



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.

Presentado por

Paz García, Mónica Giuliana

Para la obtención del

Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Curso: 2018/2019

Fecha: 2 de septiembre de 2019

Tutor: Camacho Torregrosa, Francisco Javier

Cotutor: Martínez Ibáñez, Víctor





Índice General

Resumen	6
Abstract	7
Resum	8
1. Introducción	9
2. Planteamiento	10
2.1 Justificación	10
2.2 Objeto.....	10
2.3 Objetivos.....	10
3. Marco Teórico	11
3.1 Metodología BIM	11
i. Ventajas.....	11
3.2 Contexto BIM y Situación Actual.....	12
i. Contexto de BIM	12
ii. Situación actual de BIM.....	13
iii. El BIM del futuro	15
3.3 Proyecto BIM.....	15
i. Plan de Ejecución BIM.....	15
ii. Modelo digital.....	18
iii. Interoperabilidad	19
iv. OpenBIM	19
v. Gestión de la información	20
vi. Archivo de Comentarios (BCF).....	20
vii. CDE (Common Data Environment) o Entorno de Colaboración Común.....	21
3.4 Niveles de Desarrollo y Dimensiones	22
i. Dimensiones de BIM.....	22
ii. Niveles de Desarrollo	23
3.5 Estandarización	28



i.	Estandarización Internacional	28
ii.	Estandarización en España	31
3.6	Implantación de la metodología BIM	33
i.	Implantación en Europa	34
ii.	IMPLANTACION EN ESPAÑA.....	37
3.7	BIM en Carreteras.....	55
i.	ROADBIM.....	56
ii.	Verificación de la Normativa Española de Carreteras y Adaptación a BIM	63
4.	Metodología de Trabajo.....	64
5.	Caso de Estudio.....	65
5.1	Antecedentes y Situación de Partida	65
i.	Situación Actual.....	66
ii.	Criterios de Diseño.....	69
iii.	Solución Adoptada.....	75
5.2	Modelado - Software.....	87
6.	Conclusiones.....	88
7.	Futuras Líneas de Trabajo	89
8.	Bibliografía	90
9.	Anexos	i
9.1	Precios Descompuestos.....	i
9.2	Modelo.....	vii
9.3	Planos	ix



Índice de figuras

Figura 1. BIM en el mundo.....	13
Figura 2. Información en archivos BCF.....	20
Figura 3. Dimensiones de BIM.....	22
Figura 4. Niveles de Detalle.....	24
Figura 5. Gestión de la información durante la fase de desarrollo del activo según EN-ISO 19650	32
Figura 6. Línea de tiempo de la implantación de la metodología BIM.....	33
Figura 7. Beneficios en los que se centran los planes BIM del sector público.....	35
Figura 8. Modelo de Macro Adopción de BIM – España.....	40
Figura 9. Resultado del análisis según el Modelo de Áreas de Difusión BIM.....	41
Figura 10. Análisis según el modelo de componentes de macro madurez	42
Figura 11. Resultado del análisis según el modelo de dinámicas de difusión.....	43
Figura 12. Resultado del análisis del modelo de acciones de política de empresa	44
Figura 13. Resultado del análisis según el modelo de responsabilidades de difusión.....	45
Figura 14. Número e inversión en las licitaciones públicas con requisitos BIM por año y nivel de la administración.....	46
Figura 15. Mapa de la distribución del valor estimado de contrato total acumulado por CCAA (millones de euros).....	47
Figura 16. Evolución trimestral de los indicadores cualitativos en las licitaciones públicas con requisitos BIM.....	48
Figura 17. Evolución trimestral de la madurez BIM de los pliegos de las licitaciones públicas con requisitos BIM en base a los indicadores cualitativos mínimos establecidos.....	48
Figura 18. Licitaciones públicas con requisitos BIM por tipo de obra (Izq. Edificación - Der. Infraestructura).....	49
Figura 19. Licitaciones públicas con requisitos BIM según usp (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	50
Figura 20. Licitaciones públicas con requisitos BIM por nivel de la administración (Izq. Edificación - Der. Infraestructura).....	50
Figura 21. Distribución del valor estimado de contrato total acumulado por CCAA (millones de euros) en infraestructuras.....	51
Figura 22. Licitaciones públicas con requisitos BIM por año y fase (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	51
Figura 23. Obligatoriedad de las licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	52
Figura 24. Usos y entregables BIM en las licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	53
Figura 25. Licitaciones públicas con requisitos BIM con entregable del modelo BIM según la definición del Nivel de Información (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	54



Figura 26. Indicadores establecidos en licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)	54
Figura 27. Evolución de la madurez BIM de los pliegos de las licitaciones públicas con requisitos BIM	55
Figura 28. Mapa de la madurez BIM en case al cumplimiento de los indicadores cualitativos mínimos establecidos	55
Figura 29. Esquema resumen de los objetivos de ROADBIM	57
Figura 30. Descripción gráfica de ROADBIM	58
Figura 31. IMPLEMENTACIÓN IFC Alignment - Ficheros de ejemplo.....	59
Figura 32. Glorieta objeto de este TFM	66
Figura 33. Situación actual CV-310 (Acceso Sur)	78
Figura 34. Detalle de glorieta - Situación actual CV-310 (Acceso Sur)	78
Figura 35. Mejora propuesta CV-310 (Acceso Sur).....	79
Figura 36. Detalle de glorieta - Mejora propuesta CV-310 (Acceso Sur)	79
Figura 37. Situación actual CV-315 (Acceso este).....	81
Figura 38. Detalle glorieta - Situación actual CV-315 (Acceso este)	81
Figura 39. Mejora propuesta CV-315 (Acceso este)	82
Figura 40. Detalle glorieta - Mejora propuesta CV-315 (Acceso este).....	82
Figura 41. Situación actual Calle Alt Palancia y CV-310 (Acceso norte)	84
Figura 42. Mejora propuesta Calle Alt Palancia y CV-310 (Acceso norte)	84
Figura 43. Diagrama de Gantt	86
Figura 44. Captura de Autodesk Navisworks - Situación actual.....	vii
Figura 45. Captura de Autodesk Navisworks – Mejora propuesta.....	viii



Índice de Tablas

Tabla 1. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM	45
Tabla 2. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM – según nivel de administración.....	46
Tabla 3. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM según sector	49
Tabla 4. Vehículo patrón característico.....	70
Tabla 5. Resumen de diseño en planta y alzada de glorietas	71
Tabla 6. Resumen de consideraciones para la sección transversal.....	72
Tabla 7. Resumen de características geométricas	73
Tabla 8. Resumen de parámetros para el diseño.....	74
Tabla 9. Solución tipo	75
Tabla 10. Resumen de parámetros para el rediseño del acceso CV-310 sur.....	77
Tabla 11. Resumen de parámetros para el rediseño del acceso CV-310 sur.....	80
Tabla 12. Presupuesto de Ejecución Material.....	85



RESUMEN

La metodología Building Information Modelling (BIM) representa una evolución en la forma de concepción, construcción y mantenimiento de infraestructuras e implica un cambio más allá que el mero hecho de aplicar un software con mejores prestaciones. BIM involucra pues, una metodología de trabajo donde se garanticen los formatos abiertos para el intercambio de información entre los distintos agentes intervinientes.

La explotación adecuada de esta nueva metodología revierte en ventajas que van mucho más allá del beneficio económico. Implica mayores beneficios medioambientales y una mayor certeza de los trabajos a realizar, esto es, reducción de riesgos producto de mejores estimaciones de plazos, costes, materiales a usar y eliminación de residuos, entre otros.

El desarrollo de este Trabajo Final de Máster (TFM) está relacionado con el TFM *“Estudio de la percepción ciclista en intersecciones de carreteras convencionales. Aplicación práctica a la glorieta localizada en la carretera CV-310 PK 15+750 (Provincia de Valencia)”* del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de esta misma autora. En ese TFM como resultado del estudio, se realiza un caso práctico como ejemplo de mejora de una intersección, en la que se optimiza la infraestructura existente acorde a una serie de criterios: normativa vigente, recomendaciones de diseño vial ciclista, resultados de una encuesta presencial realizada a ciclistas en entornos inmersivos para conocer su percepción de seguridad mientras realizaban recorridos por distintas intersecciones y el criterio técnico del autor.

Por su parte, en este TFM se pretende aplicar la metodología BIM a un proyecto tradicional, de forma que se detecten en fases tempranas las posibles interferencias y se integre toda la información en un espacio común.

A diferencia de en proyectos de edificación, BIM se encuentra desarrollado en mucho menor escala en proyectos de infraestructura civil y concretamente en carreteras. Por ende, las dimensiones BIM que se pretenden aportar a este proyecto involucran el modelo en sus tres dimensiones físicas más la integración de la dimensión tiempo, volcado en un cronograma y una planificación de obras. Es decir, se pretende llegar a una cuarta dimensión o modelo 4D.

Palabras clave: BIM, España, infraestructuras, glorieta, seguridad vial.



ABSTRACT

The Building Information Modelling (BIM) methodology represents an evolution in the way infrastructures are designed, built and maintained and implies a change beyond simply applying better-featured software. BIM therefore involves a working methodology that ensures open formats for the exchange of information between the different actors involved.

Proper exploitation of this new methodology leads to advantages that go far beyond the economic benefit. It implies greater environmental benefits and greater certainty of the work to be carried out, i.e. reducing risks resulting from better risks estimates of deadlines, costs, materials to be used and disposal of waste, among others.

The development of this master thesis is related to the master thesis *"Study of cycling perception at conventional road intersections. Practical application to the roundabout located on the CV-310 road, PK 15+750 (province of Valencia)"* of the Master's Degree in Civil Engineering of the same author. In this master thesis, as a result of the study, a case study is carried out as an example of intersection improvement, in which the existing infrastructure is optimized according to a series of criteria: current regulations, cycling road design recommendations, results of a face-to-face survey carried out on cyclists in immersive environments to know their perception of safety while riding through different intersections and the author's technical judgment.

For its part, this master thesis aims to apply the BIM methodology to a traditional project, so that possible interferences are detected in early stages and all information is integrated into a common space.

Unlike in building projects, BIM is developed on a much smaller scale in civil infrastructure projects and specifically on roads. Therefore, the BIM dimensions that are intended to provide this project with involve the model in its three physical dimensions plus the integration of the time dimension, based on a time schedule and a works plan. That is, it is intended to reach a fourth dimension or 4D-Model.

Keywords: BIM, Spain, infrastructures, roundabout, road safety



RESUM

La metodologia Building Information Modelling (BIM) representa una evolució en la forma de concepció, construcció i manteniment d'infraestructures i implica un canvi més enllà que el mer fet d'aplicar un software amb millors prestacions. BIM involucra doncs, una metodologia de treball on es garantisquen els formats oberts per a l'intercanvi d'informació entre els diferents agents intervinents.

L'explotació adequada d'aquesta nova metodologia reverteix en avantatges que van molt més allà del benefici econòmic. Implica majors beneficis mediambientals i una major certesa dels treballs a realitzar, això és, reducció de riscos producte de millors estimacions de terminis, costos, materials a usar i eliminació de residus, entre altres.

El desenvolupament d'aquest Treball Final de Màster (TFM) està relacionat amb el TFM *"Estudi de la percepció ciclista en interseccions de carreteres convencionals. Aplicació pràctica a la glorieta localitzada en la carretera CV-310 PK 15+750 (província de València)"* del Màster Universitari en Enginyeria de Camins, Canals i Ports d'aquesta mateixa autora. En aqueix TFM com a resultat de l'estudi, es realitza un cas pràctic com a exemple de millora d'una intersecció, en la qual s'optimitza la infraestructura existent concorde a una sèrie de criteris: normativa vigent, recomanacions de disseny viari ciclista, resultats d'una enquesta presencial realitzada a ciclistes en entorns immersius per a conèixer la seua percepció de seguretat mentre realitzaven recorreguts per diferents interseccions i el criteri tècnic de l'autor.

Per part seua, en aquest TFM es pretén aplicar la metodologia BIM a un projecte tradicional, de manera que es detecten en fases primerenques les possibles interferències i s'integre tota la informació en un espai comú.

A diferència d'en projectes d'edificació, BIM es troba desenvolupat en molt menor escala en projectes d'infraestructura civil i concretament en carreteres. Per tant, les dimensions BIM que es pretenen aportar a aquest projecte involucren el model en les seues tres dimensions físiques més la integració de la dimensió temps, basada en un cronograma i una planificació d'obres. És a dir, es pretén arribar a una quarta dimensió o model 4D.

Paraules clau: BIM, Espanya, infraestructures, glorieta, seguretat vial



1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras de transporte son un componente clave para el progreso de cualquier nación. Mediante ellas se pueden optimizar los flujos de bienes y personas, conectando los núcleos de población y favoreciendo su desarrollo. Relacionado al desarrollo de estas, se encuentra su optimización, especialmente realizando mejoras relacionadas con la seguridad vial.

La intersección objeto de este Trabajo Final de Máster es una glorieta con alta demanda de tráfico ciclista en la que se plantea una mejora con mínima intervención, acorde a las políticas actuales en materia de seguridad vial.

Los trabajos realizados se transfieren a un software que tiene integrado la metodología BIM y que permite en un único espacio incorporar los distintos datos del proyecto, estos son, las dimensiones geométricas y el plazo de ejecución, traducido en el tiempo dedicado a cada unidad de obra y la interrelación de estas.

Con la agregación de esta metodología en un proyecto tradicional de infraestructura lineal se pretende demostrar que la optimización realizada por estas herramientas informáticas permite no solo representar gráficamente el resultado final, sino que permite detectar en fases tempranas posibles interferencias o incongruencia de datos, por tanto, es pieza clave en el desarrollo moderno de proyectos de ingeniería.

El contenido de este Trabajo Final de Máster contempla los siguientes puntos:

1. Planteamiento, en el que se justifica su desarrollo y se definen el objeto y objetivos.
2. Marco Teórico, que recoge información y conceptos relaciones a la metodología BIM, el contexto en el que se encuentra, la estandarización de archivos, las políticas que rigen su implantación, la situación actual en España y el avance en carreteras.
3. Metodología de trabajo, en la que se detalla los trabajos a realizar para la consecución de los objetivos planteados.
4. Caso de estudio, que abarca en primer lugar la justificación de las actuaciones, basadas en la normativa vigente, recomendaciones de diseño vial y la percepción de los usuarios. Aquí también se especifica detalles del modelado, especialmente del software usado.
5. Principales conclusiones y futuras líneas de investigación, que recogen los aspectos más relevantes a tener en cuenta como resultado de este Trabajo Final de Máster y hacia donde apunta la metodología BIM en infraestructuras lineales, especialmente carreteras.



2. PLANTEAMIENTO

2.1 JUSTIFICACIÓN

A día de hoy, la metodología BIM se encuentra en auge. En diversos países del mundo, es exigible esta metodología para toda licitación pública concerniente a proyectos de ingeniería civil, ya sea edificación o infraestructura. En España, a pesar de haber establecido hitos para la exigencia de la misma dentro de las contrataciones públicas, en realidad el grado de implicación no es aún el relacionado a los máximos beneficios que se podrían obtener de aplicar esta metodología.

Aunque en la rama de edificación se ha desarrollado mucho más allá que en infraestructuras, esto no sirve de evasiva para la formación e involucración de los técnicos dedicados a los proyectos de infraestructuras de hoy en día. Por ello, con la ejecución de este TFM se pretende alcanzar un aprendizaje de esta metodología mediante la integración dentro del entorno BIM de un proyecto de diseño de una glorieta.

2.2 OBJETO

El objeto de este Trabajo Final de Máster es el diseño de una glorieta mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM)

2.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar una modelización 4D de una glorieta de carretera convencional utilizando la metodología BIM.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contemplar dimensiones adicionales a las consideradas habitualmente en proyectos de infraestructuras de ingeniería civil.
- Optimización del diseño de una infraestructura mediante la detección temprana de interferencias e integración de información en un espacio único.
- Analizar los beneficios del uso de la metodología BIM en el proceso global del diseño de una glorieta.



3. MARCO TEÓRICO

3.1 METODOLOGÍA BIM

La metodología de trabajo BIM es usada en la gestión de diversos proyectos de ingeniería civil a través de la integración de varias dimensiones más allá del modelado 3D, ya sean tiempo, coste, sostenibilidad, etc., es el acrónimo de "Building Information Modeling" o "Modelado de información de construcción" y no solo afecta a la fase de diseño, sino que interviene también en fase construcción, explotación y mantenimiento de cualquier infraestructura.

Esta metodología ayuda a tener una mayor precisión y accesibilidad sobre la información del diseño, es decir, se produce una maqueta digital formada por una cantidad de datos que conforma cada uno de los elementos intervinientes en el proyecto.

Usar adecuadamente esta metodología revierte en mejoras en la calidad de los procesos, reducción de riesgos, estimaciones más certeras de plazos y costes, y minimiza (o elimina) las incompatibilidades que se presentan en los componentes de la infraestructura.

i. VENTAJAS

La ventaja de esta metodología recae principalmente en la eficiencia de los resultados que hoy en día supone una verdadera revolución tecnológica en todos los niveles de la cadena de diseño, producción y gestión de las infraestructuras y que permite reducir coste de tiempo de proyectistas, constructores y demás agentes intervinientes en el proceso. También contribuye a la automatización de procesos, generación rápida de entregables, análisis de la constructibilidad y simulación previa de la construcción de las soluciones diseñadas.

Otra ventaja que ofrece la metodología es que es altamente escalable, es decir, se puede implementar ajustándose a los requisitos del proyecto, al grado de preparación de los agentes intervinientes (administraciones, propietarios, promotores, constructores, técnicos proyectistas, direcciones facultativas, fabricantes, etc.) y se puede usar de forma híbrida compatibilizando su uso con la metodología tradicional.

Además de los beneficios económicos, BIM puede aportar beneficios medioambientales, por una reducción del volumen de residuos que termina en los vertederos gracias a una mayor precisión en los pedidos de materiales, o una simulación optimizada de estudios energéticos que se traduce en una menor demanda de energía.



3.2 CONTEXTO BIM Y SITUACIÓN ACTUAL

i. CONTEXTO DE BIM

El sector de la construcción genera un valor que asciende a 1,3 billones EUR (9 % del PIB), es por ello, que este sector tiene una importancia estratégica para las economías en términos de producción y creación de empleo y es responsable de la ejecución y mantenimiento de todas las infraestructuras que usamos. En este sector trabajan 18 millones de personas y en global, un 95% en pequeñas y medianas empresas (PYMEs)

A pesar de su importancia, es uno de los sectores que presenta menor grado de digitalización e índices de productividad estancados o descendentes, que tan solo ha aumentado un 1 % en los últimos veinte años. Los principales problemas identificados recaen en el proceso de construcción relacionados con sus niveles de colaboración, la escasa inversión en tecnología e I+D y una deficiente gestión de la información. El resultado de todo ello es una baja rentabilidad de las inversiones públicas y un mayor riesgo financiero derivado de unos sobrecostes imprevisibles, retrasos en la ejecución de infraestructuras públicas y modificaciones evitables de los proyectos.

La digitalización del sector ofrece una oportunidad financiera en torno a un 10 %–20 % del gasto en construcción de los proyectos de ingeniería en global (edificación e infraestructuras) y se prevé que genere un ahorro de entre el 15 % y el 25 % en el mercado mundial de las infraestructuras de aquí a 2025.

Si hablamos de una mejora de productividad del 10 % en el sector de la construcción europeo, esto equivale a generar un ahorro de 130 000 millones EUR. Es por ello que esta revolución requiere un enfoque común y coordinado, exigiendo el liderazgo y el impulso de la contratación pública en toda Europa, ya que, en conjunto, representan el mayor cliente del sector. Para los clientes pertenecientes al sector público y los gobiernos, estas mejoras se traducen en un mayor volumen de producción con menos fondos públicos, menor riesgo de sobrecostes, una mejor comprensión y transparencia de los proyectos y una mayor implicación de las partes interesadas.

ii. SITUACIÓN ACTUAL DE BIM

BIM en el mundo

Algunos países europeos ya han formalizado una hoja de ruta gubernamental con el fin de implantar, de forma progresiva, el uso de BIM en la redacción de proyectos, su ejecución material y su posterior mantenimiento.

, actualmente en EEUU, UK y Finlandia, el uso de BIM se combina con sistemas de contratación colaborativos que permiten compartir riesgos y beneficios entre las partes.

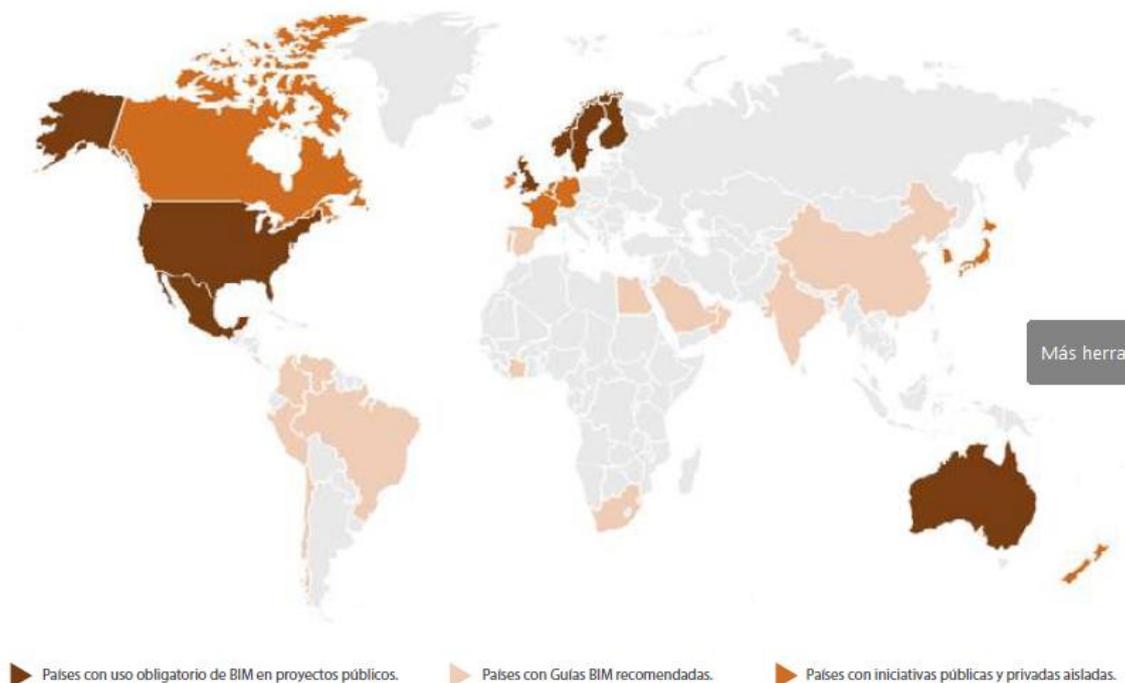


Figura 1. BIM en el mundo

Fuente: es.BIM

BIM en España

BuildingSmart Spanish Chapter, como capítulo español de BuildingSmart, viene desarrollando una importante labor en la difusión del uso de la metodología BIM y, más concretamente, del Open BIM. En España, actualmente, proyectos singulares y de gran volumen son los que acaparan la máxima atención respecto a la utilización de BIM, pero ya empiezan a ser muchos los proyectos de menor magnitud que, tanto en la obra pública como en la privada, se realizan mediante esta metodología.



Con respecto al calendario referente a la implantación de BIM en España, las fechas más destacables son:

- mayo 2010: Agenda Digital para Europa
- febrero 2014: Directivas Europeas EU 23 y 24 de licitación
- febrero 2015: Manifiesto BIMCAT
- julio 2015: Estrategia Nacional BIM esBIM
- noviembre de 2017: Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo
- marzo 2018: Ley Contratos del Sector Público
- febrero 2019: Formación de una Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública.

La Comisión Interministerial es un órgano colegiado al Ministerio de Fomento de carácter temporal que busca que la implantación de BIM en la contratación pública permita una actuación eficaz y segura entre la Administración General del Estado y otras entidades del sector público. Es abierta a la participación de otras administraciones públicas, agentes del sector privado y profesional afectado.

En relación a esta implantación, el Colegio Oficial de Arquitectos de España (CSCAE) ha realizado una encuesta en la que se concluye que:

- El grado de implantación es aún bajo, especialmente en oficinas de pequeño tamaño, tan solo se utiliza en el 40% de los estudios que han participado en la encuesta.
- Alto nivel de satisfacción de los arquitectos que han implantado el sistema.
- La colaboración a través de BIM con otros profesionales de la construcción es aún baja, la implantación se está realizando esencialmente en la fase de proyecto y en menor medida en otras fases del proyecto en las que se suele colaborar con otros profesionales.
- El porcentaje de implantación, previsiblemente, irá aumentando ya que el 64% de los encuestados tiene previsto recibir formación específica en BIM en los próximos meses.
- El 60% de aquellos que no desean recibir formación (si lo harían, si esta fuese gratis).



iii. EL BIM DEL FUTURO

BIM junto a tecnologías de la información y comunicación se combinan y pueden usarse directamente en la construcción, mediante tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada, los sistemas de información geográfica, el uso de drones, incorporación de robótica al proceso constructivo, la gestión de infraestructuras urbanas, su aplicabilidad a la gestión de Smart Cities o la impresión 3D a pequeña y gran escala.

Aunque actualmente ya existen formatos de intercambio estandarizados, se espera que sea posible la consolidación plena, en búsqueda de una colaboración más fluida entre agentes, que haga posible la implantación generalizada de sistemas on-line de gestión de proyectos integrados, en los que se entreguen modelos que se ajusten a formatos compartidos, además de proteger la propiedad intelectual, intercambiando sólo aquello que sea necesario para el proyecto.

Debido a que se espera un gran intercambio de información a través del entorno BIM, también se requiere la implementación de soluciones que permitan gestionar esta información mediante herramientas especializadas en la gestión y visualización de la información.

3.3 PROYECTO BIM

i. PLAN DE EJECUCIÓN BIM

El Plan de Ejecución BIM (PEB) es un documento en el que se reflejan las estrategias, procesos, recursos, técnicas, herramientas, sistemas, etc.; que serán aplicados para asegurar el cumplimiento de los requisitos BIM solicitados por el cliente para un proyecto determinado y una fase o fases concretas del ciclo de vida del mismo.

En el ámbito de la licitación pública se trata de un documento contractual si éste forma parte de la oferta técnica aprobada por la Administración. Esto implica que la oferta aprobada es vinculante y, por ende, también lo es el PEB presentado en la misma. Por tanto, las modificaciones al mismo, que naturalmente pueden llegar a darse, deberán ser consensuadas entre los agentes, acordadas con el promotor y aprobadas por este último previamente a publicar una actualización, en especial, aquellas que impliquen cambios en el alcance de los modelos y procesos BIM.



RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PEB

Documentos que recogen recomendaciones

En otros países:

BIM Execution Planning Guide - Penn State

Es una de las fuentes que contiene más detalles y es elaborada por el departamento de Computer Integrated Construction de la Universidad de investigación de Pensilvania (EEUU) PennState. El documento, publicado en septiembre de 2013, aporta una buena forma de clasificación de los usos de BIM y de identificación de las posibles aplicaciones que se darán o podrán dar en el proyecto BIM.

Otras plantillas para elaboración de Planes De Ejecución BIM

Además de la guía para el PEB de la Universidad de Pensilvania hay otras plantillas que a nivel internacional se conocen:

- En el Reino Unido: PAS 1192-2:2013: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling.
- En EEUU la plantilla de US Army Corps of Engineers, que también es utilizada por el U.S. Department of Veterans Affairs.
- De Singapur es muy conocida la BIM Essential Guide for BIM Execution Plan.
- En EEUU la Universidad del Sur de California publica Building Information Modeling (BIM) Guidelines For Design Bid Build Contracts, que contiene una plantilla de BIM Execution Plan.

En España

En España es.BIM desarrolló una Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM, en la que se recoge una serie de medidas que se recomiendan, mas es responsabilidad del equipo de gestión BIM adaptar la plantilla y los procesos a llevar a cabo en cada proyecto y fase concretos.

Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM

El contenido de las recomendaciones que se realizan es el siguiente:

- Sobre el plan de ejecución, recomienda detallar: objetivo, alcances, históricos de revisiones y proceso de cambios al PEB.



-
- Sobre el proyecto: datos de identificación, hitos del proyecto, objetivos BIM del cliente, requerimientos BIM del cliente y documentos de referencia del proyecto.
 - Sobre usos del modelo, el documento PEB, debería incluir una descripción de todos los usos que se le darán y podrán dar al modelo BIM, creando una asociación y alineación desde los objetivos del proyecto hasta las aplicaciones últimas detalladas en los usos de BIM.

Los tipos de usos pueden ser para visualización, coordinación 3D, obtención documentación 2D (planos), obtención de mediciones, visualización de datos, generación de infografías, recorridos virtuales (realidad aumentada y realidad virtual), validación de la normativa, simulación constructiva, análisis y simulaciones, seguridad y salud, medioambiente, replanteo de obra, listas de repaso, toma de datos en obra, logística y acopios, instrumentación y control de obra, gestión de interesados, seguimiento de obra (producción y certificación), fabricación digital, inventariado, mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo o por demanda), gestión de espacios, información para alimentar sistemas de gestión, información centralizada y usos comerciales y marketing.

