

S4 B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
Pavimentación de dársenas — losa HA-30
FASE F6 · MESES 11-13 · LOSA SOBRE FORJADO EN SERVICIO

Hoja 8 / 14

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 9-14 (CONTINUACIÓN)



Maestras, guías y juntas previstas

Replanteo y nivelación de maestras y guías de encofrado de borde para garantizar el espesor $e=17$ cm y la pendiente del 0,5% a tragaderos, dejando previstas las juntas a 9,50 m alineadas con la modulación estructural. Punto de control: cota y pendiente verificadas con nivel láser y la junta perimetral contra la isla central definida antes de pedir el hormigón.



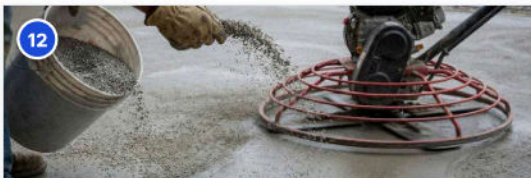
Vertido y bombeo de la losa

Vertido de la losa HA-30/B/20/XC4 $e=17$ cm bombeada desde la autobomba Putzmeister M36-5 fija en el apron SE (pluma girada sin reposicionar en los 2 sectores a su alcance; el 1-7 Norte desde la 2.ª posición reglada en el vial oeste), con los pies de la bomba sobre durmientes fuera de la losa fresca. Ritmo 30-38 m^3 /día por sector; control: 6 probetas por cada 100 m^3 a 7 y 28 días.



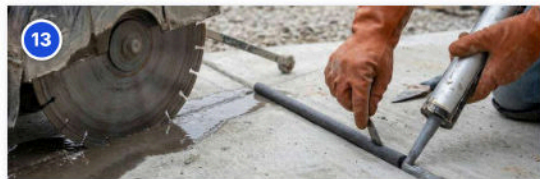
Reglado y nivelación

Reglado y nivelación de la superficie fresca con regla vibrante apoyada en las maestras para mantener el espesor de 17 cm y la pendiente 0,5%, retirando el sobrante. Detalle delicado: la regla se guía sin pisar la losa fresca y se mantiene la planicidad exigida para la fase posterior de fratasado y para el tráfico T1.



Fratasado helicóptero y cuarzo

Una vez que el hormigón ha perdido brillo, fratasado mecánico tipo helicóptero (allanadora rotativa) con espolvoreo de cuarzo incorporado en fresco para dar dureza superficial a la rodadura. Detalle de oficio: se entra en el momento justo de fraguado y se cierra la superficie en pasadas cruzadas hasta el acabado pulido.



Curado, serrado y sellado de juntas

Curado de 10 días no reducible con el sector acotado en exclusión rodante; a continuación serrado de las juntas de retracción (a 9,50 m) con disco de diamante refrigerado y sellado elástico con cordón de respaldo (backer-rod) y masilla de poliuretano. Hold-point; el pavimento no se abre a tráfico prematuramente y el curado no se acorta.



Antideslizante, remates y señalización

Tratamiento antideslizante e impermeable Sika a 4 capas (Sikafloor-151 + Sikalastic-840 + Sikafloor-357 SP) con 7-14 días de protección antes de abrir a tráfico T1; remate con Tramex galvanizado y rejillas tipo Cabildo modificado; y señalización horizontal (M-7.3 cebreado, M-4.1 línea de borde) con franjas podotáctiles. Punto de control: validación de los itinerarios PMR del carril perimetral con SINPROMI.

S5

B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Fachada y cerramientos

FASE F7 · MESES 14-17 · ENVOLVENTE Y CIERRE DE DÁRSENAS

Sustitución completa de la envolvente y cierre de las dársenas (F7, meses 14-17), regido por una cadena de precedencias estricta: replanteo 3D as-built → planos de taller Cortizo (predecesora de fabricación, buffer 2 semanas) → enanos de hormigón → impermeabilización del anclaje → bastidor tubular S355JRH → perfil portante → composite → muro cortina → falso techo → cerramiento de dársenas. La partida principal es el panel composite de aluminio Cortizo StacBond STB-T-CH (2.623,2 m2, 467.559 euros), con la lama de acero S235 limitada a la albardilla. Cada frente arranca sobre su losa de dársena ya curada, que es su plataforma de trabajo: no se apoyan PEMP ni medios sobre el forjado reticular desnudo. Dos puntos delicados gobiernan el tajo: la patología histórica de estanqueidad (que impone hormigonar y sellar el manguito del anclaje antes de montar el pilar) y la indefinición del encuentro fachada-cordon HEB-240 reforzado, que obliga a no montar fachada hasta que la cubierta este reforzada y el colaborante hormigonado.

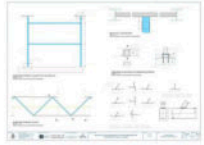
DETALLE DE PROYECTO



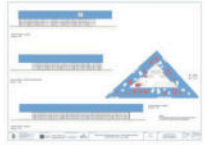
Alzados (05 06)



Detalle de puerta (05 12 06)



Encuentro nueva fachada NW (06 09)



Revestimiento composite (05 12 08)

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 1-8

1



Replanteo 3D as-built de la envolvente

Se levanta la geometría real de los tres laterales y la fachada inferior con escaner láser 3D estacionado sobre la losa curada, nube de puntos que es la base de los planos de taller Cortizo y predecesora obligatoria de la fabricación (buffer de 2 semanas). El punto de control es el contraste de la nube frente al modelo: hasta que la D.F. no valida el as-built no se libera el pedido de perfiles ni composite.

2



Desmontaje de la chapa microperforada existente

Se desmonta la chapa microperforada existente (aprox. 1.710 m2) de los tres laterales y la fachada inferior con herramienta manual de corte y atornilladora desde PEMP de tijera eléctrica Li-ion, dejando vista la subestructura. Los paneles se descuelgan siempre hacia el interior del recinto, nunca hacia la vía; el control es que ningún elemento descienda por gravedad y que la subestructura quede limpia para el replanteo ...

3



Ejecución de enanos de hormigón de arranque

Se ejecutan los enanos de hormigón 30x30 armados con 4 Ø12 y placa de reparto 250x250x15 (40 arranques) anclados al forjado, que son la base de toda la subestructura. Se ferralla con cercos doblados a máquina, se encofra con molde metálico y se vierte hormigón; el control es el replanteo en planta de cada arranque con estación total y la verticalidad del armado antes de hormigonar.

4



Impermeabilización con manguito estanco del anclaje

En cada anclaje pasante se coloca un manguito estanco y se sella, en un orden inviolable impuesto por la patología histórica de estanqueidad: enano hormigonado y anclado → impermeabilización con manguito → montaje del pilar. El punto de control es que no se monte ningún pilar del bastidor sobre un anclaje sin su manguito sellado y verificado; la humedad pasante es el origen de la patología que se quiere erradicar.

5



Montaje del bastidor tubular S355JRH

Se monta y atornilla a los enanos la subestructura tubular de acero S355JRH: pilares SHS-160x4, travesaños RHS-160x120x8 y 160x80x3 y montantes SHS-150x3. Se izan los tubos con la PEMP y se aprietan las uniones con llave dinamométrica al par de proyecto; el detalle delicado es el encuentro de la fijación superior (RHS-160x80x3) con el cordón HEB-240 reforzado con 2 pletinas 220x20, que exige un detalle unifica...

6



Montaje y nivelación del perfil portante T-70

Se monta el perfil portante T-70 galvanizado sobre el bastidor y se nivela con cuidado: el plomo y la planicidad son críticos porque la lama plegada del composite delata cualquier alabeo. Se ajusta cada portante con calas regulables y nivel láser; el punto de control es la planicidad de la línea de carriles antes de colgar la primera bandeja de composite.

7



Colocación de las bandejas de composite Cortizo StacBond

Se cuelgan las bandejas de composite de aluminio Cortizo StacBond STB-T-CH de abajo arriba y con junta abierta, manipuladas desde PEMP de tijera de 12 m (rendimiento 30-50 m2/día), hasta completar la partida de 2.623,2 m2 (467.559 euros). El control es la regularidad de la junta abierta y el cuelgue uniforme: la lama plegada de aluminio acusa cualquier desnivel del portante de abajo.

8



Albardilla de chapa plegada de acero S235 en coronación

Se remata la coronación con albardilla de chapa plegada de acero S235 de e=3 mm (184,32 m), única pieza de acero del sistema de fachada frente al aluminio del panel. Se solapan las piezas con goterón hacia el exterior y se fijan; el control es la continuidad del vierteaguas y la estanqueidad de los solapes para que el agua no entre por la coronación.

B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

S5 Fachada y cerramientos

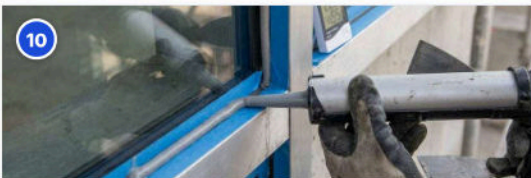
FASE F7 · MESES 14-17 · ENVOLVENTE Y CIERRE DE DÁRSENAS

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 9-14 (CONTINUACIÓN)



Premontaje en seco del muro cortina con DVH

Se ejecuta el muro cortina con vidrio DVH de baja emisividad 6/12/6 (1.124,94 m2) y vidrio Securit de 10 mm, premontado en seco aprovechando una ventana meteorológica. Los grandes formatos de vidrio se manipulan con ventosa de vacío sin eslinga; el control es no izar vidrio con viento por encima del límite operativo y dejar el pano aplomado en seco antes del sellado.



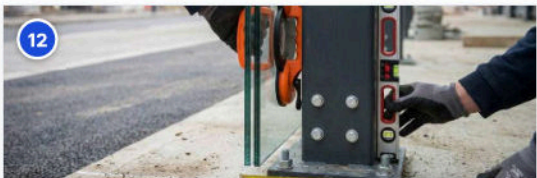
Sellado estructural del vidrio en rango higrotermico

Se sella estructuralmente el vidrio del muro cortina con cordón de silicona aplicada con pistola, ejecutado únicamente dentro del rango higrotermico del fabricante porque la humedad es el principal enemigo del sellante. Se limpia e imprima la junta y se aplica el cordón; el punto de control es la medición de humedad y temperatura ambiente con termohigrometro antes de sellar y la prueba del cordón.



Montaje del falso techo de bandeja metalica

Se cuelga el falso techo de bandeja metalica lisa 1200x600 de perfil oculto a la cota +3,00 m (1.013,68 m2), que además actúa como junta de cierre entre el tajo de fachada (F7) y el de instalaciones (F8), sin superposición vertical de tajos. Se nivela la perfilera con varillas colgantes y nivel laser; el control es la cota +3,00 uniforme y la alineación oculta de las juntas entre bandejas.



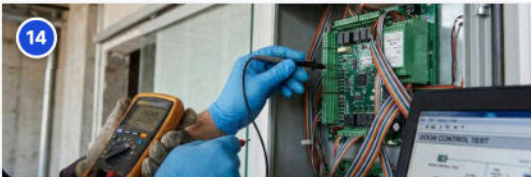
Montaje de la pantalla de vidrio de cierre de darsenas

Se monta la pantalla de cierre de darsenas con DVH de 4 m de altura sobre tubo estructural 160x160x5, dimensionada para viento de zona A de 0,667 kN/m2. Se atornilla el tubo a la losa, se aploma y se vidria con ventosa de vacío; el detalle delicado es la holgura crítica vidrio-bus de 1,00 m sobre el ancho de darsena de 3,60 m, que el carril de las puertas no puede invadir.



Instalacion de las puertas automaticas correderas

Se instalan las 44 puertas automaticas correderas de la pantalla (dos por darsena), montando el carril superior, el operador motorizado y las hojas de vidrio sin que el carril invada el galbo del autobus. Se nivela el carril y se regula el operador; el control es que el barrido de la hoja respete la holgura de 1,00 m y que el final de carrera no entre en el galbo.



Conexion de las puertas a la alarma y prueba integrada

Se centralizan las 44 puertas y se conectan al sistema de alarma de incendios para apertura automática en caso de activación, y se ejecuta la prueba integrada que vincula su recepción a las pruebas de protección contra incendios. Se cablea el operador a la central, se simula una alarma y se comprueba la apertura; el punto de control es el registro de tiempo de apertura de todas las hojas ante señal de alarma.

Instalaciones (electricidad, fotovoltaica, recarga, clima y PCI)

FASE F8 · MESES 14-18 · ELECTRICIDAD, FV, RECARGA, CLIMA, PCI

Capítulos de electricidad, climatización y protección contra incendios de la fase F8 (meses 14-18). Incluye la instalación fotovoltaica de cubierta (76 módulos Canadian Solar CS6W-550MB-AG y 2 inversores SMA Sunny Tripower X 20, ~356 m², conectada de forma anticipada para autoconsumo sobre cubierta ya estanca), 3 puntos de recarga de vehículo eléctrico, el traslado del grupo electrógeno insonorizado existente de 450 kVA, la iluminación LED Philips con control DALI 2 PRO (124 elementos) y la climatización VRV Daikin con tubería de cobre. El solape F7/F8 (~3,5 meses) con la fachada Cortizo se resuelve con el falso techo como junta de separación y prohibición de superposición vertical de tajos. La fase cierra con pruebas de puesta en marcha y legalizaciones de baja tensión, climatización y PCI, requisito previo a la entrega.

DETALLE DE PROYECTO



Climatización / aire PB (08 02 03)



PCI / extinción PB (08 02 01)

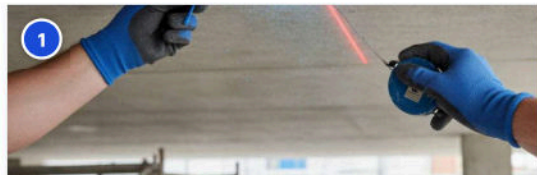


Puntos de recarga VE (08 06)



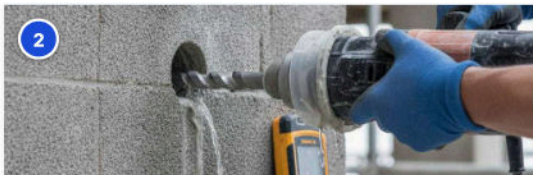
Unifilar fotovoltaica (08 05 02)

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 1-8



Replanteo y trazado de instalaciones

Se replantean en obra los ejes de bandejas, recorridos de tubería, posición de luminarias y bases de equipos a partir del modelo 3D, marcando sobre forjado y paramentos con láser de líneas y tiralíneas. Se contrasta el trazado contra el muro cortina y el falso techo a +3,00 m para garantizar que no haya superposición vertical con la fachada Cortizo (F7). Punto de control: validación del trazado as-built y de l...



Apertura de pasos de instalaciones

Apertura controlada de huecos de paso para bandejas y tuberías a través de tabiques y pasos sensibles, con taladro de corona diamantada refrigerado y sierra de calar, previa localización por detector de armadura para no cortar refuerzo. En el forjado reticular se respetan los huecos de ventilación embebidos y la armadura de punzonamiento. Punto de control: sellado posterior de cada paso con mortero cortafueg...



Tendido de bandejas y canalizaciones

Montaje de la red de bandejas portacables UNEX aislantes y tubo de PVC sobre soportes anclados al forjado y paramentos, con uniones y curvas prefabricadas, nivelando cada tramo. La bandeja se cuelga con varilla roscada y soportes a distancia reglamentaria para que no flechte bajo el peso del cableado futuro. Punto de control: continuidad de soportes, separación a otras instalaciones y pendiente de drenaje en tram...



Cableado y conexionado de cuadros

Tendido del cableado por las bandejas y conexionado de los cuadros eléctricos: pelado, terminado con punteras, peinado y apriete de bornes con par controlado, etiquetando cada circuito según el esquema unifilar. El apriete se verifica con destornillador dinamométrico para evitar puntos calientes. Punto de control: medida de aislamiento y continuidad antes de energizar; verificación del esquema unifilar.



Iluminación LED y control DALI

Montaje y conexión de las luminarias LED Philips con control DALI 2 PRO (124 elementos) y sensores de presencia, integradas en el falso techo de bandeja metálica, junto al alumbrado de emergencia Legrand autotest y balizas. Se direcciona cada luminaria en el bus DALI y se programan escenas y sensores. Punto de control: prueba de niveles lumínicos y autotest del alumbrado de emergencia.



Estructura soporte fotovoltaica en cubierta

Montaje de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta ya estanca, con perfilera de aluminio anclada mediante fijaciones estancas y triángulos de inclinación, replanteada para los 76 módulos (~356 m²). El anclaje se ejecuta solo sobre cubierta terminada para no comprometer la estanqueidad, con manguito estanco en cada fijación pasante. Punto de control: prueba de estanqueidad de l...



Montaje de módulos fotovoltaicos

Colocación y fijación de los 76 módulos Canadian Solar CS6W-550MB-AG sobre los ralles con grapas intermedias y de extremo apretadas a par, encadenando los strings con conectores tipo MC4. Se respeta el par de las grapas para no dañar el marco y se comprueba la polaridad de cada string. Punto de control: medida de tensión en circuito abierto de cada string antes de conectar al inversor.



Inversores y cableado CC

Instalación de los 2 inversores SMA Sunny Tripower X 20 y de su cuadro de protección de continua, con el cableado CC desde los strings y las protecciones contra sobretensiones y seccionadores. El cableado de strings se conduce por bandeja resistente a UV y se identifica string a string. Punto de control: verificación de protecciones CC, puesta a tierra del campo y secuencia de arranque del inversor.

S6

B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Instalaciones (electricidad, fotovoltaica, recarga, clima y PCI)

FASE F8 · MESES 14-18 · ELECTRICIDAD, FV, RECARGA, CLIMA, PCI

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 9-14 (CONTINUACIÓN)



Estaciones de recarga de vehículo eléctrico

Instalación de las 3 estaciones de recarga de vehículo eléctrico (67.051 EUR/ud) en el exterior, con su cuadro general, cableado, bolardos de protección y monitorización por fibra óptica; este tajo se ejecuta primero y en paralelo por ser exterior e independiente. Se fijan los cargadores sobre peana y se protegen con bolardos atornillados. Punto de control: prueba de carga, comunicación de la monitorización por fibra...



Traslado y reconexión del grupo electrógeno

Traslado del grupo electrógeno insonorizado existente de 450 kVA a su nueva ubicación y reconexión con su cuadro, puesta a tierra de servicio, sistema de escape y vallado, como respaldo con conmutación automática. El grupo se desplaza con sus líneas de potencia y se verifica la conmutación red-grupo en vacío y en carga. Punto de control: prueba de conmutación automática y medida de la puesta a tierra de servicio.



Tubería de cobre y unidades VRV

Montaje de la climatización VRV con bomba de calor Daikin VRV-IV RXYQ20U, unidades interiores de conductos y cassettes y recuperadores de energía, enlazados con tubería de cobre aislada abocardada y soldada con plata. Las uniones se ejecutan con purga de nitrógeno para evitar oxidación interna. Punto de control: prueba de estanqueidad con nitrógeno a presión, vacío profundo y carga de refrigerante.



Difusores, conductos y control de clima

Montaje de los conductos de impulsión y retorno y de los difusores rotacionales Trox, y conexión del control general DCS601C51 de la instalación VRV. Los difusores se nivelan y equilibran por caudal y el control se parametriza por zonas. Punto de control: equilibrado aerológico de caudales y prueba del control centralizado por zonas.



Red de PCI y BIE

Ejecución de la red de tubería de acero galvanizado de protección contra incendios, montaje de las 3 BIE de 25 mm, extintores, sirenas y señalética, con la detección óptica analógica de 1 lazo. Las puertas automáticas de darsena se conectan a la alarma para abrir automáticamente en caso de incendio. Punto de control: prueba hidráulica de la red, prueba de detección y verificación de la apertu...



Pruebas, puesta en marcha y legalización

Pruebas de puesta en marcha y legalizaciones de baja tensión y alumbrado, climatización y PCI antes de la entrega: medidas eléctricas reglamentarias, arranque de inversores y campo FV en autoconsumo, comprobación de conmutación del grupo y pruebas funcionales de detección y extinción. Se levantan los protocolos y certificados de cada instalación. Punto de control: hold-point de entrega; sin protocol...

