



Pliego de Prescripciones Técnicas

**RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS
ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y
RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO
IMPACTO**

Servicio de Patrimonio Histórico de Metro

21 de noviembre de 2017

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

0. ÍNDICE	
1. INTRODUCCIÓN	3
2. PARTE 1. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE ENCARGO.....	4
2.1. Naturaleza de los trabajos	
2.2. Investigación	
2.3. Contenido gráfico	
2.4. Resumen de alcances del análisis historiográfico	
3. PARTE 2. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE ENCARGO	9
3.1. Naturaleza de los trabajos	
3.2. Investigación	
3.3. Contenidos a desarrollar	
3.4. Configuraciones y modos	
3.4.1. Modo conductor	
3.4.2. Modo viajero	
3.5. Resumen de entregables del análisis historiográfico	
3.6. Hardware Interfaz de usuario	
3.7. Resumen de alcances simulador histórico	
3.7.1. Resumen configuraciones	
I. Viaje histórico	
II. Visita Subestaciones históricas	
III. Viaje en el Tiempo	
3.7.2. Resumen alcances material móvil incluidos en el simulador	
3.7.3. Resumen modos de uso	
I. Modo conductor	
II. Modo viajero	
3.8. Entregables Simulador	
4. CONSIDERACIONES FINALES	18

1. INTRODUCCIÓN

Metro de Madrid cumplirá 100 años el próximo octubre de 2019 y como consecuencia de ello se realizarán diversas actividades para la celebración de su Centenario.

El presente pliego de prescripciones técnicas se encuadra dentro del conjunto de acciones previstas para la conmemoración del Centenario de Metro de Madrid (en adelante, Metro) como parte de un proyecto más amplio en el tiempo para la recuperación y puesta en valor de la historia de Metro como patrimonio material e inmaterial de los madrileños.

El objeto de éste pliego tiene como fin la descripción de las prescripciones técnicas para el desarrollo de acciones conducentes a la recuperación del patrimonio histórico de Metro mediante el análisis y restitución digital del tramo inaugural Cuatro Caminos - Sol así como otros espacios históricos de interés, con el fin último, de obtener contenidos que permitan la puesta en valor el patrimonio industrial de Metro de Madrid y su utilización como base documental y gráfica para montajes expositivos y/o museografías con motivo del Centenario o del futuro museo de Metro.

Para la consecución de tales fines, el presente pliego de prescripciones técnicas contempla dos acciones diferenciadas pero complementarias en sus objetivos que se materializan en los siguientes dos alcances:

- I. ***La elaboración de un análisis historiográfico mediante una narración gráfica de los valores patrimoniales histórico-culturales de los primeros tramos del Metro de Madrid.***

- II. ***El desarrollo de un simulador histórico con técnicas digitales de recreación virtual inmersivas en alta definición y nivel de detalle de los espacios orígenes del Metro.***

2. PARTE 1. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE ENCARGO

ALCANCE I: *Elaboración de un análisis historiográfico mediante una narración gráfica de los valores patrimoniales histórico-culturales de los primeros tramos del Metro de Madrid.*

2.1. Naturaleza de los trabajos

El objetivo del alcance I, será la investigación y la elaboración de documentos que indaguen, afloren y describan los valores patrimoniales histórico-artísticos de los primeros tramos de la red de Metro de Madrid tanto en lo referido a la transformación y evolución de las infraestructuras de Metro como su impacto en el urbanismo y metamorfosis de la ciudad de Madrid a lo largo del tiempo como resultado de la huella del Metro.

El trabajo objeto de éste alcance, se soportará en métodos de investigación académicos propios de la disciplina de la arquitectura por medios principalmente gráficos y documentales como parte de un proceso integral de conocimiento en su contexto físico y funcional.

Los datos aportados por la investigación serán integrados y reelaborados en un discurso que establezca un relato gráfico y escrito que explique la conformación del espacio construido y de la ciudad en que se inserta.

El resultado será una narración fundamentalmente gráfica y documental que exprese los valores arquitectónicos históricos, técnicos y artísticos de las primeras infraestructuras del Metro, de sus formas original y transformada en el tiempo, y las interrelaciones funcionales de las piezas, componiendo una narración cronológica referenciada a hitos singulares de transformación de los espacios por el crecimiento de la red de Metro y del tejido urbano en que se inserta.