- Sobre entregables BIM, recomienda definir como mínimo lo siguiente: listado de entregables, nivel de detalle gráfico, nivel de información n gráfico y vinculada, tabla de desarrollo del modelo.
- Sobre organización del modelo. En cuanto a la estructura de datos, recomienda incluir: estructura de datos ficheros, clasificación de elementos constructivos, organización de capas, organización de parámetros y organización de ficheros y modelos. Respecto a las interferencias, sugiere elaborar una matriz de interferencias con sistemas de comprobación de todas las colisiones que se pueden producir entre los diferentes elementos que componen el proyecto. También sugiere que con respecto al origen de coordenadas, se especificar la posición y coordenadas de los puntos de referencia que se vayan a utilizar en el proyecto, fundamentales para poder coordinar cualquier elemento del activo respecto a unas coordenadas comunes.
- Sobre la verificación de entregables BIM, se recomienda incluir una sección que describa la metodología que se llevará a cabo para asegurar que los entregables cumplen con lo descrito en los objetivos y requerimientos BIM del cliente.
- Sobre recursos. Respecto a recursos humanos, sugiere especificar: equipo, roles y responsabilidades y organigrama del equipo de trabajo. Y, en cuanto a recursos materiales, incluir aspectos sobre: hardware, software y mapa de software.



- Sobre gestión de información, incluir una estrategia de gestión de datos, estrategia de gestión documental/archivos digitales, estrategia de comunicación (colaboración, elaboración de reportes y reuniones)
- Sobre análisis de riesgos y oportunidades: identificar, categorizar el impacto y diseñar una respuesta para cada uno de los posibles riesgos derivados de la incorporación de la metodología BIM descrita en el PEB en el proyecto en cuestión.
- Sobre procesos BIM, incluir: proceso de generación y verificación de modelos BIM y derivados, proceso de gestión de cambios, proceso de intercambio de información entre agentes, proceso de entrega a cliente, otros procesos según usos BIM especificados.
- Sobre estándares, incluir los estándares del cliente, estándares de la industria y estándares propios de empresa.

ii. MODELO DIGITAL

La maqueta digital que se genera con un modelo BIM permite vincular diversa información más allá de la mera representación gráfica. Esta vinculación de información, facilita enormemente su trazabilidad y su correcta interpretación por todos los agentes.

La información se recoge bien mediante metadatos o enlaces a documentos externos (web del fabricante, catálogos digitales, documentos en la nube, etc.). Esta información puede cubrir diferentes aspectos, desde la geometría del objeto hasta sus datos físicos, características de ecoeficiencia, geotecnia, coste, tiempo de ejecución, procedimientos de mantenimiento, factura de compra, resumen de los trabajos de mantenimiento o reparación, entre otros.

Para la correcta lectura de esta multitud de información en las herramientas BIM, se precisa que sea definida y tratada siguiendo estándares nacionales y/o internacionales con formatos tipo Open BIM, de forma que se garantice la universalidad de intercambio de información del conjunto y las partes del modelo.

Antes de exigir un modelo BIM en un proyecto, es importante especificar la información que se quiere tener de él. Modelizar más detalles de los necesarios, supone pérdidas de tiempo y dinero del técnico diseñador, además del coste computacional al tratar con un modelo con mayor información, más pesado y posiblemente inmanejable.



iii. INTEROPERABILIDAD

BIM es una metodología de trabajo colaborativa, donde los flujos de información se deben garantizar para que las diversas figuras profesionales puedan tomar decisiones, para conseguir esto, es importante garantizar una gestión eficaz de la información, donde tanto la terminología, nomenclatura y estructura de la información sea conocida por todos. Este intercambio de información se le conoce como la interoperabilidad y para que ella se realice de forma eficaz el formato a usar debe encontrarse estandarizado, garantizando la no pérdida de información o datos viciados en el traspaso de un software a otro o de un ordenador con propiedades de un usuario a otro.

iv. OPENBIM

Existe una gran cantidad de información en diferentes formatos requeridos durante el desarrollo de un proyecto por un equipo de trabajo multidisciplinar, por tanto, se debe buscar el intercambio de información en un entorno de trabajo basado en flujos de trabajos y estándares abiertos. Esto implica el origen de una nueva forma de comunicación en un entorno digital.

El principal impulsor de la difusión del "Open BIM" es la organización buildingSMART International, a través de la creación, el mantenimiento y el uso de estándares abiertos de intercambio de datos Industry Foundation Class (IFC).

En edificación se usa el formato IFC Building que son los tipos de IFC más desarrollados actualmente. Mientras que en infraestructuras, los IFC se han desarrollado en menor medida. Actualmente existe un llamado de buildingSMART para trabajar en la estandarización de IFC4precast (prefabricación), IFC Site, Landscape and Urban Planning, IFC Airport e IFC Road.

Según buildingSMART la importancia del Open BIM recae en que:

- Funciona con un flujo de trabajo transparente y abierto que permite que los miembros del proyecto participen, independientemente del software que utilicen.
- Crea un lenguaje común para procesos con numerosas referencias, gracias al cual las empresas del sector y los gobiernos pueden acordar proyectos con condiciones comerciales transparentes, evaluaciones del servicio comparables y una calidad de datos asegurada.
- Proporciona datos permanentes para utilizarlos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. De este modo, se evitan las entradas de datos duplicadas y los errores consiguientes.

- Tanto los grandes como los pequeños proveedores de software pueden participar y competir en soluciones de primera clase, independientemente del sistema que utilicen.
- Refuerza la oferta de productos en línea, con búsquedas más precisas de las solicitudes de los usuarios, y suministra los datos del producto directamente en BIM.

v. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La gestión de la documentación se debe realizar a través de una plataforma de colaboración de forma que se mejore la comunicación, que se homogenice la documentación, que se establezca un entorno de colaboración, donde la información se encuentre estructurada y se permita la deslocalización de los equipos de trabajo.

vi. ARCHIVO DE COMENTARIOS (BCF)

Un archivo BCF es un archivo de comentarios sobre un proyecto que refleja el histórico de interacciones entre agentes y permite gestionar las idas y venidas de información, requerimientos, colisiones, etc.



Figura 2. Información en archivos BCF
Fuente: BuildingSmart - Spain

Este archivo contiene datos asociados a un modelo, pero no es un modelo, por tanto, los ficheros son de tamaño reducido y permite editarlo se tenga o no el modelo a disposición. Desde herramientas informáticas distintas al propio modelo se puede gestionar las incidencias, aportar



comentarios, supervisar las asignaciones, controlar los cambios e incluso generar informes de interferencias.

vii. CDE (COMMON DATA ENVIRONMENT) O ENTORNO DE COLABORACIÓN COMÚN

Para trabajar eficazmente en un entorno BIM se debe establecer entre otros requisitos la gestión de forma estructurada de la información y el intercambio de datos, este intercambio debe realizarse en un entorno fiable, seguro, ágil y correctamente estructurado.

Un entorno de colaboración común o CDE es una herramienta informática usada para recopilar, gestionar y difundir datos de modelo y documentos del proyecto entre equipos multidisciplinares. Permite, así mismo, un proceso auditable, transparente y controlable.

El trabajar con esta herramienta supone generar una única vez un tipo de información requerida, y esta se utiliza indistintamente por todos los colaboradores en todos los documentos o entregables que sean necesarios. Esto garantiza que se trabaje sobre las versiones definitivas de los elementos y que la información se vaya enriqueciendo de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Normalmente, para realizar el control de los cambios, solo es el propietario o responsable de la información añadida, el responsable de realizar modificaciones, asegurándose así posibles pérdidas de información en un trabajo multidisciplinar como es el realizado con BIM.

Una herramienta CDE debe permitir:

- Incorporar, consultar y obtener la información del proyecto, tanto archivos como comunicaciones entre los interesados (correos electrónicos, ordenes de cambio, tareas, consultas, etc.)
- Gestión de accesos: no todos los interesados deben acceder a toda la información;
- Compartir información mediante enlaces;
- Control de versiones;
- Búsqueda fácil de la información: filtros, etiquetas, etc.
- Flujos de trabajo integrados en la gestión de la documentación: aprobaciones, comentarios, etc.
- Visualización y anotación de archivos y modelos;

- Gestión de modelos federados: combinación de archivos IFC para su visualización y análisis, así como la exportación de datos de forma estructurada;
- Planificación del proyecto BIM: requerimientos de información del cliente, plan de ejecución, protocolos, niveles de detalle e información, gestión estructurada de los datos, etc.

3.4 NIVELES DE DESARROLLO Y DIMENSIONES

i. DIMENSIONES DE BIM

Las dimensiones que pueden incluirse en un proyecto con metodología BIM, actualmente están desarrolladas a distinto nivel según el tipo de proyecto que se realice, edificación o infraestructuras. Se espera que se desarrollen las herramientas informáticas necesarias para incluir todas estas dimensiones en cualquier proyecto de ingeniería civil que se pueda desarrollar.

Las dimensiones BIM, son las siguientes:



DIMENSIONES EN B.I.M.

El concepto de dimensiones en B.I.M. se refiere a las variables de procesos, extracción de información y/o usos a los cual puede ser expuesto o trabajado un proyecto modelado en metodología B.I.M. Las dimensiones también ayudan a establecer el uso del modelo acorde a la necesidad de información y data que requiera el proyecto.

*Figura 3. Dimensiones de BIM
Fuente: BIMforumpanama.org*



3D – MODELO GRÁFICO

En esta dimensión se incluyen las características geométricas de la infraestructura en formato 3D, en las que también se pueden incluir animaciones o renders. Es usada para realizar la maqueta virtual, que permite de forma visual detectar las colisiones entre las partes, así como la realización de paseos virtuales por el proyecto.

4D - TIEMPO

Se aporta aquí la dimensión temporal para realizar una planificación de todas las fases del proyecto. De esta forma se puede tener en cuenta todos los recursos, tanto materiales como humanos, requeridos en cada fase del proyecto.

5D - COSTE

En esta dimensión se incluye el coste desglosado del proyecto y a medida que avanza o se modifica el proyecto, el coste va actualizándose. Se integra información detallada de cada unidad de obra, por tanto, la generación de informes es sencillo y directo.

6D - SOSTENIBILIDAD

Se desarrolla para una fase de elección de la alternativa óptima teniendo en cuenta todas las dimensiones del proyecto. Se trata pues, de las simulaciones de alternativas para determinar la más apropiada a llevar a cabo.

7D – GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA

Aquí se integran, además, los planes de mantenimiento, de forma que se prevea el resultado real de una infraestructura mediante la aplicación de BIM.

ii. NIVELES DE DESARROLLO

El Nivel de Detalle o de Desarrollo (Level Of Detail) hace referencia a la cantidad y sustancia de información de un proceso constructivo o proyecto, la cual siempre aumenta con el tiempo y se refiere al modelo, costes y/o planificación.

El nivel de detalle viene descrito por una codificación alfanumérica, que es distinta según el país de origen. El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) establece los niveles de detalle LOD, cuya clasificación es la especificada a continuación:

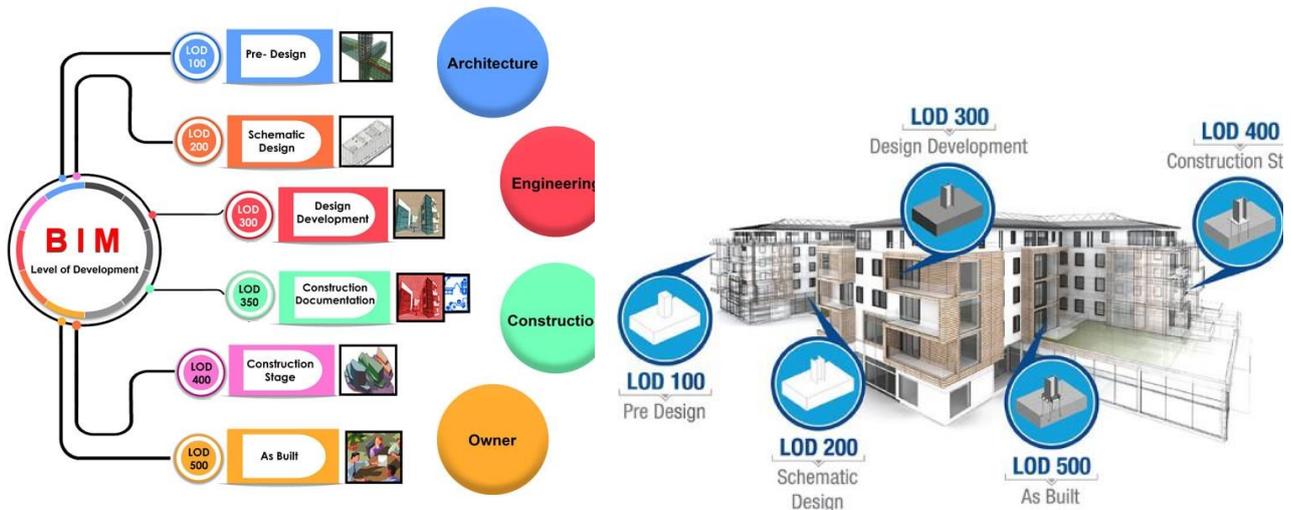


Figura 4. Niveles de Detalle

Fuente: Direcciones web: todo-3d.com e imasgal.com

LOD 100

Es el nivel básico, donde el elemento puede estar representado por un símbolo o representación genérica. No es necesaria su definición geométrica y muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

Usos:

- Análisis: En base a dimensiones geométricas, orientación y ubicación y relación con otros elementos.
- Coste: estimación de costes en relación a mediciones.
- Programación: el elemento puede ser utilizado para determinación de fases y duraciones.

LOD 200

Nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación. Es el LOD más bajo en el que se puede incluir información no gráfica, como puede ser el coste real, características de envolventes, pesos, fabricantes y manuales de mantenimiento. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto.

Usos:

- Análisis: En base al uso de criterios generales del proyecto.
- Coste: Deriva del propio elemento, vinculado a datos geométricos y de cantidades.



- Programación: Se pueden incluir planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- Coordinación: Puede coordinarse con otros elementos del proyecto, en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.

LOD 300

El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

Usos:

- Análisis: En base al uso de criterios específicos del propio elemento. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- Coste: Valoración específica y precisa, en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.
- Programación: Puede usarse para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- Coordinación: Para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.

LOD 350

Equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica. Afecta al análisis, Programación y coordinación del proyecto.

LOD 400

El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.



Usos:

- **Análisis:** En base al uso de criterios específicos del propio elemento y los sistemas o conjuntos constructivos a los que pertenece. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- **Coste:** Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra.
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, así como plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos. Se incluye la detección de colisiones entre elementos

LOD 500

El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación.

También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado ("as built").

Usos:

El uso del nivel LOD 500 está vinculado al futuro y puede incluir: determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones.

Innovaciones

LOD 000

Incluye las características propias del terreno (posición, altura, topografía, geotécnico, estado, etc.), las del entorno (clima, conexiones, soleamiento, distancias a puntos de referencia, necesidades locales, etc.) y las propias de la parcela (referencia catastral, superficie, divisiones, propietario(s), dotaciones, etc.).

Se incluye también condicionantes urbanísticos, como alturas máximas, retranqueos a parcelas colindantes, acabados específicos y cesiones de superficies, por ejemplo.



En el caso de actuaciones de rehabilitación y/o reformas, se determina el estado actual del edificio, caracterizando los elementos existentes y su estado de cara a futuras actuaciones (derribo, reparación, reciclado, mantenimiento, o cambio de uso).

El desarrollo de nuevas tecnologías (escaneado 3D, termografía, resonancia magnética, fotografía desde satélites, etc.) permite añadir a datos geométricos nuevos parámetros, como orientación de cada punto (perpendicular al plano), color, geoposicionamiento preciso, e incluso datos como densidad(es), grosor de capas exteriores, temperaturas, inercia térmica, rugosidad, reflectancia, transmitancia, etc.

LOD 600

Relativa a los parámetros de reciclado de cada elemento del modelo, incluyendo las cuestiones energéticas derivadas del reciclado de forma directa, factores determinantes para la viabilidad del mantenimiento o renovación de edificios completos o elementos singulares del mismo, en fases de prediseño, diseño, obra, mantenimiento y demolición.

El elemento objeto no está definido geoméricamente en detalle, pero sí lo están sus condiciones de reciclado, como materiales propios, toxicidad, vida útil, básicas, distancia a puntos de fabricación/reciclaje, peso y volumen, formas de traslado y desmontaje, etc. Está basada principalmente en información no gráfica vinculada al elemento.

LOD X00

Basado en el uso de realidad virtual. También se incluye en este nivel de desarrollo el escaneado en 3D, que ya es usado en edificios existentes que van a ser demolidos definitivamente, o trasladados de su emplazamiento original. Es preciso que el elemento objeto estará definido geoméricamente por completo y añadirá nuevos conceptos como distancia desde la que es visible y distintos grados de definición geométrica.



3.5 ESTANDARIZACIÓN

i. ESTANDARIZACIÓN INTERNACIONAL

Estándares Europeos

UNE-EN ISO 19650-1:2018

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modeling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).

UNE-EN ISO 19650-2:2018

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modeling). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos. (ISO 19650-2:2018).

Normas en fase de proyecto

EN ISO 23386

Building information modeling and other digital processes used in construction methodology to describe, author and maintain properties in interconnected dictionaries

EN ISO 23387

Building information modeling (bim) -- data templates for construction objects used in the life cycle of any built asset -- concepts and principles

Formato IFC

El formato de estandarización internacional es el IFC, siglas de *Industry Foundation Classes* y es un formato de archivos desarrollados por buildingSMART International con su objetivo de promover openBIM, compartiendo información independientemente del software usado, garantizando así la interoperabilidad. Las características más importantes de este formato es que es abierto, neutro y no controlado por los productores de software.



Usos del IFC

Actualmente el formato IFC se usa especialmente para la fase de diseño y construcción, basándose en visualización y detección de choque. Está enlazado no solo a las características geométricas de la infraestructura, sino también de los datos o información contenida en los archivos nativos BIM.

Más específicamente, el esquema IFC es un modelo de datos estandarizado que codifica, de manera lógica:

- la identidad y la semántica (nombre, identificador único legible por dispositivo tipo de objeto o función)
- las características o atributos (como material, color y propiedades térmicas) y relaciones (incluidas ubicaciones, conexiones y propiedad) de objetos (como columnas o losas) ...
- conceptos abstractos (rendimiento, coste)
- procesos (instalación, operaciones)
- y personas (propietarios, diseñadores, contratistas, proveedores, etc.).

El futuro de IFC

buildingSMART International ha creado un Programa de certificación profesional en la búsqueda de trabajar con estándares abiertos. Actualmente, el Programa se está implementando en 12 países de todo el mundo: Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Irlanda, Japón, Corea, Luxemburgo, Holanda, Noruega, España y el Reino Unido, y se espera que incluya en el resto de países que apuestan por BIM, en un futuro cercano.

Formatos disponibles

Los datos IFC deseados pueden codificarse en varios formatos, como XML, JSON y STEP y transmitirse a través de servicios web, importarse / exportarse en archivos o administrarse de forma centralizada. o bases de datos vinculadas.



Certificación IFC

El buildingSMART International ha definido un proceso de certificación que asegura la exactitud de la importación y de la exportación de los datos IFC con la garantía de conformidad a los estándares y que está soportado por más de 140 plataformas software.

Certificación IFC 2x3

Coordination View 2.0 se dirige a la coordinación entre las tareas de arquitectura, ingeniería estructural y servicios de construcción durante la fase de diseño. El MVD (Model View Definitions) incluye formas paramétricas para una gama limitada de elementos estándar, y la capacidad de incluir también formas no paramétricas para todos los demás elementos. Se pueden asignar conjuntos de propiedades, definiciones de materiales y otra información alfanumérica a esos elementos.

El proceso de certificación divide el CV2.0 en tres intercambios de exportación específicos diferentes: servicios arquitectónicos, estructurales y de construcción, pero solo tiene un intercambio de importación, todo el MVD.

Certificación IFC 4

El Programa de certificación IFC4 es una continuación y avance del trabajo iniciado con el Programa de certificación IFC2x3. Se basa en IFC4 Reference View 1.2 e incluye intercambios de exportación de servicios arquitectónicos, estructurales y de construcción (también conocidos como MEP), así como una importación integral.

IFC Road

El Proyecto Internacional de Carreteras de IFC está aún trabajando en este tipo de formato. El modelo conceptual final se publicó recientemente. Actualmente está en fase de desarrollo de la extensión del esquema IFC y el siguiente paso será la implementación y certificación.

La fase en la que se está trabajando actualmente sigue los siguientes objetivos:

- Garantizar la coherencia con otras áreas en estructuras espaciales, geotecnia, movimiento de tierras, drenaje, etc.
- Clarificar la clasificación de carreteras.
- Construir una estructura jerárquica con representación espacial.



- Identificar conceptos comunes y coordinar con el proyecto de esquema común de IFC
- Desarrollar IFC Road Extension.
- Construir un consenso internacional sobre la extensión del esquema IFC Road y generar aceptación internacional mediante la ejecución de un proceso de validación a través de las primeras implementaciones de software BIM.

ii. ESTANDARIZACIÓN EN ESPAÑA

Para realizar la estandarización en España el buildingSMART Spanish Chapter desarrolla una serie de **actividades específicas**:

1. Promocionar el uso de BIM en todos los procesos relacionados con el sector de la construcción, a lo largo de todo el ciclo de vida de sus productos.
2. Promocionar el uso de BIM en todos los procesos de intercambio de información entre los agentes relacionados con el sector de la construcción.
3. Promover y definir nuevos procesos de trabajo y de negocio para los diferentes agentes, adaptados a la metodología BIM durante todo su ciclo de vida.
4. Involucrar a todos los agentes participantes en la industria de la construcción en el uso de las tecnologías BIM para mejorar los procesos de trabajo y de negocio tradicionales de un proyecto de construcción.
5. Promover y desarrollar estándares abiertos para el intercambio de información relacionado con edificios e infraestructuras.
6. Desarrollar guías y programas de formación que faciliten la adaptación a la metodología BIM a los diferentes agentes participantes en la industria de la construcción.
7. Coordinar, promover y patrocinar actividades de investigación y desarrollo que favorezcan la asimilación de la tecnología BIM en el sector de la construcción nacional.
8. Coordinar, promover y patrocinar actividades de difusión y promoción de las actividades llevadas a cabo por la Asociación.
9. Exponer los intereses de España en las decisiones que se tomen en la Building Smart Internacional.
10. Promover métodos de contratación participativos.

INTRODUCCIÓN A LA SERIE EN-ISO 19650 PARTES 1 Y 2

Ante la publicación de las normas EN-ISO 19650, Partes 1 y 2, buildingSMART Spain ha elaborado un documento que facilita la comprensión de la norma y de sus principios fundamentales para su aplicación en los proyectos BIM que se desarrollen en España.

Esta guía también incluye un anexo que consta de un glosario con la adaptación de la terminología original inglesa a la realidad del sector en España.

Gestión de la información

La gestión de información se aplica durante toda la fase de desarrollo para cada contratación, independientemente de la etapa de proyecto y es la parte contratante quien realiza la evaluación de necesidades, la forma en que se deben implementar la gestión de información y los beneficios esperados. Las actividades que la componen son:

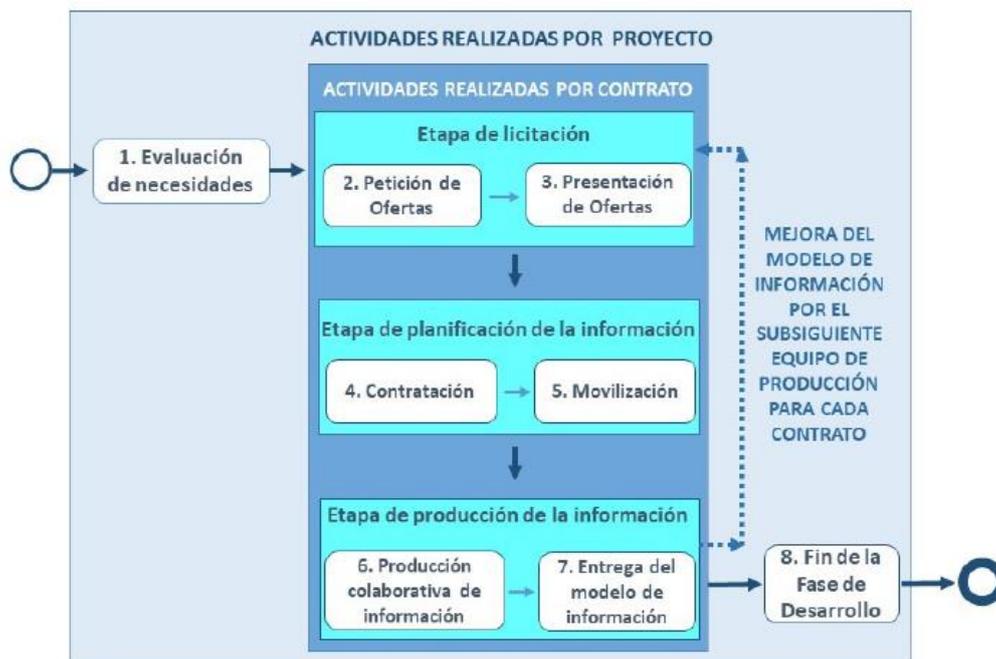


Figura 5. Gestión de la información durante la fase de desarrollo del activo según EN-ISO 19650
Fuente: Introducción Normas EN-ISO 19650 – BuildingSmart Spain

Requisitos de información

Son un conjunto de especificaciones sobre la gestión de información, gráfica y no gráfica, desde la producción, método y receptor.

Se definen al inicio por la parte contratante y pueden ser ampliados por los requisitos de las demás partes, es decir, existe información compartida por las partes.

La clasificación de los requisitos es:

- OIR: Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos.
- PIR: Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo.
- AIR: Requisitos de Información del Activo relativos a su operación.
- EIR: Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes sujetas a una contratación.

Cada parte contratada debe responder a los requisitos de información en la presentación de ofertas mediante su plan de ejecución BIM (PEB)

3.6 IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM

La metodología BIM posee amplias cualidades que hace que su implantación sea compleja, por ella se precisa que sea progresiva, coordinada y ordenada. Requiriendo pues, de referencias claras, como estándares, guías, protocolos, instrucciones técnicas y bases que lo faciliten.

BIM se debe implantar consiguiendo dos grandes objetivos, su uso en los proyectos y la generación de entregables, es decir, en modelos de información y gestión y la consulta de la información contenida en estos modelos.

En 2014, la Unión Europea publica la Directiva sobre contratación Pública 2014/24/UE en la que podemos leer en el art. 22 sobre las comunicaciones, *"Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos se podrá exigir herramientas de diseño electrónico de edificios"*.

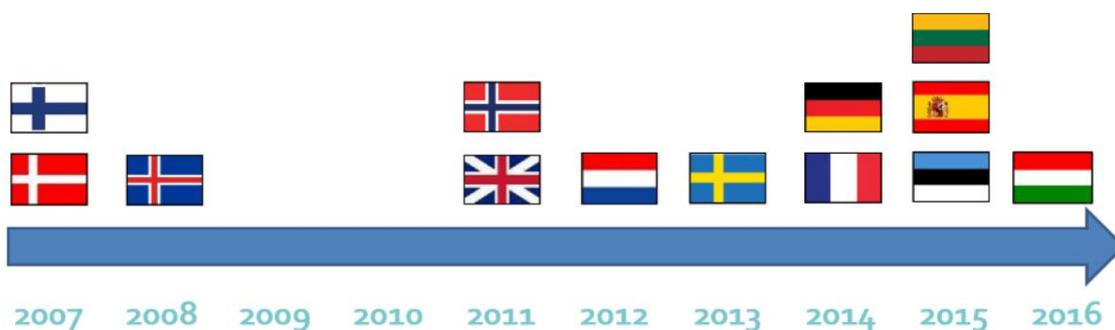


Figura 6. Línea de tiempo de la implantación de la metodología BIM
Fuente: BuildingSmart

Se requiere estandarizar información, ya sea del tipo gráfica o no gráfica (costes, información ambiental, fichas de colocación, operaciones de mantenimiento, etc.).



Implantación BIM en la pequeña y mediana empresa

En general, las ventajas de la implantación BIM recae en la oportunidad que ofrece para cambiar ante mercados más exigentes y de crear oportunidades de trabajo a través de sistemas colaborativos, para lo que se necesita de técnicos cualificados y una nueva gestión en la empresa. Los riesgos, sin embargo, se focalizan en la cultura de la organización y en que la adaptación no sólo debe ser tecnológica sino metodológica y global, es decir, que abarque desde las personas hasta el software y el sistema en general.

Se recomienda que como parte de la implementación BIM en PYMEs, la inversión en tiempo y coste, elección del momento adecuado, planificación de la inversión, disponer de un equipo en el que se cree una atmósfera BIM, revisión de procesos y procedimientos actuales, marcar objetivos concretos y medibles

La implementación en PYMEs como ventajas tiene que las empresas serán más adaptables, habrá una mayor flexibilidad, menor inversión, aumento de la productividad, nuevas oportunidades de colaboración con empresas más grandes y mejora de la imagen corporativa. Por el contrario, las desventajas se centran en la mayor dependencia de las herramientas comerciales de software, dificultad de formación sin perder productividad, complicación inicial para encontrar colaboradores, miedo, previsión y capacidad de inversión

i. IMPLANTACIÓN EN EUROPA

En el Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo EUBIM, se proporciona a los agentes del sector público una serie de recomendaciones a nivel de política, estrategia y ejecución de cara a la introducción de BIM como parte de un plan de cambio más amplio.