S7

B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Reforma de aseos, vestuarios y dependencias interiores

CAPÍTULO 11.03 · DEPENDENCIAS EN SERVICIO

Hoja 13 / 14

Reforma integral del interior del edificio y mejora de dependencias (capítulo 11.03), ejecutada con los aseos y vestuarios del personal MANTENIDOS EN SERVICIO durante toda la obra: el tajo se segrega del área operativa con mamparas y lonas estancas, accesos diferenciados y control de polvo, fasificando la obra por mitades para no dejar nunca al personal sin aseo. Renueva los aseos con nuevos alicatados (azulejo cerámico de color 15x15 cm, 511,09 m²), pavimento de gres porcelánico clase 3 de 59,6x59,6 cm (113,92 m²), 6 platos de ducha, 8 lavabos suspendidos con grifería electrónica, 6 urinarios de pared electrónicos, 8 inodoros con cisterna, un aseo PMR completo y un baño de ostomía. Incluye la limpieza e hidrofugado de las fachadas de piedra (486 m²), la reparación de pavimentos interiores (1.305,97 m²) y el acabado con pintura plástica transpirable (3.113,16 m²). Por convivir con el garaje en servicio se mantiene la medición continua de O₂/CO con extracción forzada y el confinamiento del polvo en las demoliciones.

DETALLE DE PROYECTO



Acabados PB — aseos (05 09 01)



Accesibilidad / aseo PMR (05 08)



Evacuación (05 07)



Planta general de arquitectura (05 05)

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 1-8



Segregación del tajo y confinamiento de polvo

Antes de tocar nada se aísla el tajo del bolsillo de aseos que sigue en uso por el personal, montando mamparas modulares y lonas estancas de polietileno con cremallera de acceso, fijadas con perfilera telescópica de presión suelo-techo (sistema tipo ZipWall). Se habilita un acceso diferenciado para que el personal no atraviese la zona de trabajo y se coloca un extractor de polvo con depresión y filtro HEPA, manteniendo...



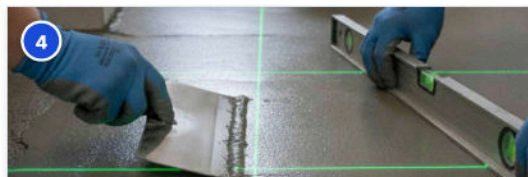
Vaciado de aparatos y arranque de carpintería

Se desmontan y retiran los aparatos sanitarios existentes (inodoros, lavabos, urinarios) cerrando previamente las llaves de corte, y se arranca la carpintería interior de las cabinas con palanqueta y atornillador. Las tuberías que quedan vivas se taponan con tapón roscado para evitar inundaciones en el área operativa contigua. Punto de control: confirmar el corte y taponado de cada toma de agua antes ...



Demolición de alicatado y solado existente

Se pica el alicatado cerámico de las paredes (511,09 m²) y se levanta el solado existente (113,92 m²) con martillo eléctrico ligero y puntero, trabajando por medios manuales para no transmitir vibración ni cargas al forjado reticular 40+15 sensible. El escombros cerámico se ensaca en origen y se evacúa segregado. Punto de control: respetar la integridad del soporte de fábrica y de las conducciones empotradas localizadas ...



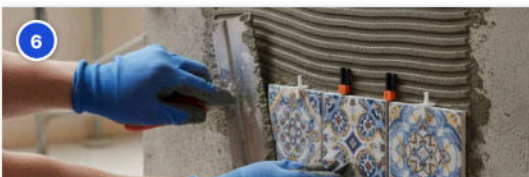
Replanteo y regularización de paramentos y soporte

Se replantean los niveles y plomos de paredes y suelo con láser de líneas y se regulariza el soporte con mortero de nivelación autonivelante para garantizar la planeidad que exige el gres de gran formato 59,6x59,6 cm. Sobre los paramentos picados se aplica un maestreado y se comprueba la pendiente del solado hacia los sumideros. Punto de control: planeidad bajo regla de 2 m y verificación de la pendiente de evacuación antes ...



Impermeabilización de zonas húmedas y duchas

En las 6 zonas de ducha y bajo el solado de gres se aplica una lámina líquida impermeabilizante de poliuretano-cemento a dos manos con brocha y rodillo, reforzando encuentros suelo-pared y desagües con banda elástica de sellado. Es un punto delicado por la patología histórica de estanqueidad del edificio: cualquier filtración llegaría al garaje inferior en servicio. Punto de control: prueba de estanqueidad por inundación ...



Alicatado cerámico de paramentos

Se coloca el azulejo cerámico de color 15x15 cm (511,09 m²) con adhesivo cementoso C2 extendido con llana dentada, usando crucetas y niveladores de cuña para garantizar junta uniforme y plano enrasado. Se arranca desde una maestra horizontal nivelada con láser para repartir cortes a media pieza en cantos y esquinas. Punto de control: control de plano y aplomo por hiladas y comprobación del despiece antes ...



Pavimento de gres porcelánico de gran formato

Se solará con gres porcelánico clase 3 antideslizante de 59,6x59,6 cm (113,92 m²) sobre adhesivo cementoso de doble encolado (suelo y pieza) para evitar coqueas bajo la baldosa de gran formato, nivelando con sistema de cuñas y manteniendo la pendiente hacia sumideros. La clase 3 de resbaladizidad es exigible en aseos por seguridad. Punto de control: doble encolado completo (>90% de contacto) y junta perimet...



Rejuntado y sellado elástico de juntas

Curado el adhesivo, se rejunta la cerámica con mortero de juntas y se sellan las juntas de movimiento y los encuentros suelo-pared y rincones de ducha con sellante elástico de poliuretano/silicona neutra aplicado con pistola. El sellado de los encuentros es crítico para la estanqueidad de las zonas húmedas. Punto de control: ausencia de cejas y junta de sellado continua y bien alisada en todos los rincones.

S7

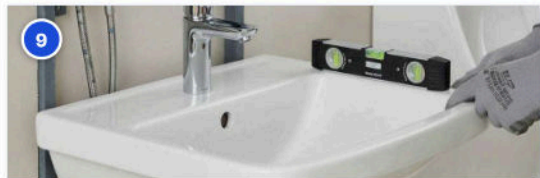
B) PLAN DE EJECUCIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS · B.4.2 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Reforma de aseos, vestuarios y dependencias interiores

CAPÍTULO 11.03 · DEPENDENCIAS EN SERVICIO

Hoja 14 / 14

PROCEDIMIENTO PASO A PASO · PASOS 9-12 (CONTINUACIÓN)



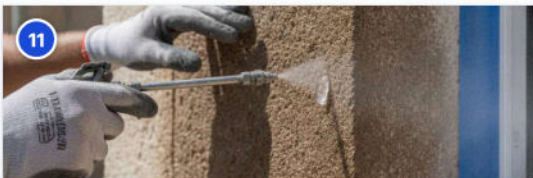
Montaje de fontanería, saneamiento y aparatos sanitarios

Se montan los 8 lavabos suspendidos con grifería electrónica, 6 urinarios de pared electrónicos, 8 inodoros con cisterna y los 6 platos de ducha, conectando alimentación a la red de agua y desagües al saneamiento. Lavabos y urinarios suspendidos se fijan a bastidor empotrado tipo Geberit anclado a estructura, no al alicatado. Punto de control: prueba de presión de la red de fontanería y prueba de desagüe sin fugas antes ...



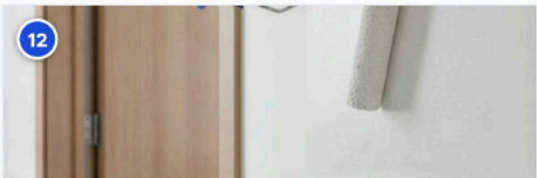
Aseo adaptado PMR y baño de ostomía

Se ejecuta el aseo PMR completo —lavabo mural con grifería electrónica, inodoro adaptado y asideros de acero inoxidable abatibles con portarrollos— y el baño de ostomía como dependencia específica accesible, respetando los radios de giro y las alturas reglamentarias de accesibilidad validadas con SINPROMI. Punto de control: comprobación de cotas de accesibilidad (alturas, espacio libre de giro de 1,50 m...



Limpieza e hidrofugado de fachadas de piedra

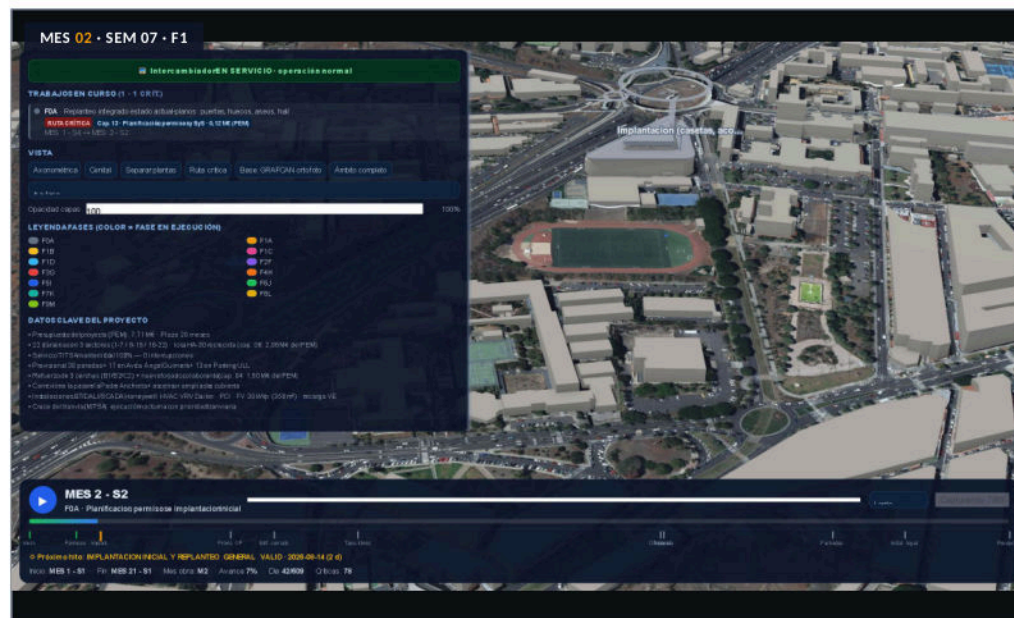
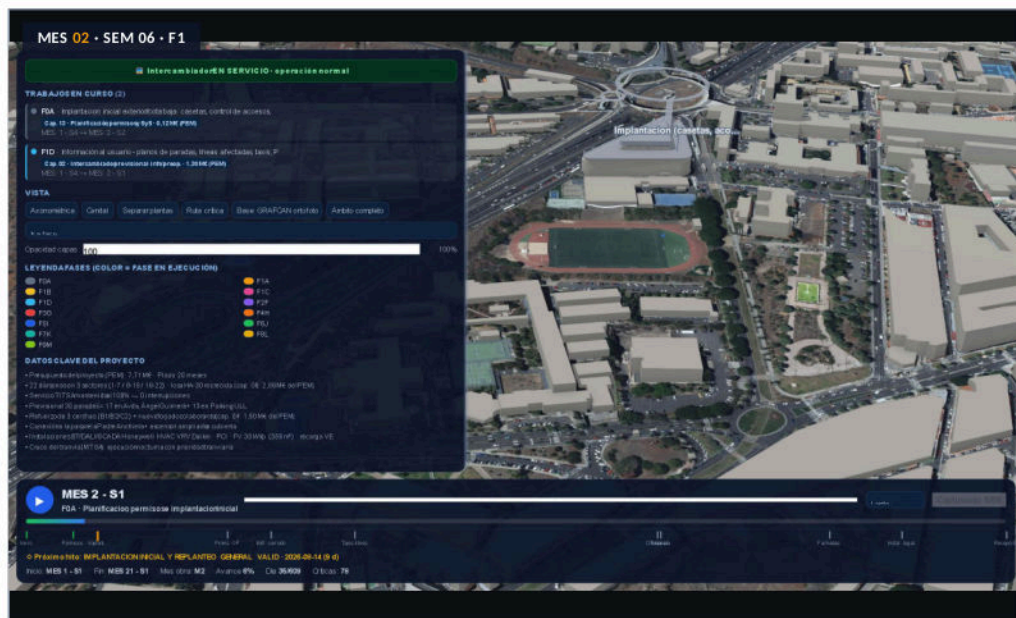
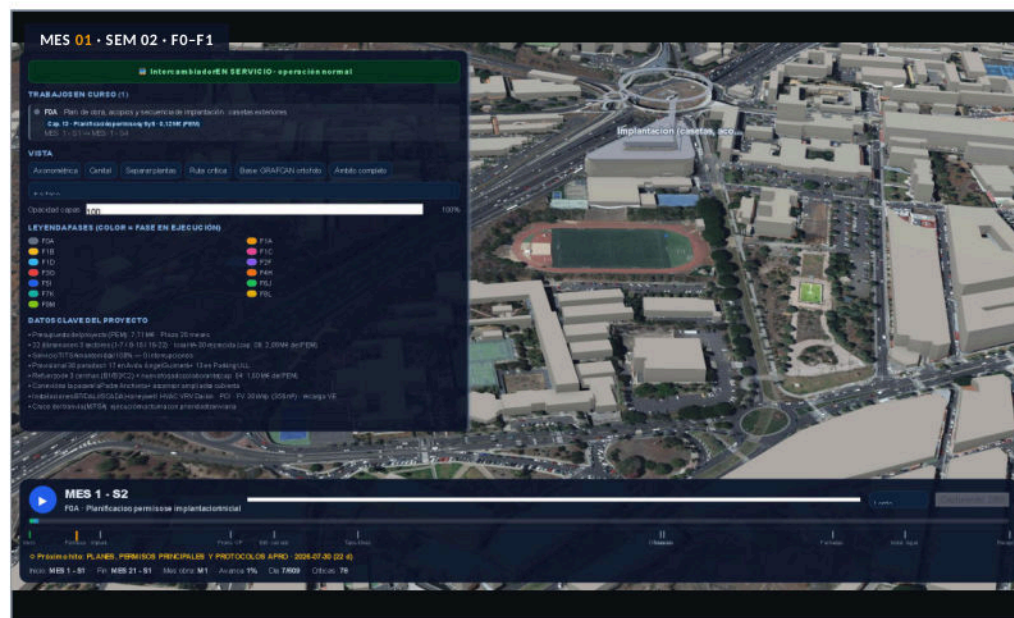
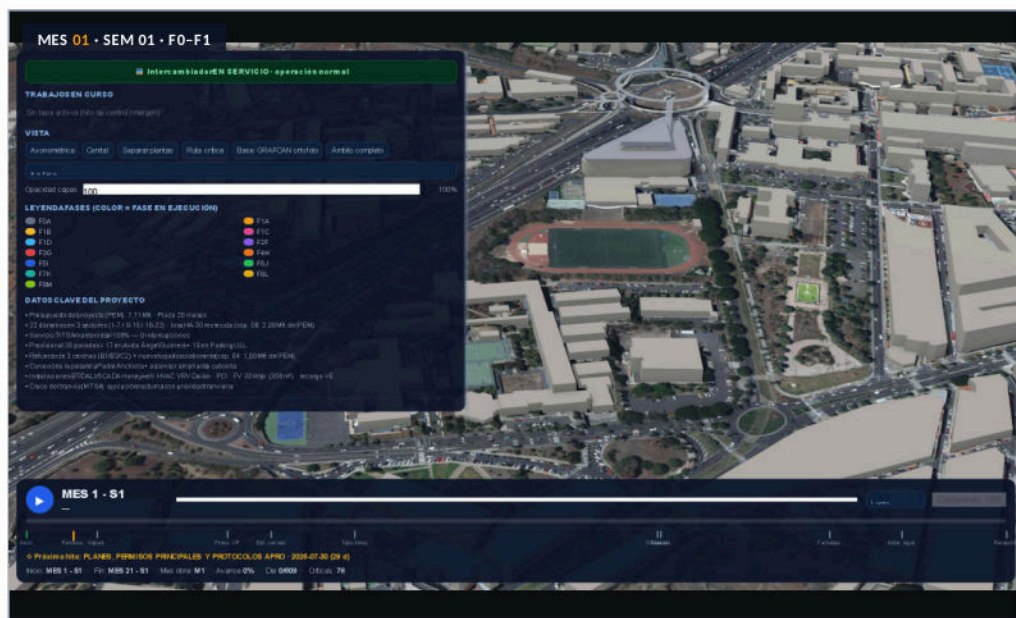
Se limpian las fachadas de piedra (486 m2) retirando suciedad y biofilm y, sobre seco, se aplica un tratamiento hidrofugante incoloro de impregnación con pulverizador de baja presión, en pasadas húmedo-sobre-húmedo hasta saturación para proteger el paramento sin formar película. Punto de control: soporte seco y temperatura/humedad dentro de rango antes de aplicar, y prueba de absorción de agua tras el curado.



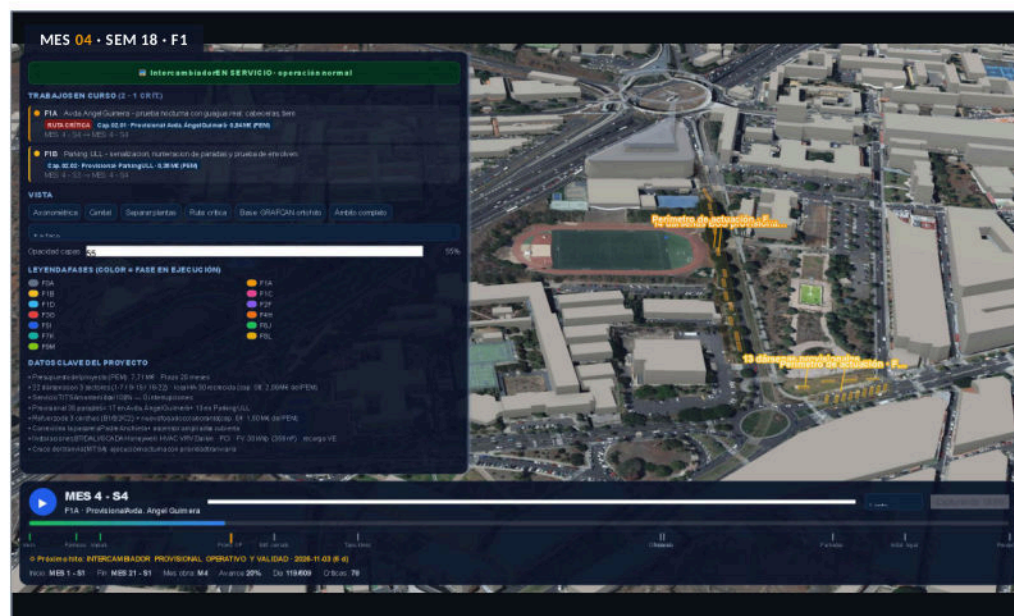
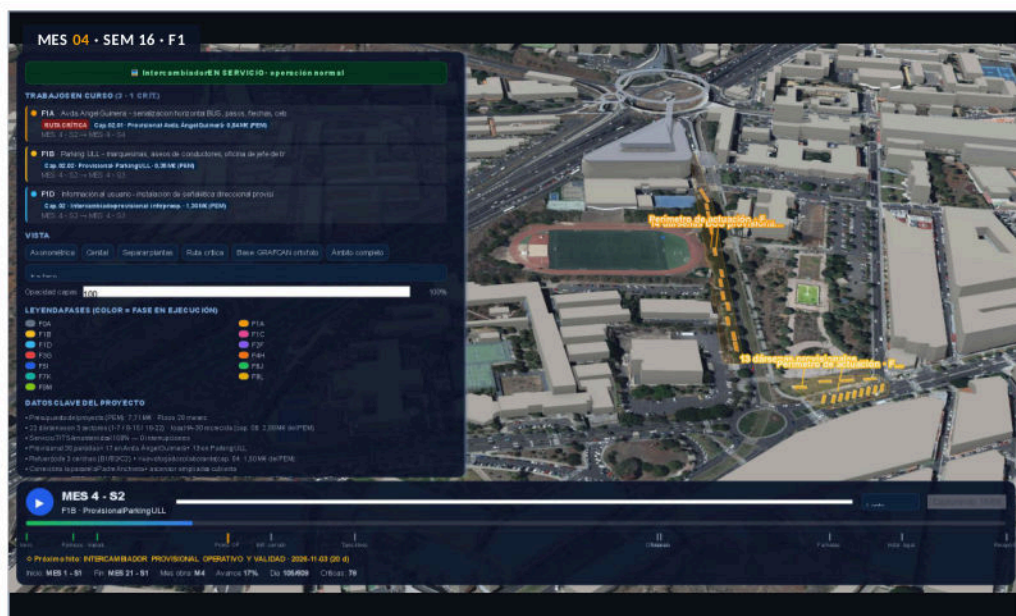
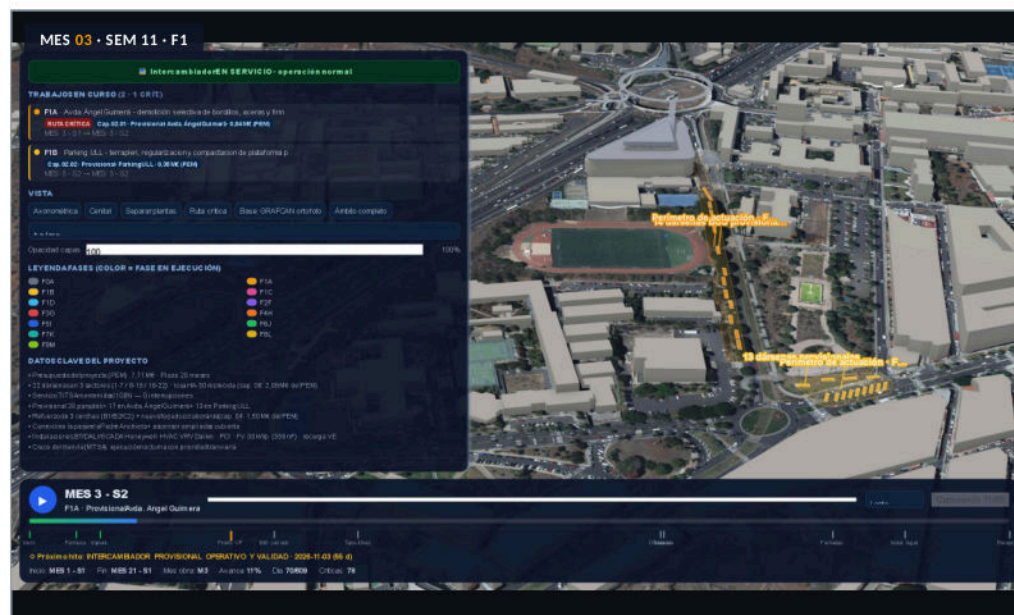
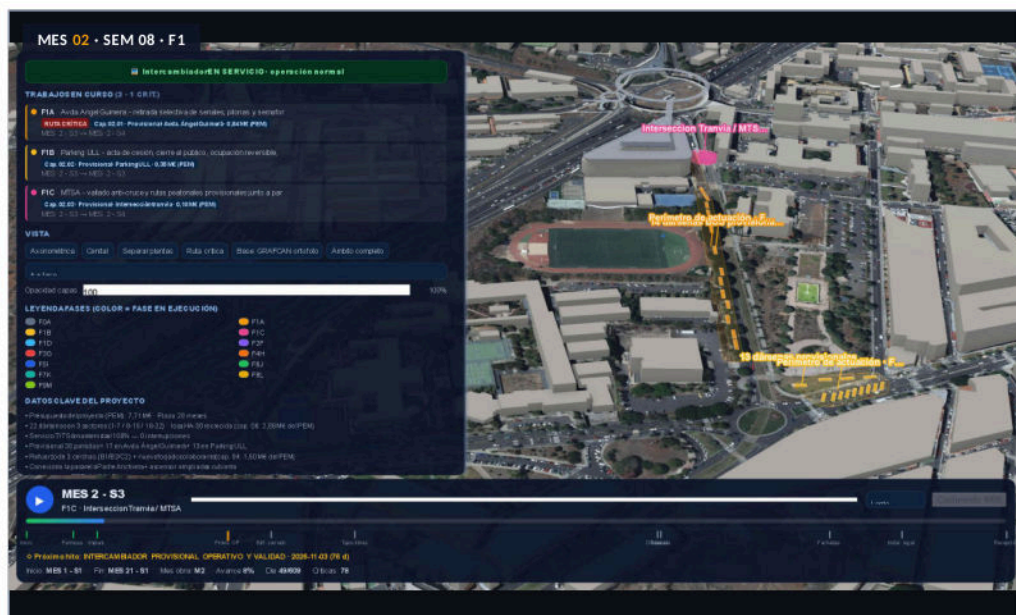
Reparación de pavimentos interiores, pintura y entrega