Será especialmente relevante la atención al contexto urbano en que se desarrolla la red, concretamente, las interrelaciones espaciales y las dinámicas de influencia interactivas entre la infraestructura y la ciudad a la que sirve.

Los contenidos estarán dirigidos a la difusión y divulgación en distintos niveles, desde el registro académico al público generalista.

2.2. Investigación

Para la realización y desarrollo de los trabajos correspondientes a éste primer alcance, se partirá del análisis de la planimetría existente y de los documentos históricos relacionados.

La investigación se aplicará a planos en papel y digitales, tanto ráster como vectoriales, modelos digitales tridimensionales, fotografías, memorias de proyecto y otros documentos de archivo, así como de fuentes secundarias. Se busca la reconstitución (determinación formal razonada de construcciones pasadas que han desaparecido, que han sido alteradas o que se han sustituido) de los elementos arquitectónicos del Metro objeto de estudio. Se comprobarán, coordinarán y compatibilizarán los documentos de fuentes históricas y elaborados para generar conjuntos de datos coherentes y válidos.

Se aplicarán técnicas de investigación gráfica para procesar los datos y obtener hipótesis razonadas de reconstitución de los elementos en su estado original. Esto incluye la superposición y comparación de distintos soportes, el estudio tipológico, la analogía y el proyecto retrospectivo mismo. Podrá requerir, como complemento el levantamiento de planos por técnicas directas (por medios tradicionales) y diferidas (por procedimientos topográficos y/o fotogramétricos).

Los datos de partida serán la cartografía municipal y del Instituto Geográfico Nacional de diferentes épocas y documentos procedentes de fondos y de archivos como los de Metro, Municipal de Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, etc. Adicionalmente se usarán otros tipos de fuentes secundarias disponibles.

La línea argumental se plasmará en forma de documentos escritos y en los entregables gráficos correspondientes (digitales e impresos), desarrollando al menos los siguientes temas y contenidos:

- a. Tipologías de las estaciones: andenes, vestíbulos, conexiones internas y accesos.
- b. Relación superficie-subterráneo: modos de construcción, conexión por escaleras y ascensores, afección al trazado urbano, interferencias con otras infraestructuras soterradas (viajes de agua...)

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

- c. *Interacción entre la nueva infraestructura y la ciudad consolidada y en desarrollo: dinámicas demográficas y económicas, planeamiento urbano, evolución tecnológica, relación con otros modos de transporte.*
- d. *La obra del Metro: proyectos y ejecución, proyectos no construidos y transformación y modernización de las estaciones*
- e. *Antonio Palacios como arquitecto del Metro: La aportación a la arquitectura del metro y de la ciudad de Madrid.*

Los resultados de la investigación irán especialmente orientados a la producción de contenidos gráficos mediante entregables en formato físico papel y digital que se completarán con un estudio escrito histórico-documental. Éstos entregables serán el fundamento del discurso gráfico previsto para la fase de difusión en soportes físicos editables o como soportes de contenidos expositivos y/o museográficos.

2.3. Contenido gráfico

Mediante dibujo asistido por ordenador se generarán planos, esquemas e infografías (imágenes fotográficas obtenidas de modelos virtuales tridimensionales). Se tomarán como base modelos digitales geoméricamente precisos y georreferenciados en dos y tres dimensiones. Se representarán como planos de línea y masa, axonometrías seccionadas, perspectivas cónicas, imágenes realistas e imágenes sintéticas de modelos virtuales en que se focalice la atención sobre los contenidos oportunos.