Los gobiernos no pueden conseguir esta implantación por sí solos, por ello es importante que la industria trabaje a la par con ellos, prestando la debida atención a los modelos comerciales, la educación, el desarrollo de competencias profesionales, las PYMEs y los cambios en las prácticas actuales.

La adopción de BIM se debe realizar en la escala adecuada, con la orientación de personal cualificado que posea las competencias digitales y la capacidad de desarrollar sus funciones a lo largo de toda la cadena de valor y en proyectos de diferente naturaleza, complejidad y envergadura.

Recomendaciones generales

Tras la crisis financiera de 2008, la necesidad de reducir el gasto global ha afianzado la exigencia de maximizar la rentabilidad de los fondos públicos. Los retos que hoy en día tiene el sector son enormes y se centran en el área de urbanización y crisis de la vivienda, falta de mano de obra cualificada, escasez de recursos, cambio climático y economía circular, mercados globalizados y envejecimiento de la infraestructura

Los promotores públicos al ser los principales clientes del sector de la construcción, tienen capacidad para impulsar el cambio. Debido a su figura como grupo de clientes no competitivos, transparentes y no discriminatorios, este colectivo puede invertir fondos públicos para garantizar una mayor rentabilidad para los contribuyentes y estimular el mercado a través de la contratación pública.

En este texto recomiendan utilizar políticas gubernamentales y métodos de contratación pública, es decir, un liderazgo "top-down", para evitar que el sector adoptara en bajo criterio y con desigualdad las tecnologías de información, limitando así el lograr una mejora de su productividad y rentabilidad.

El siguiente cuadro presenta de forma combinada los beneficios de BIM (ya sean beneficios económicos, medioambientales y sociales) y las diferentes partes interesadas pertenecientes al sector público.

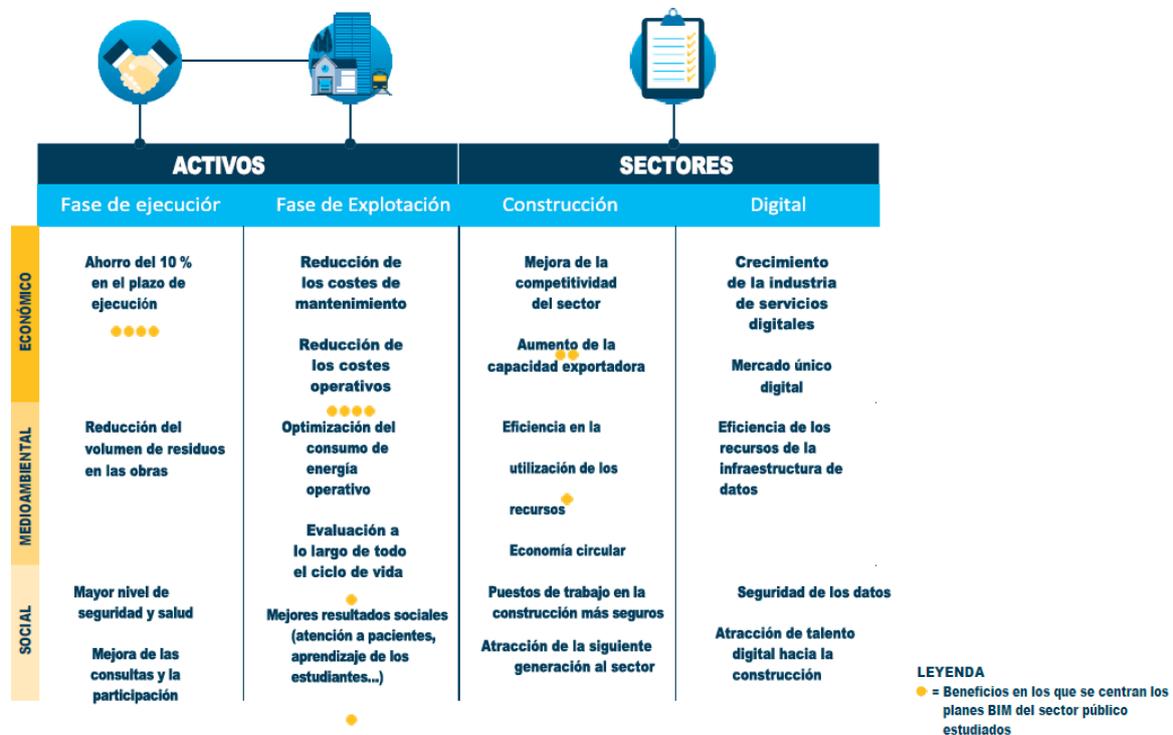


Figura 7. Beneficios en los que se centran los planes BIM del sector público
Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo EUBIM



Importancia del liderazgo público para fomentar BIM

La importancia del liderazgo público para fomentar BIM recae en los siguientes aspectos:

- Con el uso BIM se prevé la mejora de la rentabilidad de las inversiones públicas, traducidos en costes de construcción más precisos y bajos y en reducción de los retrasos en la ejecución de proyectos.
- La contratación pública tiene un papel impulsor en la innovación. Uno de los objetivos recogidos en la Directiva de la Unión Europea sobre contratación pública (2014) es que los gobiernos, como los mayores contratistas de construcción con un gasto público de aproximadamente un 30 % de la producción constructora total, influyan y alienten en innovación.
- El sector está altamente fragmentando, constituyéndose en su mayoría por PYMEs con capacidad de organización y orientación en una sola dirección limitada, es por ello que el papel de interconexión entre organismos es clave por parte de la administración.

Enfoque común con respecto a BIM

Los beneficios derivados de la adopción de un enfoque común a nivel europeo son:

- Aceleración de las iniciativas nacionales, a través del trabajo colaborativo y el intercambio de mejores prácticas.
- Minimización de costes, trabajando en la reutilización del conocimiento y los avances existentes.
- La adopción de un enfoque similar al de los países vecinos incrementará la fortaleza y la eficacia de cada plan nacional.
- Un enfoque homogéneo impulsará el comercio y generará oportunidades de crecimiento internacionales.
- Fomento del desarrollo de normas internacionales e integración del software, para garantizar una competencia abierta y el libre intercambio de información entre las diferentes plataformas de software.

Recomendaciones de actuación

Se describen los pasos que deben seguirse para desarrollar programas robustos y de gran repercusión, utilizando para ello un enfoque común y coherente en toda Europa.

Recomendaciones estratégicas

Como parte de la estrategia, se insta a trabajar a las organizaciones públicas en los siguientes aspectos:

- Establecer el liderazgo público, mediante la definición de una visión y objetivos claros, documentar la propuesta de valor y estrategia e identificar un patrocinador, fuentes de financiación y equipo de gestión.



- Comunicar la visión e incentivar a las comunidades, colaborando con la industria desde una fase temprana, creación de redes (agentes involucrados en ámbitos internacionales) y utilizar herramientas de comunicación de masa (eventos, medios de comunicación, redes sociales, etc.)
- Desarrollar un marco de cooperación, mediante el desarrollo del marco jurídico y reglamentario, el desarrollo o referencia a normas técnicas y de procesos, y el desarrollo de competencias, herramientas y recomendaciones.
- Incrementar la capacidad de la industria, a través de la promoción de proyectos pilotos, el incremento de la utilización de la palanca estratégica para aumentar la capacidad, medición y seguimiento de los progresos realizados e integración del cambio.

Recomendaciones a nivel de ejecución

Se realizan recomendaciones en cuanto a política, aspectos técnicos, proceso y personas y competencias profesionales, donde se detalla aspectos como las actuaciones que se proponen, la importancia de la actuación, recomendaciones de ejecución en cada caso, y como se ha ejecutado tal actuación.

ii. IMPLANTACION EN ESPAÑA

es.BIM

Hasta inicios del 2019 es.BIM era el principal organismo encargado de la implantación de la metodología BIM en España. Estaba formado por una Comisión, un Comité Técnico y varios Grupos de Trabajos. Hoy en día es.BIM permanece existiendo, pero como un sitio donde se introduce información sobre jornadas, casos de éxito, encuestas y donde también se incluyen los documentos elaborados por los grupos de trabajo, una vez obtenida la conformidad de los miembros.

Comisión Interministerial

La Comisión BIM, como inicialmente tenía el nombre, era un grupo multidisciplinar abierto constituido en 2015 y promovido por el Ministerio de Fomento, con participación de varios agentes con la misión de implantar la metodología BIM en España y reducir los costes de las infraestructuras a lo largo de todo su ciclo de vida. Estos agentes provienen tanto del sector público como del privado, algunos de ellos son:

En febrero de 2019 se crea la Comisión Interministerial para que la implantación de BIM en la contratación pública de forma que permita una actuación eficaz y segura entre la Administración General del Estado y las entidades integrantes del sector público que deban aplicar esta metodología.



La Comisión es un órgano colegiado, adscrita al Ministerio de Fomento y de carácter temporal (una vez implantada la metodología BIM en la contratación pública cesará su actividad), esta compuesta por un presidente, un vicepresidente, once vocales (4 representantes del Ministerio de Fomento, 4 del Ministerio de Hacienda, 2 del Ministerio de Transición Ecológica y 1 de los Ministerios de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, del Interior, de Educación y Formación Profesional, de Industria, Comercio y Turismo, de Economía y Empresa, y de Ciencia, Innovación y Universidades) y un secretario.

FUNCIONES

- Elaboración de un Plan de Incorporación de la Metodología BIM en las licitaciones públicas, en el que se determinará las actuaciones para la incorporación gradual y progresiva, los umbrales mínimos para la obligatoriedad de su aplicación, las medidas para la incorporación de las PYMEs, los criterios de valoración en los pliegos (criterios de adjudicación, especificaciones técnicas del contrato o condiciones especiales de ejecución). En este Plan también se incluirán los estudios relativos a los estándares de código abierto, las medidas para garantizar la seguridad de los datos y las condiciones de utilización.
- Seguimiento de las medidas contenidas en el plan, que consta de revisiones periódicas y desarrollo de informes periódicos al Consejo de Ministros.
- Formación de los profesionales encargados de la puesta en marcha y promoción del uso BIM dentro del ámbito profesional y docente.

COMITÉ TÉCNICO Y GRUPOS DE TRABAJO.

El Comité Técnico se diseña para asistir a la Comisión.

Para el intercambio de información con las comunidades autónomas y las entidades locales con representación de la Federación Española de Municipios y Provincias, se crea un Comité de Coordinación Territorial.

Ambos Comités están formados por expertos tanto del sector público, como del privado.



COLABORACIÓN CON TERCEROS

La Comisión puede colaborar con expertos, interlocutores sociales, entidades y organizaciones públicas y privadas, e invitarlos a sus reuniones, donde se incorporarán con voz, pero sin voto.

Documentos elaborados

Hasta antes de febrero del 2019, los documentados elaborados eran realizados por la Comisión de es.BIM, por ello es que se les hace referencia en alguno de los textos expuestos a continuación:

Observatorio de licitaciones BIM

El objetivo del observatorio de licitaciones BIM es el de verificar la progresión de la inclusión de requisitos BIM en pliegos de licitación pública diferenciados por categorías (tipología de la licitación y agente licitador, fase del ciclo de vida, etc.). El observatorio también analiza en qué forma se incluye BIM en estos pliegos (usos BIM considerados, niveles de detalle, entregables, uso de formatos abiertos, requisitos de colaboración, entre otros)

Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa

Desarrollado debido a la repercusión de las pequeñas y medianas empresas en el sector. Actualmente el 99,96% del tejido empresarial en el sector de la construcción español son PYMES.

Este informe se centra en el BIM como una oportunidad para cambiar, en los riesgos que suponen la implementación BIM en las pequeñas y medianas empresas y elabora unas recomendaciones para la implementación BIM.

Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM

El objetivo es dotar de un instrumento a los promotores con las líneas generales para establecer los pliegos de licitación con requerimientos BIM en función de sus necesidades y capacidades.

La guía hace referencia a tipos de licitación pública, a usos y objetivos BIM y establece recomendaciones sobre el Plan de ejecución, sobre el proyecto, sobre los usos del modelo, los entregables BIM, organización del modelo, verificación de entregables BIM, recursos, gestión de información, análisis de riesgos y oportunidades, procesos BIM y estándares.

Guías de Modelo de Arquitectura

En el se establecen recomendaciones generales y para cada fase del ciclo de vida del proyecto (F0-Estrategia, F1-Estudios previos, F2-anteproyecto, F3-Proyecto Básico, F4-Proyecto de Ejecución/Constructivo, F5-Proyecto de Construcción, F6-Puesta en marcha, F7-Operación y mantenimiento)

Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes

Al igual que en la Guía de Modelo de Arquitecto, en esta guía también se establecen recomendaciones generales y para cada fase del ciclo de vida del proyecto (F0-Estrategia, F1-Estudios previos, F2-anteproyecto, F3-Proyecto Básico, F4-Proyecto de Ejecución/Constructivo, F5-Proyecto de Construcción, F6-Puesta en marcha, F7-Operación y mantenimiento)

Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018

Building Smart y BIMe Initiative elaboraron este documento, en el que se recoge la situación actual de BIM en España y lo que se requiere para su implementación.

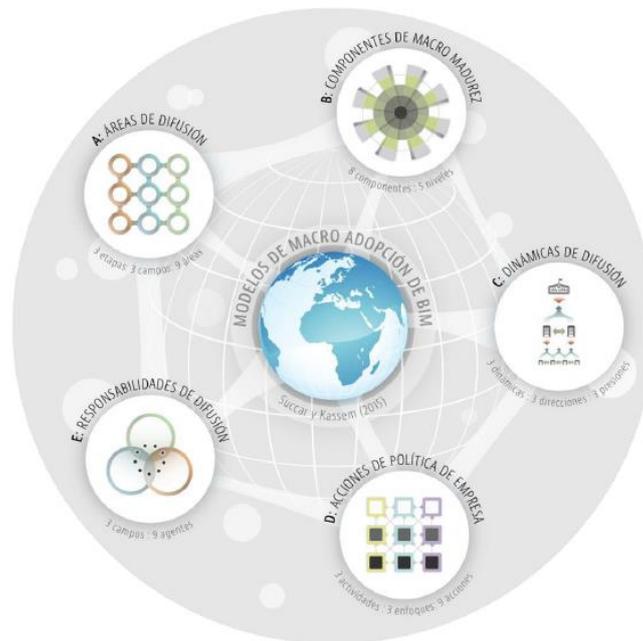


Figura 8. Modelo de Macro Adopción de BIM – España

Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIMe Initiative

Difusión BIM

En España la mayor parte la difusión BIM se centra en tecnología, especialmente en el área de modelado y en menor medida en colaboración e integración. En cuanto a procesos y políticas existe una menor difusión.

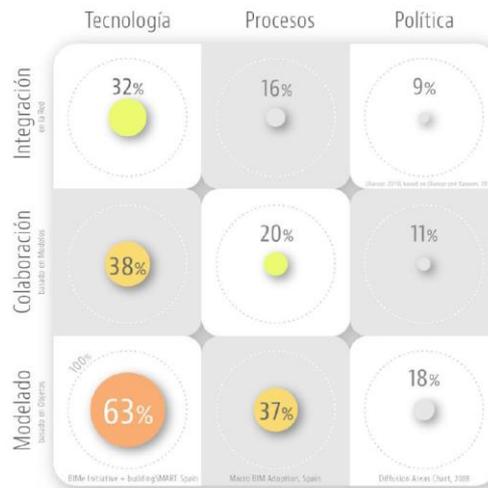


Figura 9. Resultado del análisis según el Modelo de Áreas de Difusión BIM
Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIME Initiative

Nivel de madurez

Se definen 8 componentes: objetivos, etapas e hitos, impulsores, marco normativo, publicaciones notables, aprendizaje y educación, métricas y referencias, partes estandarizadas y entregables, e infraestructura tecnológica.

Existe una alta valoración de los impulsores de la adopción, la infraestructura tecnológica existente en España y el aprendizaje de nuevas tecnologías. Sin embargo, tanto el marco normativo, métricas y referencias, la definición de objetivos, etapas e hitos y la estandarización de BIM tienen un nivel bajo.

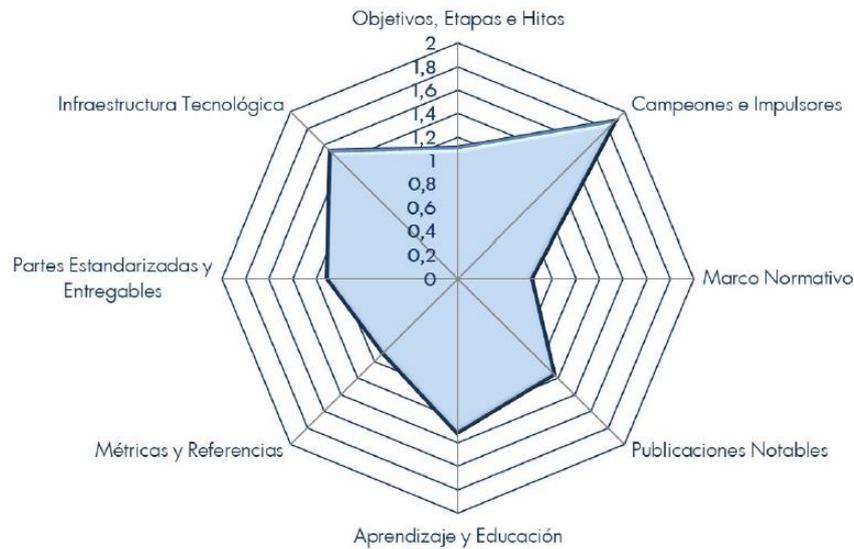


Figura 10. Análisis según el modelo de componentes de macro madurez
Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIME Initiative

Dinámicas de difusión en los mercados

BIM se difunde en los mercados a través de una dinámica descendente (Top-Down), radial (Middle-Out) y ascendente (Bottom-Up).

La adopción de BIM está sujeta a diferentes tipos de presiones de difusión: restrictivo (coercitivo), normativo e imitativo (mimético).

Para grandes organizaciones suelen usarse dinámicas descendentes a través de mandatos, mientras que, en pequeñas empresas, la dinámica de difusión suele iniciarse por intereses particulares de algunos de sus integrantes.

En España este impulso se realiza mayormente desde abajo, es decir, desde la implicación de pequeñas organizaciones y su labor voluntaria coordinada por asociaciones y algunos Colegios Profesionales. Estos resultados se corresponden con la estructura empresarial del sector, dominada principalmente por pequeñas y medianas empresas.

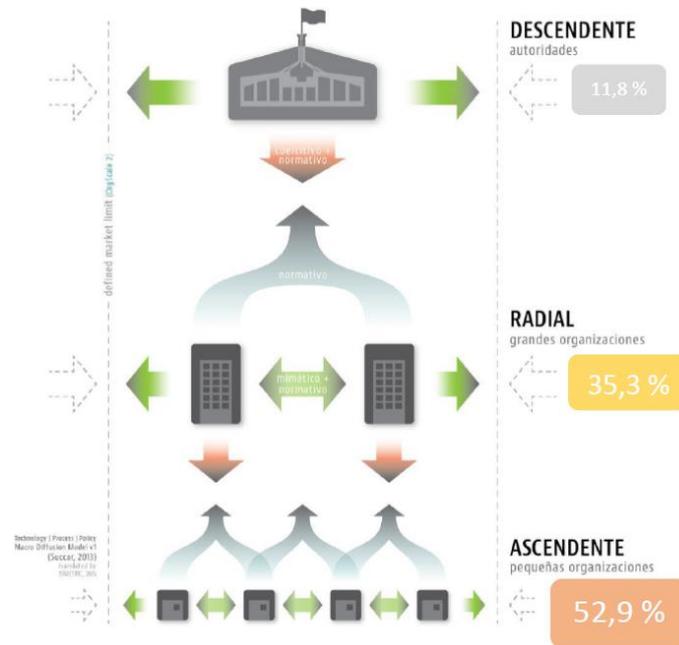


Figura 11. Resultado del análisis según el modelo de dinámicas de difusión.
Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIME Initiative

Acciones de política de empresa

El modelo de acciones de política de empresa tiene tres enfoques diferentes: pasivo, activo y asertivo. A su vez, estos tres enfoques se comparan con tres actividades de política de empresa: comunicar, practicar y supervisar.

Los resultados del estudio indican que la actitud de las organizaciones es principalmente pasiva, centrada más en observar que en incentivar, aplicar o prescribir.

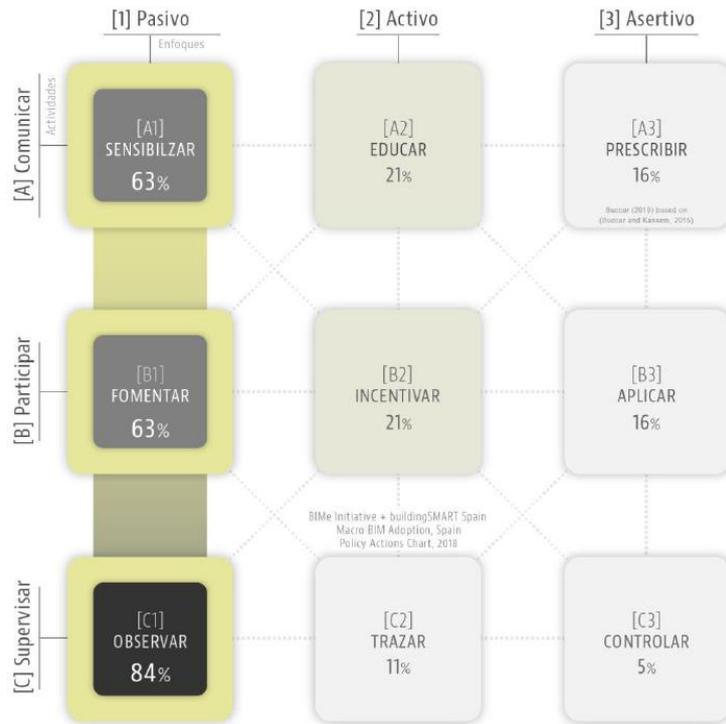


Figura 12. Resultado del análisis del modelo de acciones de política de empresa
Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIME Initiative

Responsabilidades de difusión

Existen ocho grupos de agentes interesados que juegan un papel importante en la difusión de BIM en un mercado: formuladores de política, instituciones educativas, organizaciones de constructores, desarrolladores de tecnología, proveedores de servicios tecnológicos, asociaciones industriales, grupos de usuarios y tecnólogos

Los resultados reflejan que los más activos son los grupos de usuarios y aquellos relacionados con la tecnología, es decir, desarrolladores, proveedores y tecnólogos. Por otra parte, los menos activados son las asociaciones industriales, las organizaciones de constructores, las instituciones educativas y las Administraciones Públicas.

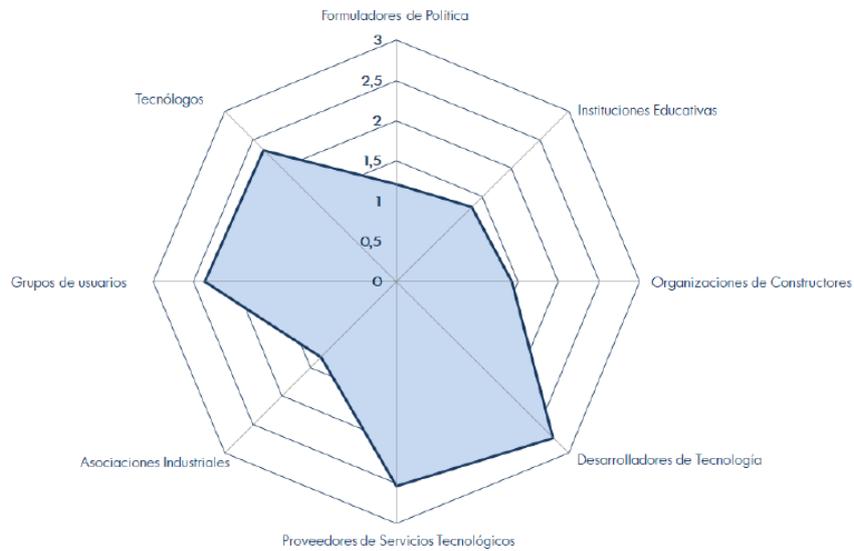


Figura 13. Resultado del análisis según el modelo de responsabilidades de difusión
Fuente: Estudio Marco de Adopción BIM en España 2018 - Building Smart y BIME Initiative

Observatorio

Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española

En el último informe realizado en julio del 2019 por es.BIM y publicado en el texto *“Observatorio de Licitaciones - Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española (Informe 07-Primer Semestre 2019)”*, se recogen los resultados del análisis de un total de 517 licitaciones públicas que incluyen algún requisito BIM entre sus pliegos y han sido publicadas en el periodo que comprende desde comienzos del 2017 hasta el primer semestre del 2019.

Inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM

El desglose anual del número e inversión en las licitaciones públicas con requisitos BIM se detalle en la siguiente tabla:

	Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM			
	2017	2018	2019*	Total
número	106	216	195	517
inversión (m€)	264,5	424,8	843,8	1.532,7

* 1er semestre 2019

Tabla 1. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Niveles de la administración

Entre los niveles de la administración, el mayor dinamizador de requisitos BIM publicados, es el nivel autonómico con un total de 279 licitaciones publicadas y alcanza una inversión de 591,1 m€ (55% de la inversión total acumulada desde 2017).

Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM – según nivel de administración				
	Autonómica	Estatal	Local	Otros
número	279	106	98	33
inversión (m€)	591,1	224,9	181,3	74,5

Tabla 2. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM – según nivel de administración
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Los valores desglosados por años muestran que a nivel Estatal, en el primer semestre del 2019 ya casi se ha duplicado el número y la inversión realizada en 2018 y que los valores del nivel Autonómico disminuyen respecto año anterior tanto.

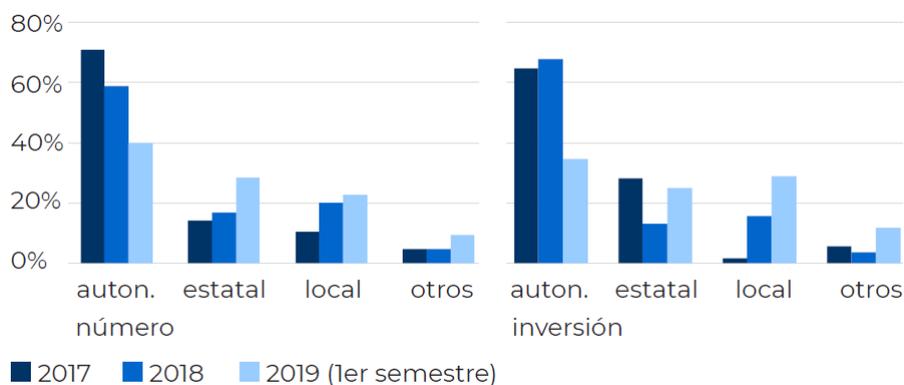


Figura 14. Número e inversión en las licitaciones públicas con requisitos BIM por año y nivel de la administración.
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Distribución nacional

La Comunidad Autónoma con mayor inversión acumulada de licitaciones es Cataluña, seguida del País Vasco, la Comunidad Valenciana y Madrid.

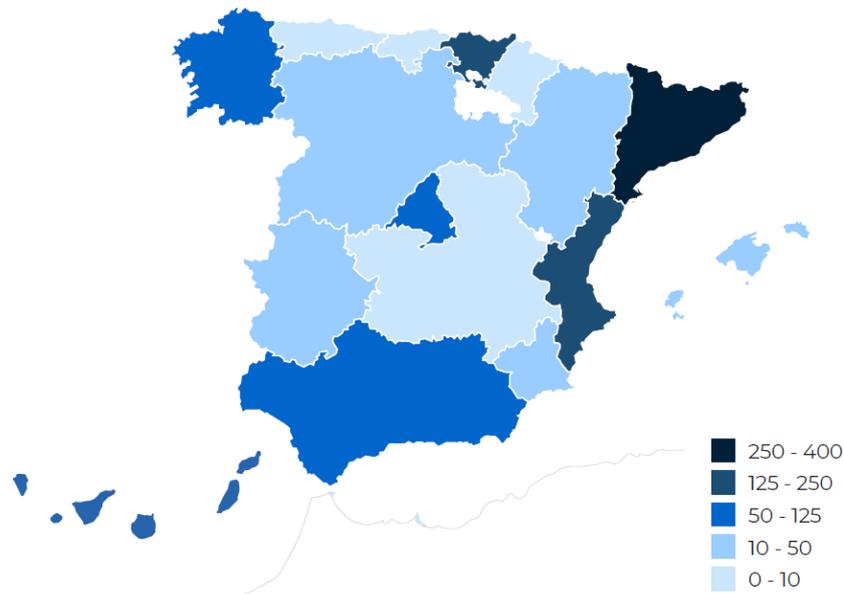


Figura 15. Mapa de la distribución del valor estimado de contrato total acumulado por CCAA (millones de euros).
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Indicadores cualitativos y madurez

En términos de madurez BIM, también se analizan las licitaciones públicas con requisitos BIM en base a unos indicadores cualitativos preestablecidos y registrando su inclusión o no, en los pliegos. Estos indicadores son los siguientes:

- si se requiere algún tipo de entregable BIM;
- si está definido algún uso BIM;
- si se requiere el uso o entrega de formatos abiertos;
- si se requiere la realización de un Plan de Ejecución BIM;
- la incorporación de personal especializado en el equipo técnico;
- si hay establecidos o se hace referencia a algún estándar existente, bien sea nacional o internacional;
- si se requiere el uso de un sistema de clasificación;
- estrategias de colaboración;
- si están definidos los requisitos de información del cliente; y
- si se requiere expresamente controlar la calidad del modelo BIM.