Se reparan los pavimentos interiores (1.305,97 m2) y se rematan paredes y techos con pintura plástica transpirable (3.113,16 m2) aplicada a rodillo sobre superficie imprimada, se cuelgan las puertas interiores chapadas de melamina roble y se coloca el felpudo de aluminio en accesos. Retiradas mamparas y lonas, se entregan las dependencias limpias y en uso. Punto de control: repaso de acabados, prueba de funcionamien...

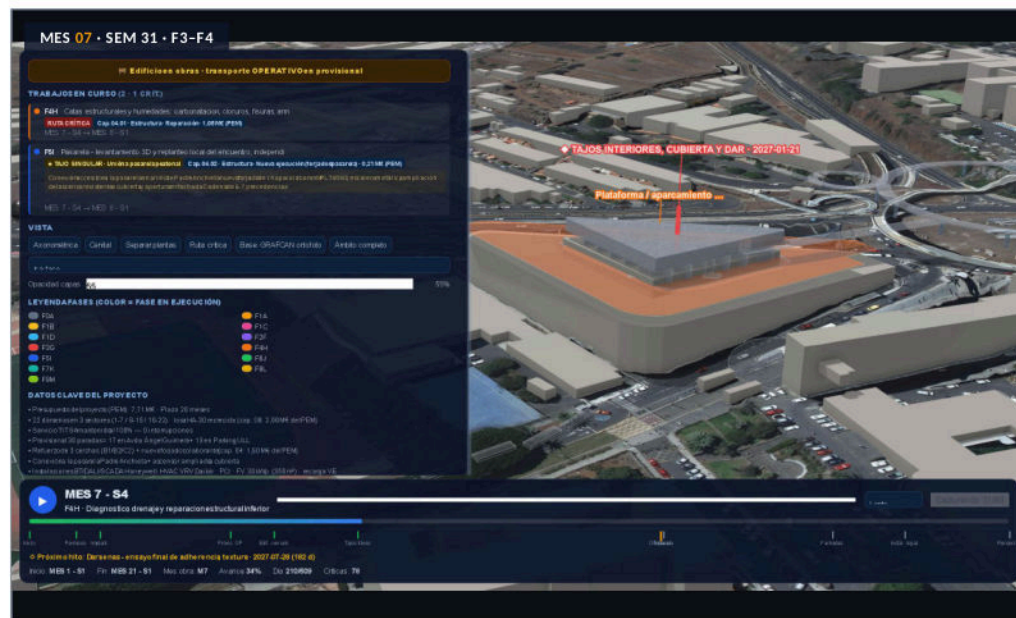
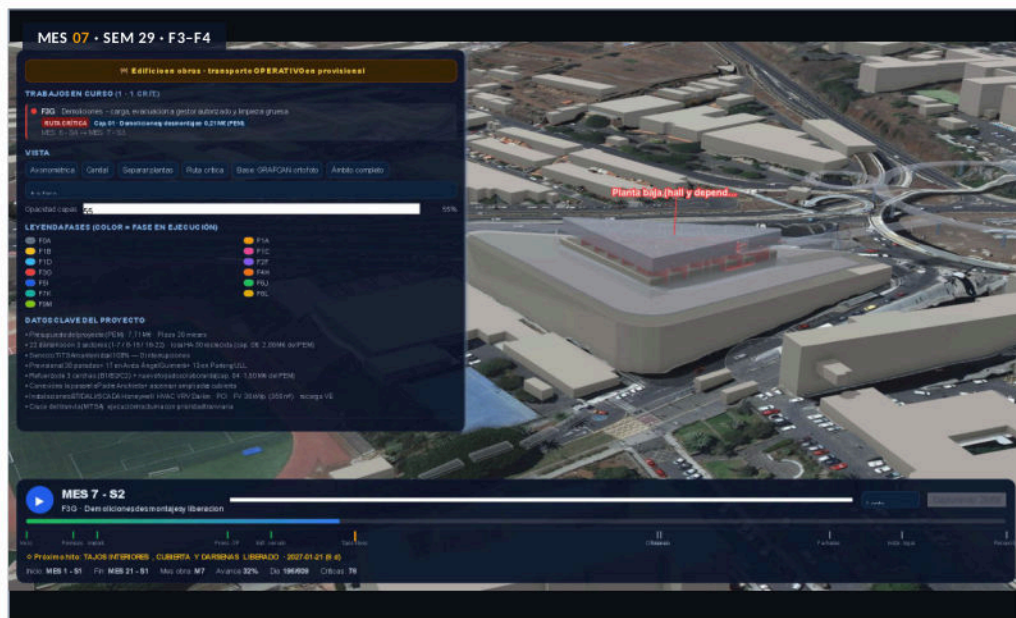
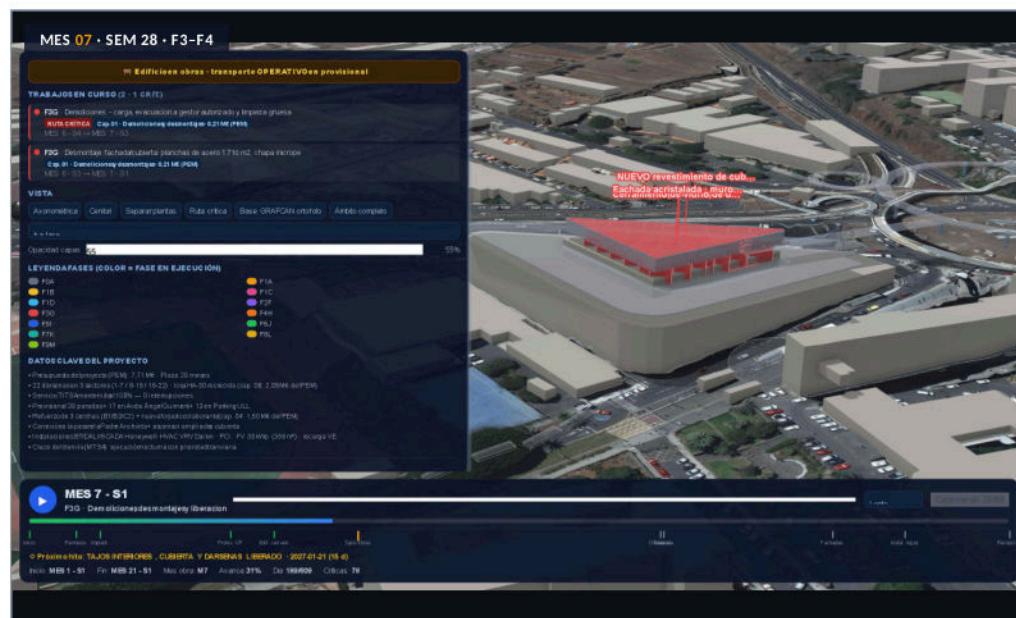
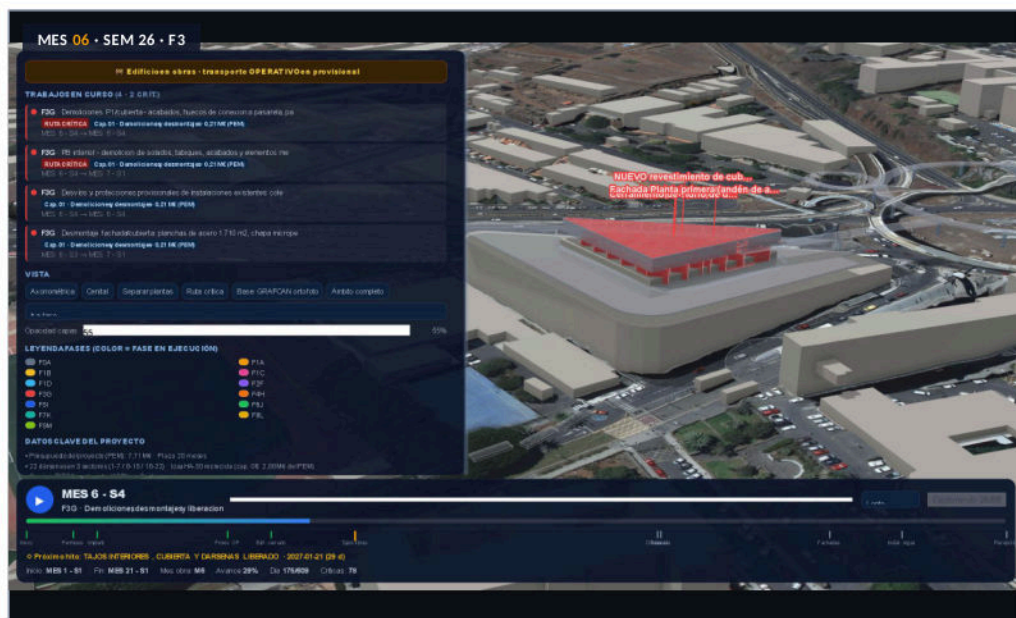
FAS DE INTERRUPCIÓN



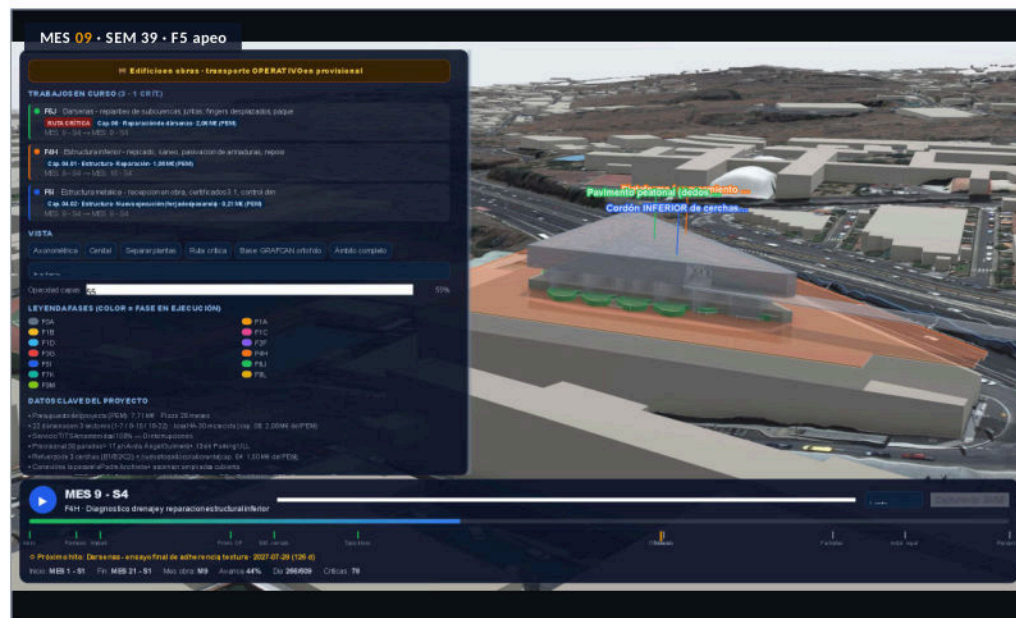
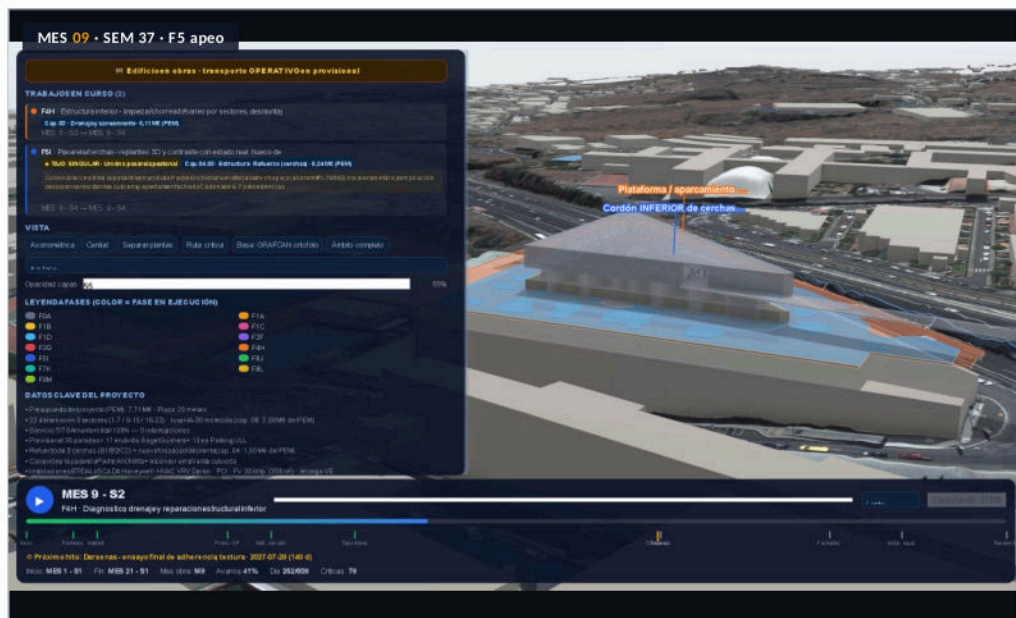
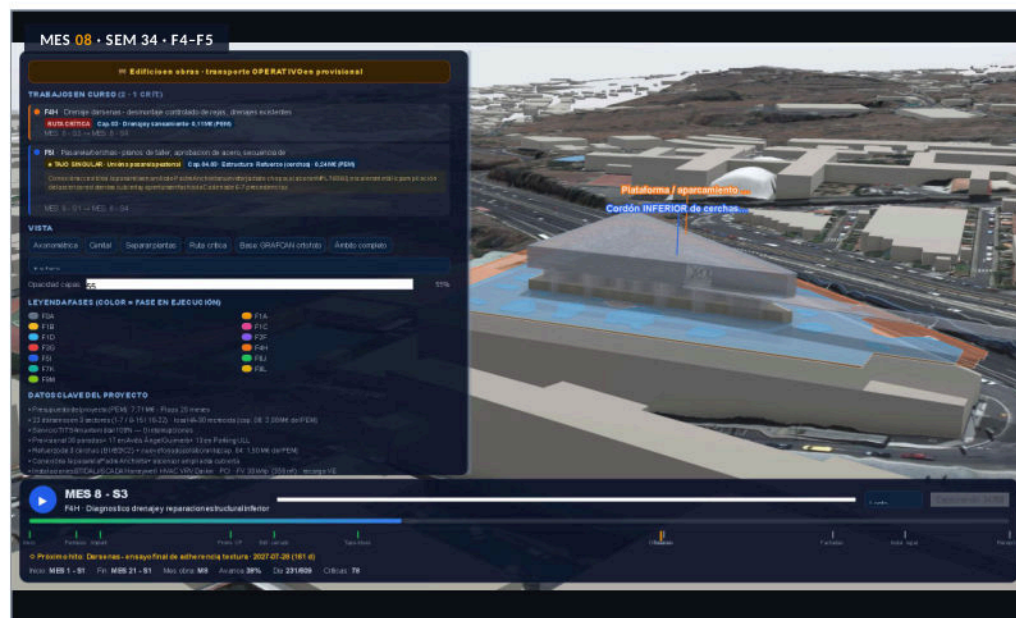
ÍAS DE INTERRUPCIÓN