Los documentos serán de tipo ráster con formato tif/jpg/pdf/dwg/dxf/dmax, etc. Se tratarán los modelos con texturas y otras variables gráficas como sombras, color u otras apropiadas para mostrar los contenidos de forma precisa y atractiva. La selección de los tratamientos gráficos y de las vistas irá orientada a la narración de los contenidos y facilitará la descripción y la transmisión de los valores patrimoniales históricos y culturales de la arquitectura. Se editarán planos e imágenes aplicando procedimientos de retoque fotográfico digital y los complementos de diseño gráfico precisos (tipográficos, dibujados u otros) para maquetar los paneles finales de modo que se facilite su comprensión y se garantice su calidad plástica. Igualmente, los contenidos finales incluirán formatos compatibles con modelos tridimensionales susceptibles de ser utilizados posteriormente como base para impresiones digitales 3D.

Los documentos a elaborar serán los necesarios para los fines descritos e incluirán, al menos, representaciones en planta y axonometrías de cada ámbito urbano, detalles en volumen y planta/sección de los elementos singulares. Se desarrollarán dibujos e imágenes analíticas que refuercen el discurso obtenido de la investigación como representaciones sintéticas y sectoriales, comparaciones, superposiciones diacrónicas o paralelos gráficos.

2.4. Resumen de alcances del análisis historiográfico

Se realizarán los planos e infografías según los criterios expresados anteriormente para su posterior inclusión en paneles explicativos en una exposición sobre el patrimonio histórico de Metro de Madrid según los siguientes alcances:

- **Línea 1:**
 - *Entorno urbano y estaciones de: Sol, Gran Vía, Chamberí y Cuatro Caminos.*
 - *Explicación del entorno urbano de: Cuatro Caminos (urbanismo, evolución, orígenes y transformación) proyectos de Antonio Palacios y de la Compañía Urbanizadora Metropolitana.*
 - *Estación de Cuatro Caminos y proyecto de Sede Social (1941).*
 - *Obras de Antonio Palacios ajenas a Metro de Madrid situadas en las inmediaciones de la Puerta del Sol.*

- **Línea 2:**
 - *Entorno urbano y estaciones de: Sol, Banco de España, Retiro, Noviciado Opera y ramal Norte.*

- **Subestación Pacífico.**
 - *Nave de baterías desaparecida contigua a la Nave de Motores de Pacífico.*

- **Subestación de Olid.**
- **Subestación de Castelló.**

2.5. Resumen de entregables del análisis historiográfico

Los alcances anteriormente descritos darán lugar al menos a los documentos de texto y entregables gráficos explicativos correspondientes a los hitos cronológicos que a continuación se detallan:

- **Estación de Sol**
 - *Antes de la inauguración de Metro.*
 - *17.10.1919. Línea 1: Sol – Cuatro Caminos.*
 - *16.06.1924. Línea 2: Sol – Ventas.*
 - *08.08.1936. Línea 3: Sol – Embajadores.*
 - *1966. Ampliación de andenes de 60 a 90 m.*
 - *1984: “Vestíbulo estrellado”.*
 - *1969. Remodelación del vestíbulo de Sol III y conmemoración del 50. aniversario.*

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

- 2009. *Conexión con Cercanías de Renfe.*

- **Gran Vía**
 - 17.10.1919. *Línea 1: Sol – Cuatro Caminos.*
 - 02.03.1970. *Línea 5: Callao-Ventas.*

- **Noviciado**
 - 21.06.1925. *Línea 2: Sol-Quevedo.*
 - 16.07.1941. *Línea 3: Sol-Argüelles. Conexión con Noviciado.*
 - 06.02.1961. *Suburbano (10): Carabanchel-Plaza de España. Conexión con Noviciado.*
 - *Remodelación proyecto fallido.*
 - *Proyecto 1982.*
 - *Gran reforma de ampliación de gálibo.*

- **Ópera**
 - 21.06.1925. *Línea 2: Sol-Quevedo.*
 - 06.06.1968. *Línea 5: Callao-Carabanchel.*
 - 26.12.1925. *Ramal Isabel II-Norte.*
 - 2009. *Durante las obras llevadas a cabo para la mejora de la estación de Ópera se descubren restos arqueológicos de los siglos XVI y XVII, correspondientes al antiguo entramado urbano de la desaparecida Plazuela y Fuente de los Caños del Peral, Acueducto de Amaniel y Alcantarilla del Arenal. (Caños del Peral).*

3. PARTE 2. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE ENCARGO

ALCANCE II: *Simulador histórico con técnicas digitales de recreación virtual inmersivas en alta definición y nivel de detalle de los espacios orígenes del Metro.*

3.1. Naturaleza de los trabajos

El objetivo que pretende éste segundo alcance es la creación de un entorno digital de simulación en alta definición de los espacios históricos ya desaparecidos origen del Metro.