En el total acumulado del periodo, destaca en primer lugar la definición de entregables seguido de los usos y formatos abiertos.

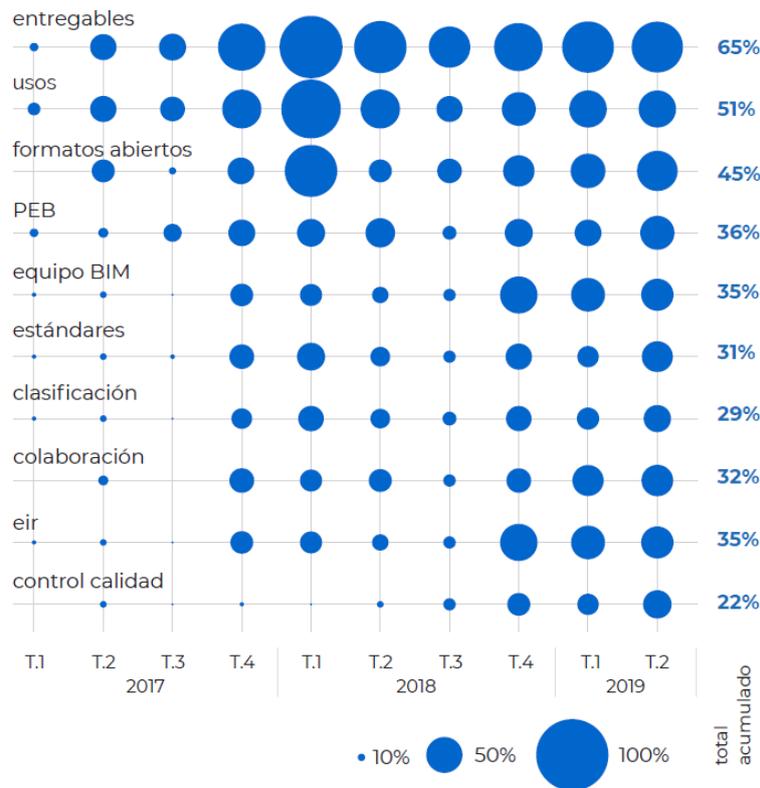


Figura 16. Evolución trimestral de los indicadores cualitativos en las licitaciones públicas con requisitos BIM. Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

En cuanto a la evolución trimestral, se observa una evolución gradual, con un salto importante a finales de 2018, fecha desde que la inclusión de un control de calidad específico BIM se empieza a introducir. Actualmente se puede decir que una de cada tres licitaciones, tiene un nivel de madurez avanzado, en comparación con la media.

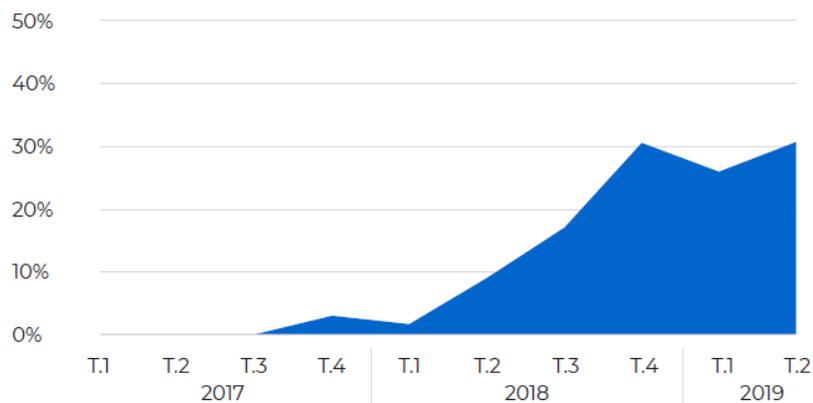


Figura 17. Evolución trimestral de la madurez BIM de los pliegos de las licitaciones públicas con requisitos BIM en base a los indicadores cualitativos mínimos establecidos. Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Sector de edificación vs Sector de infraestructuras

Inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM

El sector de la edificación supone un 72% (372 licitaciones) frente al 28% (142 licitaciones) de Infraestructuras sin embargo en términos de inversión el resultado final muestra que se ha invertido 672,9 millones de euros en edificación y 394 millones de euros en infraestructuras. En general, ambos sectores han incrementado el número de licitaciones y de inversión en este periodo.

	Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM							
	Edificación				Infraestructuras			
	2017	2018	2019*	Total	2017	2018	2019*	Total
número	93	154	125	372	13	62	67	142
inversión (m€)	222,3	271,6	178,9	672,9	42,2	153,1	198,7	394

* 1er semestre 2019

Tabla 3. Número de inversión en licitaciones públicas con requisitos BIM según sector (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Tipología y uso

Tanto en los proyectos de edificación como en infraestructuras predominan el número de los proyectos de rehabilitación frente a los de obra nueva, aunque en acumulado la inversión en obra nueva es superior al de rehabilitación en ambos sectores.

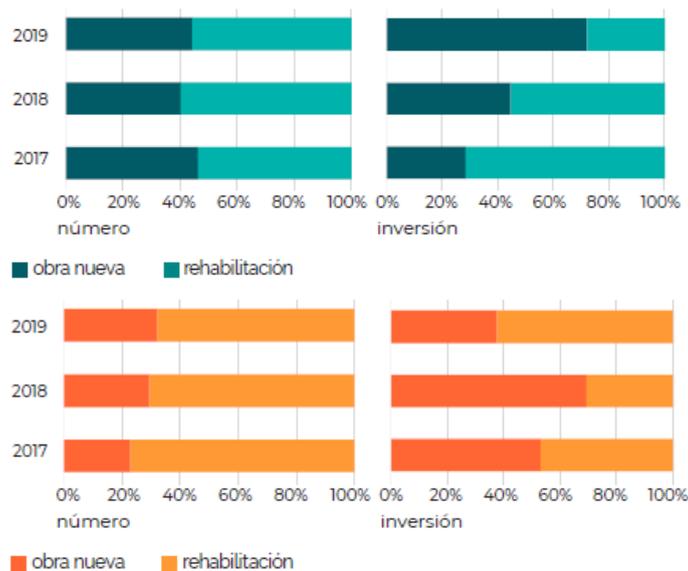


Figura 18. Licitaciones públicas con requisitos BIM por tipo de obra (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

En el sector de edificación las edificaciones con fines sanitario o educacional, son los que tienen un mayor número de licitaciones e inversión. Mientras que en el sector de infraestructuras predominan en número e inversión las carreteras y los ferrocarriles

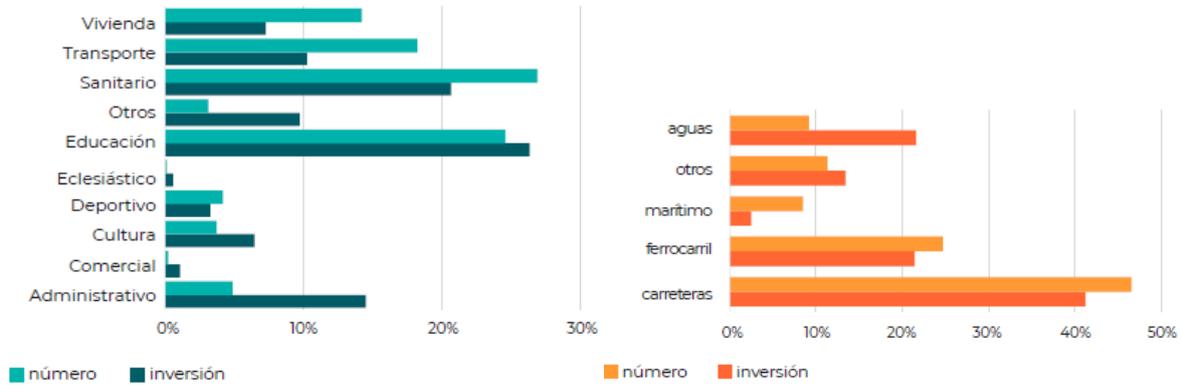


Figura 19. Licitaciones públicas con requisitos BIM según usp (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Nivel de la administración

En ambos sectores el nivel autonómico es el mayor dinamizador ya que ha publicado una de cada dos licitaciones del total acumulado en estos tres años. En cuanto a inversión se mantiene esta proporción. Un pequeño matiz diferenciador se registra en el sector de infraestructuras, en el que a nivel estatal ha ganado fuerzas en el último año y ha aumentado el número e inversión de licitaciones.

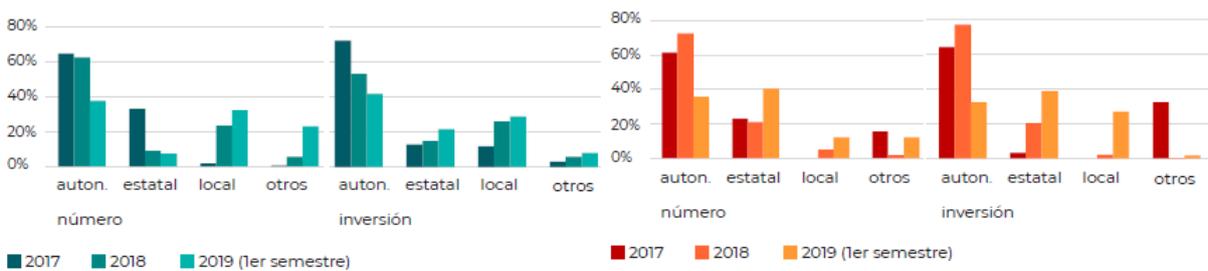


Figura 20. Licitaciones públicas con requisitos BIM por nivel de la administración (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Distribución nacional

La mayoría de las comunidades autónomas han realizado licitaciones con BIM en los últimos años. En edificación, Cataluña, Madrid y Andalucía, son las comunidades en las que se ubican los proyectos con una mayor inversión acumulada. Mientras que, en infraestructura, se encuentran en País Vasco, Comunidad Valenciana, Cataluña y Galicia.

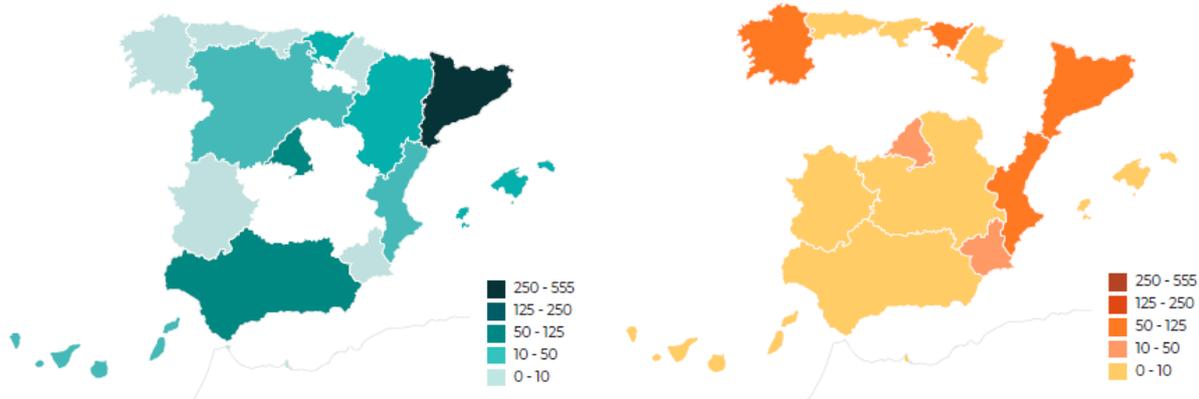


Figura 21. Distribución del valor estimado de contrato total acumulado por CCAA (millones de euros) en infraestructuras (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Fase objeto del contrato

En edificación al inicio del periodo se generaban mayormente contratos de Diseño y Dirección Facultativa y actualmente se generan en fase de construcción. En infraestructuras, al contrario que en edificación, durante todo el periodo hay un predominio en requerir el uso de BIM en fase de ejecución de obras. No obstante, progresivamente ha ido aumentando el número de licitaciones en fase de diseño.

En términos de inversión, en ambos sectores en fase de construcción se realiza la mayor inversión, alcanzando un 70% del total acumulado, debido también a que normalmente el presupuesto base de licitación en estos contratos es mucho mayor.

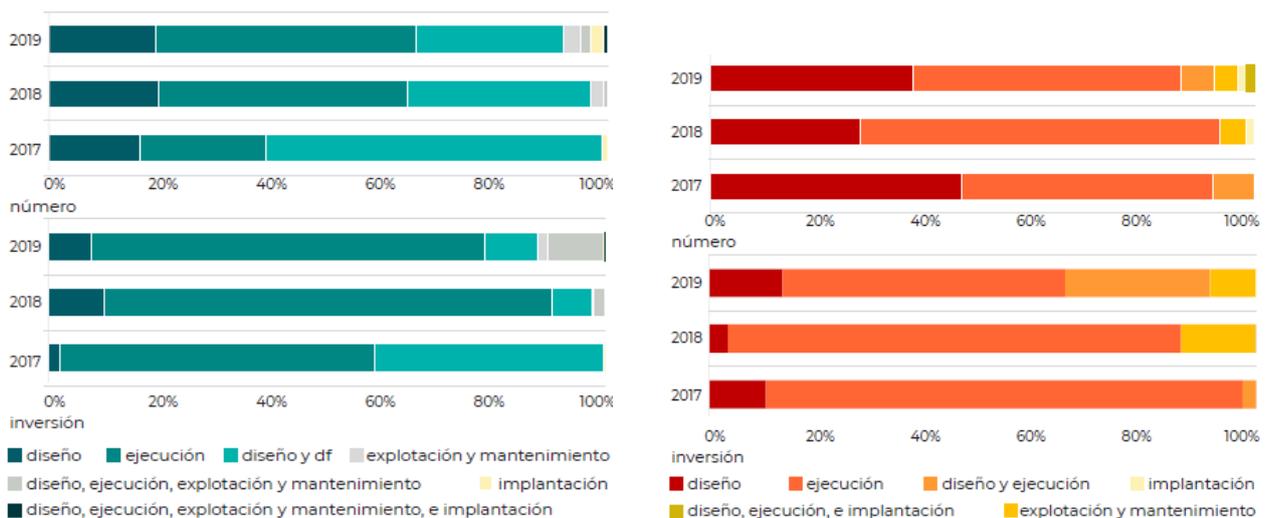


Figura 22. Licitaciones públicas con requisitos BIM por año y fase (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Obligatoriedad

Actualmente en ambos sectores, se distingue que en licitaciones públicas con BIM, el requisito de su uso es en su mayoría obligatorio y valorable u obligatorio.

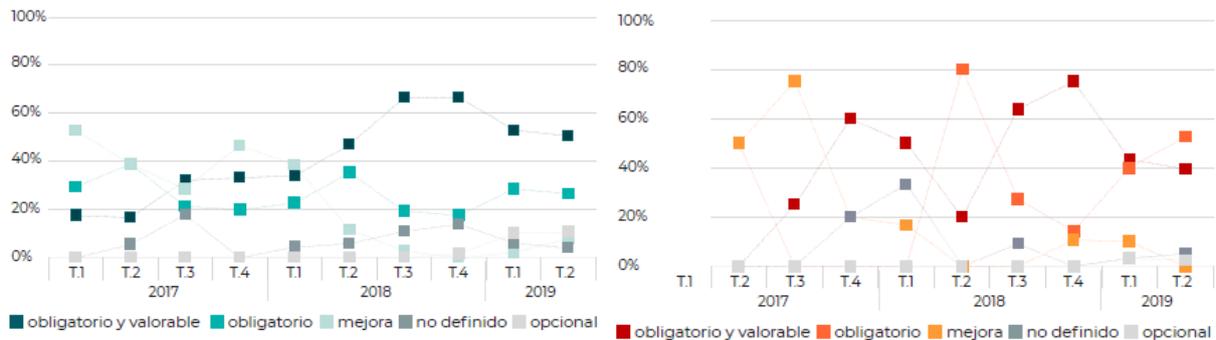


Figura 23. Obligatoriedad de las licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Usos y Entregables BIM

Los usos BIM pueden aplicarse en diversas formas, estos pueden ser la integración de disciplinas y coordinación 3D, documentación, mediciones, explotación y mantenimiento, simulación constructiva, visualización, otros. Los entregables usuales son el Plan de Ejecución BIM, planos extraídos del modelo, modelo en formato nativo, modelo en formato abierto, archivo nativo 4D, presupuesto integrado en el modelo.

Con respecto a los usos BIM, la demanda evoluciona a lo largo de estos tres años con un patrón bastante similar en ambos sectores. En edificación, únicamente el 46% de las licitaciones define los usos BIM. De estas, al menos definen un uso BIM el 63%. Cifra similar se alcanza en infraestructuras, donde se define algún uso BIM en el 64% de las licitaciones públicas con requisitos BIM.

En edificación los tipos de usos más requeridos son la integración y coordinación 3D, documentación y visualización (56%, 53% y 52%). Mientras que los usos más demandados en infraestructuras son visualización, integración y coordinación de disciplinas y documentación (79%, 51% y 49%).

Actualmente, en edificación el porcentaje del uso de mediciones y simulación constructiva ha aumentado, y en infraestructuras en general aumentan los tipos de usos y el número de licitaciones que los requieren.

Añadir también que en infraestructuras el 45% contempla entre sus usos la explotación y mantenimiento, a diferencia en edificación, que solo lo considera en un 38%

En relación con la definición de los entregables BIM, estos deberían estar en concordancia con los usos BIM definidos en la licitación, pero los valores muestran que en edificación el 20% de las licitaciones que sí definen entregables BIM no definen el uso BIM esperado, y en infraestructuras se sigue observando que en los pliegos no están definidos todos los entregables relacionados con los usos establecidos en los mismos.

En cuanto a los entregables BIM más pedidos, en edificación lo son la entrega del modelo en formato nativo, en formato abierto y el Plan de Ejecución BIM (73%, 58% y 50%), y en infraestructuras lo son modelos en formato nativo, modelos en formato abierto IFC, Plan de Ejecución BIM y planos extraídos del modelo (86%, 86%, 66% y 42%).

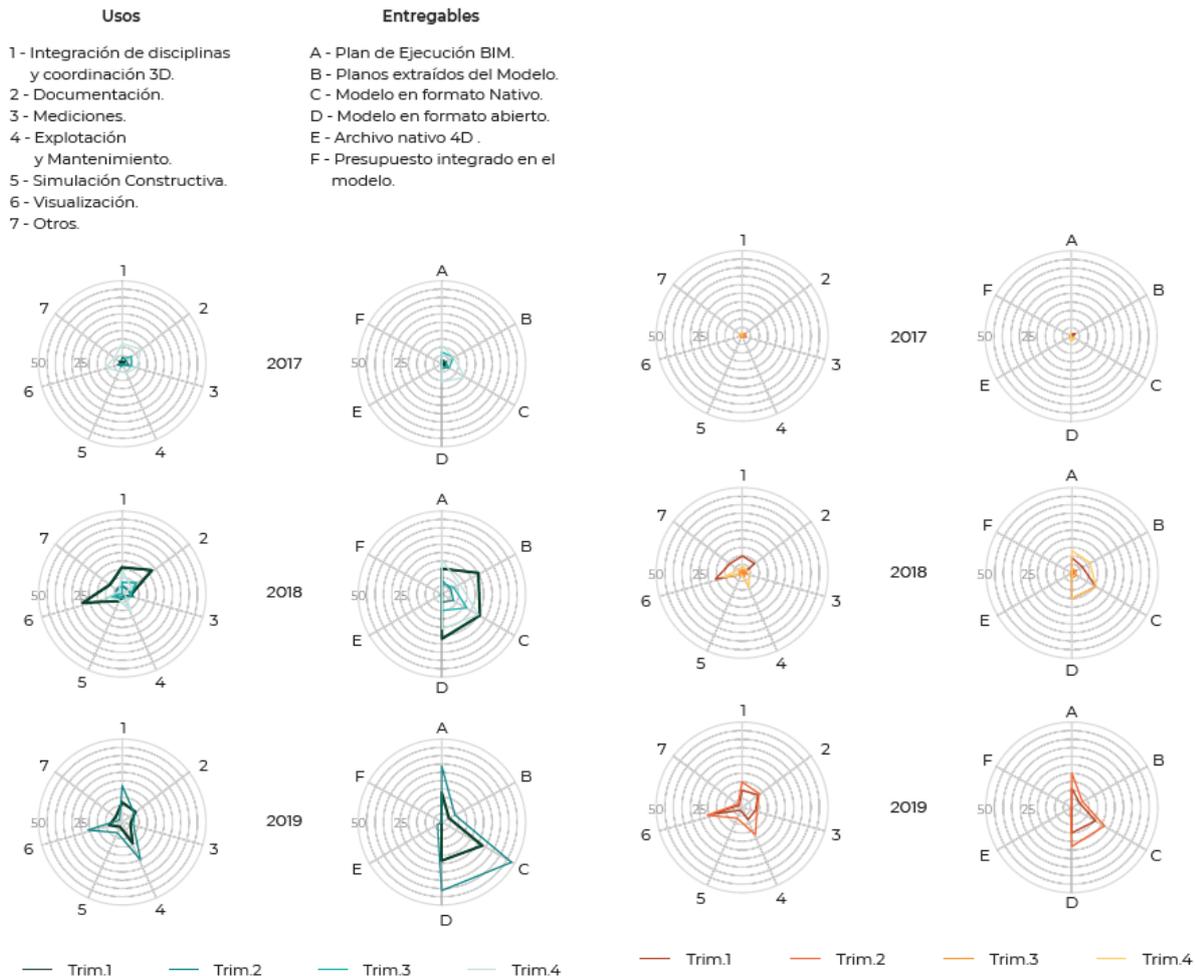


Figura 24. Usos y entregables BIM en las licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Niveles de información

El número de las licitaciones en las que se requiere la entrega del modelo BIM en formato nativo u abierto y requiere de un nivel de información o de desarrollo del mismo, es mayor en infraestructuras que en edificación (89% frente al 70%), pero sí coinciden en la forma de requerirlo, predominando su definición tras la adjudicación del contrato (50%).

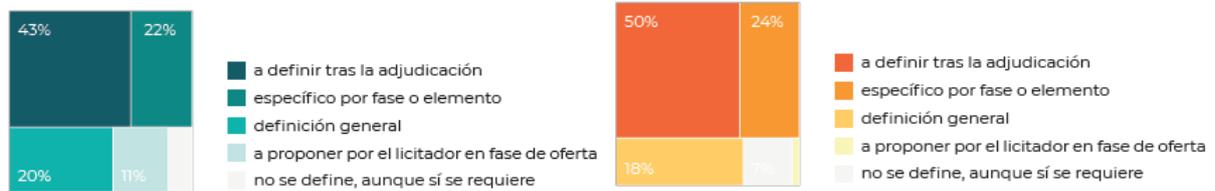


Figura 25. Licitaciones públicas con requisitos BIM con entregable del modelo BIM según la definición del Nivel de Información (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Indicadores cualitativos y madurez

Las licitaciones en infraestructuras tienen en general porcentajes más altos de los indicadores en comparación con el sector de la edificación. Cabe destacar el alto porcentaje de licitaciones que definen usos BIM frente al de edificación (64%-46%). El uso de formatos abiertos es más requerido en infraestructuras (57% frente al 40%); personal especializado en el equipo técnico (49% frente al 29%); uso de estándares (42% frente al 27%); clasificación (39% frente al 25%); uso de entorno común de datos (48% frente al 25%); están definidos los requisitos de información del cliente (EIR) (40% frente al 23%); y control de calidad (32% frente al 18%).



Figura 26. Indicadores establecidos en licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)
Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

La evolución de la madurez está cuantificada en base al cumplimiento de los indicadores cualitativos mínimos (usos, entregables, Plan de Ejecución BIM, nivel de desarrollo, uso de formatos abiertos, estándares, clasificación, requisitos de colaboración y control de calidad). En el periodo, el 15% de

las licitaciones de edificación tienen definidos los indicadores mínimos. Mientras que, en infraestructuras, lo tienen en un 27%.

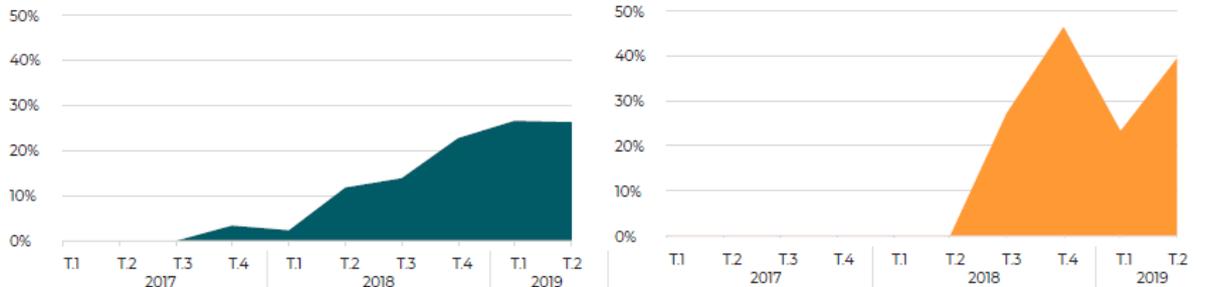


Figura 27. Evolución de la madurez BIM de los pliegos de las licitaciones públicas con requisitos BIM (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

Por comunidad autónoma, en edificación sólo algunas licitaciones de Cataluña, País Vasco, Andalucía y Madrid, cumplen con estos indicadores, con un 32%, 21%, 4% y 2% respectivamente. En infraestructuras, Castilla la Mancha, Comunidad Valenciana y Cataluña, son las CCAA donde mayor número de licitaciones incluyen en sus pliegos los requisitos (100%, 47% y 46% respectivamente).

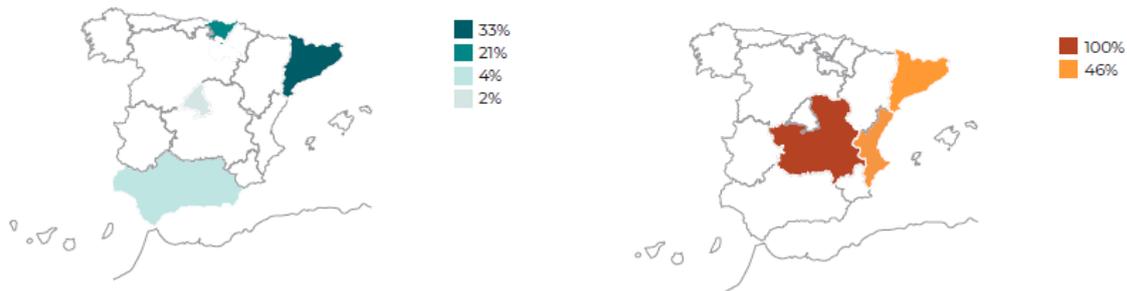


Figura 28. Mapa de la madurez BIM en case al cumplimiento de los indicadores cualitativos mínimos establecidos (Izq. Edificación - Der. Infraestructura)

Fuente: Observatorio de Licitaciones – Informe 07 es.BIM

3.7 BIM EN CARRETERAS

es.BIM en su documento de BIM en infraestructuras lineales, recoge que en este tipo de obras se requiere contar con información organizada y clasificada relativa a cartografía, información lineal de la traza, sección tipo, puentes, estructuras y muros, túneles, medio ambiente, drenaje, geotecnia y tratamientos del terreno, planificación de obra, servicios afectados, entre otros, de esta forma existirá uniformidad, coherencia, mayor comprensión de la información y versatilidad en la gestión.



Modelado virtual 3D

Las ventajas de realizar un modelado de este estilo es que favorece la visualización, proporciona mejor comprensión y comunicación, permite coordinar sus elementos e integrarlos en el entorno, se detectan colisiones, incongruencias y se validan de forma más eficaz las soluciones

Requerimientos del software

El software para obras de este tipo requiere: visualización en 3D, generación planos 2D, coordinación entre diferentes modelos en un modelo federado, detección de colisiones, comprobación de normativa, visualización 4D (programación de obra y verificación de su progreso), determinación de mediciones y coste final 5D, interoperabilidad: Intercambio de información entre aplicaciones diferentes, comparación de diseñado frente a construcción, uso del modelo en operación y mantenimiento, permitir la incorporación de datos iniciales: datos GIS, estado actual, estructuras

Dificultades en el uso de BIM en infraestructuras

Las principales dificultades desde el punto de vista de las empresas, radica en la inversión inicial, la menor productividad inicial producto de la curva de aprendizaje, la necesidad de adaptación de procesos y la inercia al cambio.

Como condicionantes externo se encuentra el sistema de contratación, que implica mayor peso del proyecto en el coste total, la propiedad de la información y responsabilidades dentro del modelo, la falta de modelos y estándares y el software que no ha evolucionado lo suficientemente aún.