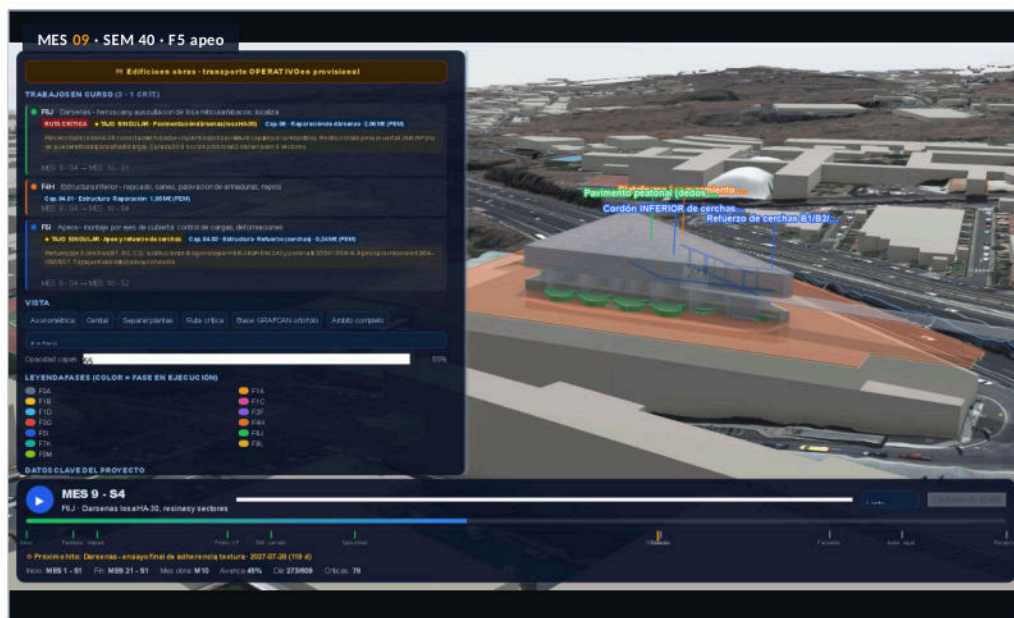
FAS DE INTERRUPCIÓN



ÍAS DE INTERRUPCIÓN

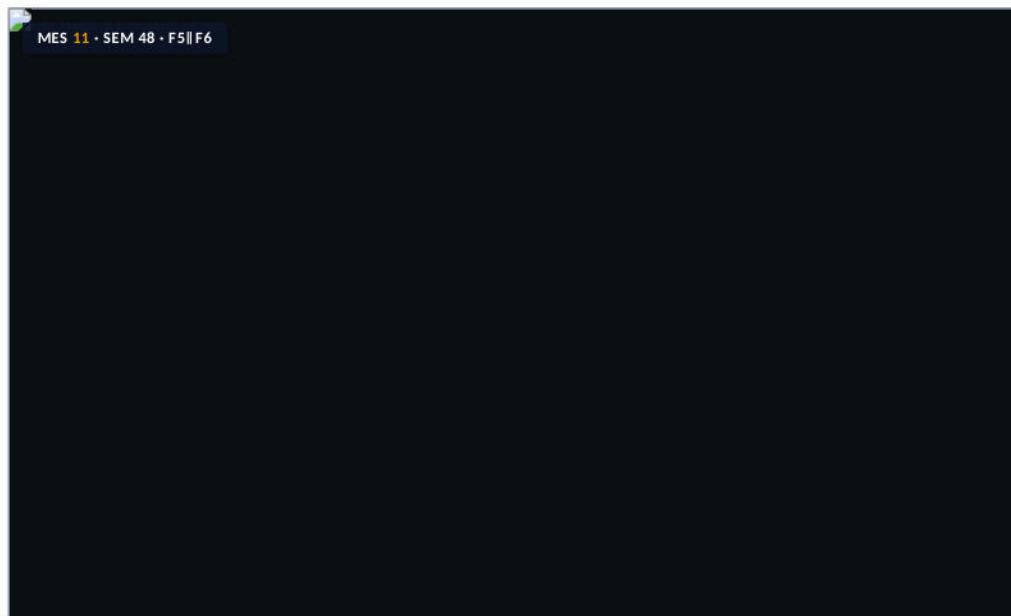


ÍAS DE INTERRUPCIÓN

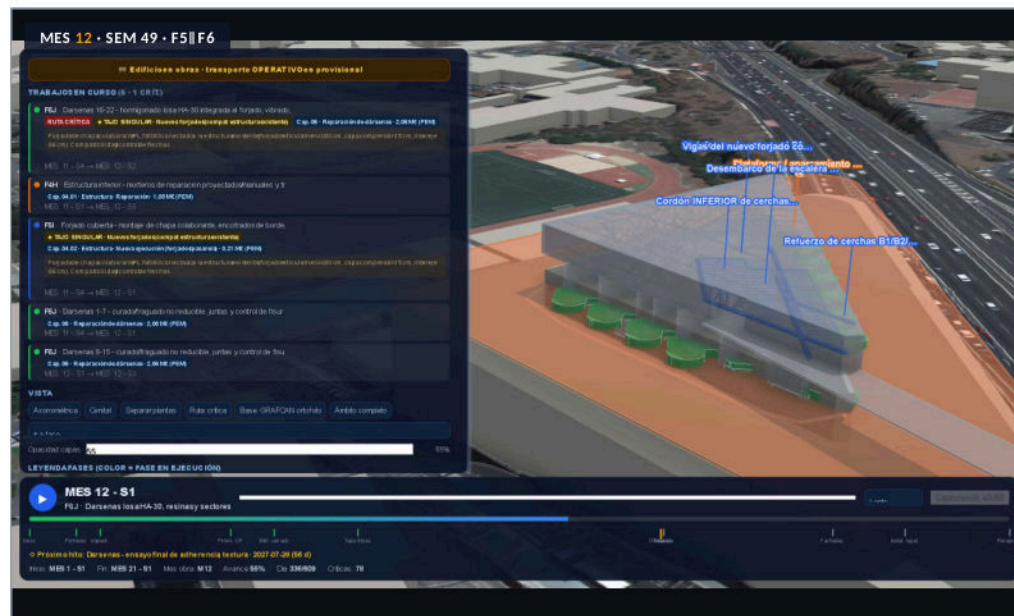


FAS DE INTERRUPCIÓN

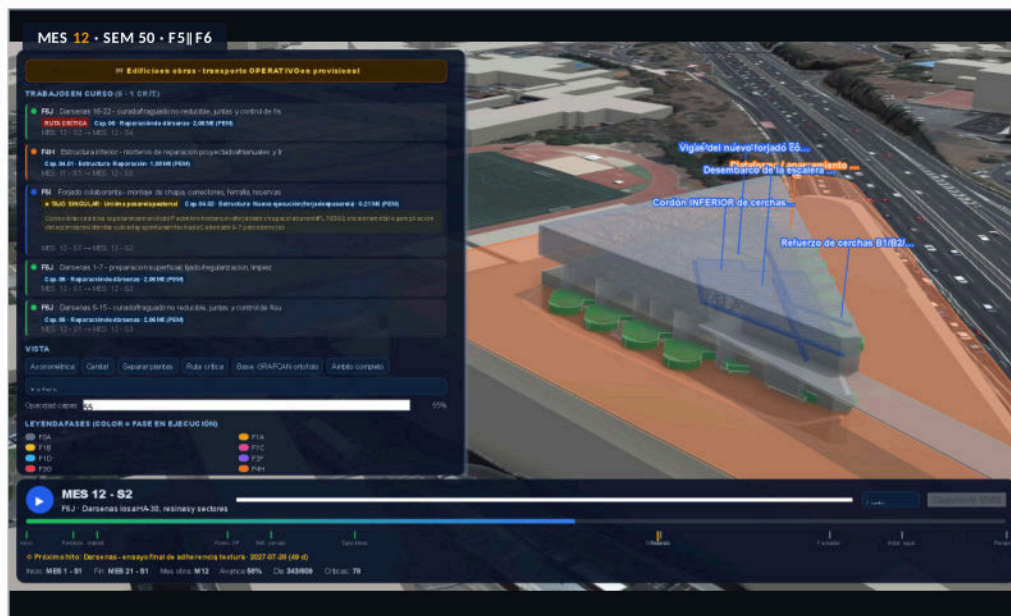
MES 11 - SEM 48 - F5||F6



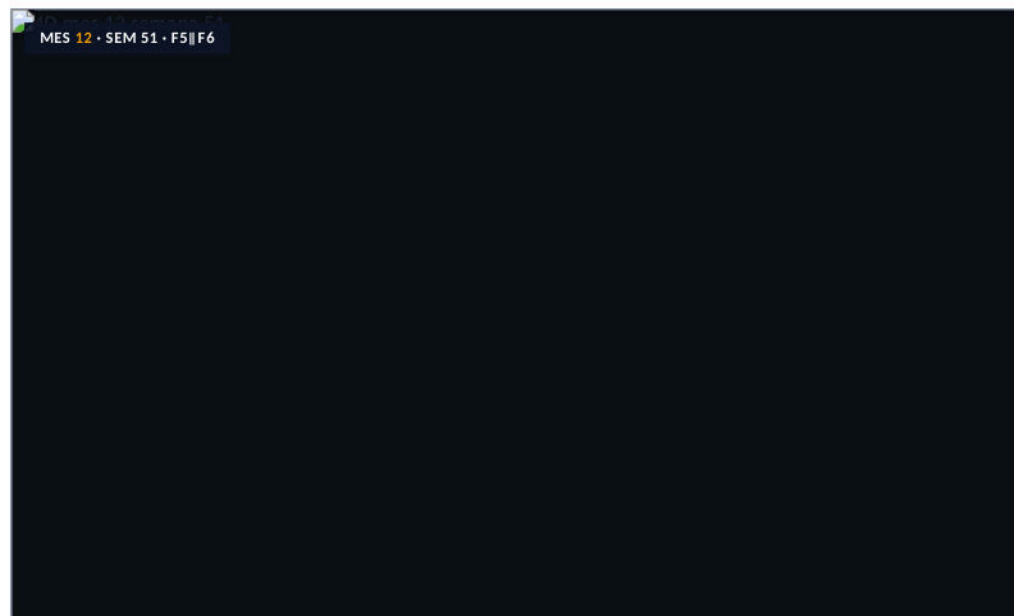
MES 12 - SEM 49 - F5||F6



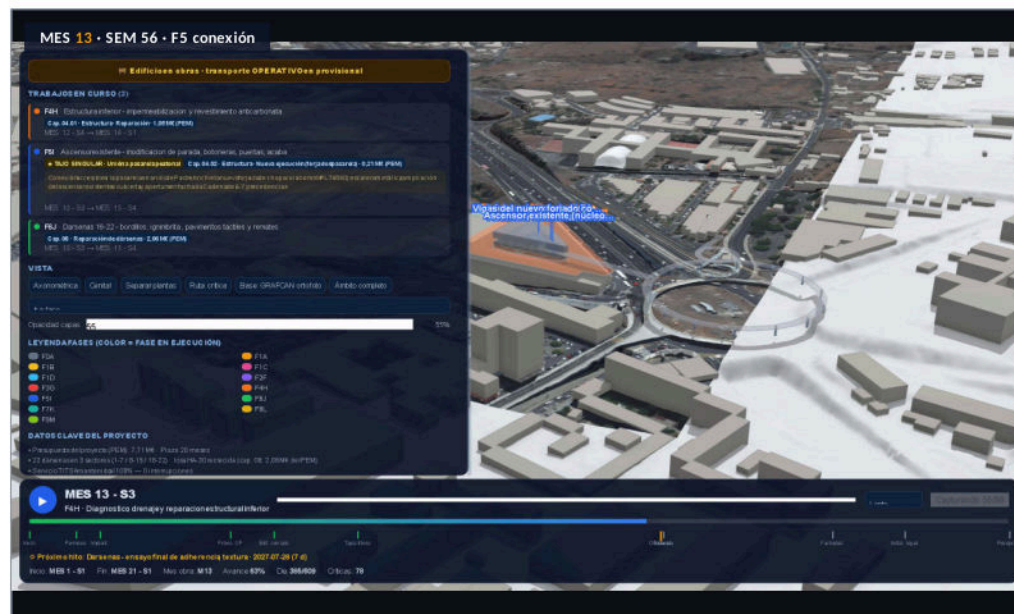
MES 12 - SEM 50 - F5||F6



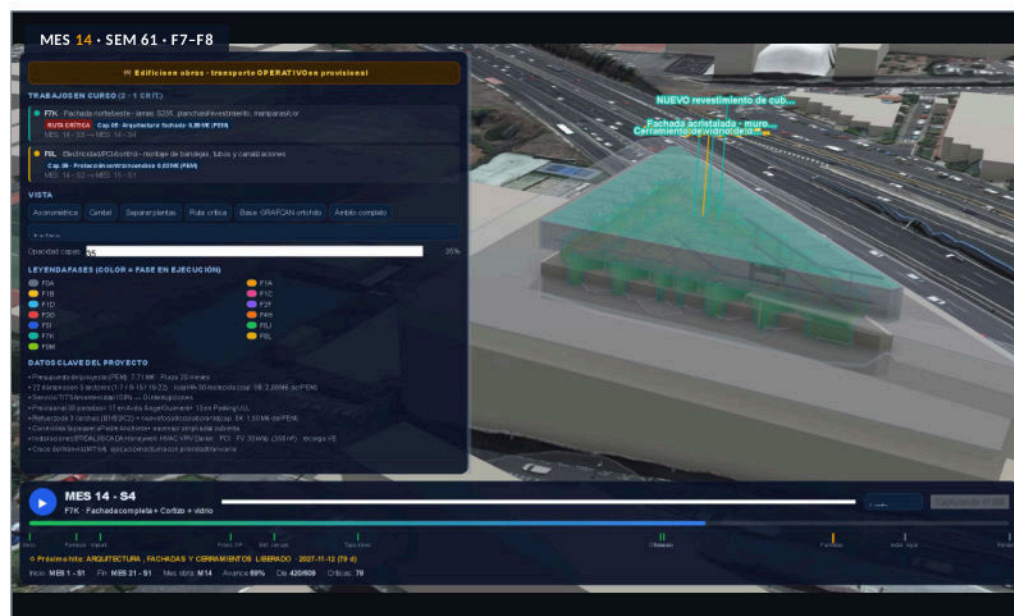
MES 12 - SEM 51 - F5||F6



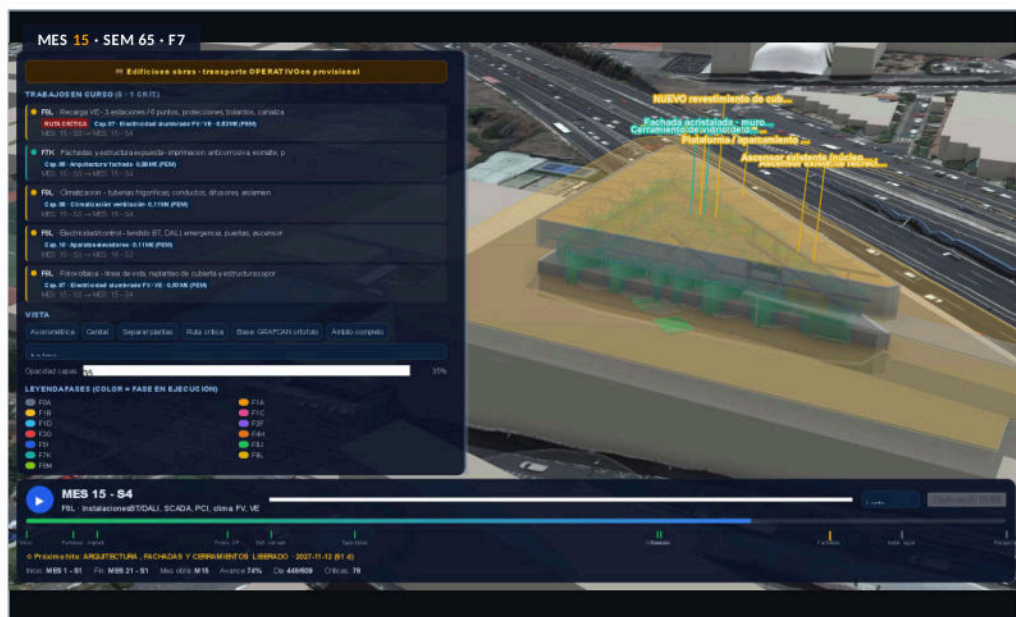
ÍAS DE INTERRUPCIÓN



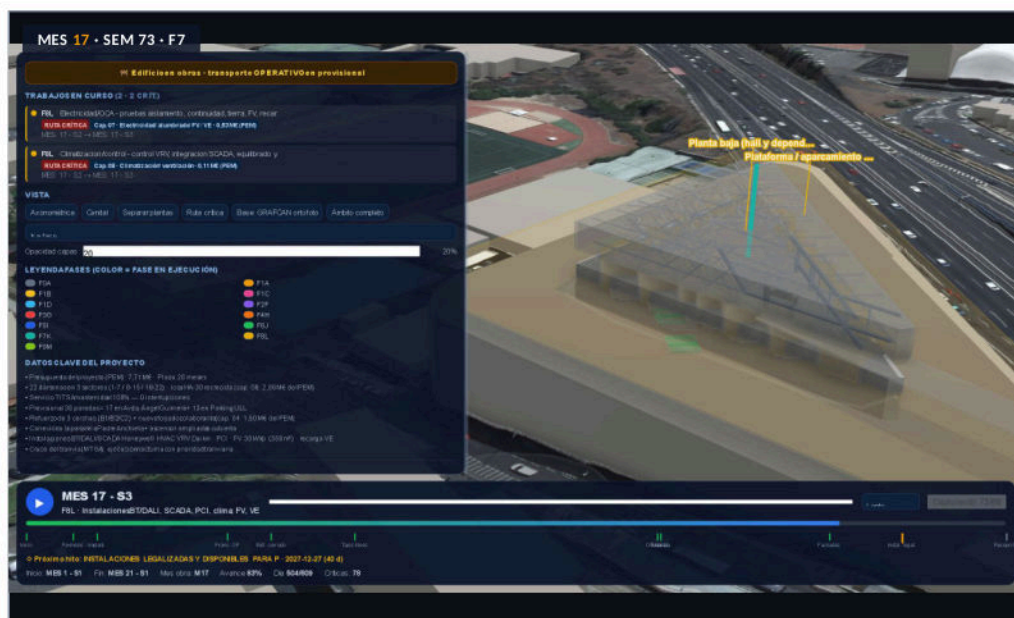
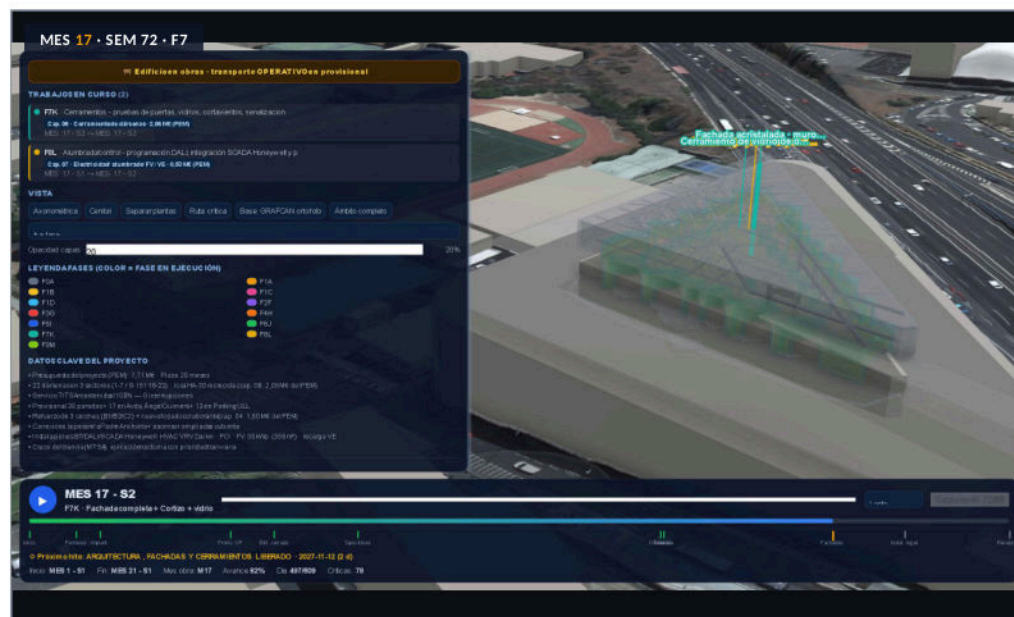
ÍAS DE INTERRUPCIÓN