Tiene como fin el desarrollo de una plataforma de realidad virtual inmersiva que permita mediante simuladores experimentar como eran los orígenes del Metro mediante la recreación de las estaciones y trenes y su utilización como base de contenidos interactivos para montajes expositivos y/o museografías con motivo del Centenario o del futuro museo del Metro.

Busca la restitución de los espacios orígenes del Metro con técnicas digitales de recreación virtual interactivas e inmersivas, creando un entorno de alta tecnología, pero al mismo tiempo históricamente riguroso.

Para la consecución de los mencionados fines se solicita el diseño y desarrollo de un simulador que reproduzca las estaciones históricas de Metro y material móvil de la época que permita virtualmente tanto el tránsito por dichos espacios como la conducción de un tren de Metro. Todo ello deberá ser manejable por el público general, sin perder su fundamento técnico, al tiempo que deberá realizarse en un entorno atractivo para el gran público (showroom), inmersivo, con alta interactividad y con veracidad histórica.

Así mismo, al tratarse de un simulador para el público en general, deberá ser sencillo y rápido tanto en el manejo como en el lanzamiento de las simulaciones, incluyendo incluso una guía rápida de manejo interactiva para que cualquier persona, sin experiencia en el manejo de simuladores o en la conducción de los trenes de Metro de Madrid, sea capaz de disfrutar la simulación en un tiempo casi instantáneo.

3.2. Investigación

El simulador estará basado en imágenes generadas por ordenador, de gran realismo, alta calidad y definición generadas “*ad hoc*” como se definirá posteriormente en este documento, **no admitiéndose imágenes basadas en vídeo.**

La construcción de los modelos 3D se basará en información proveniente del análisis historiográfico del alcance correspondiente a la “Parte I” y de información recuperada por Metro de Madrid a través de sus archivos y fondos documentales, así como de cualquier otra fuente documental fiable que se establezca.

Con objeto de garantizar el rigor de la reconstrucción histórica de las estaciones, trenes, personajes, etc., será condición imprescindible que los licitadores cuenten en su equipo con un experto con capacidad técnica y experiencia demostrable mediante estudios publicaciones etc., tanto en trabajos historiográficos y de la historia de Metro de Madrid como en la obra de Antonio Palacios en el Metro, como se indica en el apartado 20 del PCP.

3.3. Contenidos a desarrollar

Realización de un simulador de conducción que permita dar a conocer la historia de Metro de Madrid, presentando el sistema tal y cómo era en el momento de su comienzo de operación.

Para ello el simulador reproducirá, de forma interactiva e inmersiva, el viaje inaugural de la primera línea de Metro de Madrid, es decir 1919, Cuatro Caminos – Sol.

El tramo inicial de Metro de Madrid estaba compuesto por OCHO estaciones (Cuatro Caminos, Ríos Rosas, Iglesia, Chamberí, Bilbao, Tribunal, Gran Vía y Sol) y con una longitud aproximada de 3.600 m.

De esta forma el viaje se iniciaría en la estación Cuatro Caminos en 1919, con el tren Clásico Cuatro Caminos 1919, los pasajeros tendrían trajes de época, el mobiliario y anuncios serían también los correspondientes a aquel momento, señales originales y conducción manual.

A lo largo del recorrido se irá transitando por todas las estaciones y túneles con el aspecto que tendrían en la época. El viaje simulado terminaría en la estación de Sol. El simulador soportará y dispondrá de diferentes configuraciones y modos de funcionamiento que permitirán que tanto los elementos de vía como los personajes descritos posteriormente adaptarse al momento histórico seleccionado.