El problema principal de la evolución 'lenta' del BIM en obra civil (en concreto carreteras) es debido a la falta de estandarización de los modelos y archivos de salida, al contrario que pasa en edificación, de forma que sean compatibles entre todo el software que hay disponible y que va evolucionando. Esto provoca que actualmente haya una dispersión de software importante en el mercado sin ninguno que aúne todos los requisitos para hacer del modelado BIM algo 'práctico' Por ello, y aunque en teoría se habla teóricamente de diciembre de 2019 para exigir modelo BIM en los contratos de servicio de redacción de proyecto de nuevas actuaciones, habría que darse prisa en definir estos aspectos claves.

i. ROADBIM

Los miembros de este proyecto son empresas como SACYR, TYPESA, APLITOP, APOGEA y la Universidad Politécnica de Valencia. Este proyecto nace del Programa Estatal de I+D+i del Gobierno de España y trata de promover el desarrollo de sistemas de transporte que usen los recursos

eficientemente gracias a la incorporación de las nuevas tecnologías. Este proyecto, con un importe de ejecución de casi 2,2 millones de euros, está financiado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) del Ministerio de Economía y Competitividad, dentro del programa FEDER.

El objetivo de este proyecto es lograr un desarrollo más eficiente de los proyectos constructivos de carreteras durante toda su vida útil mediante la aplicación de la tecnología BIM en un formato de intercambio OpenBIM, donde se incorporarán diferentes variables a considerar en los proyectos de carreteras con especial atención a la Seguridad Vial, Análisis de Ciclo de Vida y lo recogido en normativa y estándares internacionales existentes o futuras.



Figura 29. Esquema resumen de los objetivos de ROADBIM
Fuente: Implantación de BIM en España – esBIM

Específicamente, este proyecto busca diseñar y desarrollar un formato de intercambio BIM de carreteras, implementar las normativas de carreteras en el modelo BIM, incorporar el análisis de las variables de Seguridad Vial en el modelo BIM, desarrollar las aplicaciones BIM para la gestión integral de proyectos de carreteras y validar las aplicaciones BIM desarrolladas para proyectos de carreteras.

Esquemáticamente, los trabajos de ROADBIM son los que se presentan en el siguiente gráfico:

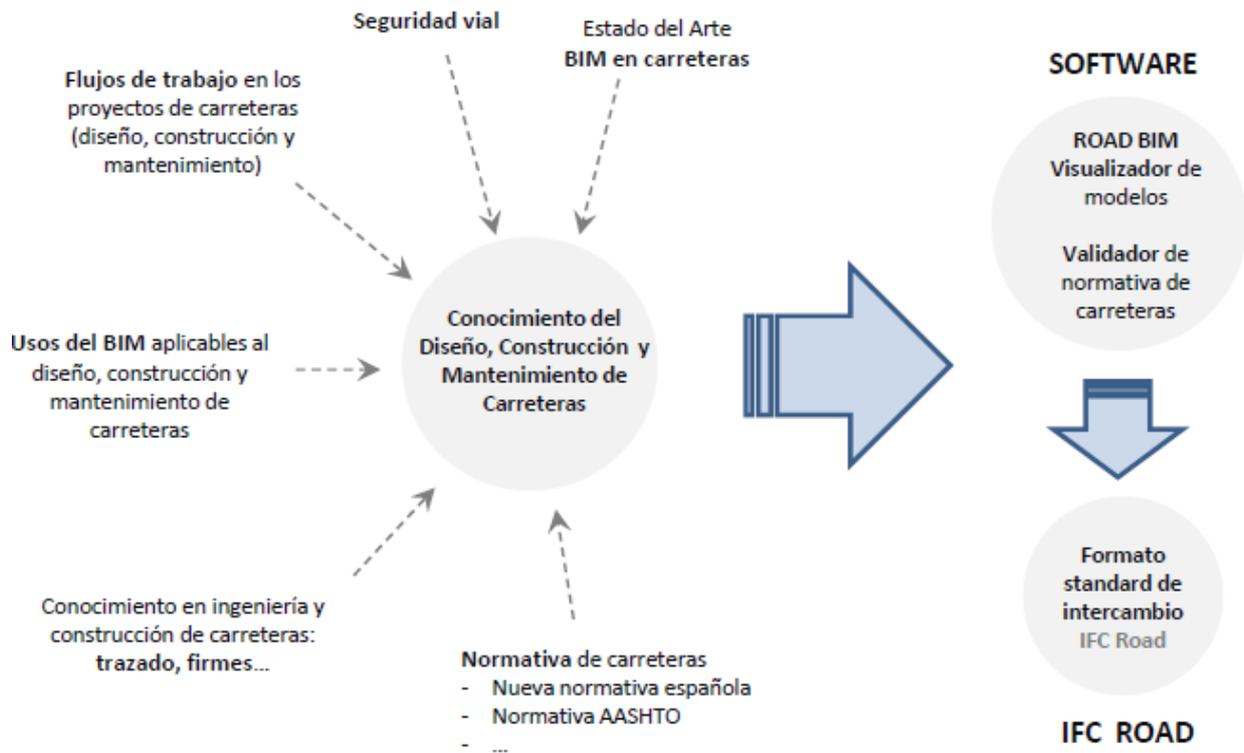


Figura 30. Descripción gráfica de ROADBIM
Fuente: Implantación de BIM en España – esBIM

Plan de Trabajo

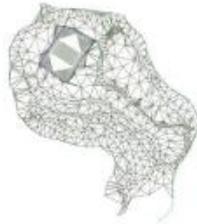
El Plan de trabajo de ROAD-BIM se centra en:

Diseño y desarrollo de formato de intercambio para BIM de carreteras

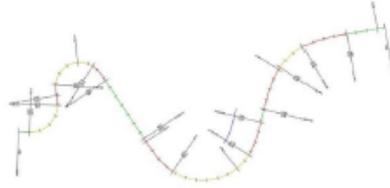
En el que se garantice una comunicación bidireccional con cualquier software de diseño, análisis y gestión, con uso de estándar abierto (OpenBIM) y colaboración entre todos los agentes sin pérdidas de información.

Estos formatos abiertos, son los IFCRoad e IFC Alignment. En el IFC RoadElement, por ejemplo, se incluyen los elementos relacionados con la superestructura de la carretera: firmes y arcenes.

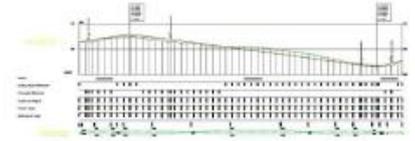
Algunos ejemplos de ficheros IFC Alignment:



Superficies topográficas



Alineaciones en planta



Alineaciones en alzado

Formatos de fichero: IFC, LandXML, DWG, JPG, XLS



Horizontal alignment.dwg



Horizontal alignment.JPG



Horizontal alignment.xls



Horizontal alignment.XML



Horizontal alignment.IFC

Figura 31. IMPLEMENTACIÓN IFC Alignment - Ficheros de ejemplo
Fuente: Implantación de BIM en España – esBIM

Como futuros trabajos se prevé verificar la propuesta realizada sobre estructura 'espacial' de un proyecto de carreteras, completar la categorización de los elementos 'físicos' de la carretera, realizar una propuesta de propiedades predefinidas property sets en función de las categorías anteriores y de los usos BIM, creación de pequeños ejemplos (ficheros IFC) que validen todo lo realizado hasta el momento.

Análisis e implementación de normativas de carreteras

Se tienen en cuenta especificaciones de diseño geométrico y de secciones de firme según normativas y estándares internacionales vigentes, buscando una interpretación de normativas de forma ágil, sencilla y directa, con algoritmos para poder definir los elementos esenciales de la normativa de carreteras de España y otros países y una validación automática de su cumplimiento, para lo cual es necesario, analizar todos los preceptos normativos, analizar y jerarquizar los controles y sus umbrales, identificar las posibles excepciones y facilitar los fundamentos para su justificación. También se busca un editor de normativas geométricas y de firmes.



Análisis de Seguridad Vial con información BIM

Incorporar las variables de seguridad Vial al formato de intercambio BIM para carreteras, permitiendo su interrelación automática con el resto de variables implicadas en el diseño de carreteras, tales como:

- Análisis y desarrollo de perfiles de velocidad de operación: Estimación de la velocidad de operación a partir de modelos matemáticos, influencia de vehículos pesados, perfiles de velocidad para el tronco y ramales
- Análisis y desarrollo de consistencia del diseño geométrico: Modelo de consistencia locales - puntos conflictivos (cambio brusco velocidad), modelos de consistencia globales - indicadores de buen o mal diseño de un tramo
- Análisis y desarrollo de visibilidades disponibles y necesarias: Desarrollar procedimientos para el análisis automatizado de la comparación entre las visibilidades disponibles y necesarias, considerando velocidades de proyecto y operación.
- Utilización del simulador de conducción para auditorías de seguridad vial.

Desarrollo de aplicaciones BIM para proyectos de carreteras

Con estas aplicaciones se pretende una visualización del proyecto mediante visor de proyectos BIM, realizar el diagnóstico detallado sobre el cumplimiento de la normativa vigente aplicable y soporte para excepciones, conexión del BIM con simuladores de conducción para auditoría de seguridad vial por usuarios e integración en el modelo BIM de variables energéticas y medioambientales consideradas en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la carretera y el Análisis de Coste de Ciclo de Vida (ACCV) de firmes.

Validación de las aplicaciones BIM desarrolladas para proyectos de carreteras:

Validación, mejora y versión final de todas las aplicaciones, validación de la conversión de formatos:

- Proyecto de carretera en España: fase de diseño, fase de construcción, fase de explotación y fase de mantenimiento
- Proyecto de carretera en otro país: fase de diseño, fase de construcción, fase de explotación y fase de mantenimiento



- Validación de análisis de seguridad vial de un proyecto de carretera en España
- Validación de ACV y ACCV de una carretera en España

Productos previstos

Editor de normativa de diseño geométrico y de normativa de firmes

Tipo de licencia: comercial.

Se pretende contemplar la normativa española, colombiana y AASHTO, analizando los tipos de proyecto, tramos de carreteras, velocidades, visibilidades y demanda de tráfico. También se incluirá el trazado en planta (rectas, curvas circulares, curvas de transición, peraltes y coordinación de elementos trazado), trazado en alzado (inclinación de las rasantes, acuerdos verticales, coordinación con la planta) y sección transversal (carriles, elementos de la sección, sobreechamientos, secciones circulares)

Visor de proyectos BIM en carreteras

Tipo de licencia: libre.

Esta aplicación se desarrollará para poder trabajar en versiones de Windows, WebGL y realidad virtual. Los parámetros a considerar son eje, carril, sentido de la marcha, posición del observador y velocidad. También se tendrá en cuenta para su representación, el PK, coordenadas, terreno natural, calzada, cunetas, taludes, líneas blancas, señalización, elementos de defensa y condiciones climáticas.

Validador de proyectos BIM de carreteras

Esta aplicación se desarrollará para poder trabajar en versiones de Windows, WebGL y realidad virtual. El procedimiento consiste en la subida del proyecto completo en formato IFC Road, selección de la normativa aplicable, validación de la normativa de diseño geométrico, validación de la normativa de secciones de firme, generación de informes de validación y consulta detallada de resultados.

Aplicaciones de Seguridad Vial

Tipo de licencia: comercial.



Aplicación que tiene en cuenta parámetros como:

- Perfiles de velocidad de operación
 - Informe de velocidades de operación estimada por tramos (vehículos ligeros y pesados)
 - Representación gráfica de velocidades
 - Información mostrada en tiempo real sobre el visor
- Visibilidades disponibles y necesarias
 - Representación gráfica de zonas con visibilidad disponible inferior a la necesaria
 - Informe con valores analíticos
 - Advertencia en tiempo real sobre visor
- Consistencia del diseño geométrico
 - Generación de tramos de geometría homogénea
 - Determinación de la consistencia global
 - Representación de cambios bruscos en la velocidad de operación
 - Comprobación de la consistencia del trazado en planta de la nueva 3.1 IC

Aplicación de exportación automática para simulador de conducción

Tipo de licencia: comercial.

Se busca la generación de archivo de intercambio para simulador

Aplicación para cálculo de indicadores para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) / Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV)

Tipo de licencia: comercial.

Análisis del Ciclo de Vida, en el que se incluyen atributos de la metodología MEEUP (Análisis de Ciclo de Vida para Productos que Utilizan Energía), emisiones a aire y emisiones al agua.



Análisis del Coste del Ciclo de Vida, en el que se incluyan secciones de firme, tráfico y actividades de mantenimiento y rehabilitación.

Conversiones y plugins de aplicaciones comerciales

Tipo de licencia: por determinar.

Aplicación que permita realizar la conversión de los formatos más habituales, el desarrollo de extensiones para aplicaciones conocidas y adaptación de MDT (integración en flujos de trabajo BIM, validación de la norma 3.1 IC y otras normativas de carreteras, importación y exportación de nuevos estándares IFC y simulación mejorada de conducción)

ii. VERIFICACIÓN DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA DE CARRETERAS Y ADAPTACIÓN A BIM

En el texto BIM para infraestructuras de carreteras: verificación de la normativa de diseño geométrico elaborado por la Universidad Politécnica de Valencia, se recoge que en España actualmente los proyectos de carretera abordan el diseño geométrico mediante modelización 2D de planta, alzado y sección transversal. La representación con este formato es usada para el control y transferencia de información, en los que el proceso de verificación es una tarea difícil y propensa a errores.

Para realizar la comprobación de la normativa de forma automática se requiere del uso de un formato estándar de intercambio de datos, siendo la falta del mismo la causa de lento progreso en este campo.

El proceso de verificación, hoy en día no se puede realizar de forma automática en su totalidad, porque hay normas que podrían ser interpretadas por las computadoras, pero algunas son muy difíciles de automatizar y requieren de la interpretación de un humano

La alta frecuencia de cambio de las diferentes normativas es otra de las principales dificultades en la verificación automática del cumplimiento de la normativa, que hace necesario actualizar los algoritmos de cumplimiento. En el caso de las carreteras los códigos son menos numerosos y más sencillos de aplicar, por lo que debería ser más fácil identificar qué normas pueden ser automatizadas y su implementación.

Actualmente hay software que permite verificar normativa como Ispol, Clip, Inroads, Civil 3D o MDT, aunque éstos trabajan sobre un formato propietario y el desarrollo de un formato estandarizado podría suponer un avance importante.



Problema y propuesta

Las comprobaciones que exige la normativa de carreteras se pueden automatizar en su gran mayoría, para poder realizarlo a partir de archivos IFC es necesario definir qué normas se pueden automatizar, qué información debería haber en los archivos IFC, cómo se ordenará esa información y finalmente qué método se seguirá para realizar dicha verificación.

En este documento y en base a la norma 3.1 IC Trazado, se seleccionan algunos criterios de control del diseño geométrico que son completamente automatizables. A partir de ahí, y en base a un archivo IFC, proponen métodos para insertar la información necesaria en el propio archivo. Los resultados demostraron que la verificación de los criterios de diseño geométrico completamente automatizables y que no requieren intervención del usuario, han resultado sencillos de implementar.

Aunque estos datos, que son necesarios para la comprobación de la normativa y que están presentes en el formato original de Alignment (datos de geometría: radios, longitudes, etc.), tienen mayor versatilidad para su automatización, existen otros datos que pueden ser deducidos a partir de estos, por ejemplo, el radio del círculo osculador de una clotoide a partir de la longitud y el parámetro A. A estos dos grupos, se le añade otro grupo de datos más que deben ser añadidos en el archivo IFC y que no están presentes en el formato actual de Alignment.

El modo en que se añadan el último grupo de datos será importante para la funcionalidad del formato. Las posibilidades son:

- Convertir esos datos en atributos necesarios para la definición de la entidad. Esta posibilidad supone producir variaciones en el esquema IFC y da lugar a definiciones rígidas para su uso, que puede verse afectado si se modifica la normativa.
- Tratarlo como propiedades predeterminadas (Properties Set o PSETs). El esquema IFC no se ve afectado y lo único que se hace es añadir información adicional vinculada a elementos del modelo, donde si la norma cambia no se ve afectado el esquema IFC.

Los resultados demuestran que los datos añadidos como PSETs han podido ser fácilmente captados en una primera fase de desarrollo.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Los trabajos a realizar parten del desarrollo de una maquetación digital de la infraestructura existente, la cual estará apoyada sobre el terreno natural.



A continuación, se elaborará una maquetación de la infraestructura rediseñada en base a la propuesta de mejora relacionada a la seguridad vial y cuya justificación se detalla líneas abajo, pero que se encuentra en mayor amplitud en el Trabajo Final de Máster *“Estudio de la percepción ciclista en intersecciones de carreteras convencionales. Aplicación práctica a la glorieta localizada en la carretera CV-310 PK 15+750 (Provincia de Valencia)”* del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de esta misma autora.

Como paso siguiente, se añadirá al modelo la planificación de los trabajos, entendido esta como la distribución temporal de las actividades requeridas y dispuestas según un orden lógico de realización de tareas, y que, además, tenga mínima afección sobre el tráfico actual. En este paso, se logra pues, la ejecución de un modelo 4D, objetivo de este TFM.

Finalmente, se realizará una maquetación última del modelo en el que las características visuales se destaquen y se facilite la comprensión de la infraestructura para los agentes implicados en el proceso de diseño, construcción y conservación y mantenimiento, ya sean, técnicos, gestores, organizaciones sociales, etc. Con esta maquetación también se permite la simulación del grado de integración de la infraestructura con el entorno.

5. CASO DE ESTUDIO

5.1 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN DE PARTIDA

Se pretende integrar un rediseño de intersección teniendo en cuenta la metodología BIM.

Este rediseño se realiza en base a los criterios adoptados en el TFM del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos *“Estudio de la percepción ciclista en intersecciones de carreteras convencionales. Aplicación práctica a la glorieta localizada en la carretera CV-310 PK 15+750 (Provincia de Valencia)”* de esta misma autora, los cuales obedecen al resultado de la encuesta presencial realiza en dicho TFM, la normativa vigente y recomendaciones del diseño vial ciclista.

A continuación, se detallan la situación actual de la intersección, cada uno de los criterios que prevalecen en el diseño y la situación final adoptada.

i. SITUACIÓN ACTUAL

CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

La glorieta pertenece a una carretera convencional con alta demanda de tráfico ciclista y cuya velocidad permitida es de 40 km/h. Tiene además, un diámetro exterior de 40m con calzada anular de dos carriles de 4m y con existencia de vehículos pesados.

Existen 5 accesos a la glorieta, dos por la parte norte, una por sur, una por el este y otra por el oeste. En la parte norte, dos accesos de los accesos a la glorieta se encuentran muy próximos, conllevando a conflictos del tráfico en general. En dos de sus cinco accesos, cuenta con arcenes coloreados, que a efectos se utilizan como carriles bici y que desaparecen antes de la incorporación a la glorieta para integrar el tráfico ciclista con el vehicular tras el paso por la misma.



*Figura 32. Glorieta objeto de este TFM
Fuente: Google Earth*

A continuación, se detallan las características más relevantes de cada uno de los accesos:

1. Acceso desde CV-310 (por el sur)

Esta vía dispone de dos carriles para vehículos motorizados, uno por cada sentido de circulación. El carril bici de acceso finaliza justo en la intersección y el carril bici de salida aparece 50 metros después de la glorieta.



Las dimensiones de estos carriles son:

- Calzada de entrada: 3,5 m
- Calzada de salida: 4 m
- Carril bici (arcén coloreado): 1,5 m

El límite de velocidad del tramo antes de la entrada a la glorieta es de 80 km/h.

Marcas viales y señalización:

- Las marcas viales se encuentran presentes
- En los carriles de entrada, existe señal de "Ceda el paso" para ciclistas y vehículos motorizados tanto en horizontal (pintura en calzada) como en vertical (poste de señal)
- Antes de la salida existe cartelería de aviso por la presencia de ciclistas en carreteras.

2. Acceso desde CV-315 (por el este)

Esta vía dispone de dos carriles para vehículos motorizados, uno por cada sentido de circulación. El carril bici de acceso finaliza justo en la intersección y el carril bici de salida aparece 20 metros después de la glorieta.

Las dimensiones de estos carriles son:

- Calzada de entrada: 3,5 m
- Calzada de salida: 4 m
- Carril bici (arcén coloreado): 1,5 m

El límite de velocidad del tramo antes de la entrada a la glorieta es de 80 km/h.

Marcas viales y señalización:

- Las marcas viales se encuentran presentes
- Existe un paso peatonal antes del acceso a la glorieta.
- En los carriles de entrada, existe señal de "Ceda el paso" para ciclistas y vehículos motorizados tanto en horizontal (pintura en calzada) como en vertical (poste de señal)

3. Acceso desde CV-310 (por el norte)

Esta vía dispone de dos carriles para vehículos motorizados, uno por cada sentido de circulación. En este tramo los ciclistas realizan su recorrido por arcén sin colorear y calzada vehicular.



Las dimensiones de estos carriles son:

- Calzada de entrada: 3,5 m
- Calzada de salida: 4 m

El límite de velocidad del tramo antes de la entrada a la glorieta es de 40 km/h.

Marcas viales y señalización:

- Las marcas viales se encuentran presentes
- Existe un paso peatonal antes del acceso a la glorieta.
- En el carril de entrada, existe señal de "Ceda el paso" tanto en horizontal (pintura en calzada) como en vertical (poste de señal)
- Antes de la salida existe cartelería de aviso por la presencia de ciclistas en carreteras.

4. Acceso desde la Calle Alt Palancia (por el norte)

Esta vía dispone de un único carril de 4 m de entrada a la glorieta. Es usada por vehículos motorizados y no soporta tráfico ciclista.

El límite de velocidad del tramo antes de la entrada a la glorieta es de 40 km/h.

Marcas viales y señalización:

- Las marcas viales se encuentran presentes.
- Existe un paso peatonal antes de la entrada a la glorieta.
- Existe señal de "Ceda el paso" tanto en horizontal (pintura en calzada) como en vertical (poste de señal)
- Antes de la salida existe cartelería de aviso por la presencia de ciclistas en carreteras.

5. Acceso desde la Calle Camp de Morvedre (por el oeste)

Esta vía dispone de dos carriles para vehículos motorizados, uno por cada sentido de circulación. Es usada por vehículos motorizados y no soporta tráfico ciclista.

Las dimensiones de estos carriles son:

- Calzada de entrada: 3,5 m
- Calzada de salida: 4 m



El límite de velocidad del tramo antes de la entrada a la glorieta es de 40 km/h.

Marcas viales y señalización:

- Las marcas viales se encuentran presentes
- En el carril de entrada, existe señal de "Ceda el paso" tanto en horizontal (pintura en calzada) como en vertical (poste de señal)

ii. CRITERIOS DE DISEÑO

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta realizada consta de una encuesta presencial aplicada a ciclistas con distinta experiencia en carretera, desde ninguna experiencia hasta ciclistas profesionales con salidas semanales de recorrido medio de 100 km/semana. En total, se encuestaron a 28 ciclistas, de los cuales 16 eran ciclistas profesionales y 6 eran técnicos en seguridad vial y/o tráfico.

Cada encuestado observó 10 recorridos haciendo uso de entorno inmersivos, 5 con gafas de realidad virtual (inmersivo) y 5 con pantalla gigante o powerwall (semi-inmersivo). Mientras se visualizaban los recorridos, los ciclistas simulaban recorrer los tramos con la ayuda de una bicicleta situada sobre una bancada, para que mediante el pedaleo se asemejen las condiciones reales.

En cada recorrido los ciclistas valoraban mediante escala de Likert su percepción de seguridad e identificaban los parámetros que afectaban positiva y negativamente a la misma.

Como resultado de esta encuesta se establecieron las configuraciones percibidas por los ciclistas como más y menos seguras. Dentro de este último grupo, se encuentra la glorieta objeto de la mejora.

Para esta glorieta, los ciclistas manifestaron que uno de los mayores problemas era encontrarse con un tráfico mixto y con alta intensidad, que la anchura del arcén era inadecuada, por lo que no había espacio suficiente y que los accesos a la glorieta se encontraban muy próximos. Algunos de ellos también hicieron hincapié en el ingreso en paralelo a otros vehículos, que el carril bici no tenía continuidad y que la señalización era escasa (incluyendo cartelería de aviso de viales ciclistas)

NORMATIVA Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO VIAL ESPECÍFICAS

NORMA 3.1 IC

Intersecciones de vías ciclistas con carreteras.

En las intersecciones con carreteras convencionales las vías ciclistas no tendrán prioridad de paso. En su proyección se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Existencia de visibilidades de parada y cruce recíprocas.
- Recorrido mínimo de los ciclistas en el trazado en planta de la intersección.
- Disposición de refugios de espera con una longitud $\geq 2,00$ m.
- Señalización específica
- Pavimento diferenciado de la vía ciclista en las inmediaciones de la intersección.

Diseño geométrico de una glorieta

Para el diseño de una intersección tipo glorieta, se debe tener en cuenta:

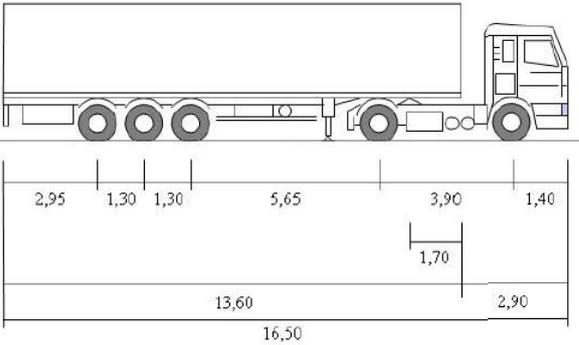
Vehículo patrón característico	
Vehículo patrón característico	<p>CAMIÓN ARTICULADO PATRÓN (dimensiones en metros)</p>  <p><i>Dimensiones camión articulado - vehículo patrón</i></p>

Tabla 4. Vehículo patrón característico
Fuente: Norma de trazado 3.1 IC

En el diseño del trazado en planta y alzado, se debe tener en cuenta:

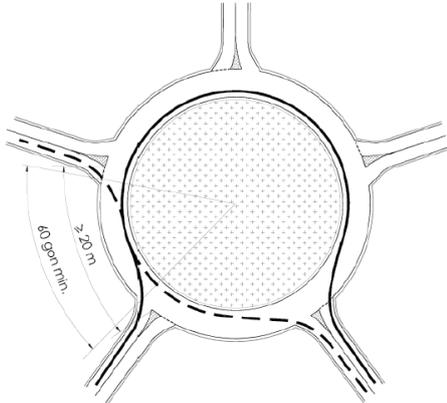
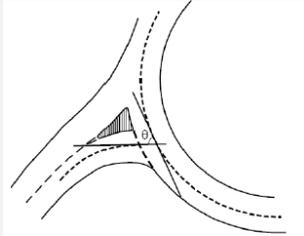
Diseño del trazado en planta y alzado	
Espaciamiento	 <p><i>Espaciamiento en planta</i></p>
ángulo (θ)	<p>estará comprendido entre 45 y 67 gonios.</p>  <p><i>Ángulo en planta</i></p>
peralte	<p>En la entrada $\neq 5\%$.</p> <p>En la salida, el necesario para asegurar el drenaje superficial.</p> <p>En la calzada anular $\geq 2\%$ hacia su borde exterior, y los arcenes tendrán la misma inclinación transversal que la calzada adyacente.</p>
inclinación	<p>$-3\% < i < +3\%$</p>

Tabla 5. Resumen de diseño en planta y alzada de glorietas
Fuente: Norma de trazado 3.1 IC

Para la sección transversal, considerar:

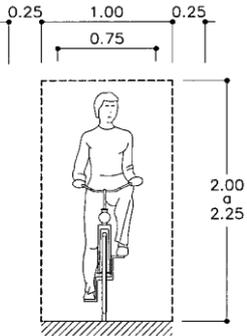
Sección transversal	
Holgura mínima entre dos vehículos paralelos y simultáneos	Holgura _{min} ≥ 60cm <i>tanto en los accesos a la glorieta como en la calzada anular.</i>
Diámetro exterior de una calzada anular de dos carriles	D _{ext} = [55m – 60m] <i>excepto donde se justifique que de lo contrario los costes resultarán desproporcionados.</i>
Ancho de los arcenes	En glorietas periurbanas será igual al mínimo necesario para pintar la marca vial de borde de calzada.
Número de carriles en entradas y salidas	Al menos el mismo número de carriles que la vía de acceso correspondiente

*Tabla 6. Resumen de consideraciones para la sección transversal
Fuente: Norma de trazado 3.1 IC*

Y, por último, para el **tramo de conexión con la calzada anular** tener en cuenta que este tramo tendrá una longitud ≥ 25 m. La conexión exigirá realizar un acuerdo entre las secciones transversales correspondientes en el que se evite la presencia de zonas de acumulación de agua en la plataforma.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO VIAL CICLISTA

En primer lugar, tener en cuenta las características geométricas del ciclista y de la vía:

Características Geométricas	
<p>Anchura de un ciclista</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Anchura de un ciclista</i></p> <p>Los resguardos para bordillos de $h > 0,05$ m son de 0,50 m</p>
<p>Anchos según tipo de vía ciclista</p>	<p>Para carril bici adyacente a una vía. Unidireccional y en el sentido de la circulación, el ancho recomendable es entre 1,70 m y 2,00 m.</p> <p>Requiriéndose:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coincidir sentidos de circulación de ambos tráfico - Separación entre ciclista y vehículo motorizado [0,75 m - 1,05 m]. - La anchura nunca puede ser inferior a 1,50 m

*Tabla 7. Resumen de características geométricas
Fuente: Recomendaciones del diseño vial ciclista*

Los parámetros para el diseño en trazado y alzado son:

Parámetros para el diseño (trazado y alzado)	
<p>Velocidad de diseño</p>	<p>Entre 30 km/h (mínima) y 50 km/h (genérica).</p> <p>En esta aplicación práctica se pretender igualar condiciones físicas entre ciclistas y vehículos motorizados en el acceso a la glorieta, por tanto, se igualarán las velocidades de ambos vehículos.</p> <p>Se decide seleccionar 40 km/h como velocidad de diseño, debido a que es el límite de velocidad para los vehículos motorizados</p>

Parámetros para el diseño (trazado y alzado)	
Aceleración y frenado	<p>aceleración [0,8 - 1,2 m/s²]</p> <p>desaceleración [1,5 m/s² (cómodo) - 2,6 m/s² (frenado de emergencia)]</p>
Radios de giro	Para vías pavimentadas $R_{\min} = 84$ m
Pendientes	<p>$i_{\text{long}} < 5\%$</p> <p><i>por ascensiones dificultosas y bajadas peligrosas</i></p> <p>$i_{\text{trans}} = 2\%$</p> <p><i>para evacuación del agua superficial</i></p>
Distancias de visibilidad y parada	<p><u>Distancia visibilidad</u></p> <p>Corresponde a la distancia viajada entre 8 y 10 segundos.</p> <p>Se recomienda usar entre 35 y 42 m.</p> <p><u>Distancia de parada</u></p> <p>Distancia total recorrida por una bicicleta obligada a pararse tan rápidamente como le sea posible.</p> <p>Para una velocidad de 40km/h y una inclinación del 0% es de 35m.</p> <p><u>Distancia de aproximación (en intersecciones)</u></p> <p>Distancia para que el ciclista pueda ver bien el tráfico lo suficientemente bien para estimar la velocidad de dicho tráfico.</p> <p>Se recomienda entre 45 y 105m</p>
Acuerdos verticales	Para una velocidad de 40 km/h se recomienda un radio para curva convexa de 65m y para curva cóncava de 40m.