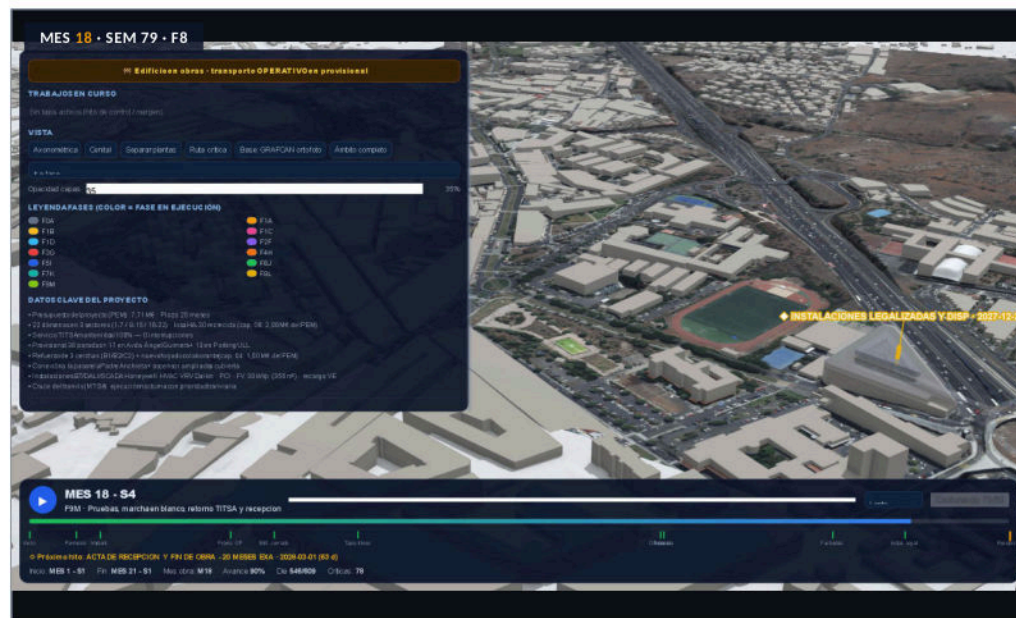
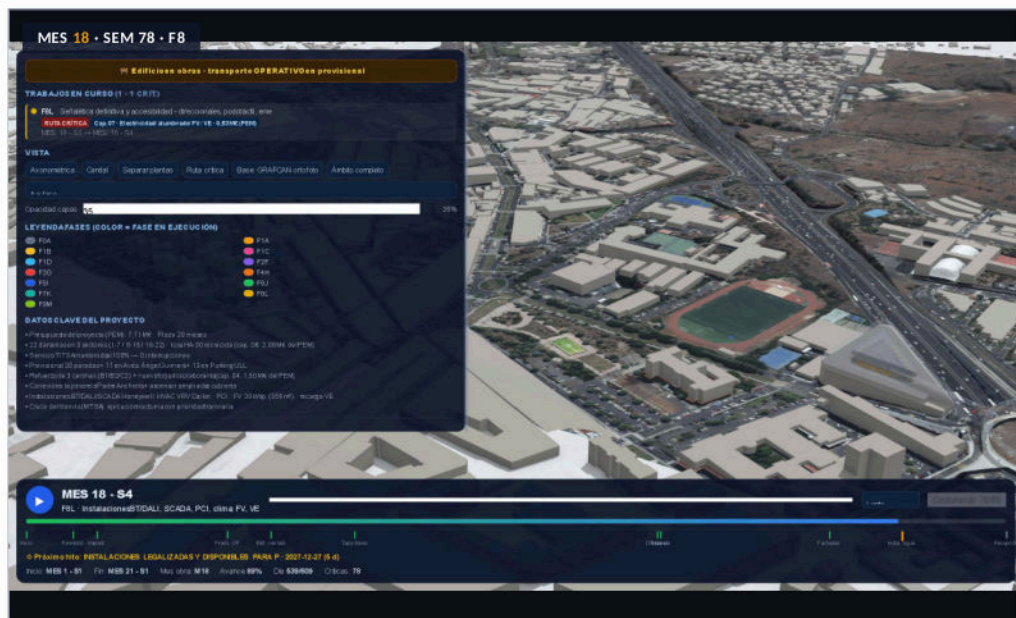
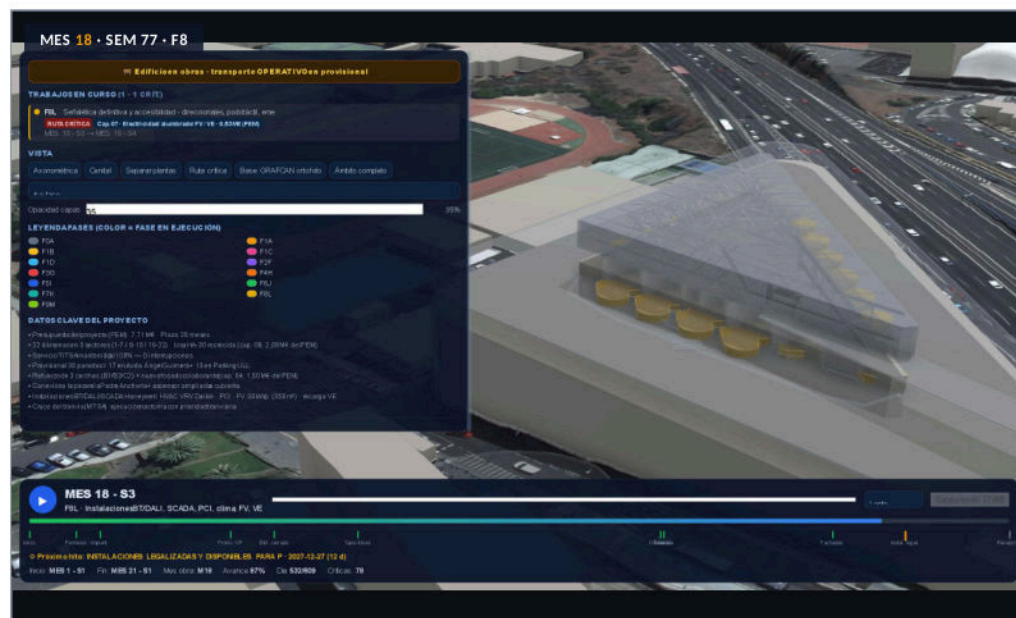
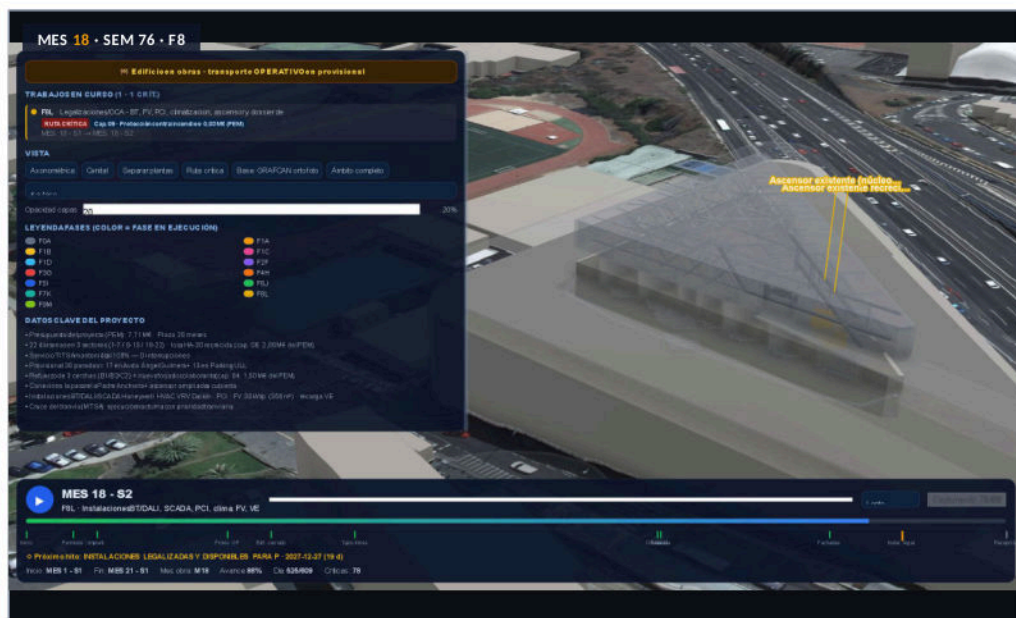
ÍAS DE INTERRUPCIÓN



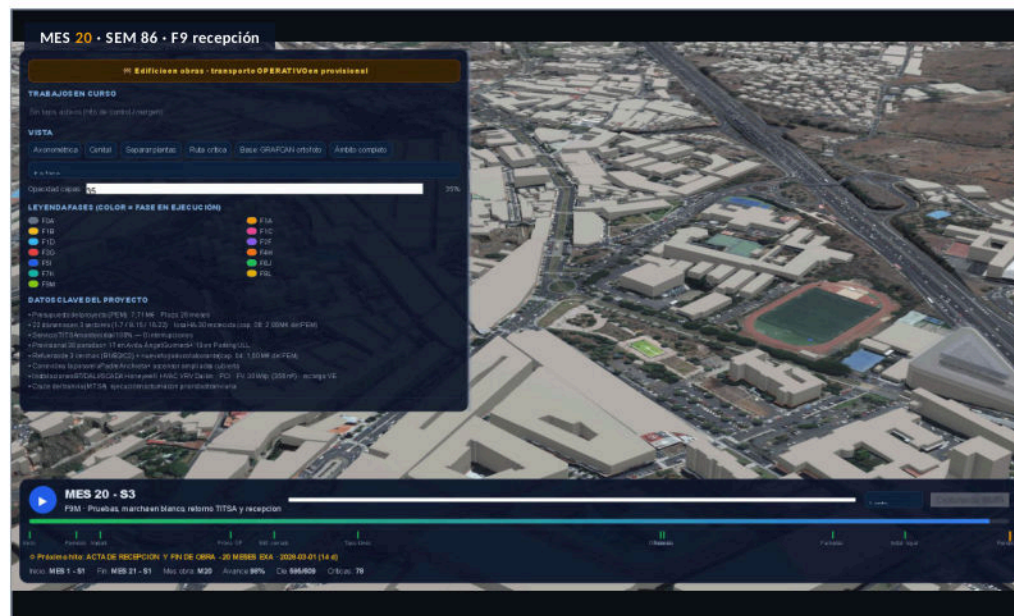
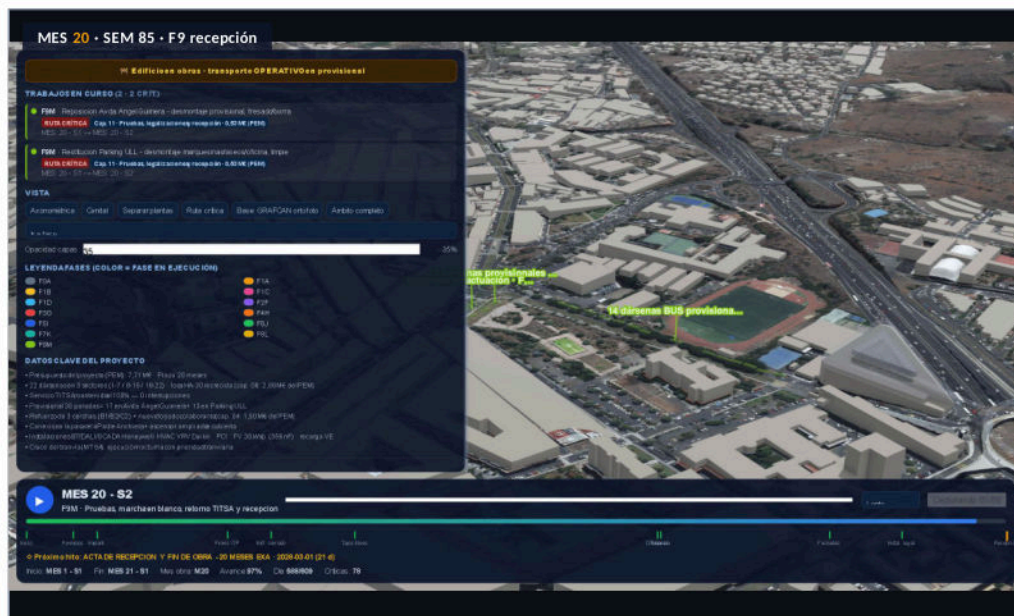
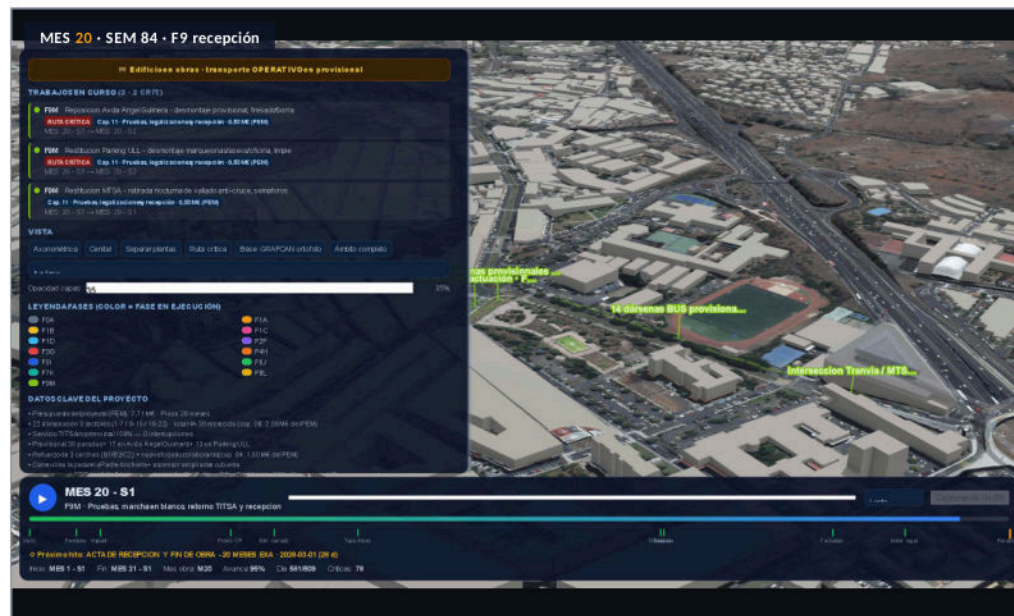
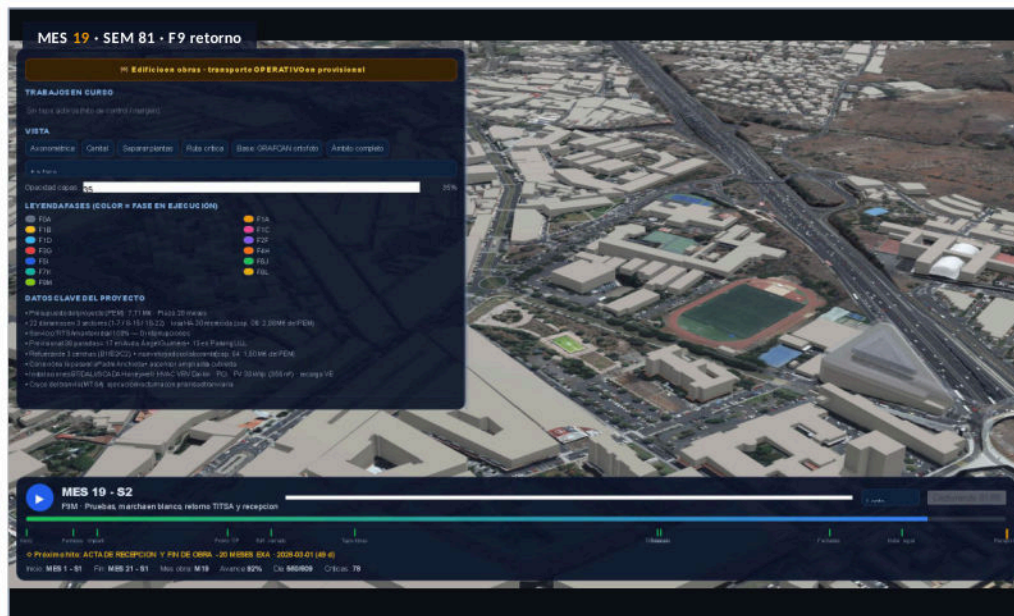
ÍAS DE INTERRUPCIÓN



FAS DE INTERRUPCIÓN



ÍAS DE INTERRUPCIÓN



C Análisis de puntos críticos y resolución de complicaciones constructivas

APARTADO C

Cada punto crítico se justifica —indicando la incertidumbre o interferencia que lo origina—, se cuantifica su riesgo y se define su protocolo de control, con puntos de inspección, umbrales y actividades predecesoras obligatorias en el programa. El criterio que jerarquiza las decisiones es contractual: la reforma se ejecuta sin interrumpir el servicio de transporte —el edificio se cierra parcialmente al público desde el mes 5—, con un indicador maestro de continuidad que debe permanecer en verde entre los meses 4 y 20 y registrar cero días de interrupción del servicio de guaguas durante los 20 meses de plazo.

Continuidad del servicio. El servicio se transfiere íntegramente al provisional antes de cerrar el edificio —operación validada mediante un **simulacro con guagua real** en el hito del mes 4— y retorna de forma gradual, por grupos de líneas, hacia el mes 19, con **cero días de interrupción**. La conexión de la pasarela con el edificio permanece cerrada al público durante la obra, si bien se mantiene en todo momento el Acceso Este de la pasarela para el cruce peatonal de la glorieta; las maniobras de acople que invaden el gálibo de la rampa se reservan a una ventana nocturna puntual.

c.1 Identificación de puntos críticos

c.1.1 Refuerzo de cerchas

La apertura de la conexión a la pasarela obliga a intervenir tres cerchas Pratt existentes, apoyadas sobre pilares-tubo **CHS Ø508×10** en la esquina NW, retirando diagonales para liberar la nueva circulación. El refuerzo sustituye las diagonales eliminadas por nuevos perfiles **HEB-280** (nudo B1) y **HEB-280 + HEM-240** (nudos B2 y C2), dispuestos en arriostramiento en K, y trasdosa cordones y montantes con pletinas S355 soldadas. El riesgo crítico es la pérdida de estabilidad del conjunto durante el corte de las diagonales, que se mitiga mediante la secuencia **APEAR → CORTAR → REFORZAR**, un **punto de espera** de la DF nudo a nudo, la prohibición de abrir nunca dos diagonales contiguas e instrumentación sismográfica conforme a la norma **DIN 4150-3**.

la estructura metálica heredada del proyecto SENER-TENO de 2009 tiene perfiles cuyas secciones «**as built**» no están garantizadas. De ahí dos cautelas previas a cualquier corte: la sección real de cada perfil se verifica in situ antes de cortar y de pedir el acero, por lo que la cuantía de **S355 (18.339,5 kg de refuerzo más 29.481,5 kg de nueva ejecución)** queda condicionada al **levantamiento láser 3D georreferenciado** de la fase inicial; y el refuerzo se aplica diferenciado por nudo para no sobredimensionar (B1, dos diagonales **HEB-280** sin tocar cordones; B2, **HEB-280, HEM-240**, pletinas y un montante; C2, completo en ambos cordones), con control dimensional individualizado. El conjunto se prefabrica en taller y se suelda en banco, dejando en cubierta solo las uniones finales. La soldadura es S355 en clase **EXC3**, con WPS/WPQR cerrada antes del primer cordón, gargantas no inferiores a $1,07 \cdot t_1$, ensayos no destructivos visuales al **100 %** —con partículas magnéticas o líquidos penetrantes según la unión— y protección al fuego R90 tras la inspección. El desapuntalado es controlado: se afloja por pasos registrando la transferencia de carga a los elementos en K con topografía de flecha, y si la flecha no concuerda con la prevista, se detiene. El forjado colaborante no se hormigona antes de completar el refuerzo, pues rigidizaría la celosía e impediría el desapuntalado controlado.

c.1.2 Compatibilidad de los nuevos forjados con la estructura existente

El nuevo forjado de la conexión —chapa colaborante **PL76/383** sobre correas **IPE-180**, viga secundaria **HEB-200** y principales **HEB-240**— debe coserse a una celosía existente sin transmitirle esfuerzos no previstos. **La UTE lo resuelve** por dos vías: uniones apernadas articuladas que no transmiten momento ni torsión a la celosía, y un forjado **autoportante**, sin apuntalamiento durante el hormigonado, que elimina la necesidad de apeaar sobre el forjado del parking en servicio bajo el tajo. El riesgo restante —incompatibilidad geométrica «**as built**» frente a realidad— **se neutraliza** con una actividad previa de replanteo y contraste 3D estado actual-realidad, imprescindible en el Gantt, antes de cualquier corte o pedido de taller.

Las uniones se articulan porque la estructura de 2009 no se calculó para las solicitaciones de un empotramiento: la conexión a la pasarela se cuelga sin empotrar, con cargas de pasillo de **3,50 kN/m² (CM)** y **5,00 kN/m² (SC)** y flecha admisible L/360. A ello se suma una interferencia documentada entre disciplinas: la fijación superior de la fachada (RHS-160×80×3 sobre el cordón «**HEB-240** existente» a +549,100) coincide con el mismo cordón que pasa a «**HEB-240** reforzado más 2 pletinas 220×20» y recibe el colaborante a +549,376, sin que ningún plano resuelva la coexistencia de la placa y tornillería de fachada con los cordones de soldadura de las pletinas. La consecuencia es una precedencia estricta —la fachada no se monta hasta que la cubierta está reforzada y el colaborante hormigonado, lo que vincula los cerramientos a la estructura—, que se gestiona anticipando un detalle unificado de la DF del encuentro fachada-cordón-forjado y reprocesando los planos de taller antes del pedido.

c.1.3 Ejecución de la zona de rodadura

una losa **HA-30/B/20/XC4** con fibras de polipropileno y espesor medio de **17 cm**, reconstruida directamente sobre el forjado reticular 40+15 y conectada estructuralmente a él (chorro de arena, puente de unión, conectores Ø8/Ø12 y malla Ø12 15×15). El antecedente de patologías higrotérmicas impone que la solución pueda mejorarse, pero nunca empeorarse: de ahí el acabado fratasado, el sistema antideslizante e impermeable de 4 capas y, sobre todo, el curado de **10 días** por sector, tratado como **punto de parada** inviolable (véase **b.4.2**).