Existirá un modo “*viaje en el tiempo Sol 1919 -2019*” de forma y manera que una vez estacionado el tren en la estación de Sol, éste podrá iniciar la marcha nuevamente, pero ahora continuará por un túnel que le llevará (el trayecto durará unos 2-3 min) en un viaje por el tiempo, llegando a la misma estación de Sol, pero ahora en 2019, adaptando

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

la geometría de la estación, acabados, los personajes, anuncios, etc. a la época actual, todo ello de forma dinámica y sin necesidad de parar el simulador.

Se realizará un pupitre de conducción virtual, interactivo, que permitirá el manejo del tren de forma muy similar a como se hacía en los trenes históricos y que también se adaptará con el salto de tiempo y por lo tanto a la serie de tren moderna.

Con objeto de realizar el recorrido descrito, será necesario la construcción en un entorno tridimensional de la línea (incluyendo todos sus elementos singulares), ajustado al momento histórico de operación.

Para ello se generarán modelos 3D de alta definición y alto nivel de detalle de cada una de las estaciones del recorrido, que incorporarán la arquitectura de la estación, el mobiliario, los anuncios, los pasajeros, etc, de la época correspondiente a cada una de las estaciones.

Se modelará también el depósito de Cuatro Caminos, tal y como era en 1919, incluyendo la arquitectura, playa de vías, elementos ferroviarios (agujas, catenaria, carriles, traviesas, etc.), así como su entrada a la línea. De forma que la simulación pueda partir de cocheras y llegar a la primera estación, Cuatro Caminos, donde tomaría pasajeros para comenzar el recorrido hasta Sol. En esta cochera se encontrarán estacionados los trenes clásicos que se definen más adelante.

Se desarrollarán modelos de túnel para conectar las estaciones, todos ellos con gran nivel de detalle en lo referente a la geometría y el texturado, y compatibles con los simuladores de conducción actuales.

La vía y los elementos específicamente ferroviarios serán modelados en alta definición y gran nivel de detalle: carriles, traviesas, agujas, contracarriles, señales, carteles, luces e indicaciones de túnel, etc. Todos ellos serán fácilmente identificables por el conductor en todos sus estados, incluyendo la posición de las agujas a la recta o al desvío.

Cada uno de estos elementos deberá adaptarse al tipo y tecnología de la época que representa.

Las estaciones estarán dotadas de pasajeros que interactuarán con el tren entrando y saliendo del mismo, en función del estado de las puertas, y caminando por el andén para acercarse al tren o para salir de la estación (según sean pasajeros que van a subir o que bajen del tren). El simulador permitirá esperar la llegada del tren. También e independientemente de lo anterior existirá un modo sin pasajeros.

La densidad de pasajeros durante la simulación será configurable, con al menos cuatro niveles: sin pasajeros, hora valle, hora intermedia y hora punta. En el caso de hora punta se dispondrá de, al menos, 400 personas por andén.

Se desarrollarán modelos de pasajeros con ropa adecuada a la época que representen al menos existirán 20 modelos distintos de pasajeros. Adicionalmente estos modelos se

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

multiplicarán por 3 al presentar el mismo modelo tres vestimentas diferentes, de forma que en la estación pueda percibirse una gran variedad de pasajeros. Estos modelos estarán dotados de las animaciones necesarias para que su movimiento por el andén, subida y baja del tren, sea percibido de forma natural por el usuario.

Asimismo, se deberán integrar los modelos tridimensionales de los trenes correspondientes a la época: ocho series de trenes clásicos (Cuatro Caminos M-6, Cuatro Caminos M-9, Vallecas, Ventas, Quevedo y Tetuán, Clásico 500 y 1000 1ªserie), así como los trenes modernos serie 2000 y 3000.

Con los modelos anteriores de los trenes, el simulador presentará tráfico ferroviario, de forma que existan al menos 10 trenes en la línea de forma simultánea (el conducido por el usuario y otros 9). Los trenes que no son conducidos por el usuario serán controlados por el simulador (cómo si de una línea ATO se tratase), de forma que realicen la operación normal: paradas en las estaciones con apertura y cierre de puertas, vueltas en los fondos de línea y respeto de las señales.