Tabla 8. Resumen de parámetros para el diseño
Fuente: Recomendaciones del diseño vial ciclista

La configuración de la solución planteada en este trabajo, corresponde con:

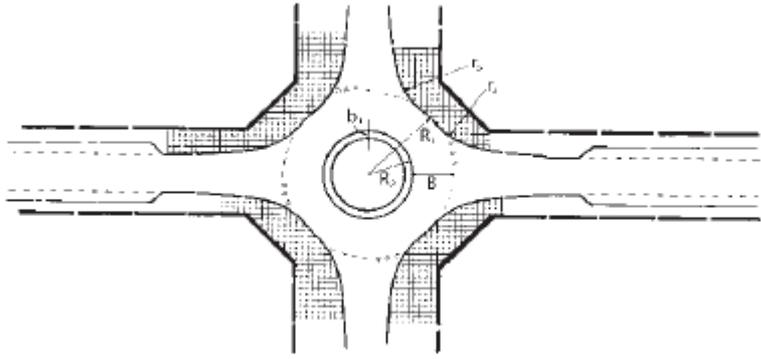
Solución Tipo	
<p>Rotonda para tráfico mixto</p>	<p>Esta intersección permite un intercambio seguro y rápido entre diferentes flujos de tráfico</p> <div style="text-align: center;">  <p><i>Rotonda para tráfico mixto</i></p> </div> <p>Para su implementación se debe obligar a los ciclistas a ir por la principal, por lo que se precisa curvar hacia adentro cualquier ciclovia a lo largo de las secciones de las calles de aproximación, 20 a 30 m antes de la rotonda.</p>

Tabla 9. Solución tipo

Fuente: Recomendaciones del diseño vial ciclista

iii. SOLUCIÓN ADOPTADA

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

En concordancia con las políticas en materia de seguridad vial ciclistas que sugieren plantear mejoras sobre la infraestructura viaria existente, las actuaciones buscan mejorar la situación actual sin cambiar sustancialmente la configuración de la intersección de forma que se optimicen los trabajos y se garantice un mejor vial para todos los usuarios, especialmente los ciclistas.

Líneas abajo se detallan las actuaciones realizadas en cada una de las vías que confluyen en la glorieta y presentan tráfico ciclista.

Para mayor información, consúltese los planos en el [Anexo III: Planos](#) de este proyecto.



Acceso Sur: CV-310

Especificaciones

En este acceso el carril bici finaliza justo en la glorieta pudiendo producir una situación de conflicto en caso de situarse en paralelo dos vehículos (uno motorizado y una bicicleta) y sin tener definidas las prioridades para realizar la entrada.

Es por ello que, siguiendo las recomendaciones de diseño vial ciclista, se opta por mezclar los tráfico antes de la intersección. La recomendación indica realizar esta solución entre 20 y 30 m antes, a esta indicación se añade a criterio técnico un tramo en el que ciclista pueda realizar dicha incorporación. Se toma la decisión de considerar un tramo equivalente al tramo recorrido por un ciclista en un tiempo, que como mínimo sea el tiempo de percepción. Según las recomendaciones este tiempo se estima entre 8 y 10 s. Se considera también una velocidad de diseño de 40 km/h, que es la velocidad exigida a los vehículos motorizados en una glorieta, para tratar de igualar las velocidades de ambos vehículos y minimizar los gradientes de velocidad. Los 40km/h equivalen a recorrer 11 m/s, en 10 s se recorren 110 m, que será la longitud requerida para permitir la incorporación de los ciclistas en la calzada.

En el tramo previo a la incorporación a la glorieta, donde los tráfico ya son mixtos, las aceras se recrecerán de forma que el arcén coloreado disminuya su anchura y se garantice la inserción del tráfico ciclista en el tráfico general.

Señalización

Este tramo de incorporación se señalizará en vía mediante la siguiente señalización:

- Señalización horizontal:
 - líneas discontinuas entre carril bici y calzada.
 - aviso con franjas horizontal de cambio de tipo de vía previa al inicio del tramo de incorporación
 - señal de "ceda el paso" en el vial ciclista al final del tramo.
 - fin de tramo ciclista mediante franjas oblicuas próximas

- Señalización vertical:
 - cartelería que indique fin de tramo ciclista



- cartelería que exprese la incorporación de ciclistas a calzada principal.

Consideraciones adicionales

Se dispone de una entrada a propiedad privada 19m antes de la glorieta, cuyo acceso tiene una longitud de otros 19m. Por tanto, se decide iniciar el tramo de incorporación 38 m antes de la entrada a la glorieta.

Parámetros

A modo resumen los parámetros a utilizar en el diseño son:

ACCESO SUR CV-310	
Parámetro	valor
D_{aproximación}	38 m
t _{percepción}	10 s
V _{diseño}	40 km/h
L_{incorporación}	110 m

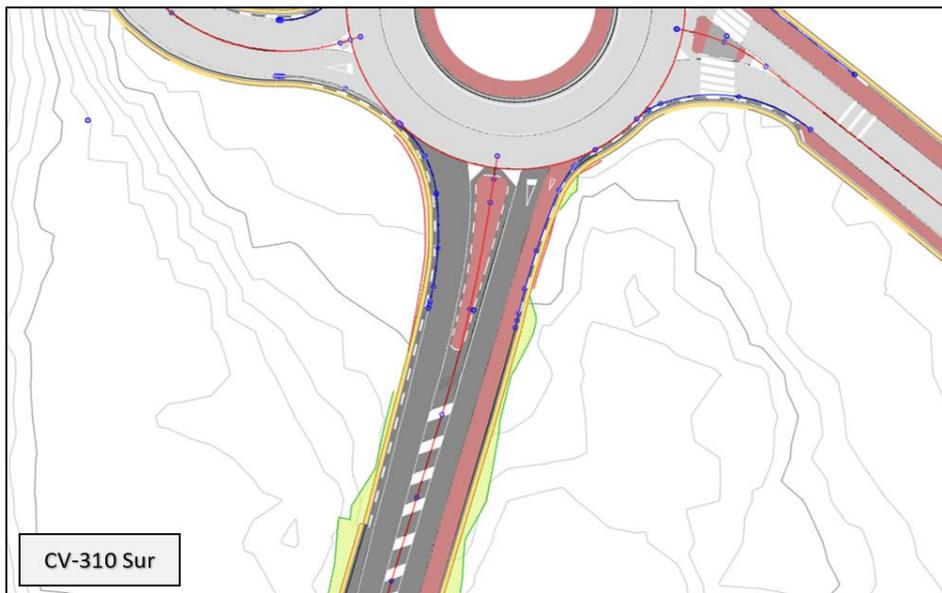
*Tabla 10. Resumen de parámetros para el rediseño del acceso CV-310 sur
Fuente: Elaboración propia*

Representación gráfica

Actualmente el acceso sur de la CV-310 es el que se representa en las siguientes gráficas. Para mayor información puede consultar el [Anexo III: Planos](#)



*Figura 33. Situación actual CV-310 (Acceso Sur)
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 34. Detalle de glorieta - Situación actual CV-310 (Acceso Sur)
Fuente: Elaboración propia*

La solución planteada es la que se representa en las siguientes gráficas. Para mayor información puede consultar el [Anexo III: Planos](#).

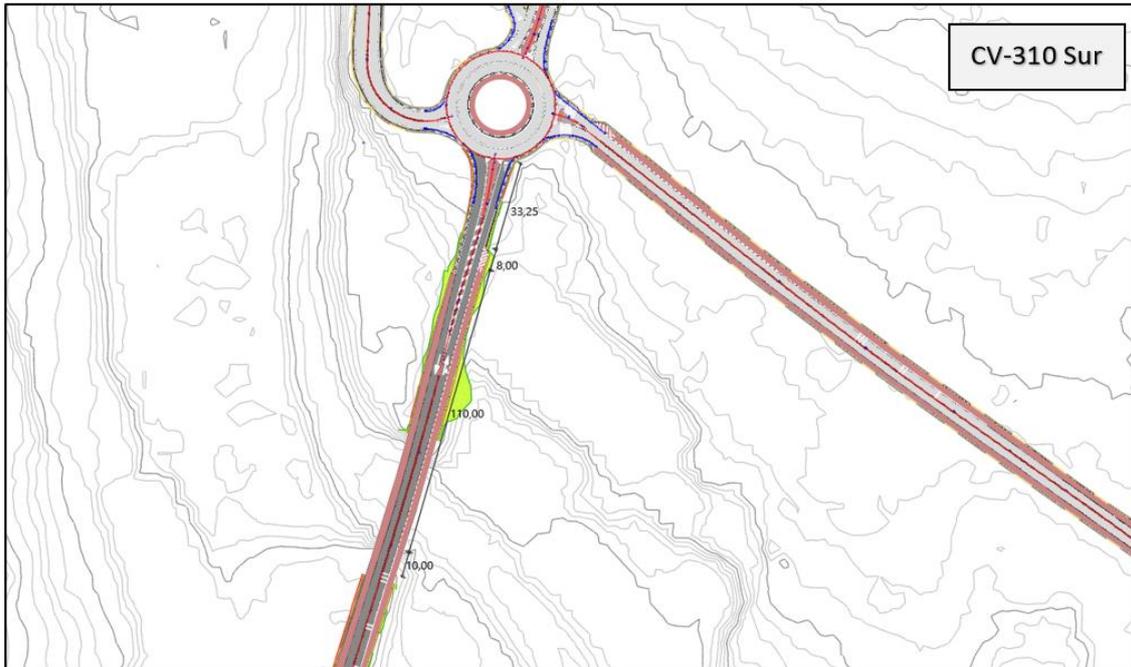


Figura 35. Mejora propuesta CV-310 (Acceso Sur)
Fuente: Elaboración propia

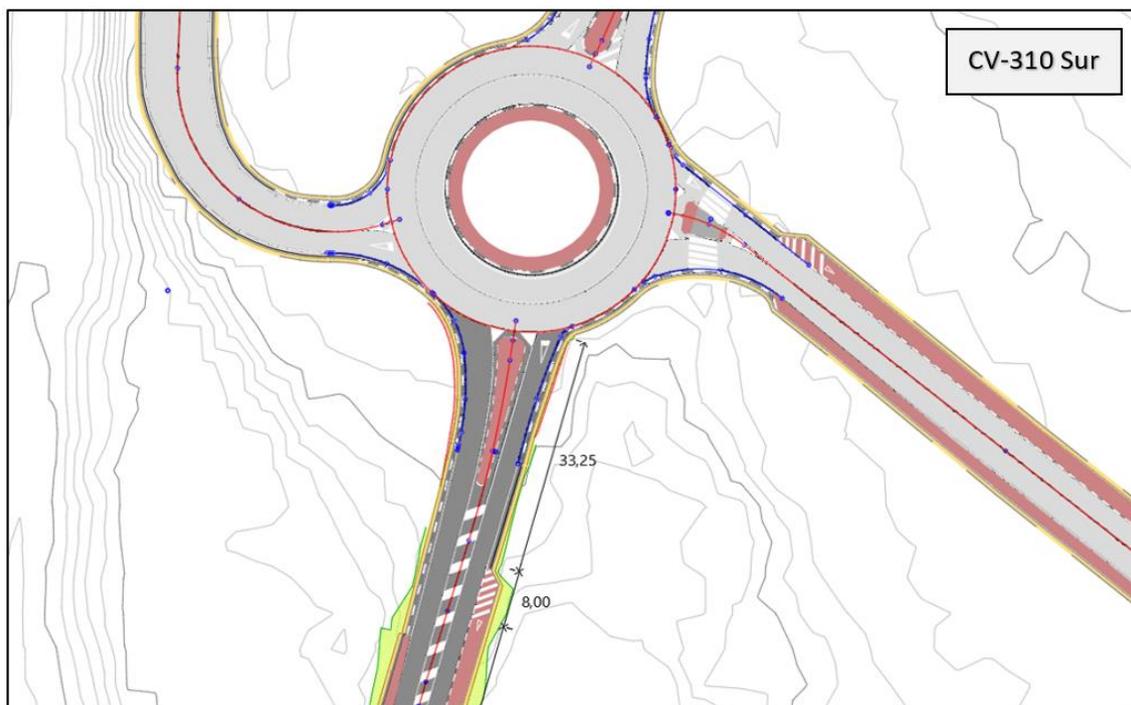


Figura 36. Detalle de glorieta - Mejora propuesta CV-310 (Acceso Sur)
Fuente: Elaboración propia



Acceso Este: CV-315

Especificaciones

Al igual que en la CV-310 sur, en este acceso el carril bici finaliza justo en la glorieta pudiendo producir una situación de conflicto en caso de situarse en paralelo dos vehículos (uno motorizado y una bicicleta) y sin tener definidas las prioridades para realizar la entrada.

La solución en este acceso, es la misma que en la CV-310, por tanto, las especificaciones completas pueden encontrarse en el apartado equivalente de ese acceso.

Señalización

Se dispondrá la misma señalética que en el acceso CV-310 Sur

Consideraciones adicionales

La calzada presenta bandas horizontales alertadoras. Estas bandas se movilizarán a un tramo anterior al de la incorporación ciclista, debido a que estos elementos pueden provocar que los ciclistas pierdan el equilibrio en caso de tener que transitar sobre ellos.

Parámetros de diseño

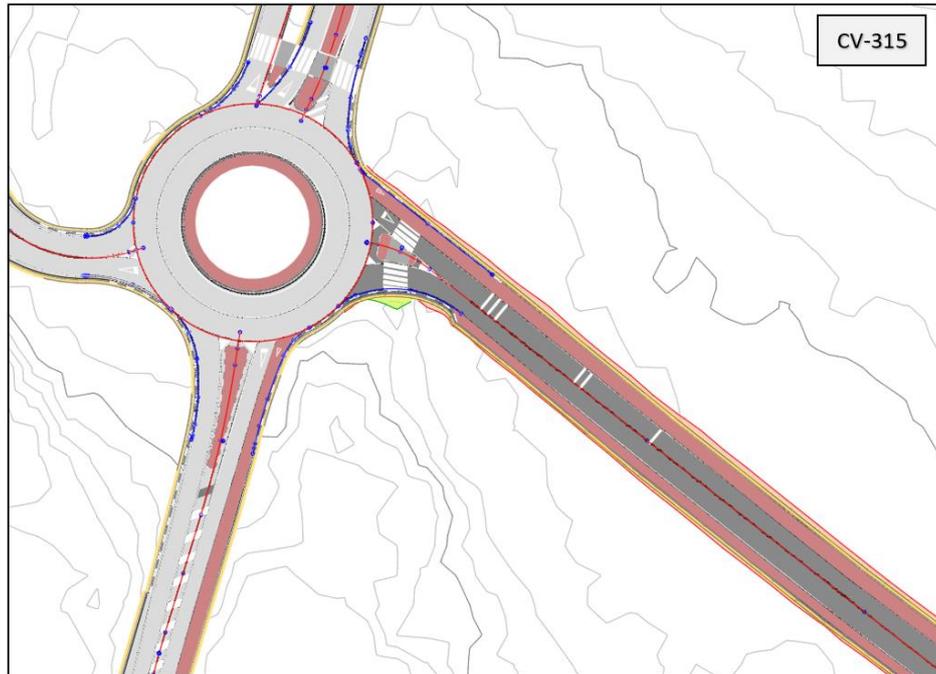
A modo resumen los parámetros a utilizar en el diseño son:

ACCESO ESTE - CV-315	
Parámetro	valor
D_{aproximación}	20
$t_{\text{percepción}}$	10 s
V _{diseño}	40 km/h
L_{incorporación}	110 m

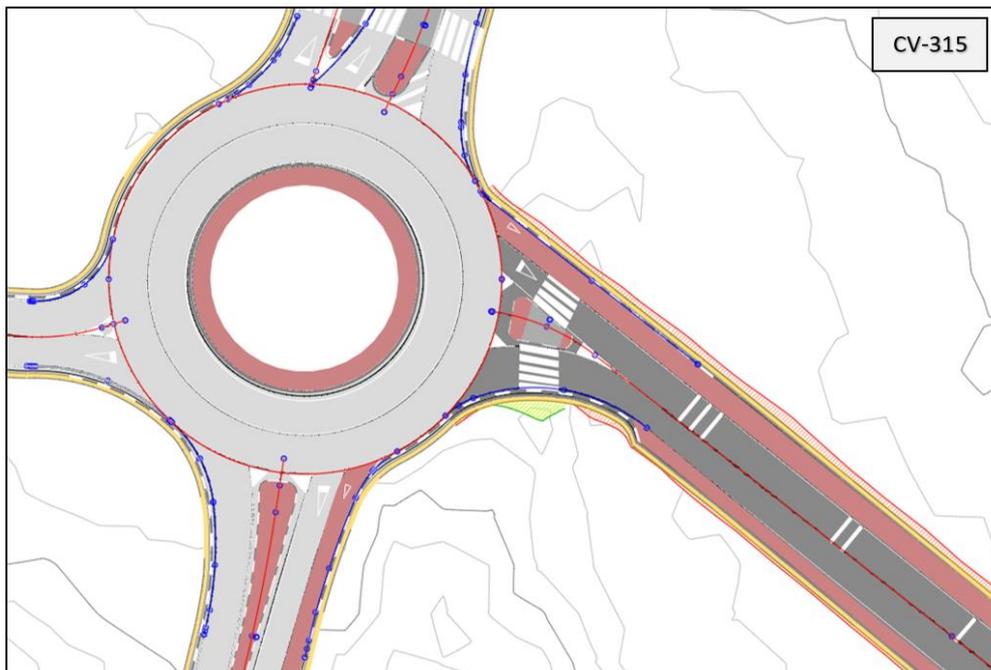
Tabla 11. Resumen de parámetros para el rediseño del acceso CV-310 sur
Fuente: Elaboración propia

Representación gráfica

Actualmente el acceso este de la CV-315 es el que se representa en las siguientes gráficas. Para mayor información puede consultar el [Anexo III: Planos](#)



*Figura 37. Situación actual CV-315 (Acceso este)
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 38. Detalle glorieta - Situación actual CV-315 (Acceso este)
Fuente: Elaboración propia*

La solución planteada es la que se representa en las siguientes gráficas. Para mayor información puede consultar el [Anexo III: Planos](#).

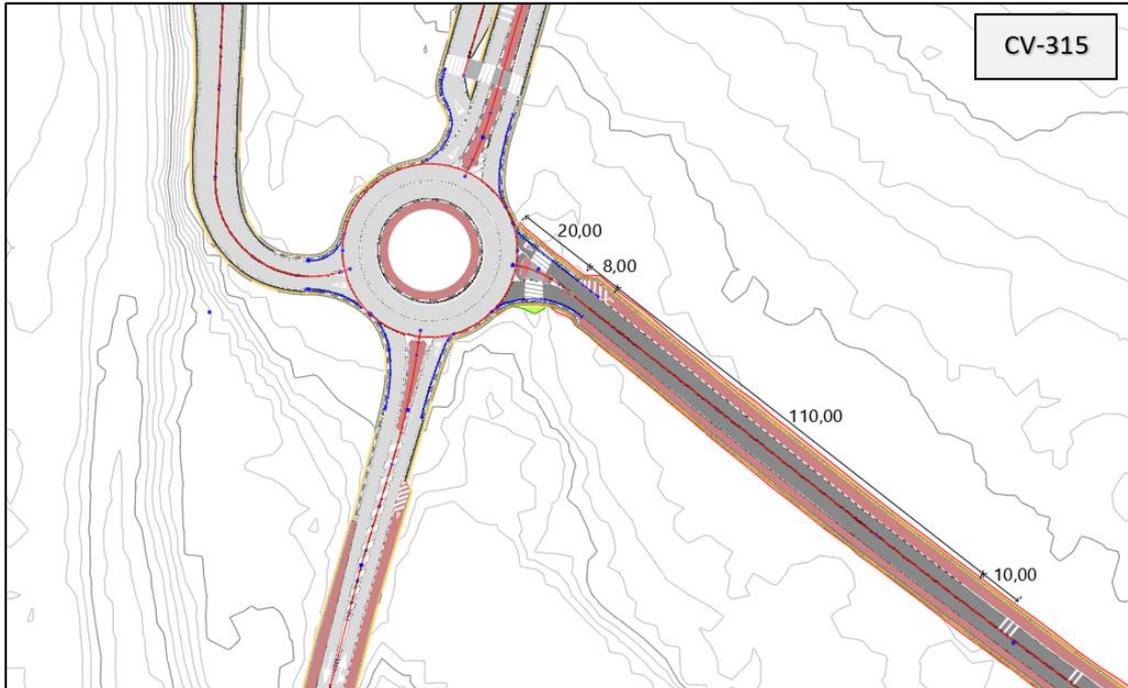


Figura 39. Mejora propuesta CV-315 (Acceso este)
Fuente: Elaboración propia

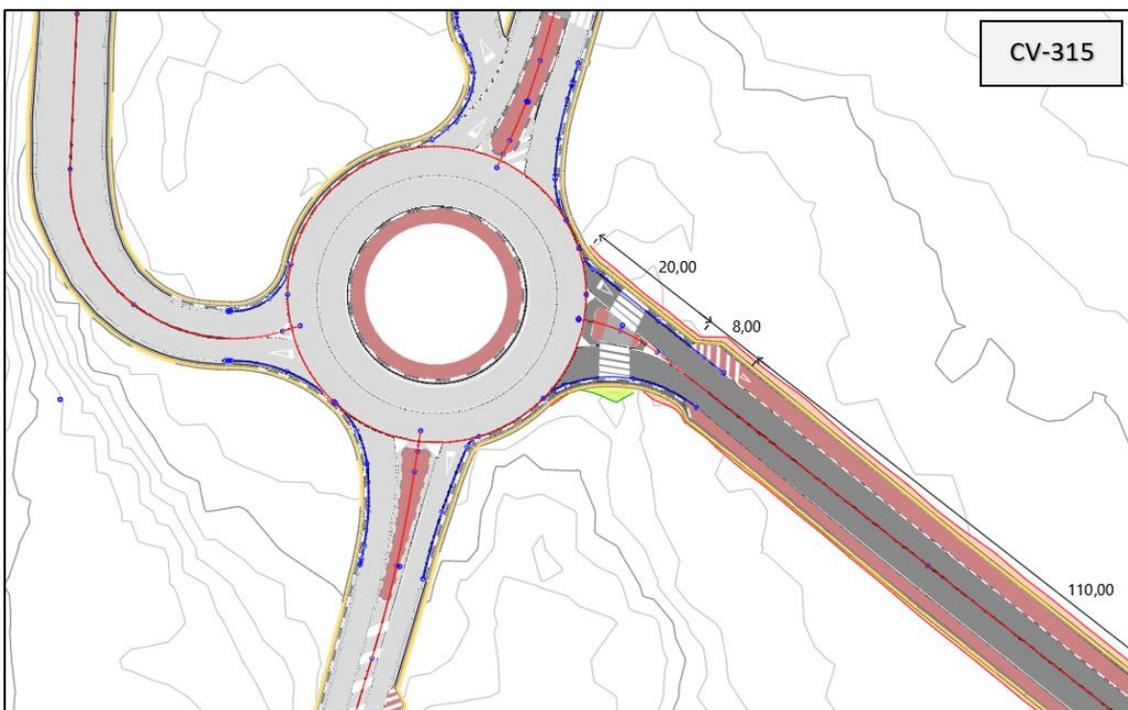


Figura 40. Detalle glorieta - Mejora propuesta CV-315 (Acceso este)
Fuente: Elaboración propia



Acceso Norte: Calle Alt Palancia

Especificaciones

Este acceso se encuentra muy próximo al de la CV-310, ocasionando situaciones de conflicto para todo tipo de vehículos, especialmente al tráfico ciclista que usualmente accede por el arcén de la carretera principal y justo en la entrada a la glorieta se debe situar en medio de las dos vías con posibilidad de encontrar vehículos motorizados en ambos lados.

La solución planteada consiste en suprimir este acceso y reconducir el tráfico incorporándolo a la calzada de la carretera CV-310. Esta incorporación se realizará mediante una señal de "ceda el paso", en la que la prioridad la conserven tanto las bicicletas como el resto de vehículos provenientes de la vía principal.

El trazado de incorporación se realizará mediante un estudio de trayectorias con un camión articulado tal y como lo determina la normativa.

Tras el nuevo acceso, la Calle Alt Palancia no tendrá mayor continuidad y se procederá al recrecido de aceras en su lugar.

Señalización

Este tramo de incorporación se señalizará en vía mediante la siguiente señalización:

- Señalización horizontal:
 - señal de "ceda el paso" en la Calle Alt Palancia

- Señalización vertical:
 - cartelería de "ceda el paso" en la Calle Alt Palancia

Representación gráfica

Actualmente el acceso norte de la Calle Alt Palancia y CV-310 es el que se representa en la siguiente gráfica. Para mayor información puede consultar el [Anexo III: Planos](#).

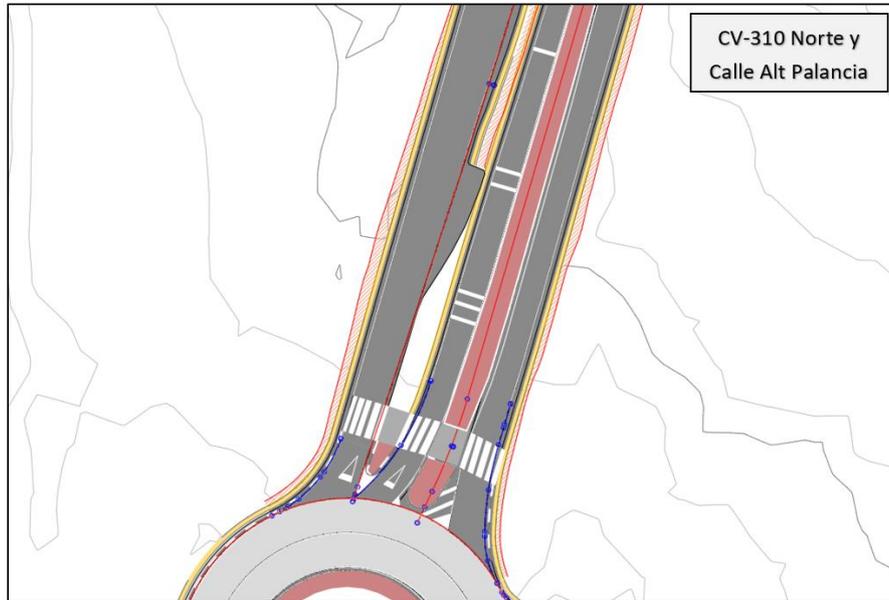


Figura 41. Situación actual Calle Alt Palancia y CV-310 (Acceso norte)
Fuente: Elaboración propia

La solución planteada es la que se representa en la siguiente gráfica:

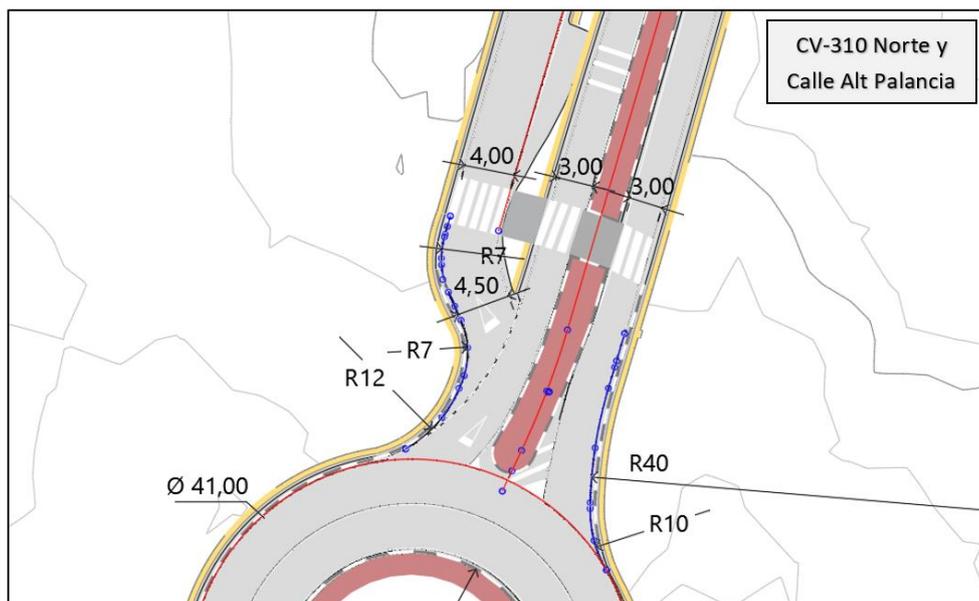


Figura 42. Mejora propuesta Calle Alt Palancia y CV-310 (Acceso norte)
Fuente: Elaboración propia



PRESUPUESTO

Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.)

