

*Dentro de las instalaciones con las que se dotará la línea de alta velocidad, existirá una red fija, constituida por un backbone (troncal) de fibra óptica que se desplegará a lo largo de la vía. En su implantación se incluirá todo el equipamiento de transmisión y conmutación necesario, utilizándose como medio físico de transmisión un cable de fibra óptica.*

*Basada en las tecnologías más modernas y compatible con los últimos avances en conmutación y gestión de red, la Red fija será la espina dorsal de las telecomunicaciones. La fiabilidad de la Red será por tanto una razón esencial de la misma, previendo caminos físicos de transmisión y dispositivos esenciales redundantes, con equipos de transmisión en ejercicio y reserva con cambio automático de unos a otros sin pérdida de información.*

*Será una red de gran capacidad basada en fibra óptica e incorporará las últimas tecnologías en transmisión, conmutación y encaminamiento. Será una red multiservicio, abierta y dará soporte al resto de sistemas de la línea que lo precisen. En su implementación se utilizarán protocolos e interfaces de acuerdo a los estándares internacionales que permitan la interconexión e interoperabilidad con otras redes de telecomunicaciones.*

*La red de telecomunicaciones tendrá una arquitectura redundante, con una topología basada en un Anillo troncal y uno de acceso que garanticen una disponibilidad total de la misma.*

*Los principales subsistemas que integran el sistema de telecomunicaciones fijas son:*

- Subsistema de distribución y acceso.*
- Subsistema de transporte.*
- Subsistema de conmutación, tanto de voz como de datos*
- Subsistema de operación, supervisión y gestión de red*
- Subsistema de interfonía en estaciones.*

*Los servicios que debe proporcionar la red de telecomunicaciones fijas son los siguientes:*

- *Telefonía operacional, administrativa, de gestión y de mantenimiento*
- *Interfonía en estaciones*
- *Soporte de datos a las instalaciones de señalización, GSM-R, centros de control de tráfico y sistemas de gestión.*
- *Soporte de datos a instalaciones auxiliares de supervisión, videovigilancia, sistemas de información al viajero, cronometría, etc.*

### Red de radio móvil GSM-R

Como ya se ha indicado, la línea de alta velocidad La Sagra - Toledo, como integrante de la red transeuropea cumplirá todas las condiciones impuestas para obtener la calificación de interoperable. El sistema de control de tráfico a instalar cumplirá obligatoriamente con las especificaciones técnicas y funcionales establecidas para la Clase 1 de UNISIG-ECSAG.

El nivel de aplicación escogido para la explotación de la línea en su fecha de puesta en servicio es el nivel 2, utilizando el sistema de radio europeo GSM-R para realizar la transmisión de los datos entre los equipos en tierra y el equipamiento embarcado. El sistema GSM-R cumplirá con todos los requisitos establecidos por las Normas y Recomendaciones de aplicación de CENELEC, ETSI y de la UIC, así como con las especificaciones técnicas y funcionales de EIRENE y MORANE.

El sistema GSM-R, basado en el GSM del ETSI, es una red de radiotelefonía móvil para uso de los ferrocarriles en las líneas transeuropeas. Desde el punto de vista funcional el sistema GSM-R se compone de los siguientes subsistemas:

- ❑ El 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 interfaz al sistema de gestión integral de la red de telecomunicaciones (TMN).
  - Registro de Gestión de Suscripciones y Monitorización de llamadas.

El sistema GSM-R utilizará el soporte del sistema de telecomunicaciones fijas para los enlaces de datos necesarios entre los elementos de la infraestructura del sistema. Los servicios que debe proporcionar el sistema GSM-R se resumen a continuación:

- ❑ Servicios de datos, incluyendo todos aquellos catalogados en las especificaciones de EIRENE como obligatorios para la interoperabilidad, servicios de SMS, GPRS, transmisión de fax y servicios de transmisión de datos para los sistemas de información al viajero a bordo del tren.
- ❑ Servicios de voz, incluyendo todos aquellos catalogados en las especificaciones de EIRENE como obligatorios para la interoperabilidad, servicios funcionales de numeración y el conjunto de facilidades ASCI, servicios de aplicación a la radiotelefonía móvil operacional y de vigilancia y seguridad.