El diseño de la losa lo gobierna la restricción de peso sobre el forjado reticular existente, que no se refuerza ni en armado ni en micropilotes: la carga muerta del nuevo paquete no puede superar el orden de **4,0 kN/m²**, de modo que la losa es un recrido estructural que reproduce la rigidez del que sustituye. De ahí dos derivadas críticas. La demolición del paquete

antiguo se hace sin maquinaria pesada (martillo sobre miniexcavadora ligera, 25–40 m³/día) y a cota controlada, para no dañar la armadura de punzonamiento sobre pilares ni las rejillas de ventilación del garaje embebidas en el forjado. Y la densa malla de conectores Ø12 perfora el reticular justo donde se concentra esa armadura de punzonamiento, por lo que su replanteo se apoya en **georradar** y catas previas para esquivar punzonamiento y huecos de ventilación —actividad **predecesora obligada** del taladrado y el anclaje químico—. El curado del **HA-30**, fijado en **10 días** para los sectores en **ruta crítica**, es un tiempo tecnológico no reducible: los tres frentes (sectores 1–7, 8–15 y 16–22) solapan sus curados en paralelo, pero ninguno se acorta, y el puente de unión epoxi exige hormigonar dentro de la ventana de producto fresco, o el paño debe rehacerse. El sector 16–22 marca el fin de la obra y desencadena el ensayo final de dársenas.

c.1.4 Cerramiento de dársenas

La sustitución completa de fachada y cerramientos —lamas **S235**, panel composite, DVH, mamparas y cortavientos— es crítica por una **indefinición de proyecto detectada en visita**: la unión entre estructura metálica, perfilera de aluminio y vidrios no queda resuelta como muro cortina convencional (sistema Cortizo, a verificar), de modo que el riesgo es de plazo y suministro más que de ejecución. **Se mitiga anteponiendo** una actividad de validación técnica de fachada —perfilera, vidrio, estructura secundaria de fijación y planos de taller— predecesora obligada de la fabricación y los pedidos (véase **b.4.2**).

CONTRADICCIÓN DOCUMENTAL DETECTADA

A la indefinición del sistema se añade una **contradicción documental**: la memoria del proyecto describe la fachada como lamas de chapa de acero **S235** plegado de **3 mm**, mientras que el presupuesto y los planos de detalle la materializan como panel composite de aluminio Cortizo StacBond, con la lama de acero limitada a la albardilla. La diferencia entre un sistema de acero y uno de aluminio afecta a las fijaciones, al comportamiento frente al fuego y al precio, por lo que la **validación técnica de fachada** se concibe como hito que cierra el sistema antes de cualquier pedido. El cerramiento de dársenas incorpora además un condicionante geométrico de seguridad operativa: la pantalla de vidrio (DVH de **4 m** de altura sobre tubo 160×160×5, dimensionada para viento de zona A de **0,667 kN/m²**) aloja 44 puertas automáticas correderas, dos por dársena, cuyo carril no puede invadir el gálibo del autobús, con una holgura crítica de **1,00 m** sobre el ancho de dársena de **3,60 m**. Estas puertas se centralizan y conectan a la alarma de incendios con apertura automática en caso de activación, lo que vincula su recepción a las pruebas integradas de protección contra incendios.

c.2 Análisis de la problemática

c.2.1 Complicaciones

Las complicaciones se concentran en tres tajos singulares: la conexión a la pasarela (**F5**, hito del mes 13), único tajo que toca un elemento peatonal en servicio (~**29.481,5 kg** de nueva ejecución izados por piezas de 1,5–**3,5 t** desde el NW); el apeo y refuerzo de cerchas (meses 9–11), con izado continuo en altura desde el NW y sectorización de pluma por software; y la pavimentación de dársenas (**F6**, meses 11–13), tres sectores en U (~**6.408 m²**, 800–**960 m³** de **HA-30**) con vertidos escalonados y curados solapados. La complicación logística común se resuelve con dos puertas segregadas (rampa SE para pesados, recinto ULL NE para personal), incorporación única en bajada y la regla de cero marcha atrás en vía pública.

DETALLE DETECTADO

A estas tres complicaciones se añade una de carácter programático: el arranque de la arquitectura (en torno al mes 13) concentra tres cadenas simultáneas —dársenas ya ensayadas, forjado de cubierta y demoliciones— sobre las que cuelga una fachada con holgura total nula. La fase de cubierta (apeo, refuerzo de cerchas y colaborante) dispone de solo **12 jornadas** de holgura sobre doce actividades en serie, de modo que cualquier retraso superior a ese margen la convierte en crítica y empuja la totalidad de la cola hasta el hito de recepción (mes 20). Por ello la fase de cubierta se trata como **cuasi-crítica**: se resuelve la homologación **EXC3** y se blindan los suministros de **S355** y de chapa colaborante antes de subir a cubierta, y se reserva un colchón contractual de **7 jornadas** no consumidas de forma deliberada.

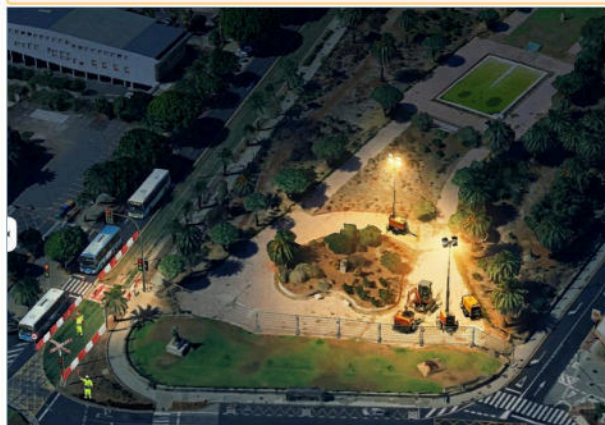


Fig. 10 • Adecuación nocturna del cruce del tranvía (MTSA): semáforo, descargo de catenaria, vallado anti-cruce, piloto de vía y torres de iluminación, en ventana nocturna.

c.2.2 Interferencias

c.2.2.1 Con el tráfico de guaguas.

El servicio opera en el provisional, fuera de la vertical de los trabajos, y la interferencia real se reduce a tres focos de baja entidad: el cruce del tranvía MTSA (~mes 2, con restitución al final), en ventanas nocturnas pactadas con prioridad tranviaria y descargo de catenaria (~8 turnos); el montaje de las 17 marquesinas TRAX en Ángel Guimerá, con cortes momentáneos de carril de 15–30 min en franja valle; y el acople final de la conexión con la pasarela (**F5**), en ventana nocturna puntual.

el punto de trabajo de la bomba de hormigón se sitúa a **76 m** del borde de Ángel Guimerá, a **73 m** de la vía del tranvía y a **136 m** del anillo de la pasarela y la glorieta, y el recinto vallado engloba bomba, cubas e izados. El cruce del tranvía es además la actividad desencadenante de toda la **ruta crítica**: la autorización previa de

MTSA (actividad id7, de unas **20 jornadas**) es un **punto de espera** absoluto, sin el cual no arranca la reforma de la plataforma tranviaria, y un retraso en ella desplaza linealmente los 18 meses restantes. Todo trabajo sobre vía o catenaria

es nocturno, en ventana pactada con prioridad tranviaria y con descargo de tensión donde se toca catenaria; el tranvía no se corta en servicio diurno, sino que se opera en el intervalo sin circulación, con grupo de iluminación propio, señalistas y vallado anti-cruce.

c.2.2.2 Con usuarios.

El viajero está siempre en el provisional, fuera de la vertical de la obra, y el personal entra por las dos puertas segregadas. La interferencia más sensible es la coactividad de la fachada Sur (**F7**, meses 14-15) con las paradas en servicio inmediatamente debajo, resuelta con marquesina de protección sobre el paso, balizamiento dinámico de **3 m** bajo la PEMP eléctrica y un montacargas anclado a la propia fachada que sube los materiales sin izar sobre el tráfico.

permanece en explotación durante toda la fase de estructura aunque el edificio esté cerrado. Esta coactividad se gestiona mediante izados ejecutados siempre fuera de la vertical de las plazas en uso, un vigilante de coactividad dedicado, extracción forzada y medición continua de oxígeno y monóxido de carbono en el garaje, y el certificado de desconexión de baja tensión, gas y agua caliente sanitaria como **punto de parada previo** a la demolición de cada planta. Las instalaciones del parking —ventilación forzada, drenaje, alumbrado de emergencia y protección contra incendios— no se desmontan, y las rejillas de ventilación embebidas en el forjado se respetan al replantear el taladrado de conectores. El parking se gestiona por fases, manteniendo del orden de 50 plazas operativas y 20 taxis con rotación.

c.2.2.3 Movilidad de usuarios en zonas afectadas.

Se garantiza con itinerarios PMR mantenidos en todo momento y validados por SINPROMI en cada fase. Las aceras provisionales incorporan franjas podotáctiles (botón = alerta, ranura = direccional), con paso peatonal alternativo balizado conforme a la Norma 8.3-IC. Se mantienen abiertos y señalizados todos los accesos vivos del lado Sur. Además de mantener la movilidad, **la UTE propone** mejorarla durante la obra (c.5.5).

c.2.3 Riesgos técnicos

c.2.3.1 Incidencias estructurales

(a) inestabilidad de la cercha durante el corte → apeo previo aprobado por la DF como **punto de espera**, nunca dos diagonales contiguas abiertas, sismógrafo **DIN 4150-3** y topografía de flecha; (b) patologías ocultas del forjado del parking → inspección, repicado, ensayo, reparación e impermeabilización antes de reponer el pavimento; (c) cargas puntuales de maquinaria sobre el forjado reticular → prohibición de maquinaria pesada y empleo de minimáquinas eléctricas; (d) interferencia de perfiles «**as built**» → verificación in situ antes de cortar, contrastada con el levantamiento 3D. A estos se añade (e) la concurrencia, sobre el mismo forjado de planta baja, de la reparación de su cara inferior (Zona H) y del recrecido de dársenas en su cara superior (Zona J), sin precedencia que las vincule en el programa: el mortero curando en la cara inferior puede coincidir con el hormigonado de la losa de $\leq 4,0 \text{ kN/m}^2$ en la superior con el apeo activo, lo que invalidaría el control de flecha y de adherencia. Esta concurrencia **se neutraliza** enlazando, por sector, la reparación inferior y su desapuntalado —de al menos **7 días**— como predecesora del hormigonado de la losa superior del mismo paño.

c.2.3.2 Servicios enterrados afectados

las excavaciones pueden interceptar servicios no documentados (abastecimiento, saneamiento, BT/MT, alumbrado, fibra, semaforización, gas). La medida sistemática consiste en la detección previa con **georradar** (GPR) y catas manuales sobre todo el trazado de excavación, solicitud de planos a las compañías, balizado y protección de las redes localizadas y un protocolo de descubrimiento (parada, comunicación a compañía y DF, reposición/desvío acordado). Constituye **predecesora obligada** en el Gantt de cualquier excavación, **sin coste adicional para TITSA**. En el frente de Ángel Guimerá esta cautela se traduce en la demolición de los **172,1 m** de bordillos por medios manuales, precisamente para no dañar los servicios urbanos enterrados del corredor.

c.2.3.3 Afecciones por viento o lluvia en cubiertas

el viento básico es $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$ (entorno tipo III), y el trabajo en altura y el izado de chapa, lamas y vidrio resultan muy sensibles al viento de medianía. Se fijan límites operativos de izado por velocidad de viento (parada de autogrúa y PEMP según ficha, anemómetro en pluma), manipulación del vidrio con ventosa de vacío y fijación inmediata de la chapa colaborante; frente a la lluvia, impermeabilización provisional y achique del forjado expuesto, y hormigonado del **HA-30** en franja diurna de baja humedad controlada. El vidrio de gran formato del muro cortina y los DVH de **4 m** de las dársenas se manipulan con ventosa de vacío sin eslinga, y el sellado estructural se ejecuta únicamente dentro del rango higrotérmico del fabricante, dado que la humedad es el principal enemigo del sellante.

c.2.3.4 Vibración de la demolición sobre el parking en servicio: I

a demolición del pavimento (**2.563 m³** con martillo sobre el forjado 40+15) se ejecuta con el aparcamiento inferior en explotación. La respuesta consiste en un control sismográfico **DIN 4150-3** con umbrales orientados al confort y la seguridad del público del aparcamiento, minimáquinas eléctricas de bajo impacto, avance por paños con protección bajo el forjado, sellado de juntas frente a desprendimientos y, en su caso, acotado puntual de plazas bajo el sector en demolición, coordinado con TITSA. Todo ello, **sin coste adicional**. El criterio ambiental de la **UTE** prohíbe el uso de maquinaria diésel en el interior por la contigüidad del garaje: las plataformas elevadoras móviles de personal son **100%** eléctricas de batería de litio y la soldadura es de inversor conectado a red sin grupo diésel, con medición continua de oxígeno y monóxido de carbono.

c.2.3.5 Problemas de suministro en zonas de difícil acceso: el acceso a la cubierta NW y a la conexión es complejo por gálibo.

Se resuelve con la autogrúa principal LTM 1100 en el NW, que iza por piezas, y con la rampa SE como centro logístico; las góndolas largas de perfilería acceden al NW por el lado O; se programan ventanas por tipo de vehículo; y la autogrúa secundaria LTM 1050 reposicionable al SE cubre la esquina lejana. La autogrúa se estaciona siempre desde el perímetro, fuera de la vertical de dársenas y del parking, y el plumín se sectoriza por software anticollisión que prohíbe el barrido sobre los carriles Sur y Este, ocupados por las paradas del provisional. La cubierta, a cota +549 sin acceso rodado directo, se hormigona con bomba de pluma.

c.2.3.6 Condicionantes climáticos de La Laguna: la medianía impone alta humedad, nieblas bajas persistentes y rachas de viento.

control higrotérmico del curado del **HA-30** (**10 días** no reducibles, crítico por el antecedente de patologías), aplicación del sistema Sika 4 capas solo dentro de la ventana de humedad/temperatura del fabricante, protección de soldaduras frente a humedad y viento con pantallas parachispas y ensayos no destructivos (CEMOSA, ENAC), y trabajos en altura/izados en las franjas de menor viento con estación meteorológica de obra. La puesta en obra del aglomerado del firme provisional, las soldaduras a cota +549, el curado de las losas y el sellado de vidrio y DVH quedan todos gobernados por este protocolo meteorológico específico, que define ventanas secas, temperatura mínima de extendido y la condición de sellado estructural solo en rango higrotérmico.

c.3 Metodología de resolución

Tabla c.3 — Contingencias (en caso de materializarse)

Complicación	Respuesta
Flecha residual fuera de tolerancia tras desapuntalar	Re-tesado de husillos, nuevo apeo y recálculo, con acta de la D.F. antes de continuar; no se prosigue hasta lectura conforme.
Perfil «as built» de sección inferior a la prevista	Rediseño del refuerzo con el acero ya pedido más margen, absorbido por la holgura de F5.
Cata que revela patología del forjado que invalida el cosido de la losa	Reajuste de la malla de conectores o refuerzo local, validado por la D.F.
Fachada Cortizo retrasada más allá de la holgura (~3 semanas)	Adelanto de las instalaciones (F8) y ejecución de la fachada por sectores ya curados.
Caída o cierre imprevisto de una parada del provisional	Redistribución a las paradas contiguas a través del centro de control de TITSA, sin parar el servicio.
Retraso o denegación del cruce del tranvía (id7)	Ejecución por piloto de vía pactada con MTSA y reprogramación de la ventana nocturna.

Umbral que actúan como gatillo de parada: vibración **DIN 4150-3** $PPV \leq 5 \text{ mm/s}$ en cimentación de la estructura existente y $\leq 3 \text{ mm/s}$ en el forjado del parking en servicio, con alarma al **80 %** del límite; tolerancia de flecha según cálculo.

c.3.1 Medidas

(1) puesta en servicio previa de la operativa provisional validada con TITSA y MTSA (simulacro guagua real mes 4, cierre mes 5); (2) replanteo y contraste 3D estado actual-realidad —con detección previa de servicios enterrados— previo a toda demolición, excavación, apertura de hueco y fachada; (3) secuencia **APEAR → CORTAR → REFORZAR** con **punto de espera** de la DF nudo a nudo; (4) sectorización de pluma y plumín por software de autogrúa y autobomba para no sobrevolar viario, glorieta ni tranvía; (5) respeto de los tiempos tecnológicos (curado de **10 días**, fraguado, resinas), con exclusión rodante física. El **levantamiento láser 3D** georreferenciado ejecutado al inicio cierra simultáneamente tres incógnitas: la conciliación entre planos y realidad, la cuantía real de acero de refuerzo y el alcance efectivo de la reparación de hormigón, cuyo criterio de medición —zonas marcadas no excluyentes— solo se resuelve con el edificio cerrado mediante control de superficie realmente ejecutada sobre el modelo 3D.

c.3.2 Métodos constructivos alternativos

el **forjado colaborante autoportante** elimina el apuntalamiento sobre el parking; el izado por piezas de 1,5–**3,5 t** reduce la carga suspendida; el arriostramiento en K mantiene libre la circulación a la pasarela; el premontaje en taller de marquesinas y conjuntos de cercha minimiza el tiempo de carga suspendida sobre el carril; las **uniones articuladas** atornilladas resuelven el encaje 3D con la rampa Este; y el vertido diurno con autobomba fija de **36 m** hace innecesario el vertido nocturno (tajo a 73–**136 m** del tráfico), con 2.ª posición en el vial Oeste para el sector 1-7 Norte. El vertido diurno se justifica además por calidad: permite controlar el fraguado fuera de las horas de máxima temperatura y gestionar la coactividad interior con el curado de los sectores contiguos, de modo que el recurso al horario nocturno se reserva exclusivamente a las operaciones que sí cortan el viario, inexistentes en el caso del hormigonado.

c.3.3 Protocolos

el PPI encadena puntos de espera de la DF (apeo aprobado → autorización de corte → inspección de soldadura por nudo → desapeo → puesta en carga); el plan de izados incorpora sectorización, señalista permanente y vigilante de incendios en caliente; el protocolo de hormigonado fija la cita escalonada de cubas (1 cada 20–25 min) y el control de fraguado/curado; el protocolo MTSA convierte la autorización id7 en **punto de espera** absoluto; a ellos se suman el protocolo de descubrimiento de servicios enterrados y el de patología oculta en el forjado. El control de calidad se ejecuta con cargo al contratista hasta el **1 %** del PEM, con seis probetas de **HA-30** por cada **100 m³**, ensayadas a 7 y **28 días**, Plan de Calidad PG-3 y PPTP aprobado por la DF antes de iniciar cualquier tajo, y soldadores homologados conforme a EN 1090-2 en clase **EXC3**.

c.4 Mantenimiento de la operatividad

c.4.1 Seguridad de los usuarios

La UTE ha desarrollado un plan específico de circulación peatonal y señalización: doce itinerarios peatonales continuos (viajero, entorno, obra y PMR) y un catálogo de 35 señales (S-01 a S-35), conforme a la Norma 8.3-IC y a las marcas viales 8.2-IC. Frente al riesgo de caída de cascotes se disponen zonas de exclusión, redes y lonas de recogida bajo cortes y soldaduras. La protección frente a caída en altura se completa con líneas de vida móviles de **20 m** y anclajes EN 795 fijados al cordón superior de las cerchas, arnés con absorbedor de energía y redes de seguridad en los huecos.

c.4.2 Continuidad del servicio de transporte

La circulación se reorganiza en estados sucesivos. En el Estado A (primeros ~5 meses) el público usa el intercambiador definitivo mientras se ejecuta el provisional por tramos. En el Estado B (meses ~6-17, el más largo) el público usa el **provisional dual de 30 paradas** mientras se trabaja en el edificio, cerrado al público pero con las dependencias del personal (vestuarios y aseos) en servicio. En el Estado C (últimos ~3 meses) se produce el retorno gradual por grupos de líneas, de modo que cada grupo que entra al edificio libera su parada provisional. En todos los estados se mantienen al menos un carril descendente vivo, los cuatro accesos del lado Sur, la pasarela en servicio y la continuidad PMR; el cruce del tranvía se ejecuta y restituye en ventanas nocturnas. La logística circula en franja valle pactada con TITSA y se conservan 3 casetas TITSA y un mínimo de ~50 plazas operativas.