El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) asciende a dieciséis mil doscientos noventa y nueve con cuatro céntimos de euro (16.299,04 €)

Capítulos	Presupuesto
Calle Alt Palancia	10.617,19
Capítulo I. Carretera Nueva	7.104,82
Capítulo II. Recrecido de acera	3.512,37
CV-310 Sur	2.701,97
Capítulo I. Recrecido acera	1.769,77
Capítulo II. Señalización	932,20
CV-315	2.979,88
Capítulo I. Recrecido acera	2.121,18
Capítulo II. Señalización	858,70
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)	16.299,04 €

*Tabla 12. Presupuesto de Ejecución Material
Fuente: Elaboración propia*

El detalle del Presupuesto puede encontrarse en el [Anexo I: Precios Descompuestos- Presupuesto](#)

PROGRAMA DE OBRA

Los trabajos necesarios requieren un total de 36 días laborables para su ejecución. El programa de trabajos se compone de las siguientes tareas y duraciones, y su distribución temporal se muestran en el Diagrama de Gantt:

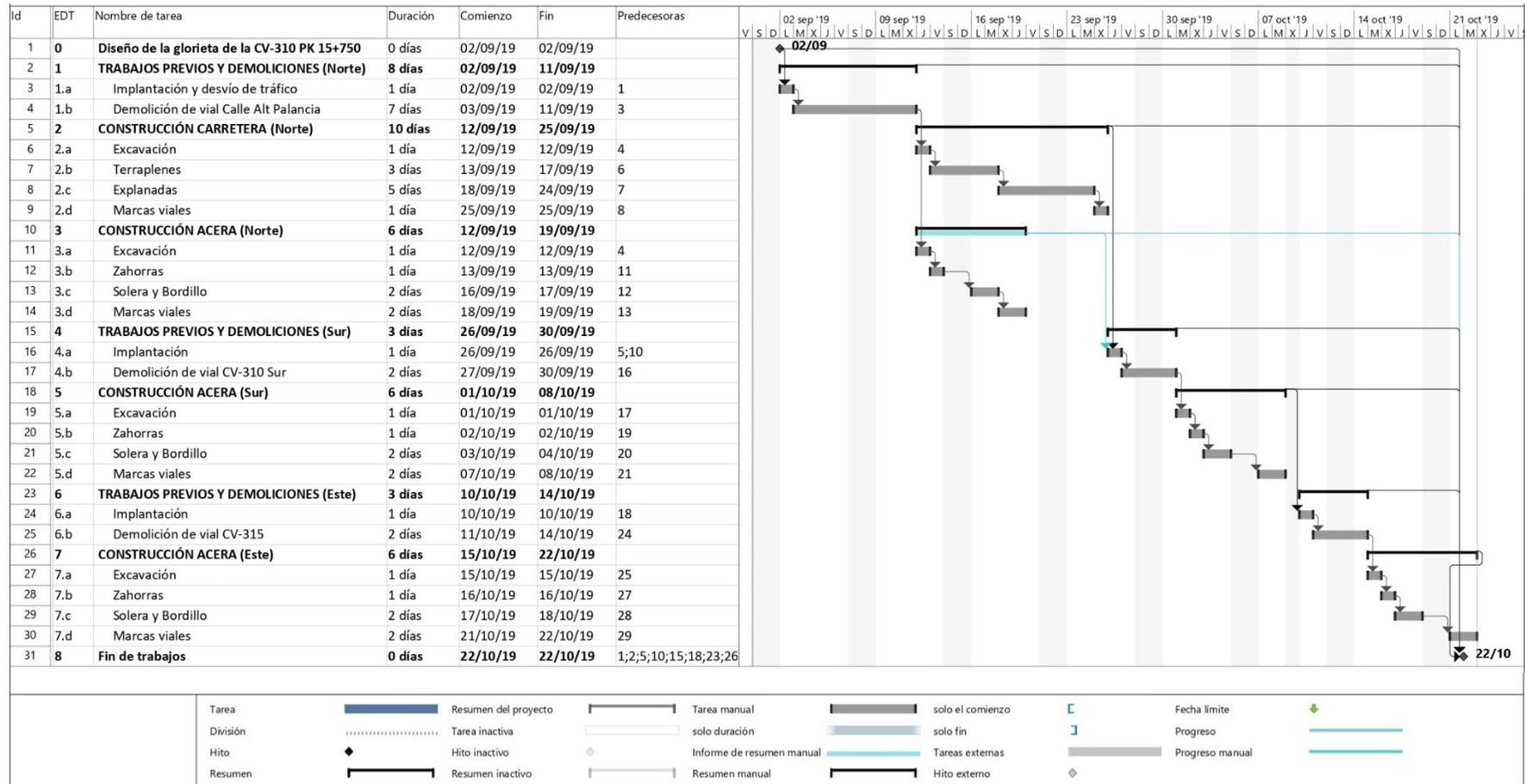


Figura 43. Diagrama de Gantt
Fuente: Elaboración propia



5.2 MODELADO - SOFTWARE

Se realiza el rediseño georreferenciado de la intersección haciendo uso de la herramienta informática **Autodesk Civil 3D**, que es un software específico para el diseño de obras viales, como carreteras. Con el uso del Civil 3D se logran generar distintos componentes del diseño, como son, superficies, secciones transversales, alineaciones, perfiles transversales, entre otros. Todos estos elementos se pueden vincular, de forma que se agiliza y facilita la evaluación de distintas configuraciones de carretera, conllevando a disminuir tiempo en el diseño gráfico, así como, errores en la producción de planos y en los cálculos que se realizan.

La obra proyectada parte por representar en primer lugar la obra actual sobre las superficies de terreno y tras ella realizar las mejoras descritas anteriormente en base a la normativa vigente, las recomendaciones en materia de diseño vial ciclista y los resultados de la encuesta.

Para poder integrar la metodología BIM en este diseño, se hace uso de otra herramienta informática de la familia Autodesk, **Navisworks**. Con esta herramienta se garantiza la interoperabilidad, ya que permite el intercambio de información con diferentes formatos de archivos existentes en el mercado.

En cuestión de visualización, la herramienta permite combinar modelos 3D, navegar por ellos en tiempo real y realizar revisiones sobre el modelo, gracias a la edición de comentarios, redlinig, punto de vista y mediciones. Otros aspectos a destacar, es la integración de complementos para la detección de interferencias, la simulación del tiempo (planificación) de la obra en un entorno 4D, renderización, entre otros.

Los modelos desarrollados en Navisworks se pueden publicar y ver en formatos de archivos .nwd y .dwf en los que se puede incorporar otros modelos digitales. Además, Navisworks se encuentra en tres versiones: Freedom, Simulate o Manage. Con la primera de ellas se pueden publicar y ver modelos de proyectos completos de manera gratuita. Con Simulate o Manage, los modelos creados con distintas herramientas BIM, pueden combinarse en un único modelo integrado y realizar la publicación en .nwd, este archivo proporciona acceso al modelo, a las propiedades de objeto, los datos de revisión, entre otros. En este TFM se ha usa la versión de Navisworks Manage.

Las características y funcionalidad más relevantes de este software se detallan a continuación:

- Secciones resaltadas. Permite visualizar las secciones con un solo golpe de vista.
- Detección mejorada de colisiones. Función usada de manera más rápida y eficiente por Navisworks Manage.



- Lector de archivos IFC actualizado. Permite compatibilización perfecta con los IFC de Revit.
- Coordinación BIM con otros softwares. Se pueden abrir todos los archivos Navisworks en AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Infracore, Revit, ReCap.
- Compatible con distintos formatos. Permite la compatibilidad con más de 60 aplicaciones diferentes de software de terceros.
- Captura automática de cantidad de material de diseños 2D ó 3D. Se puede medir líneas, áreas, realizar conteos e incluso exportar datos en formato Excel.
- Navisworks y BIM 360. Se puede compartir perfectamente el modelo directamente con "BIM 360".

Las capturas del modelo, pueden encontrarse en el [Anexo II: Modelo](#)

6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas en el desarrollo de este TFM se dividen en dos grupos, conclusiones generales relativas a BIM y conclusiones específicas de la aplicación en el caso de estudio.

CONCLUSIONES GENERALES

- BIM no solo implica un cambio de software, también implica un cambio en la forma de trabajar. Al hablar de metodología BIM no solo se está hablando de un modelo 3D, las ventajas recaen también en la integración de otras dimensiones, como lo son el tiempo, el coste, la sostenibilidad, la gestión del ciclo de vida y otras más. Estas ventajas aún son desconocidas por parte de los empresarios (especialmente PYMEs) o existe la incertidumbre sobre su implantación, incertidumbre volcada especialmente en la inversión inicial y el tiempo requerido para poder empezar a incluirla en sus proyectos.
- Actualmente existe un mayor impulso para la adopción de la metodología BIM por parte de asociaciones y grupos de usuarios, que basan sus actuaciones en acciones voluntarias y aportaciones de particulares. Además, en algunos casos, las administraciones públicas han adoptado una posición impasible respecto al liderazgo que les concierne, no siendo agentes activos sino pasivos, encontrándose en el papel de observadores de la evolución del mercado.
- Para que finalmente se adopte la metodología BIM en todos los proyectos de ingeniería civil, el camino por recorrer es largo y necesita que las administraciones públicas se impliquen, no solo desde el impulso que el sector requiere, sino desde la creación del marco legislativo y normativo que permita la adopción adecuada de BIM.



- La revolución tecnológica en la que se encuentra el sector obliga a que todos los agentes intervinientes se deben encontrar familiarizados con las nuevas tecnologías y el intercambio masivo de datos que se puede lograr mediante ellas. Las aplicaciones actuales son distintas y ofrecen prestaciones diferenciadas, es por ello que se debe ser capaz de distinguir cuáles son las más apropiadas en cada proyecto que se ejecute.
- Es cierto que el futuro se encuentra en la digitalización de las infraestructuras, no quedándose atrás la digitalización de las carreteras. Es por ello, que se deben definir una serie de aspectos claves para la consecución de este objetivo. Estos aspectos hacen referencia a la estandarización de los formatos del modelo BIM, la integración de otros aspectos de ingeniería, como lo son la geotecnia, el diseño del firme, la inclusión del tráfico, de la seguridad vial, entre otros.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Con la integración del modelo en un entorno BIM ha sido posible ver detalles y omisiones realizadas en la concepción inicial del diseño. Las principales omisiones constaban de ejes que en el trazado en planta se cruzaban, pero en cota no lo hacían, o que las secciones de las carreteras, representadas por ensamblajes, no lograban cubrir completamente los tramos para las que se estaban diseñando (empalmes en intersección)
- Integrando el cronograma de obra al modelo ha sido posible visualizar la cronología de actividades para tener un mayor control y comprensión de los posibles requerimientos en obra e incluso de las afecciones resultantes, incluidos los desvíos de tráfico.
- El software empleado (Autodesk Navisworks) permite integrar a la planificación la obra realmente ejecutada. Con esta utilidad, puede comprobarse en todo momento cuánto dista lo planificado en la fase de diseño a lo realmente ejecutado en la de construcción.
- Por último, la metodología BIM resulta de gran utilidad tanto en fase de diseño como de construcción. En diseño, por la pronta detección de interferencias y errores de diseño, y en la de construcción, para medir la diferencia entre lo realmente ejecutado y lo planificado.

7. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Las dimensiones BIM alcanzadas en proyectos de carreteras, se relacionan especialmente a un 4D y usualmente se aplican en proyectos de diseños de nueva ejecución o rediseños de infraestructuras.



En un futuro se pretende poder integrar otras dimensiones al desarrollo de este tipo de proyectos, como, por ejemplo, la conservación y explotación de la carretera. La idea inicial parte por integrar la red completa de forma digitalizada para identificar de manera más asertiva, cualquiera de los tramos, sus características geométricas, geotécnicas, topográficas, elementos viales y demás.

Tras la recopilación de esta información de partida, se debería integrar todos estos datos en un espacio común en software específico a disposición del gestor para la búsqueda de optimización de la gestión de la misma, incluyéndose la planificación de las actividades de conservación, de rehabilitación del firme, de viabilidad, de la mejora de la seguridad vial, etc.

8. BIBLIOGRAFÍA

Guías relativas a BIM

- BuildingSMART Spanish Chapter. (2014). *Guía de usuarios BIM*
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). *Introducción a la serie EN-ISO 19650 Partes 1 y 2*
- es.BIM. (2018). *Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM*
- es.BIM. (2018). *Guía de Modelado de Arquitectura*
- es.BIM. (2018). *Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes*
- EUBIM TASKGROUP. (2017). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. *Unión Europea*, 85.

Real Decreto

- Ministerio de la Presidencia. *Creación de la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública*. (2019)

Normas

- AENOR. *Norma UNE-EN ISO 19650-1:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1*. (2019).
- AENOR. *Norma PNE-EN ISO 19650-2 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 2: Fas.* , (2018).



Normativa y Recomendaciones para diseño vial

- CROW. (2011). *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas*. 392.
- Dirección General de Tráfico (DGT). (2000). *Manual de recomendaciones de Diseño, Construcción, Infraestructura, señalización, Balizamiento, Conservación y Mantenimiento del carril Bici* (p. 58). p. 58.
- Nadal i Farreras, M., Tomàs i Torrens, E., & Dombriz Lozano, M. Á. (2008). *Manual para el diseño de vías ciclistas de Catalunya* (1ª; G. de Catalunya, Ed.). Generalitat de Catalunya.
- Ministerio de Fomento. *Trazado Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC*. (2016).

Informes sobre la situación e implantación de BIM

- BuildingSMART Spanish Chapter. (2018). *Memoria Anual 2018*.
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2018). *Estudio Macro de Adopción BIM en España*.
- es.BIM. (2017). Observatorio de Licitaciones.
- Cabellud, A., Nogués, J. E., Leguina, M. J., Alonso, J., Far, M., Alasasua, I., & Sierra, A. (2017). *Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa*.

Revistas

- BuildingSMART Spanish Chapter. (2014). Spanish journal of BIM. *Spanish journal of BIM*, 18/01.

Trabajos académicos

- Paz García, M. G. (2019). *Estudio de la percepción ciclista en intersecciones de carreteras convencionales. Aplicación práctica a la glorieta localizada en la carretera CV-310 PK 15+750 (Provincia de Valencia)*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Montagud Andres, A. (2018). *Metodología BIM para Proyectos de Ingeniería Civil*. Universitat Politècnica de València.
- Pérez González, L. A. (2019). *Posibilidades de la metodología BIM en la ingeniería civil*. Universitat Politècnica de València.



Artículos

- Chong, H. Y., Lopez, R., Wang, J., Wang, X., & Zhao, Z. (2016). Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects. *Journal of Management in Engineering*, 32(6), 1-13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000460](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000460)
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., & Chen, S. S. (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. *Automation in Construction*, 94, 257-281. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>
- Moya Sala, Q., García, A., Camacho Torregosa, F. J., & Campoy Ungría, J. (2017). *BIM para infraestructuras de carreteras: Verificación de la normativa de diseño geométrico*. 9.
- Park, T. (2014). Project Cost Estimation of National Road in Preliminary Feasibility Stage Using BIM/GIS Platform. *Computing in Civil and Building Engineering*, 423-430.

Enlaces web

- Jornada BIM y la Infraestructura Digital: del debate a la práctica | | AIC. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <http://ingenieria-civil.org/jornada-bim-y-la-infraestructura-digital-del-debate-a-la-practica/>
- Las 7 dimensiones del BIM y las razones para su dominio. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>
- Nivel de detalle de un Proyecto BIM | Espacio BIM. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://www.espaciobim.com/nivel-detalle-proyecto-bim/>
- ROADBIM. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <http://roadbim.es/>
- Recursos - BIM Forum Panama. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://www.bimforumpanama.org/recursos/>
- Rosole. (2018). IFC ¿Qué es, a qué sirve y cuál es su relación con el BIM? - BibLus. Recuperado 27 de agosto de 2019, de 2018 website: <http://biblus.accasoftware.com/es/ifc-que-es-y-relacion-con-el-bim/>
- BuildingSmart. (2016). ¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter. Recuperado 27 de agosto de 2019, de ¿Qué es BIM? website: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- buildingSMART. (2018). buildingSMART - The Home of BIM. Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://www.buildingsmart.org/>



Otros documentos BIM

- Alonso, J. (2017). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of Building Information Modeling, ISSN-e 2386-5784, Nº. 15, 1, 2015, págs. 40-56.*
- BuildingSMART Spanish Chapter. (s. f.). *Introducción al BIM.*
- es.BIM. (2017). *es.BIM Quinta reunión Comisión.*
- es.BIM. (2016). Bim en 8 puntos. *esBIM*, p. 11.
- es.BIM. (2016). *roadbim* (p. 33). p. 33.
- es.BIM. (2016). *Bim en infraestructuras lineales* (p. 20). p. 20.
- Gobierno de España, & Ministerio de Fomento. (2015). *es.BIM Implantación del BIM en España.* Recuperado 27 de agosto de 2019, de <https://www.esbim.es/>
- Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC). (2016). *Diseño y Desarrollo de Tecnologías BIM para Validación y Gestión de Proyectos Constructivos de Carreteras, su Explotación y la Gestión de la Seguridad de Dichas Infraestructuras Viarias* (p. 11). p. 11.
- Omoregie, A., & Turnbull, D. E. (2016). Highway infrastructure and building information modelling in UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer, 169(4)*, 220-232. <https://doi.org/10.1680/jmuen.15.00020>

9. ANEXOS

9.1 PRECIOS DESCOMPUESTOS – PRESUPUESTO

Calle Alt Palancia

Capítulo I. Carretera Nueva

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
I.01	Subcapítulo		DEMOLICIÓN			
I.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN CARRETERA EXISTENTE	51,00	15,00	765,00
			Consistente en demolición de vial existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.			
I.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN ACERADO EXISTENTE	45,00	15,00	675,00
			Consistente en demolición de acerado y solera existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.			
I.02	Subcapítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS			
I.02.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN CARRETERA EXISTENTE	103,90	15,00	1.558,50
			Consistente en demolición de vial existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.			
I.02.02	Partida	m3	EXCAVACIÓN DE TERRENO	79,82	7,20	574,73
			Excavación en terrenos de consistencia media, por medios mecánicos, con carga directa sobre camión basculante, incluso transporte de tierras a vertedero, canon de vertedero y p.p. De medios auxiliares, así como perfilado de fondos y laterales. Medido el volumen teórico en perfil natural.			
I.02.03	Partida	m2	NIVELACIÓN Y COMPACTADO 98% PROCTOR	99,78	1,20	119,74
			Nivelación y compactado al 98% Proctor, de terreno adecuado existente, incluso carga y transporte a vertedero de los materiales sobrantes. Medida en verdadera magnitud. Incluso canon de vertido a vertedero controlado. Se presentará certificado de los vertidos.			
I.02.04	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIAL DE APORTACIÓN	19,96	9,50	189,58
			Formación de terraplén a cielo abierto para cimientado de terraplén, mediante el extendido en tongadas de espesor no superior a 30 cm de material de aportación y posterior compactado mediante equipo mecánico hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado. Incluye carga, transporte y descarga a pie de tajo del material y humectación del mismo.			



Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.



I.02.05	Partida	m3	SUB-BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL BASE 75% MACHAQUEO	29,93	21,80	652,56
<p>Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en capas de base, con 75 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada 98% Proctor, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. desgaste de los ángulos de los áridos < 30. suelo seleccionado CBR > 10</p>						

I.032	Subcapítulo		FIRMES			
I.03.01	Partida	m2	RIEGO DE ADHERENCIA	99,78	0,36	35,92
<p>Riego de adherencia, con emulsión asfáltica catiónica con una dotación de 0,5 kg/m2, entre capas bituminosas, incluyendo la preparación y barrido de la superficie.</p>						
I.03.02	Partida	m2	RIEGO DE IMPRIMACIÓN	99,78	0,49	48,89
<p>Riego de imprimación, con emulsión asfáltica catiónica con una dotación de 0,6 kg/m2, para la extensión de mezclas bituminosas, incluyendo la preparación y barrido de la superficie.</p>						
I.03.03	Partida	m2	PAVIMENTO DE MEZCLA BITUMINOSA CONTINUA EN CALIENTE.	99,78	10,50	1.047,69
<p>Formación de pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, con árido granítico y betún asfáltico de penetración, de 8 cm de espesor.</p>						
I.03.04	Partida	m3	RELLENO DE IMPERMEABILIZACIÓN DE BERMAS	4,52	3,67	16,60
<p>Relleno para impermeabilización de bermas con suelo adecuado, donde el mínimo material que pasa por el tamiz 0,080 UNE sea del 25%.</p>						

I.04	Subcapítulo		SEÑALIZACIÓN			
I.04.01	Partida	m2	PINTURA TERMOPLÁSTICA SÍMBOLOS	84,18	12,00	1.010,16
<p>De pintura termoplástica de dos componentes de aplicación en caliente en marcas viales, líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2), marca gargesa o marcas viales, incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.</p>						
I.04.02	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA	88,70	3,50	310,45
<p>Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.</p>						
I.04.03	Partida	u	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	2,00	50,00	100,00
<p>Desmontaje y montaje de señal circular de diámetro 60 cm., reflexiva nivel iii (d.G.) y troquelada, incluso poste galvanizado de sustentación y cimentación, colocada.</p>						

Capítulo II. Recreido de acera

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
II.01	Subcapítulo		DEMOLICIÓN			
II.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN CARRETERA EXISTENTE	52,00	15,00	780,00
			Consistente en demolición de vial existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.			
II.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN ACERADO EXISTENTE	5,00	15,00	75,00
			Consistente en demolición de acerado y solera existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.			
II.02	Subcapítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS			
II.02.01	Partida	m2	NIVELACIÓN Y COMPACTADO 98% PROCTOR	83,00	1,20	99,60
			Nivelación y compactado al 98% Proctor de terreno adecuado existente, incluso carga y transporte a vertedero de los materiales sobrantes. Medida en verdadera magnitud. Incluso canon de vertido a vertedero controlado. Se presentará certificado de los vertidos.			
II.02.02	Partida	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL BASE 75% MACHAQUEO	24,90	21,80	542,82
			Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en capas de base, con 75 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada 98% Proctor, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. desgaste de los ángeles de los áridos < 30. suelo seleccionado CBR > 10			
II.03	Subcapítulo		FIRMES			
II.03.01	Partida	m3	HORM.LIMPIEZA HM-20/P/20/I	12,45	41,00	510,45
			Hormigón en masa hm-20 n/mm2, consistencia plástica, tmáx.20 mm. Para ambiente normal, elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación. Según NTE-CSZ, EHE-08 y CTE-SE-C.			
II.03.02	Partida	m2	SOLERA HORMIGÓN HA-20 15 cm ESPESOR	83,00	13,00	1.079,00
			Solera de hormigón HA-20, formada por lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor y doble mallazo 200x200, y p.p. de junta de contorno. Medida la superficie deduciendo huecos mayores de 0,50 m2.			
II.03.03	Partida	m	BORDILLO PREFABRICADO C6 DE HORMIGON HM-40 ACHAFLANADO	23,00	15,00	345,00
			De bordillo prefabricado c6 de hormigón HM-40 achaflanado, de 12x25 cm. De sección, asentado sobre base de hormigón HM-20, incluso p.P. De rejuntado con mortero (1:1); Construido según NTE/RSP-17.Medida la longitud ejecutada.			
II.03	Subcapítulo		SEÑALIZACIÓN			
II.03.01	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA	23,00	3,50	80,50
			Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.			



CV-310 Sur

Capítulo I. Recrecido acera

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
I.01	Subcapítulo		DEMOLICIÓN			
I.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN ACERADO EXISTENTE Consistente en demolición de acerado y solera existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.	15,00	15,00	225,00
I.02	Subcapítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS			
I.02.01	Partida	m2	NIVELACIÓN Y COMPACTADO 98% PROCTOR Nivelación y compactado al 98% Proctor, de terreno adecuado existente, incluso carga y transporte a vertedero de los materiales sobrantes. Medida en verdadera magnitud. Incluso canon de vertido a vertedero controlado. Se presentará certificado de los vertidos.	43,00	1,20	51,60
I.02.02	Partida	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL BASE 75% MACHAQUEO Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en capas de base, con 75 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada 98% Proctor, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. desgaste de los ángulos de los áridos < 30. suelo seleccionado CBR > 10	12,90	21,80	281,22
I.03	Subcapítulo		FIRMES			
I.03.01	Partida	m3	HORM.LIMPIEZA HM-20/P/20/I Hormigón en masa hm-20 n/mm2, consistencia plástica, tmáx.20 mm., Para ambiente normal, elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación. Según NTE-CSZ, EHE-08 y CTE-SE-C.	6,45	41,00	264,45
I.03.02	Partida	m2	SOLERA HORMIGÓN HA-20 15 cm ESPESOR Solera de hormigón HA-20, formada por lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor y doble mallazo 200x200, y p.p. de junta de contorno. Medida la superficie deduciendo huecos mayores de 0,50 m2.	43,00	13,00	559,00
I.03.03	Partida	m	BORDILLO PREFABRICADO C6 DE HORMIGON HM-40 ACHAFLANADO De bordillo prefabricado c6 de hormigón HM-40 achaflanado, de 12x25 cm. De sección, asentado sobre base de hormigón HM-20, incluso p.P. De rejuntado con mortero (1:1); Construido según NTE/RSP-17. Medida la longitud ejecutada.	21,00	15,00	315,00
I.03	Subcapítulo		SEÑALIZACIÓN			
I.03.02	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	21,00	3,50	73,50



Capítulo II. Señalización

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
II. 01	Subcapítulo		SEÑALIZACIÓN			
II.01.01	Partida	m2	PINTURA TERMOPLÁSTICA SÍMBOLOS De pintura termoplástica de dos componentes de aplicación en caliente en marcas viales, líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m ²), marca gargesa o marcas viales, incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	20,10	12,00	241,20
II.01.02	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m ²). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	146,00	3,50	511,00
II.01.03	Partida	u	SEÑALIZACIÓN VERTICAL Señal circular de diámetro 60 cm., Reflexiva nivel iii (d.G.) Y troquelada, incluso poste galvanizado de sustentación y cimentación, colocada.	2,00	90,00	180,00

CV-315

Capítulo I. Recrecido acera

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
I.01	Subcapítulo		DEMOLICIÓN			
I.01.01	Partida	m2	DEMOLICIÓN ACERADO EXISTENTE Consistente en demolición de acerado y solera existente incluso retirada de escombros a vertedero autorizado, canon de vertido y medios auxiliares necesarios.	10,00	15,00	150,00
I.02	Subcapítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS			
I.02.01	Partida	m2	NIVELACIÓN Y COMPACTADO 98% PROCTOR Nivelación y compactado al 98% Proctor, de terreno adecuado existente, incluso carga y transporte a vertedero de los materiales sobrantes. Medida en verdadera magnitud. Incluso canon de vertido a vertedero controlado. Se presentará certificado de los vertidos.	57,00	1,20	68,40
I.02.02	Partida	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL BASE 75% MACHAQUEO Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en capas de base, con 75 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada 98% Proctor, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. desgaste de los ángulos de los áridos < 30. suelo seleccionado CBR > 10	17,10	21,80	372,78



Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.