Los modelos tridimensionales de estaciones permitirán elementos interactivos que permitan vincular informaciones con contenidos explicativos específicos adicionales

Igualmente, cuando el tren se encuentre en el túnel, la aplicación deberá soportar contenidos multimedia vinculados permitiendo proyectar sobre las paredes del mismo informaciones e imágenes históricas de la evolución de Metro y de la historia de España en esos años, por ejemplo, citar las siguientes temáticas:

- *Historia de las estaciones y construcción*
- *Material móvil*
- *Apertura de nuevas líneas*
- *Nuevos trenes*
- *Nuevas tecnologías*
- *Eventos históricos: fundación, guerra civil,*
- *Etc.*

Estas proyecciones comenzarán a aparecer a los 50 metros después de dejar la estación, y terminarán 100 metros antes de llegar a la siguiente estación, para permitir que el usuario se concentre en la conducción en esos espacios.

Además, de lo anterior, el entorno de simulación permitirá de manera independiente dos contextos distintos de simulación que permitirán experimentar y transitar los espacios correspondientes a dos épocas históricas diferente. Incluirán la restitución de las geometrías de la época del mencionado tramo inaugural (año 1919) y del tramo de la línea 2 entre las estaciones de Sol y Noviciado (año 1923) con las mismas características y prestaciones descritas para el tramo inaugural.

3.4. Configuraciones y modos

El simulador dispondrá de tres configuraciones combinables con dos modos de uso diferentes. Las configuraciones corresponderán a tres entornos de simulación independientes con espacios de simulación distintos.

Viaje histórico: *El entorno de simulación corresponderá a dos épocas históricas diferentes e incluirán la restitución de las geometrías de la época: Año 1919 y año 1923*

Subestaciones eléctricas: *Reconstruye tres espacios de tres subestaciones originales permitiendo un recorrido libre virtual que permita experimentar como era el espacio en sus orígenes.*

Viaje en el tiempo: *Permite el recorrido del tren en una época(orígenes) y llegar a la misma estación en el mismo lugar, pero en la actualidad.*

3.4.1. Modo conductor

Junto con la construcción del entorno tridimensional, se desarrollará un simulador de conducción que permita el recorrido histórico previamente descrito. En este modo el usuario será el Conductor del tren.

Se desarrollarán modelos lógicos de los trenes simulados de forma que las operaciones de toma de mando, tracción, freno, apertura y cierre de puertas, sean idénticas a las que se presentaban en los respectivos modelos de material rodante. En los trenes actuales (recorrido en el tiempo) permitirá la conducción manual, conducción supervisada por ATP y CBTC, conducción automática con ATO, etc .

El simulador deberá permitir conducir los modelos de tren a lo largo de la línea:

- *Variando de forma dinámica su velocidad conforme a la tracción o freno aplicado.*
- *Interactuando con los pasajeros en las estaciones, abriendo y cerrando puertas.*
- *Cumpliendo los sistemas de seguridad presentes en cada momento.*
- *Variando las luces del tren.*
- *Etc.*

Para ello se realizarán interfaces de usuario basadas en el desarrollo de **pupitres de conducción virtuales que serán manejados desde una Tablet (desarrollado en 2D) o desde las gafas 3D (desarrollado en 3D), por medio de su touch screen y/o mandos de control.** Este pupitre deberá permitir, al menos las siguientes acciones: en los trenes históricos definir dirección de movimiento, apertura y cierre de puertas, silbato del tren y aplicar tracción y freno. Adicionalmente en el material móvil actual también deberá permitir la selección del modo de conducción, mostrar la velocidad del tren, mostrar la velocidad permitida y accionar la marcha del tren en modo ATO entre otras posibilidades.

Se realizarán al menos cuatro modelos de pupitre de conducción para cada tecnología que corresponderán a cuatro series: **tren clásico Cuatro Caminos, tren clásico Bulevares, tren 2000 con ATP, tren 3000 con CBTC y ATO.**

En la configuración viaje en el tiempo conforme el tren vaya avanzando por la simulación de la línea, el pupitre virtual deberá ir cambiando para adaptarse a la serie del tren de ese momento histórico, siendo el cambio gradual y sencillo para el usuario.

Los pupitres deberán presentar las características propias de conducción de cada época, por lo que deberán cumplir todos los requisitos funcionales asociados a los mismos.