primero entra en marcha el definitivo y solo después sale el provisional, nunca a la inversa. El traslado al provisional se ejecuta de forma gradual, con monitorización de 72 horas por línea, y solo se autoriza tras el simulacro de TITSA y la prueba nocturna con guagua real; el retorno final es su imagen especular, con marcha en blanco sin viajeros previa al retorno de líneas por grupos. Las tres reposiciones urbanas —desmontaje de las marquesinas de Ángel Guimerá con restitución del sentido del carril, restitución de la ULL sin afección al jardín y restitución nocturna del cruce del tranvía— se acometen simultáneamente en la primera quincena del mes 20, una vez que el retorno de las líneas ha liberado el espacio que antes se disputaban entre sí.

c.4.3 Circulación y señalización del personal operativo que permanece en el edificio

El cierre del edificio es **al público ordinario, no total**: conforme se indicó en la visita, durante toda la obra se mantienen en servicio las **dependencias internas del personal** —vestuarios y aseos de conductores, personal de limpieza y personal operativo, dentro del edificio— y, en el garaje, las **dependencias operativas de TITSA** —**bolsa de taxis (~20), ~50 plazas operativas, grupo electrógeno** y control—, mientras la ZIA-2 y los tajos ocupan el resto del recinto. Esta convivencia permanente entre el **personal operativo y los taxistas** y los **tajos y la logística de obra** se resuelve con un esquema de circulación y señalización **propio e independiente** del de los viajeros (en el provisional) y del de los operarios de obra:

- **Segregación física permanente**: un **vallado interno opaco de panel rígido** separa sin huecos de paso la **zona operativa** (dependencias, plazas y bolsa de taxis) de la **zona de obra** (parque de ferralla, acopios, montacargas y trayectorias de cubas y camiones de la ZIA-2). La frontera se mantiene estanca al polvo y se reubica por fases conforme avanza la implantación.
- **Accesos y flujos rodados diferenciados**: los **taxis y el personal operativo** acceden por su entrada propia, distinta de la **rampa del vértice SE** reservada a los vehículos pesados de obra; donde un tramo comparte la rampa, se asignan **ventanas horarias por tipo de vehículo** que nunca solapan el relevo de taxis con la entrada de cubas o góndolas, con parte diario de control de accesos.
- **Itinerario peatonal operativo balizado**: un **pasillo peatonal continuo, señalizado y protegido** (barandilla o valla + pavimento marcado y antideslizante) conduce al personal y a los taxistas desde su acceso y sus plazas hasta las dependencias, **sin atravesar en ningún punto la zona de tajo ni la trayectoria de la maquinaria**, con **continuidad accesible PMR** mantenida y validada con SINPROMI.
- **Señalización específica**: en el límite de las dos zonas, **señales de prohibición y advertencia** («zona de obra —prohibido el paso al personal ajeno», «uso obligatorio de EPI», «atención a la maquinaria y a las cargas suspendidas»); **señalización direccional** a las dependencias, a las plazas operativas y a la bolsa de taxis; **alumbrado de obra reforzado**; y la cartelería de los umbrales de **O₂/CO** y de la **prohibición de motores diésel** propia de la coactividad vertical (d.2).
- **Evacuación propia**: el personal operativo y los taxistas disponen de **recorridos y salidas de emergencia propios a vía pública**, independientes de los de obra y de los del público, con **punto de encuentro diferenciado**, integrados en el plan de emergencia (d.6.1).

c.5 Medidas de minimización de impacto a los usuarios

c.5.1 Situaciones de afección y mitigación

la transferencia al provisional por grupos con simulacro previo y señalización; el cruce guaguas-tranvía en horario nocturno con semaforización y vallado anti-cruce; la fachada Sur sobre paradas en servicio con marquesina de protección y PEMP eléctrica balizada; y el mantenimiento permanente de los itinerarios PMR y de la pasarela en servicio por diseño.

c.5.2 Alta intensidad de usuarios.

Horas punta laborables 07:30–09:30 y 13:30–15:00, más inicio de curso ULL y eventos del Polideportivo. Demanda crítica estimada ≈140–160 maniobras/hora y ~3.000–3.500 viajeros/hora. Las **30 paradas** absorben el pico: con 2–3 min/maniobra cada dársena cursa 20–30 maniobras/hora, y el conjunto ofrece 600–900 maniobras/hora de capacidad teórica —holgura del orden de 4×— que evita colas que invadan el carril, con aceras de **5 m**. En pico se suspende toda la logística rodada y todo corte de carril, se refuerza con 2–3 auxiliares de información/control y se asignan líneas a dársena por reparto acordado con TITSA.

c.5.3 Limpieza.

Plan permanente ligado al microclima: barredora de aspiración diaria sobre itinerarios y accesos; cuba de riego anti-polvo al inicio y a media jornada; lavado de ruedas obligatorio en cada salida por la rampa SE; retirada inmediata de polvo y barro sobre las paradas en servicio antes de la punta de la mañana; punto limpio/RCD segregado al SE; y una cuadrilla de limpieza por turno con parte diario.

c.5.4 Mejora del entorno.

acabado antideslizante e impermeable de las dársenas, nueva conexión accesible con la pasarela, aceras de **5 m** con podotáctil validado por SINPROMI, **76** módulos fotovoltaicos y una estación de recarga EVE (**450 kW**), acondicionamiento del entorno del monumento y reposición fiel de firme, señalización y aceras. El jardín endémico de la ULL se restituye intacto.

c.5.5 Comunicación y mejora de la movilidad.

Plan de comunicación con TITSA, MTSA, Cabildo, Ayuntamiento, Policía Local, SINPROMI y ULL (aviso anticipado de cada cambio de paradas y ventana nocturna, cartelería, coordinación de inspecciones finales, parte diario de accesos). **Como mejora real sin coste: paneles informativos con QR** en cada parada que enlazan a un plano dinámico de las **30 paradas** (correspondencia línea→dársena, accesos PMR e itinerarios por fase), integración con la app y canales de TITSA para notificar cambios de parada y ventanas nocturnas, y wayfinding reforzado sobre los 12 itinerarios con auxiliares de información en los nudos de trasbordo.

d La organización de la prevención y seguridad en la obra

APARTADO D

PCAP d): organigrama y recursos preventivos y funciones, coordinación de actividades empresariales con subcontratistas, análisis del ESS del proyecto desde la perspectiva de la UTE como contratista, y situaciones de emergencia. Conforme a la Ley 31/1995, el RD 1627/1997 y el RD 171/2004.

El intercambiador se mantiene operativo **sin interrumpir el servicio** TITSA mediante el **provisional dual** de **30 paradas**, y esa condición ordena la planificación preventiva. Durante los **20 meses** conviven los trabajadores con guaguas, taxis, tranvía, miles de viajeros y personal TITSA en un recinto de coactividad permanente. La prevención se articula sobre los puntos críticos reales, datados en la línea única del programa y desarrollados en d.2. El PSS se integra en los sistemas certificados **ISO 45001** de ambas empresas.

d.1 Organigrama preventivo

El organigrama mantiene líneas de mando preventivo independientes de la producción:

- Servicio de Prevención Propio de la **UTE** (**20 meses**, punta de 36 personas), con Técnico Superior de PRL en las tres especialidades a pie de obra a tiempo completo.
- **Jefe de Obra**: máximo responsable de la integración de la prevención en la producción y presidente del Comité de Seguridad y Salud.
- **Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución (CSS)**: contratado aparte por TITSA; el organigrama de la **UTE** actúa como interlocutor único frente a él.
- **Encargado general y encargados de tajo**: aplican el PSS en cada frente diferenciado.
- Recursos preventivos designados (d.2), con presencia obligada en los tajos especiales; vigilancia de la salud concertada y brigada de emergencia con jefe de emergencia por turno.

El Comité de Seguridad y Salud se reúne con periodicidad mensual y con carácter extraordinario en los cambios de fase. La integración de la prevención en la línea de mando se concreta en que el Jefe de Obra aprueba las modificaciones del PSS asociadas a cada hito y en que ningún tajo de riesgo especial se autoriza sin acta de la evaluación de riesgos específica de la fase, firmada por el TSPRL y conocida por el encargado responsable. La coordinación con el CSS de TITSA se canaliza mediante un libro de incidencias único y reuniones de seguimiento.

d.2 Recursos preventivos

Se designan recursos preventivos (art. 32 bis Ley 31/1995, RD 604/2006), con presencia continua y permanente en las actividades de riesgo especial del Anexo II del RD 1627/1997, asignados tajo a tajo, con un procedimiento escrito de control que enumera los puntos de inspección, los umbrales de parada y los registros que debe cumplimentar:

- **Cruce guaguas-tranvía (F1, ~mes 2):** ejecución nocturna conforme a MTSA, con recurso preventivo, piloto de vía, semaforización provisional y verificación de gálibo y servidumbre de catenaria antes de cada maniobra; las pruebas de circulación con guagua real se realizan con la línea aérea en condición de seguridad acordada con MTSA.
- **Apeo y refuerzo de cerchas (F5, meses 9-11):** secuencia **apeo→corte→refuerzo** nudo a nudo con punto de inspección de la Dirección Facultativa (acta por nudo), control topográfico de flechas, sismografía conforme a **DIN 4150-3**, exclusión bajo carga suspendida y líneas de vida EN 795 ancladas al cordón superior.
- **Trabajos en altura y conexión a pasarela (F5, hasta el mes 13):** izado de piezas desde el cuadrante NW, con la zona de acople cerrada al tránsito peatonal y la maniobra invasora del gálibo reservada a ventana nocturna coordinada.
- **Pavimentación de dársenas y losa de pavimento (HA-30) (F6, meses 11-13):** vertido orientado al interior, giro de autogrúa sectorizado y zona de exclusión balizada, con prohibición expresa de sobrevolar el viario perimetral Sur y Este (paradas del provisional) y la vertical del parking en servicio.
- **Coactividad vertical en parking (ZIA-2, toda la obra):** recurso preventivo, medición continua de O₂/CO, extracción forzada y prohibición de maquinaria diésel, sustituida por PEMP **100%** eléctricas de batería Li-ion. La perforación del forjado para los conectores se replantea sobre **georradar** y catas previas para esquivar la armadura de punzonamiento sobre pilares y las rejillas de ventilación embebidas del garaje.

UMBRAL OPERATIVO

Umbral de viento de parada de la autogrúa (ficha del equipo). La Liebherr LTM 1100-4.2 opera con un límite de viento que decrece al crecer pluma y carga; se fija un umbral de paralización de izados $\leq 9 \text{ m/s}$ ($\approx 32 \text{ km/h}$) en configuración con plumín y carga de cerchas/forjado, con anemómetro en cabeza de pluma, alarma y registro; el gruista paraliza y arría la carga al superarse el umbral. El plan de izados de cada elemento singular —cerchas Pratt B1/B2/C2 (con refuerzo de diagonales en K **HEB-280/HEM-240**), tramos de **forjado colaborante**, módulos de marquesina TRAX— se documenta con su carta de cargas, configuración de pluma, posición de estacionamiento de la autogrúa fuera de la vertical de dársenas y parking, y comprobación previa de la capacidad portante de la superficie de apoyo.

Vigilancia de la salud por riesgo: sílice cristalina respirable (RD 665/1997 → espirometría, con corte húmedo y aspiración localizada), ruido (RD 286/2006 → audiometrías), vibración mano-brazo, manipulación manual de cargas y posturas forzadas, exposición a humos de soldadura en los tajos de estructura (**EXC3**, con aspiración y protección respiratoria adecuada) y trabajo nocturno (Estatuto de los Trabajadores, art. 36 → aptitud para nocturnidad, dado que las ventanas del cruce de tranvía y del acople de pasarela imponen turnos nocturnos). Instalaciones de higiene y bienestar dimensionadas a la punta de 36 personas (meses 11-13, ZIA-2): 2 inodoros, 4 lavabos, 4-6 duchas, 40 taquillas y local de primeros auxilios de **15 m²** con 2 botiquines. La dotación de equipos de protección individual se ajusta por tajo: protección anticaídas certificada (arnés con absorbedor, pinza y mosquetón) en altura, protección respiratoria y ocular en picado y soldadura, y señalización personal de alta visibilidad reforzada en los frentes de coactividad con material rodante.

d.3 Funciones

Figura	Funciones principales
Jefe de Obra	Integra la PRL en la producción; aprueba modificaciones del PSS; preside el CSS de la UTE; interlocución con CSS y DF.
Técnico PRL (SPP)	Redacta y actualiza el PSS; investiga incidentes; imparte formación (art. 18-19 LPRL); coordina las evaluaciones de riesgos por fase.
Encargado general / de tajo	Vela por el cumplimiento del PSS en campo; gestiona permisos de trabajo (caliente, altura, confinado, nocturno).
Recurso preventivo	Presencia y vigilancia directa en tajos de riesgo especial; potestad de paralización del tajo.
Vigilancia de la salud	Reconocimientos de aptitud (incluida nocturnidad); protocolos por riesgo (sílice, ruido, vibración, posturas, humos de soldadura).
Jefe de emergencia	Activa el Plan de Emergencia; coordina la evacuación de obra y el enlace con el centro de control de TITSA y los servicios externos.
Vigilante de coactividad	Controla la interfaz obra-público y la coactividad vertical con el parking en servicio; verifica las zonas de exclusión antes de cada izado.

d.4 Coordinación con subcontratistas

La **UTE** aplica el RD 171/2004 con: coordinación de actividades empresariales (CAE) centralizada en plataforma documental (formación, adhesión al PSS, certificados de máquinas y seguros antes del alta); reunión de coordinación previa a cada tajo, con entrega de la evaluación de riesgos y de las interferencias con la operativa TITSA; protocolo de coactividad nominal en las interfaces críticas (soldadura **EXC3** bajo permiso de trabajo en caliente, con vigilancia de atmósfera y mantas ignífugas; prohibición de superposición vertical en el solape **F7** || **F8**, resuelta por segregación y acta de coordinación diaria); permisos firmados (altura, caliente, nocturno, confinado) y briefings diarios; e indicador «**servicio en operación**» del **modelo 4D** ligado a la seguridad. La cualificación documental incluye la homologación de soldadores EN 1090-2 para EXC3 —verificada y cerrada antes del primer cordón y de subir a cubierta— y los procedimientos de soldadura aprobados; sin esta acreditación no se accede a los tajos de estructura. La maquinaria de elevación y las PEMP se admiten con sus certificados de revisión en vigor y la cualificación del operador. El control se apoya en una matriz de interferencias que cruza, semana a semana, los frentes activos y sus solapes con las medidas de segregación; el solape **F7/F8** (~3,5 meses) se resuelve con el falso techo como junta de separación y cuadrillas sin superposición vertical.

d.5 Análisis del ESS del proyecto bajo la perspectiva de la UTE como contratista

El ESS cubre la obra con carácter general, pero leído desde la posición del ejecutor **infravalora la coactividad** con la explotación por estar dimensionado sobre un plazo de **12 meses** (premisa del proyecto) frente a los **20 meses** reales del contrato.

d.5.1 Deficiencias

- **Cruce de tranvía:** no desarrolla el procedimiento de trabajo nocturno bajo condicionantes de Metropolitano (semaforización, avisos, piloto de vía, servidumbre de catenaria), pese a ser el hito crítico inicial (mes 2).
- **Coactividad vertical en el parking:** no contempla con detalle el aparcamiento en servicio bajo la zona de trabajo (atmósfera, CO/O₂, prohibición de diésel), al asumir un cierre más completo del real.
- **Trabajos en altura sobre vía pública en uso:** el izado sobre la glorieta requiere el protocolo de exclusión y el cierre del acceso a la pasarela que el ESS no concreta.
- **Apeo de cerchas:** ausencia de instrumentación (sismógrafos, control de flechas) y de puntos de inspección de la DF, frente a lo que exige el refuerzo **HEB-280/HEM-240/CHS Ø508**.
- **Discrepancias planos-realidad:** no recoge la fase previa de levantamiento y replanteo, origen de riesgos por demoliciones sobre elementos no documentados y por perfiles «**as built**» de 2009 **no garantizados**.
- Dimensionamiento de H&B y de recurso preventivo ajustado a **12 meses**, insuficiente para la punta real de 36 personas y los 8 meses adicionales.
- Presupuesto de Seguridad y Salud insuficiente — consecuencia directa del hallazgo 12→**20 meses** (factor ≈1,67): las partidas de coste recurrente (recurso preventivo a tiempo completo, H&B, vallado y vigilancia de la salud) no escalan con una medición de **12 meses**; **la UTE lo redimensiona** a 20 meses.

d.5.2 Mejoras

- Procedimiento específico de trabajo nocturno tranvía-guaguas validado con MTSA antes del inicio, con secuencia de corte, semaforización, prueba con guagua real y reposición.
- **Plan de atmósferas en parking:** medición continua de O₂/CO, ventilación forzada y flota auxiliar **100%** eléctrica (PEMP Li-ion), con certificado de desconexión de servicios como **punto de parada** antes de demoler por planta.
- Protocolo de izado sobre vía pública con señalistas y coordinación SINPROMI/Policia Local, con el acceso a la pasarela cerrado al público y la maniobra invasora del gálibo en ventana nocturna.
- Instrumentación estructural (sismógrafos y topografía de flecha en continuo) y puntos de inspección de la DF en apeos y descarga de cerchas, con criterio de parada si la flecha medida no concuerda con la prevista.
- Fase 0 de replanteo y contraste estado actual-planos, con **escaneo láser 3D** del edificio completo, como **predecesora obligada** de toda demolición interior.
- Segregación física permanente de los itinerarios peatonales respecto a los tajos (vallado galvanizado h=2 m, **353 m**) y zonas de exclusión bajo cargas.
- **Redimensionado** del capítulo de SS del PSS a **20 meses**, recogiendo el coste temporal real de prevención que el ESS a **12 meses** no contempla.

d.6 Análisis de las posibles situaciones de emergencia

Escenarios principales: incendio o trabajos en caliente (soldadura **EXC3**), caída de altura, atrapamiento o aplastamiento (apeo de cerchas y cargas suspendidas), atmósfera peligrosa en el parking (CO/O₂), accidente con material rodante (guagua o tranvía) y fenómeno meteorológico (paralización de izados por viento de umbral o niebla baja persistente).

d.6.1 Medidas a adoptar

Plan de Emergencia y Evacuación por fases, con planos actualizados a cada implantación evolutiva (ZIA-1 → ZIA-2) y puntos de encuentro propios segregados del flujo de guaguas y del público. La brigada de primera intervención cuenta con jefe de emergencia por turno —incluido el nocturno, dada la ejecución del cruce de tranvía y del acople de pasarela en horario nocturno— y con dotación a pie de tajo: extintores y mantas ignífugas en los frentes de trabajo en caliente, botiquines y local de primeros auxilios de **15 m²**, detección de gases en el parking y parada de izados ante viento de umbral. Los procedimientos operativos de la brigada se concretan por escenario:

- **Incendio o conato en soldadura EXC3:** extinción inmediata con medios próximos, corte de la fuente de calor, retirada de cargas combustibles y aviso al jefe de emergencia; vigilancia de reactivación tras el permiso de trabajo en caliente.
- Caída de altura o atrapamiento bajo carga en el apeo de cerchas: detención del tajo, no movilización del accidentado salvo riesgo inminente, rescate en altura con los medios de la brigada y aviso a servicios externos; el recurso preventivo verifica que la carga suspendida queda en condición segura antes del rescate.
- **Atmósfera peligrosa en el parking:** evacuación del espacio confinado, refuerzo de extracción forzada, prohibición de reentrada hasta lectura de O₂/CO en rango y revisión del origen.

- **Accidente con material rodante:** parada inmediata de la circulación afectada mediante el enlace con el centro de control de TITSA o, en el cruce, parada del tranvía y corte de catenaria coordinados con MTSA.

Las vías de acceso de emergencia se mantienen libres para soporte vital básico y bomberos en todas las fases, con punto de recepción de ambulancia definido para cada implantación.