### **Sistemas de supervisión y vigilancia.**

Dentro de este grupo se incluyen aquellos sistemas auxiliares que mejoran la seguridad y la operación de la línea y supervisan el estado de la infraestructura, las instalaciones y el material rodante que circula por la línea. Los principales sistemas estarán instalados a la altura del PK 14 donde se instalará una caseta para este fin. Los sistemas son los enumerados a continuación:

- ❑ Sistemas de detección de caída de objetos a la vía. A lo largo de la línea hay un total de 10 pasos superiores por los que circulan vehículos de todo tipo. La caída de un vehículo o de la carga que transporta a la vía supone un riesgo para los trenes que circulan por la línea que debe minimizarse mediante estas instalaciones..
- ❑ Sistema de detección de cajas calientes . Está previsto instalar un detector de este tipo que identifica al paso de los trenes por los puntos dónde están instalados, , la temperatura de las cajas de cojinetes. Cuando un cojinete se avería o le falta lubricación, , la temperatura se eleva y puede alcanzar valores peligrosos para las ruedas o el eje. Mediante estos sistemas se detectan estas situaciones y se envían mensajes de alerta al tren afectado.
- ❑ Sistema de detección de Impactos Verticales. El detector de impacto en vía permite detectar en tiempo real las posibles irregularidades geométricas de las ruedas, el exceso de peso por eje o el desequilibrio de carga por eje, al paso de los trenes por un punto determinado, se instalara un detector de este tipo en cada vía.
- ❑ Sistema de detección de comportamiento dinámico del pantógrafo. Este detector mide las elevaciones excesivas del hilo de contacto, mediante esta detección es posible actuar sobre el tren que circula por una vía con el pantógrafo mal regulado o en mal estado haciendo que reduzca su velocidad convenientemente, o deteniéndolo en casos extremos que se considere oportuno, se instalara un detector de este tipo.
- ❑ Sistema de detección de objetos . Los objetos arrastrados y los vagones con ejes descarrilados provocan daños de gran importancia en la infraestructura y conllevan un riesgo elevado de descarrilamiento. Con el fin de incrementar la seguridad de los trenes en caso de producirse un descarrilamiento, así como para minimizar los daños producidos a la infraestructura , se instalara un detector de este tipo.
- ❑ Estaciones meteorológicas. En ciertas zonas de la línea pueden producirse vientos laterales, que deben detectarse para reducir la velocidad de los trenes a un valor seguro para la circulación. Lo mismo puede decirse cuando tienen lugar precipitaciones fuertes o inundaciones. En principio no está contemplado en el proyecto instalar ningún elemento de este tipo, aunque si figuran equipos de control meteorológico relacionados con el sistema de detección de comportamiento dinámico del pantógrafo.

- Sistemas de videovigilancia. Se componen de cámaras de televisión instaladas en puntos estratégicos cuyas imágenes se transmiten al Centro de Regulación y Control. Estos sistemas están fuera del ámbito de este proyecto.
  
- Sistemas de detección de intrusión, control de acceso e incendios. Los edificios técnicos que alojan las instalaciones de señalización y telecomunicaciones son puntos críticos que deben supervisarse para garantizar que solo accede a los mismos el personal autorizado. Asimismo, un incendio en uno de dichos edificios provocaría un impacto considerable en la explotación de la línea, por lo que se equipan sistemas de detección y extinción automática de incendios. Están fuera del ámbito de este proyecto.
  
- Sistema de detección del estado del pantógrafo. Un pantógrafo en mal estado o con una presión sobre la catenaria fuera del margen admisible puede provocar daños a la catenaria. El equipamiento de estos sistemas en los puntos de acceso a la línea evita que un tren en mal estado acceda a la misma, no se contempla la instalación de este tipo de detector.
  
- Sistemas de información al viajero, cronometría y megafonía. Incluyen los teleindicadores, monitores y paneles de información a los viajeros, relojes y sistema de megafonía en las estaciones, además de los ordenadores y equipos de control de los mismos y la interconexión con los sistemas de regulación y control.

## Edificios Técnicos

A lo largo de la línea de alta velocidad La Sagra - Toledo se disponen de dos edificios en los que se ubican los equipos técnicos. Se construirá un edificio técnico en Mocejón y en Toledo, la cimentación de dichos edificios será mediante zapatas corridas y la estructura será de paneles de hormigón prefabricados.

El edificio de Mocejón será del tipo 2A y tendrá una superficie de unos 170 m<sup>2</sup>, el edificio de Toledo será del tipo 1 y tendrá una superficie de unos 276 m<sup>2</sup>.

Los equipos que se instalan en el interior corresponden a las técnicas de señalización, telecomunicaciones, y de vigilancia y supervisión.

Los edificios se estructuran en salas independientes dedicadas a servicios específicos, cuyo número y tamaño se adecua a cada caso concreto, entre ellas las siguientes:

- Sala de energía, que contiene los equipos de alimentación ininterrumpida para los equipos de las diferentes técnicas.
- Sala de señalización, donde se ubican los circuitos de vía, módulos de mando de desvíos y módulos de control de señales y elementos de campo, codificadores de las eurobalizas.
- Sala de ordenadores, dedicada a alojar los ordenadores del enclavamiento y del RBC.
- Sala de telecomunicaciones, dedicada a los equipos de transmisión y conmutación, centralitas telefónicas.
- Sala para los equipos de vigilancia y supervisión equipos de supervisión.
- Sala de cables, donde se instalan los bastidores con todos los cables de conexión con los elementos en vía.
- Sala de baterías, para el suministro eléctrico ininterrumpido.
- Sala para el grupo electrógeno en aquellos lugares donde no se disponga de una acometida de la red pública.
- Almacenes de repuestos y herramientas, despachos para el personal, aseos y vestuarios en aquellos edificios asignados como centros de mantenimiento.