3.4.2. Modo viajero (subjetivo)

El simulador podrá ser ejecutado también en Modo Viajero, además del Modo Conductor presentado anteriormente. En este modo el usuario será un pasajero del tren y tendrá la posibilidad de permanecer dentro del mismo durante todo el recorrido o bajarse del tren en alguno de los andenes de cualquiera de las estaciones simuladas objeto del recorrido simulado.

Cuando el usuario se baje del tren podrá recorrer el andén de la estación, desplazarse por el andén y caminar por él, cambiar de plataforma de vía a través de las escaleras y paso de bóveda. Podrá esperar y tomar el tren de vía contraria o deslazarse libremente tanto por el andén como por el interior del tren. Los trenes además del movimiento de su desplazamiento por la vía abrirán y cerrarán las puertas permitiendo la entrada y salida de viajeros y la visualización subjetiva del espectador desde el tren hacia el interior del tren o de la propia estación a través los cristales cuando éste permanezca parado en la estación o en movimiento por la estación o el túnel. El simulador permitirá bajarse en cualquier estación y poder abandonar el tren cuando se desee, esperar y tomar otro en la misma vía o cambiar de andén y retornar a la estación o estaciones contrarias.

En el caso particular de las estaciones de **Sol, Gran Vía Chamberí y Cuatro Caminos** se deberá integrar un modelo completo de estación y de la superficie

cercana a la estación. De forma que se permita al usuario no solo salir del tren y recorrer el andén, sino recorrer la estación completa y llegar hasta la superficie, visualizando en todo momento el escenario tal y como era en 1919.

Además, en las estaciones de Sol y Gran Vía se simularán los ascensores correspondientes los antiguos pabellones de acceso a los templetos de la Puerta del Sol y de la Red de San Luís. El modelo tridimensional de los antiguos ascensores que bajaban desde la calle hasta la cota de andenes permitirá el movimiento vertical de los mismos de tal manera que un viajero pueda dirigirse hasta ellos por la estación y desde el andén, poder tomarlos, desplazarse verticalmente dentro del ascensor y alcanzar el nivel de la calle e incluso salir al exterior.

En las estaciones existirán puntos concretos a modo de vínculos que permitan anclar contenidos multimedia explicativos sobre características o información específica del lugar relacionados con la línea, los trenes, la estación, etc. e interactuar, de forma que al ser pulsados por el usuario presenten la información vinculada.

3.5. Requisitos técnicos

Los modelos desarrollados para este proyecto serán propiedad de Metro de Madrid, y serán entregados en formato FBX y preparados para su uso en Unity 5.6 o última versión disponible en el momento del desarrollo del proyecto que será el motor gráfico empleado por el simulador descrito.

El software desarrollado en este proyecto deberá ser compatible con los simuladores actualmente existentes en Metro de Madrid, e instalados en las Cocheras de Canillejas, Cuatro Vientos y Villaverde. Esta compatibilidad se concretará en que el nuevo software pueda ser ejecutado en esas instalaciones y utilizado dentro de la cabina de conducción, reconociendo los principales controles para conducir con ellos. O bien mediante un pupitre virtual específico.

Para todos los modelos desarrollados (tanto de estaciones, como túneles, elementos ferroviarios, trenes, etc) se utilizarán técnicas de materiales con tecnología Physically-Based Rendering, y almacenados en formato SBR (substances), que deberán incorporar características físicas de rugosidad, reflexión de luz, mapa de alturas y normales, emisión, etc, con el objetivo de conseguir el realismo deseado, y por tanto un muy alto nivel calidad.

La iluminación de la escena será de tipo global, que garantizará la correcta difusión de la luz en los modelos, y por tanto una imagen de gran realismo.

RECUPERACIÓN DEL TRAMO INAUGURAL CUATRO CAMINOS SOL Y OTROS ESPACIOS HISTÓRICOS DE INTERÉS MEDIANTE ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO Y RESTITUCIÓN VIRTUAL CON TÉCNICAS DIGITALES DE RECREACIÓN DE ALTO IMPACTO

La resolución de **la imagen visual generada por el simulador será 4K**, con una frecuencia de **refresco no menor de 60 Hz**.