OBSERVACIÓN

El vallado galvanizado h=2 m (353 m) garantiza recorridos y puntos de encuentro del público independientes de los de obra; cada subrecinto del provisional dual (17+13) dispone de salidas propias a vía pública ya existentes (Ángel Guimerá y la explanada y viario de la ULL), de modo que la evacuación de uno no depende del otro ni atraviesa la obra, con itinerario PMR validado con SINPROMI también en evacuación. Un enlace permanente con el centro de control de TITSA permite detener en segundos la entrada de guaguas, desviar o regular líneas y descongestionar paradas; ante emergencia en el cruce se activa la parada del tranvía y el corte de catenaria con MTSA. La eficacia del plan se verifica con simulacros periódicos, incluido el simulacro de validación con TITSA con guagua real (mes 4).

d.6.2 Relaciones con servicios externos

112 Canarias / SUC (aviso con dirección precisa y punto de recepción de ambulancia por fase); Bomberos de La Laguna y Policía Local (coordinación previa de accesos y cortes, ya contactados en la preparación de la oferta); MTSA (parada del tranvía y corte de catenaria); TITSA — centro de control (detención de entradas, desvío de líneas y gestión de los usuarios del provisional, clave del plan de emergencia de usuarios); SINPROMI (continuidad de itinerarios accesibles y evacuación PMR); y Hospital Universitario de Canarias (HUC) en La Laguna como centro de referencia (~5–7 min), con mutua y centro asistencial concertado a <10 min; el cuadro de teléfonos de emergencia se mantiene visible en casetas y se actualiza con el punto de recepción de cada fase.

e Medidas de sostenibilidad medioambiental y reducción de emisiones

APARTADO E

PCAP e): relación de maquinaria con características ambientales, control de polvo y partículas, protocolo de ruido y vibraciones, plan logístico de transporte eficiente, y metodología del Informe Final de Auditoría Ambiental y de Emisiones (huella de carbono ISO 14064, trazabilidad, partes/reportes y registros de monitorización).

Primero, el parking inferior sigue en servicio bajo la zona de trabajo durante toda la fase de estructura, aun con el edificio cerrado: esta coactividad vertical obliga a prohibir el gasóleo en el recinto confinado, con medición continua de O₂/CO y extracción forzada en el garaje. Segundo, la condición insular: todo equipo y material entra por el puerto de Santa Cruz de Tenerife, lo que penaliza el transporte y dilata los plazos de aprovisionamiento (el mortero R3, con 273,8 t de demanda, arrastra del orden de doce días de entrega por vía marítima). Tercero, el microclima de medianía de La Laguna, a cota +550 m, con nieblas bajas persistentes, humedad elevada y viento de zona A (presión dinámica 0,667 kN/m²),. La gestión ambiental y energética se desarrolla bajo ISO 14001 e ISO 50001, integradas con ISO 9001 y 45001 como líneas de ejecución de obra (LOE) durante las 436 jornadas del programa.

e.1 Relación de la maquinaria con sus características ambientales

Tabla e.1 — Maquinaria y características ambientales

Equipo	Energía / combustible	Etiqueta	Nivel sonoro
Autogrúa Liebherr LTM 1100-4.2 (100 t)	HVO100	Fase V (FAP + SCR)	~78 dB(A)
Autogrúa secundaria Liebherr LTM 1050 (50 t)	HVO100	Fase V	~78 dB(A)
Autobomba Putzmeister M36-5	HVO100	Fase V	~78 dB(A)
Miniexcavadora Volvo ECR25 Electric	Eléctrica (batería Li-ion)	Emisión local nula	~74 dB(A)
Minicargadora Bobcat S7X	Eléctrica	Emisión local nula	Bajo
PEMP tijera Genie GS-4047 E	Eléctrica (Li-ion)	Emisión local nula	Bajo
PEMP articulada Genie Z-45 FE	Híbrida (Fuel-Electric)	Fase V / eléctrica	Bajo
Camiones bañera y góndolas	HVO100	Fase V	—
Barredora-aspiradora y cuba de riego	Eléctrica / HVO	—	—

Las fichas técnicas con la potencia y los datos de emisión por equipo se aportan como base documental del Informe Final (e.5.B).

e.1.1 Modelo.

La pieza principal es la autogrúa Liebherr LTM 1100-4.2 (100 t) en el ángulo NW, movilizada por campañas, con una secundaria LTM 1050 (50 t). El hormigonado en altura sobre la cubierta a cota +549, sin acceso rodado directo, se resuelve con la autobomba Putzmeister M36-5 (brazo de 36 m, 5 tramos, hasta 160 m³/h) en la zona de maniobra SE. La demolición sobre el forjado reticular sensible emplea miniexcavadora Volvo ECR25 Electric y minicargadora Bobcat S7X eléctrica con martillo manual; el repaso de juntas, fresadora, granalladora y cortadora de disco de diamante con riego. La elevación de personas usa PEMP de tijera Genie GS-4047 E y articuladas híbridas Genie Z-45 FE, eléctricas de ion-litio; el transporte interno, bañeras, barredora-aspiradora y cuba de riego. El parque tiene una antigüedad igual o inferior a ocho años y responde al criterio Fase V (Stage V) o tracción eléctrica, con la maquinaria de combustión alimentada con diésel parafínico renovable HVO.

e.1.2 Potencia.

La miniexcavadora y la minicargadora eléctricas, las PEMP, los montacargas, el grupo de soldadura inverter y la herramienta portátil se alimentan de la acometida eléctrica de obra (tres acometidas independientes); la fotovoltaica de cubierta se conecta de forma anticipada en **F8**, antes de su anclaje definitivo, para autoconsumo. Donde la combustión es inevitable —autogrúas, autobomba y camiones—, la potencia se ajusta al mínimo, se prohíbe el ralenti superior a tres minutos y las autogrúas se movilizan por campañas. Como respaldo se mantiene el grupo electrógeno existente de 400/450 kVA del parking, con conmutación automática verificada mediante simulación de corte de red, de modo que las instalaciones de seguridad del garaje (ventilación forzada, alumbrado de emergencia, PCI) no se interrumpen durante los trabajos sobre el forjado que lo cubre.

e.1.3 Tipo de energía

El vector dominante en el interior es la electricidad de red apoyada en baterías de ion-litio, con emisión nula en el recinto confinado. En el exterior se emplea **HVO100** (diésel parafínico renovable, EN 15940), que reduce el CO₂ de ciclo de vida hasta aproximadamente el 90 % frente al gasóleo A en el combustible que sustituye, sin penalizar prestaciones ni exigir modificación de los motores **Fase V**; ese ~90 % se refiere al carburante sustituido, por lo que el alcance 1 de la obra baja ~78 % y no ~90 %, ya que parte de la flota es eléctrica y no consume combustible. El hormigón y el aglomerado se sirven bombeados o en régimen "just in time" (JIT) desde planta externa.

e.1.4 Niveles de emisiones.

Toda la maquinaria de combustión cumple la **Fase V** (Stage V) (Reglamento UE 2016/1628) con filtro de partículas (FAP) y reducción catalítica selectiva (SCR): las autogrúas LTM 1100/1050 y la autobomba M36 presentan un nivel sonoro del orden de **78 dB(A)**. La maquinaria interior, eléctrica, tiene emisión local nula de óxidos de nitrógeno y partículas, con un nivel sonoro próximo a **74 dB(A)** en la miniexcavadora Volvo ECR25.

e.1.5 Certificaciones.

La **UTE** ejecuta bajo **ISO 14001** e ISO 50001; los equipos aportan marcado CE, declaración de conformidad **Fase V** y fichas técnicas con datos de emisión y sonoros, que constituyen la base documental de la conciliación equipo a equipo del Informe Final.

e.2 Control de polvo y partículas

e.2.1 Técnicas.

La generación de polvo se concentra en dos ventanas: la fase **F3** (demoliciones y desmontajes, meses 6–7) y la fase **F6** (demolición del pavimento de dársenas, meses 11–13), donde se evacúan **2.563,2 m³** de losa antigua. Se actúa con riego y nebulización en los frentes de demolición; corte y fresado con aporte de agua; granalladora y herramienta con captación y aspiración localizada para el trabajo en seco bajo cubierta; barredora-aspiradora en viario y losa, descartando el barrido en seco; lonas y mallas antipolvo en los huecos de fachada durante las fases **F5** y **F7**; y cerramiento progresivo de dársenas que confina cada frente. Además se baliza el jardín de especies endémicas de la Universidad de La Laguna como zona de exclusión, cuyo traslado y posterior revegetación de **1.110 m²** ejecuta la propia Universidad.

e.2.2 Procedimientos.

Se establece limpieza sistemática de viales y baño de ruedas con lavado de cubas a la salida del recinto; cobertura con lona de las cajas de los camiones; contenedores cerrados y segregados de **22 m³** por fracción; y un captador de PM10 y PM2,5 emplazado en el lindero más sensible durante las fases **F3** y **F6**, ligado a los umbrales objetivos definidos en e.5.A.2. La superación del valor de referencia obliga a reforzar el riego o la nebulización y, en su caso, a parar el frente.

e.3 Minimización de ruidos y vibraciones

e.3.1 Equipos.

Los compresores y grupos auxiliares disponen de capotado insonorizante, y se sustituye el martillo por corte y demolición selectiva donde el forjado reticular es sensible, en coherencia con la prohibición de maquinaria pesada sobre la estructura existente. La prefabricación en taller de los conjuntos de refuerzo de las cerchas Pratt B1/B2/C2 sobre pilares-tubo CHS Ø508x10, soldados en banco, traslada al exterior del recinto la mayor parte del corte y la soldadura, reduciendo la emisión de ruido en cubierta.

e.3.2 Planificación horaria.

Los trabajos se concentran en horario diurno comercial. La única actividad nocturna inevitable es el cruce sobre la plataforma tranviaria de MTSA (frente C del provisional, en torno al mes 2), actividad condicionante de la **ruta crítica** que solo puede acometerse en ventanas pactadas con el operador ferroviario por servidumbre de gálibo y catenaria; se acota a jornadas estrictas, con avisos previos a los vecinos y prioridad tranviaria. Las tareas más ruidosas (demolición y fresado) se programan en la franja central del horario diurno.

e.3.3 Reducción.

Se disponen pantallas acústicas móviles y se aprovecha el propio vallado perimetral (malla de altura **2 m** y **353 m** de

desarrollo) como barrera; se instalan mantas absorbentes en los huecos de fachada; y se controla la vibración con sismógrafos durante el apeo y refuerzo de las cerchas B1/B2/C2 (fase **F5**, meses 9–11) y las demoliciones próximas a la estructura existente. La conformidad se certifica mediante sonometrías de laboratorio acreditado y registros continuos de sismógrafo contrastados con los valores límite de e.5.A.2.

e.4 Plan logístico de transporte eficiente

e.4.1 Vehículos.

Los aproximadamente **2.956 m³** de RCD de la obra —**2.563,2 m³** de la demolición de dársenas y **~393 m³** del edificio y el provisional— se evacúan con camiones bañera que maniobran dentro del recinto, sin invadir el flujo de guaguas; las autogrúas y la perfilería de refuerzo llegan en góndolas; el aglomerado, en bañeras en régimen JIT; y el hormigón, en cubas servidas a la autobomba. La flota responde al criterio **Fase V** con alimentación **HVO**, e incorpora camión eléctrico para los repartos urbanos cortos en el entorno escolar y universitario.

e.4.2 Características ambientales.

Se exige baja emisión y cajas entoldadas, prohibición de ralenti, velocidad limitada en el entorno escolar y universitario, y reducción de viajes en vacío mediante retorno cargado.

e.4.3 Rutas optimizadas.

Se establecen accesos segregados —entrada de guaguas por la calle Pedro Zero y salida por Leonardo Torriani— de modo que el tráfico de obra no cruce el flujo de las **30 paradas** del intercambiador provisional. Se seleccionan los vertederos y plantas autorizadas más próximos a La Laguna, con valorización de RCD en un radio de 12–**15 km**, aglomerado servido JIT desde TEN ASFALTOS, chatarra a gestor de metálicos y residuos peligrosos (**8,84 t** procedentes de ACS, rooftop CIATESA y 73 luminarias) a gestor específico con documento de identificación y aceptación previa como **punto de parada**, manteniendo la trazabilidad mediante el sistema electrónico e-DCS.

e.4.4 Consolidación.

Los pedidos se agrupan por sectores y tandas: la ferralla, del orden de **72 t**, en tres sectores de dársenas; la fachada de composite Cortizo, por paños; y el mortero R3, **273,8 t**, contra los metros cuadrados realmente ejecutados. Las entregas se programan en camión completo con acopio JIT de hormigón y asfalto.

e.5 Informe Final de Auditoría Ambiental y de Emisiones

El Informe Final es requisito previo e indispensable para el Acta de Recepción, con trazabilidad, independencia y umbrales objetivos: cálculo cuantificado ex-ante (e.5.A.1), ruido, vibración y polvo medidos contra valores límite (e.5.A.2) y monitorización definida en tipo y periodicidad (e.5.D).

e.5.1 Cálculo de la Huella de Carbono del proceso constructivo

e.5.1.1 Estándar ISO 14064 y cuantificación ex-ante

Se elabora un inventario de gases de efecto invernadero bajo **ISO 14064-1** (base GHG Protocol), cuantificando el alcance 1 (combustión propia, a partir de albaranes y telemetría de máquina), el alcance 2 (electricidad de red, con factor de mezcla del sistema eléctrico canario) y el alcance 3 (transporte de suministros y residuos, más el carbono embebido de los materiales). La estimación previa orientativa es la siguiente:

Alcance	Base diésel (t CO ₂ e)	UTE eléctrico + HVO (t CO ₂ e)
1 — Combustión propia (autogrúas, autobomba, camiones, maquinaria)	~210	~45
2 — Electricidad de red (maquinaria eléctrica + PEMP + casetas, parcial FV)	~25	~22
3a — Transporte + residuos (marítimo/terrestre + RCD)	~120	~95
Subtotal operacional (1+2+3a)	~355	~162
3b — Carbono embebido de materiales (hormigón + acero)	~620	~470
TOTAL obra (1+2+3)	~975	~632

La reducción del subtotal operacional alcanza aproximadamente el **54 %** (electrificación del interior, empleo de **HVO100** y logística JIT) y la reducción global de obra el **35 %** una vez incorporado el carbono embebido. El cálculo se verifica por entidad acreditada independiente bajo **ISO 14064-3** —CEMOSA (acreditación ENAC), con apoyo de ICINCO—, garantizando la separación entre quien ejecuta y quien certifica.

e.5.1.2 Umbrales objetivos y normativa de verificación

El sistema de monitorización opera contra valores límite declarados y trazables, con alarma anticipada al **80 %** del límite para corregir antes de la superación:

Vector	Norma / referencia	Umbral objetivo de control
Vibración	DIN 4150-3	PPV ≤ 5 mm/s en cimentación de la estructura existente (banda 3-8 Hz); ≤ 3 mm/s en el forjado del parking en servicio; alarma al 80 % del límite

Vector	Norma / referencia	Umbral objetivo de control
Ruido	Decreto 86/2013 Canarias + Ordenanza de San Cristóbal de La Laguna	≤ 65 dB(A) diurno (7-23 h) / ≤ 55 dB(A) nocturno (23-7 h) en uso residencial/dotacional; cruce nocturno acotado a este límite con apantallamiento
Partículas	RD 102/2011 (calidad del aire)	$PM_{10} \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h) y $PM_{2,5} \leq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; superación → refuerzo de riego/nebulización y, en su caso, parada del frente
Viento	Ficha Liebherr LTM + criterio de obra	fachada/vidrio y PEMP: parada > 36 km/h (~ 10 m/s); izados con autogrúa: parada ≤ 9 m/s (criterio LTM 1100-4.2) y límite de ficha según carga/pluma; control de polvo: refuerzo de riego > 25 km/h, suspensión de demolición/fresado abierto > 40 km/h

CRITERIO REFORZADO

El umbral de vibración en el forjado del parking se fija más exigente que el de la cimentación por la coactividad vertical con el garaje en servicio, donde la respuesta del forjado reticular condiciona la confortabilidad y seguridad de los usuarios situados bajo el tajo.

e.5.1.3 Carbono embebido de materiales (alcance 3b)

—del orden de **800–960 m³** de **HA-30** y **90 t** de acero—. La primera, hormigón con cemento de menor contenido de clínker (CEM II o CEM III) y declaración ambiental de producto (EPD) cuando esté disponible, con dosificación optimizada y árido reciclado en hormigones no estructurales. La segunda, acero estructural y corrugado con contenido reciclado certificado, obtenido por horno de arco eléctrico (proveedores tipo CELSA) y con EPD por colada. Ambas palancas explican la reducción de aproximadamente **620 a 470 t CO₂e** en el alcance 3b. La cuantía real de acero queda condicionada al **levantamiento láser 3D** previo de la fase **FOA**, dado que los perfiles heredados no están garantizados y existe riesgo de modificación al alza en kilogramos de **S355**.

e.5.2 Trazabilidad documental

Se conservan albaranes de combustible, hormigón, aglomerado, materiales y retirada de residuos, reforzados con horímetro y telemetría por máquina, que objetivan el alcance 1; contratos con suministradores, gestor de RCD y laboratorios; fichas técnicas de los equipos (potencia, energía, etiqueta **Fase V**, dB(A), normas ISO) y EPD de hormigón y acero; y una tabla de conciliación equipo a equipo entre lo ofertado y lo realmente empleado, que permite a la Dirección Facultativa auditar cualquier sustitución de medios.

e.5.3 Partes de trabajo y reportes fotográficos

Se emiten partes diarios y reporte fotográfico fechado que acreditan la aplicación de cada medida de control de polvo —riego, baño de ruedas, entoldado, barredora-aspiradora y balizado del jardín— registrados en el Cuaderno de Bitácora de obra, soporte único de la conciliación entre lo previsto y lo ejecutado.

e.5.4 Registros de monitorización (tipo y periodicidad)

Sonómetros: sonómetro registrador en continuo (LAeq) durante las fases **F3** (meses 6-7) y **F6** (meses 11-13) y, de forma específica, durante la adecuación nocturna del cruce con el tranvía, validados con sonometrías puntuales de laboratorio acreditado (CEMOSA, ENAC). Sismógrafos: sismógrafo en continuo con disparo automático por umbral (alarma al **80 %** del límite **DIN 4150-3**) durante todo el apeo y refuerzo de las cerchas B1/B2/C2, el hormigonado en altura y las demoliciones próximas. Partículas y aguas: captador de $PM_{10}/PM_{2,5}$ en el lindero sensible durante las fases **F3** y **F6** y registro de las analíticas de las aguas de proceso. Cadencia: parte semanal de monitorización, informe por hito de control e informe final consolidado, con laboratorios externos acreditados y verificación independiente de la huella de carbono.

e.5.5 Gestión de aguas de proceso

El riego antipolvo y el curado de al menos diez días de la losa **HA-30** (fase **F6**) consumen agua, y la limpieza de cubas genera lechadas alcalinas. Para cerrar el ciclo se dispone una balsa o punto de decantación que recoge las aguas de corte, picado y lavado de cubas, con neutralización del pH antes del vertido o la reutilización; un separador de hidrocarburos en el punto de repostaje y lavado de maquinaria; y la reutilización del agua decantada para el riego antipolvo y, donde la calidad lo permite, como apoyo al curado. Esta recirculación reduce el consumo de agua de red y evita el arrastre de finos y de pH alcalino a la red de saneamiento municipal.

COMPROMISO AMBIENTAL CUANTIFICADO

La **CONFIDENCIAL** ofrece una reducción de la **huella de carbono del –35 % global** de obra (de ~ 975 a ~ 632 t CO₂e) y del **–54 % en el subtotal operacional**, con el alcance 1 de combustión propia rebajado **~78 %** por la electrificación del interior (PEMP y minimáquinas Li-ion) y el empleo de **HVO100** en el exterior; verificación por entidad acreditada independiente bajo **ISO 14064-3** (CEMOSA, ENAC). A ello se suman **76 módulos fotovoltaicos** y una estación de recarga **EVE de 450 kW**, la valorización de los **~2.956 m³ de RCD** en un radio de 12–15 km con trazabilidad e-DCS, el cierre del ciclo del agua con balsa de decantación y neutralización de pH, y la restitución íntegra del **jardín endémico** de la ULL. La gestión se desarrolla bajo **ISO 14001** e **ISO 50001**, con hormigón de menor contenido de clínker (CEM II/III) y acero de horno de arco eléctrico con declaración ambiental de producto (EPD), y la retirada de las **8,84 t de residuos peligrosos** (ACS, rooftop CIATESA y 73 luminarias) a gestor autorizado con documento de aceptación previa como **punto de parada**.