Los edificios incluyen instalaciones de alumbrado, agua, depósito de combustible cuando hay grupo electrógeno, equipos de climatización para mantener la temperatura de los equipos dentro de los márgenes especificados, sistemas de detección y extinción automática de incendios, sistemas de detección de intrusión y control de acceso. Los edificios técnicos están normalmente desatendidos, salvo los centros de mantenimiento, por lo que las alarmas o incidencias que se produzcan en los sistemas e instalaciones citados se envían al Centro de Regulación y Control.

El entorno de los edificios se acondiciona para disponer de una zona de aparcamiento de vehículos, vallado perimetral y caminos de acceso.

## Estación de Toledo

### Obras realizadas en la estación de Toledo:

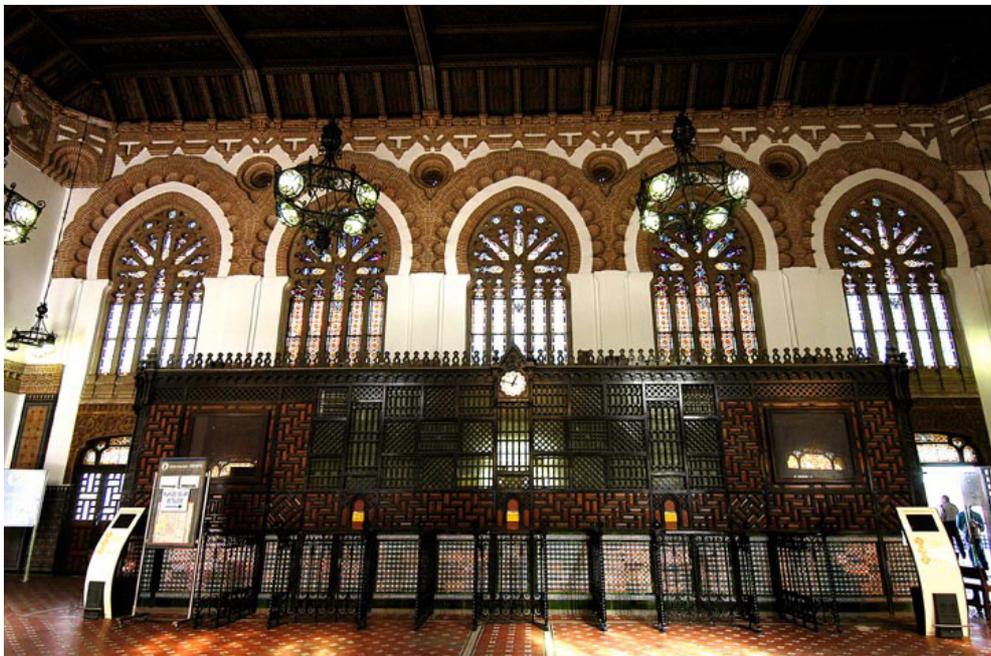
Declarado Bien de Interés Cultural con la categoría de Monumento, la estación de Toledo, proyectada por el arquitecto Narciso Clavería en estilo neomudéjar, se inauguró en 1919. La rehabilitación del edificio histórico de la estación es uno de los aspectos más singulares de las actuaciones para el desarrollo del enlace de alta velocidad entre Madrid y Toledo.

Se actuó sobre una superficie de 12.600 m cuadrados, y los trabajos se enmarcan en el Plan Especial de Ordenación Urbana del área.



Para su reforma se han efectuado los siguientes trabajos:

- Adecuación de andenes (pavimentación en hormigón pulido y colocación de pieza de borde en hormigón prefabricado)
- construcción de marquesinas para la protección de viajeros (cimentación, estructura metálica, pilares, cerchas, material de cubierta, etc)
- Rehabilitación de la marquesina histórica de la estación



- Construcción de aparcamiento con capacidad para 325 plazas
- Nueva cafetería
- Nuevo acceso desde la rotonda al patio de viajeros

- Recolocación de la valla histórica de la estación, obra de Julio Pascual, también reconocida como Bien de Interés Cultural.
- Nuevo centro de viajes



- Arreglo de fuentes y jardinería
- Limpieza de la torre del reloj y restauración de éste

- Renovación completa de la imagen de la estación (mobiliario, iluminación, cronometría, megafonía, información al viajero, televigilancia, nueva señalética, cerramiento para impedir accesos sin control.
- Otras actuaciones se refieren a la red de saneamiento para recogida de pluviales y las canalizaciones eléctricas (tuberías, arquetas, cámaras de registro, etc ...)