3.6. Hardware Interfaz de usuario

La interfaz de usuario será adaptable a las necesidades de Metro de Madrid, y deberá incluir al menos los siguientes sistemas:

- Gafas de realidad virtual (tipo Oculus Rift o similar), con ratón 3D (tipo Oculus Touch o similar).
- Televisor 4K, con pantalla táctil para pupitre

El equipamiento hardware del simulador **no está incluido en el alcance**, aunque el contratista deberá trabajar con las siguientes características mínimas de hardware:

- Windows 10
- Procesador i7
- 16 Gb de RAM
- NVidia GTX 1080 ó último modelo disponible
- Oculus Rift y Oculus Touch

3.7. Resumen de alcances *simulador histórico*

3.7.1. Resumen configuraciones de navegación soportadas y modelos tridimensionales a desarrollar:

I. Viaje histórico:

- **(Año 1919):**
 - Andenes y túneles de línea 1: (Cuatro Caminos, Ríos Rosas, Iglesia, Chamberí, Bilbao, Tribunal, Gran Vía y Sol).
 - Estaciones y recintos: Sol, Gran vía, Chamberí, Cocheras Cuatro Caminos.
- **(Año 1923):**
 - Andenes y túneles de estaciones Línea 1: (Cuatro Caminos, Ríos Rosas, Iglesia, Chamberí, Bilbao, Tribunal, Gran Vía y Sol).
 - Andenes y túneles de estaciones Línea 2: (Sol, Ópera, Santo Domingo, Noviciado)
 - Estaciones y recintos: Sol 1y2, Gran vía, Chamberí, Cocheras Cuatro Caminos.

II. Visita Subestaciones históricas:

- **Subestación Pacífico (Nave de Motores)**
 - *Nave de baterías*
- **Subestación de Castelló.**
- **Subestación de Olid.**

III. Viaje en el Tiempo:

- **Sol (1919 – 2019)**
 - *Andenes y túneles de estaciones Línea 1: Sol 1919-Sol 2019.*
 - *Estaciones y recintos: Sol1 (1919) – Sol1 (2019).*

3.7.2. Resumen alcances material móvil incluidos en el simulador:

- *Cuatro Caminos M-6 (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Cuatro Caminos M-9 (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Vallecas M-28 (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Ventas (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Quevedo (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Tetuán (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *Clásico 500 (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *1000 1ª Serie (composiciones de 2/ 4 coches).*
- *2000 ó 3000 (composiciones de 2/3/6 coches).*

3.7.3. Resumen modos de uso

I. Modo conductor

- *Con viajeros*
- *Sin viajeros*

II. Modo viajero (subjetivo)

- *Con viajeros*
- *Sin viajeros*

3.8. Entregables Simulador

El simulador se entregará como un ejecutable **integrado en Unity 5.6** y los ejecutables adicionales necesarios para la utilización del mismo y/o las interfaces de manejo.

Todo ello estará integrado en un paquete de fácil instalación y manejo.

No se cobrarán derechos de licencia, por lo que Metro de Madrid podrá instalar el simulador en cuantos equipos desee sin que ello suponga que deba pagar ningún coste adicional al contratista que lo haya desarrollado o cualquier otra empresa cuyo software esté integrado en el simulador.

Así mismo, el contratista entregará toda la documentación, instalables y modelos 3D del proyecto a Metro de Madrid, quien será autónomo para poder instalarlo y utilizarlo sin necesidad de asistencia por el contratista.

4. CONSIDERACIONES FINALES.

Aparte de todo lo expresado en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas, entre los objetivos generales que persigue este proyecto está la representación gráfica de contenidos patrimoniales arquitectónicos e industriales históricos de Metro de Madrid para que puedan ser usados posteriormente en la elaboración de documentos de difusión y divulgación, por tanto, las dos partes que componen el alcance del presente pliego "*Análisis historiográfico y simulador histórico*" se deberán elaborar y desarrollar como un todo coherente indivisible que complementa y contribuya a la obtención y explicación en un resultado único y homogéneo.