I.03		Subcapítulo	FIRMES			
I.03.01	Partida	m3	HORM.LIMPIEZA HM-20/P/20/I Hormigón en masa hm-20 n/mm2, consistencia plástica, tmáx.20 mm., Para ambiente normal, elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación. Según NTE-CSZ, EHE-08 y CTE-SE-C.	8,55	41,00	350,55
I.03.02	Partida	m2	SOLERA HORMIGÓN HA-20 15 cm ESPESOR Solera de hormigón HA-20, formada por lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor y doble mallazo 200x200, y p.p. de junta de contorno. Medida la superficie deduciendo huecos mayores de 0,50 m2.	57,00	13,00	741,00
I.03.03	Partida	m	BORDILLO PREFABRICADO C6 DE HORMIGON HM-40 ACHAFLANADO De bordillo prefabricado c6 de hormigón HM-40 achaflanado, de 12x25 cm. De sección, asentado sobre base de hormigón HM-20, incluso p.P. De rejuntado con mortero (1:1); Construido según NTE/RSP-17.Medida la longitud ejecutada.	23,70	15,00	355,50

I.03		Subcapítulo	SEÑALIZACIÓN			
I.03.02	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	23,70	3,50	82,95

Capítulo II. Señalización

Código	Nat	Ud	Resumen	Cant	P.U.	Imp
II. 01		Subcapítulo		SEÑALIZACIÓN		
II.01.01	Partida	m2	PINTURA TERMOPLÁSTICA SÍMBOLOS De pintura termoplástica de dos componentes de aplicación en caliente en marcas viales, líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2), marca gargesa o marcas viales sa, incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	20,10	12,00	241,20
II.01.02	Partida	m	M.VIAL CONTINUA ACRÍLICA ACUOSA Pintura en caliente, en líneas transversales, flechas, símbolos, inscripciones, cebreados, etc. de microesferas: Cuatrocientos ochenta gramos por metro cuadrado (480 g/m2). Incluso premarcado. Medida la superficie realmente pintada. Con valor del coeficiente w a que se refiere el artículo 278.5.3 Del pg-3 no deberá ser inferior a 8.	125,00	3,50	437,50
II.01.03	Partida	u	SEÑALIZACIÓN VERTICAL Señal circular de diámetro 60 cm., Reflexiva nivel iii (d.G.) Y troquelada, incluso poste galvanizado de sustentación y cimentación, colocada.	2,00	90,00	180,00

9.2 MODELO

En las siguientes figuras se detallan dos capturas del programa, en las que se puede observar en la parte superior la intersección y en la inferior el programa de obras.

La primera de las imágenes trata de la situación actual de la intersección.

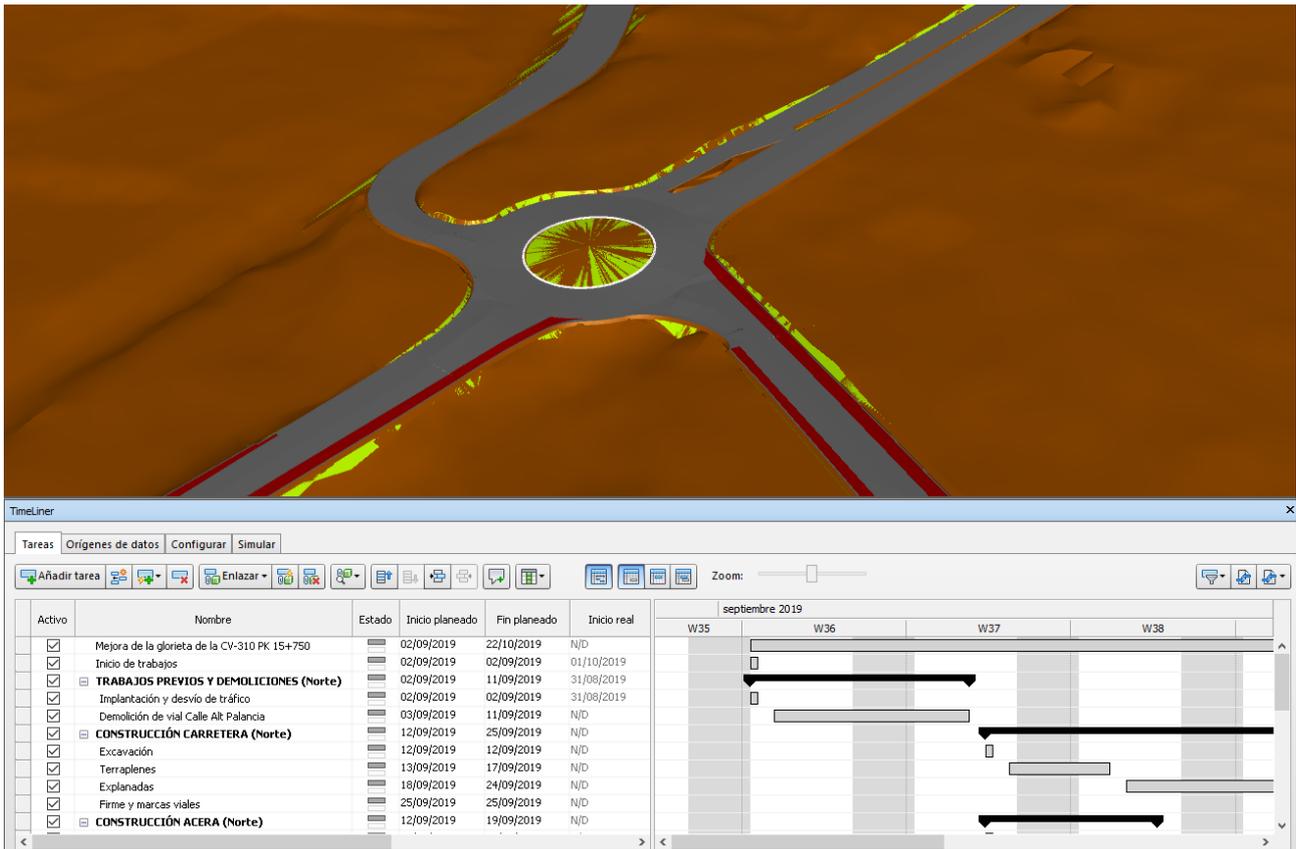


Figura 44. Captura de Autodesk Navisworks - Situación actual

En la imagen siguiente se observa la situación final de la intersección.

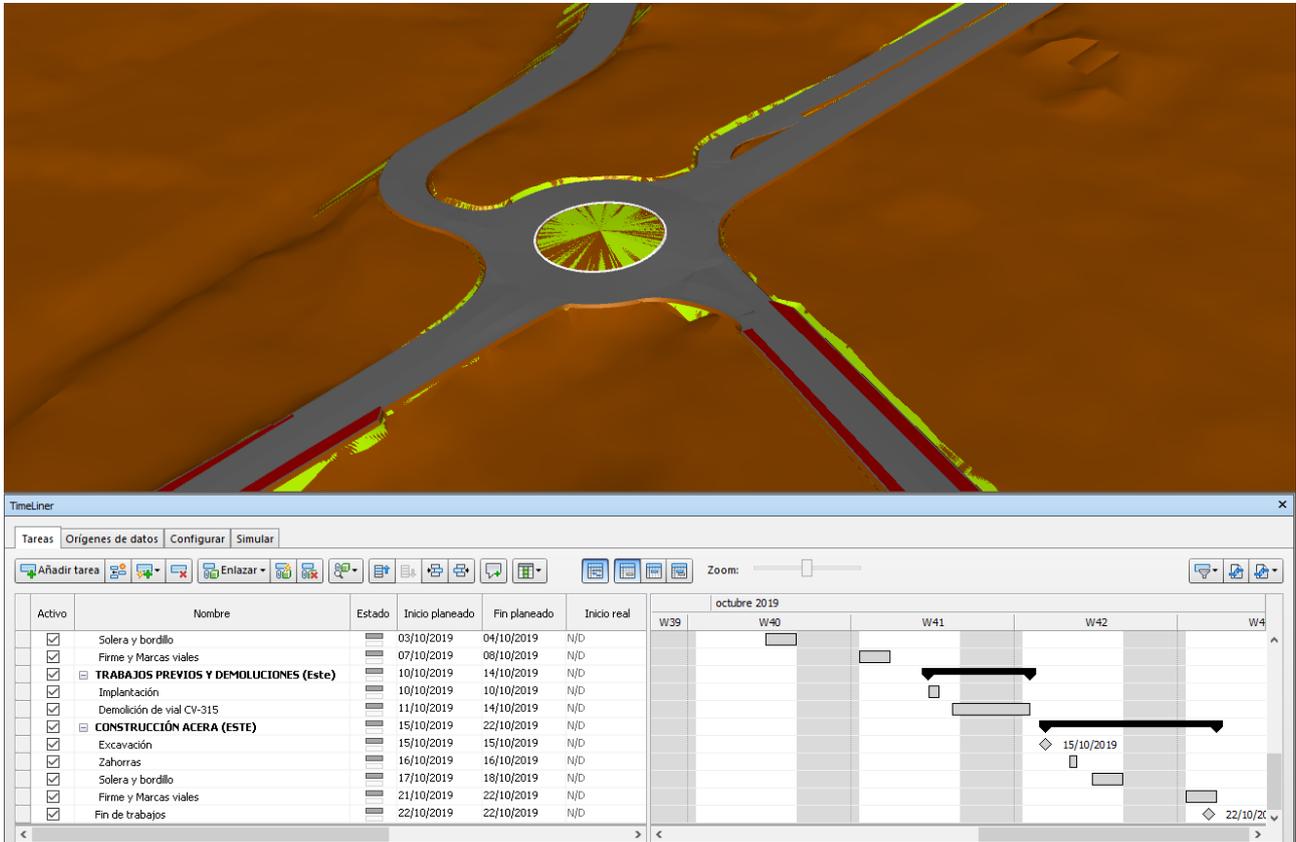


Figura 45. Captura de Autodesk Navisworks – Mejora propuesta



9.3 PLANOS

Listado de Planos:

I. GENERALES

I.1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

II. SITUACIÓN ACTUAL

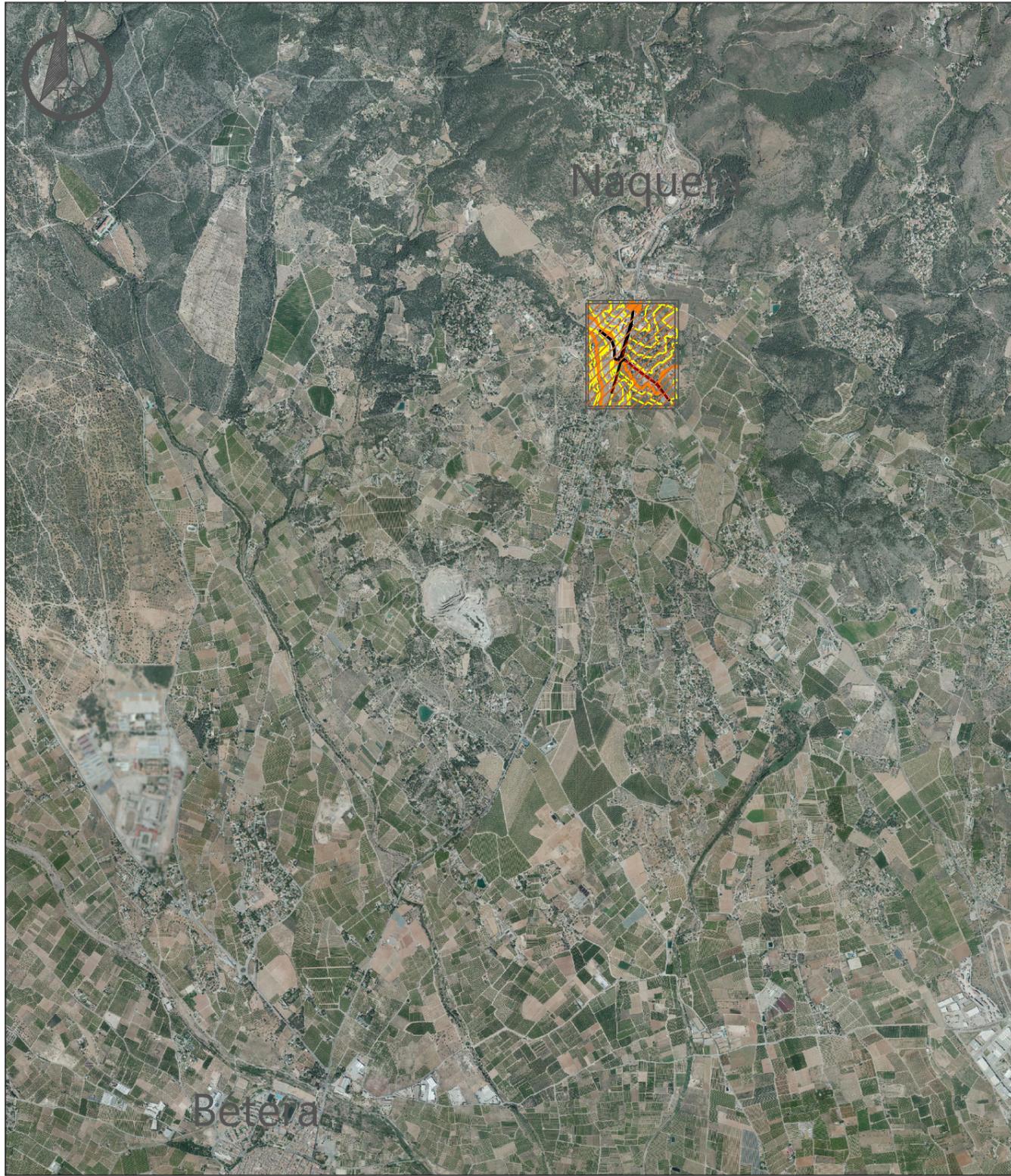
II.1 PLANTA DE INTERSECCIÓN

III. MEJORA PROPUESTA

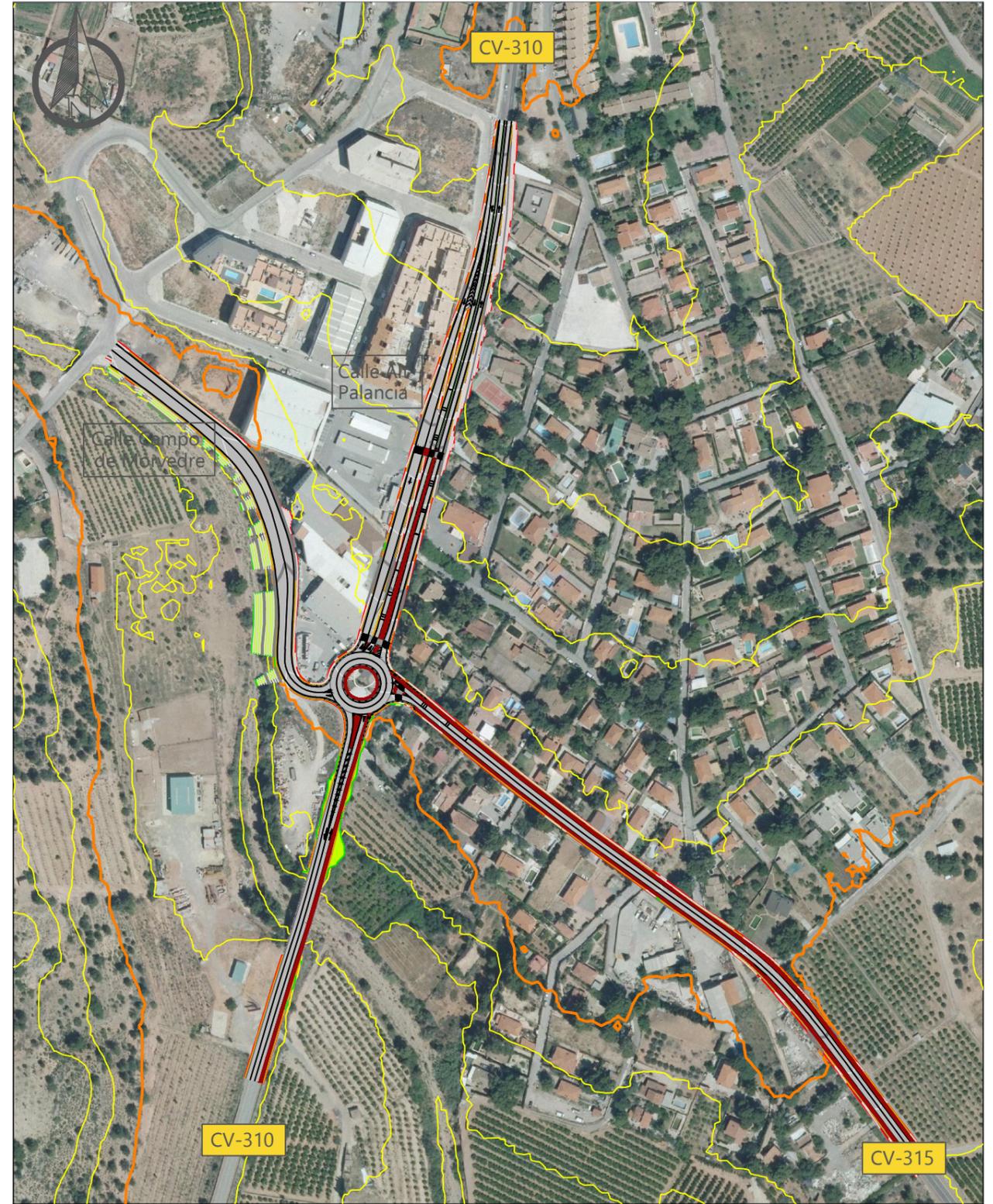
III.1 PLANTA INTERSECCIÓN

III.2 PERFILES LONGITUDINALES

III.3 TRAYECTORIAS

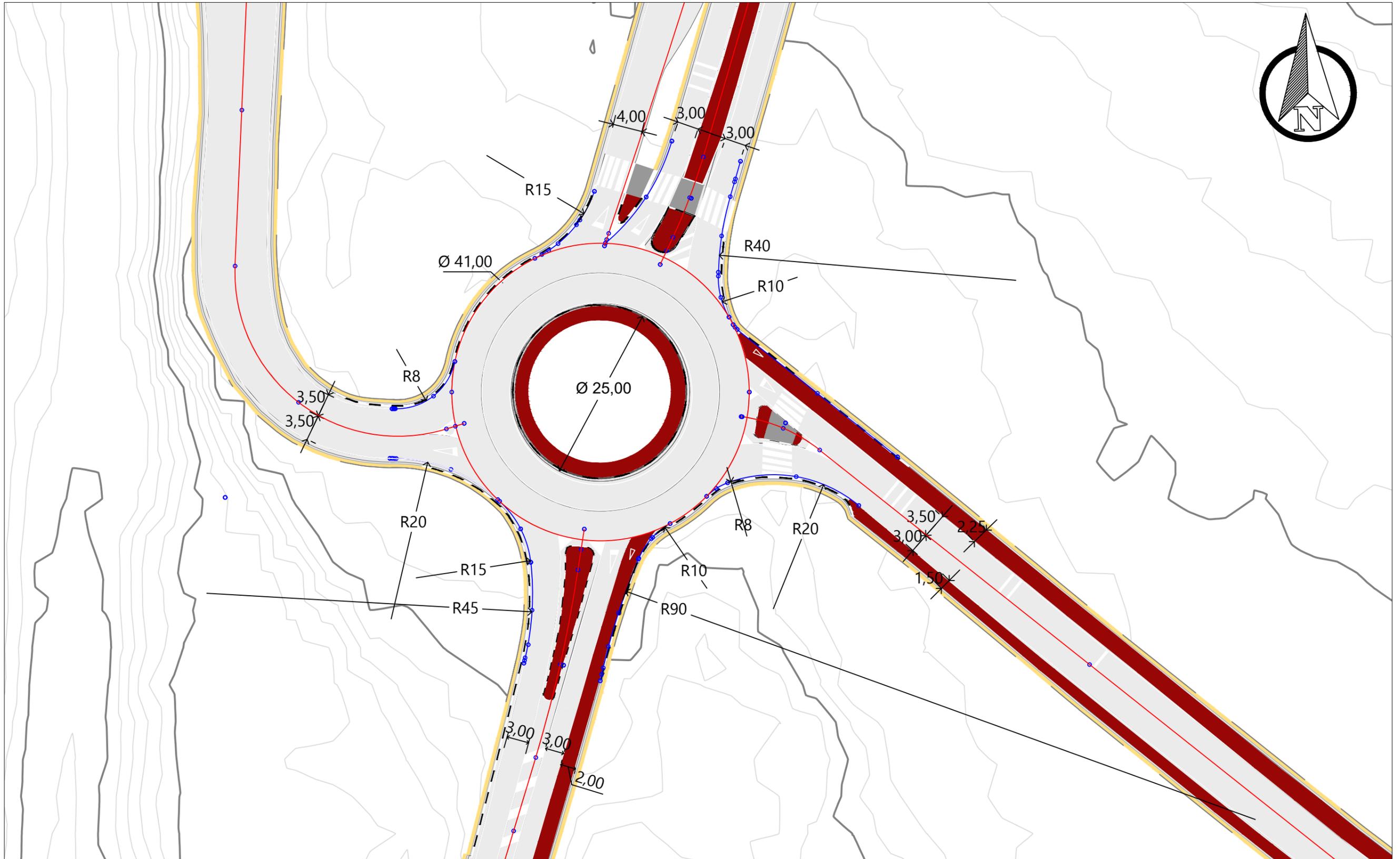


Escala: 1/40.000

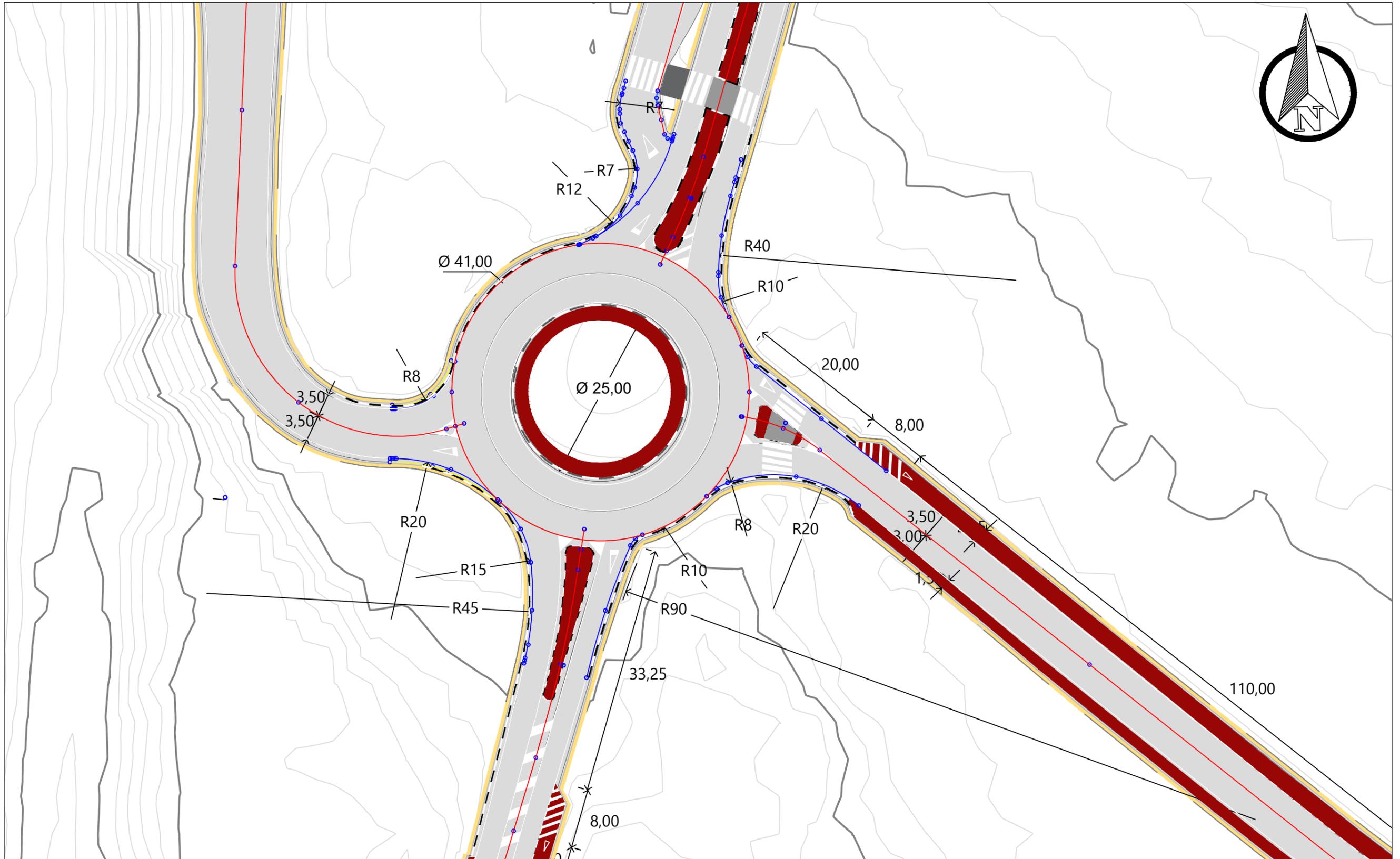


Escala: 1/3.500

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	 AUTOR DEL PROYECTO Paz García, Mónica Giuliana	FECHA Septiembre 2019	TÍTULO DEL PROYECTO Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.	ESCALA: varias	TÍTULO DEL PLANO SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	Nº DE PLANO I.1
						Hoja 1 de 1



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	 AUTOR DEL PROYECTO Paz García, Mónica Giuliana	FECHA Septiembre 2019	TÍTULO DEL PROYECTO Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.	ESCALA: ESCALA: 1:500	TÍTULO DEL PLANO SITUACIÓN ACTUAL - PLANTA INTERSECCIÓN	Nº DE PLANO II.1
						HOJA 1 DE 1



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
 Paz García, Mónica Giuliana

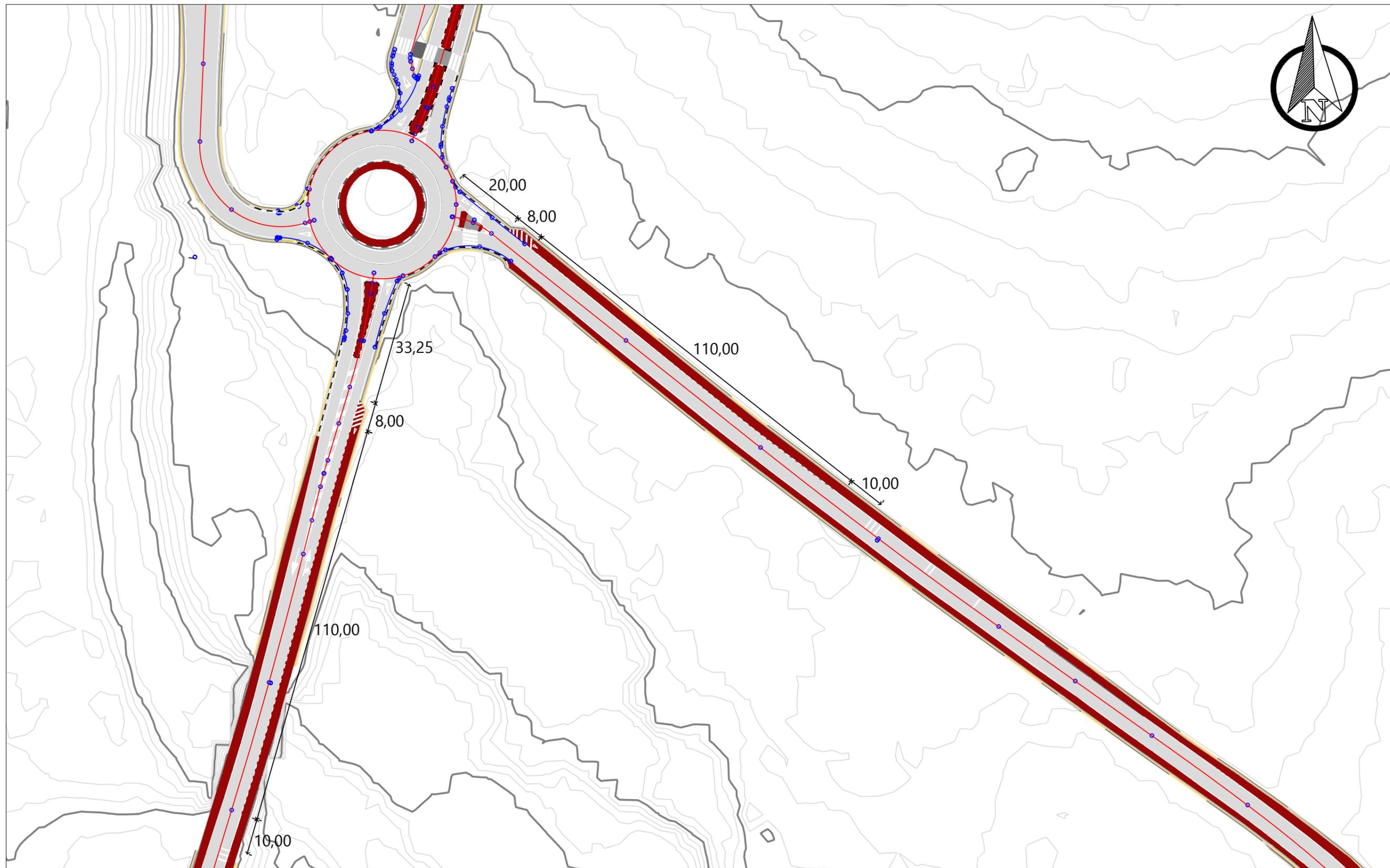
FECHA
 Septiembre 2019

TÍTULO DEL PROYECTO
 Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.

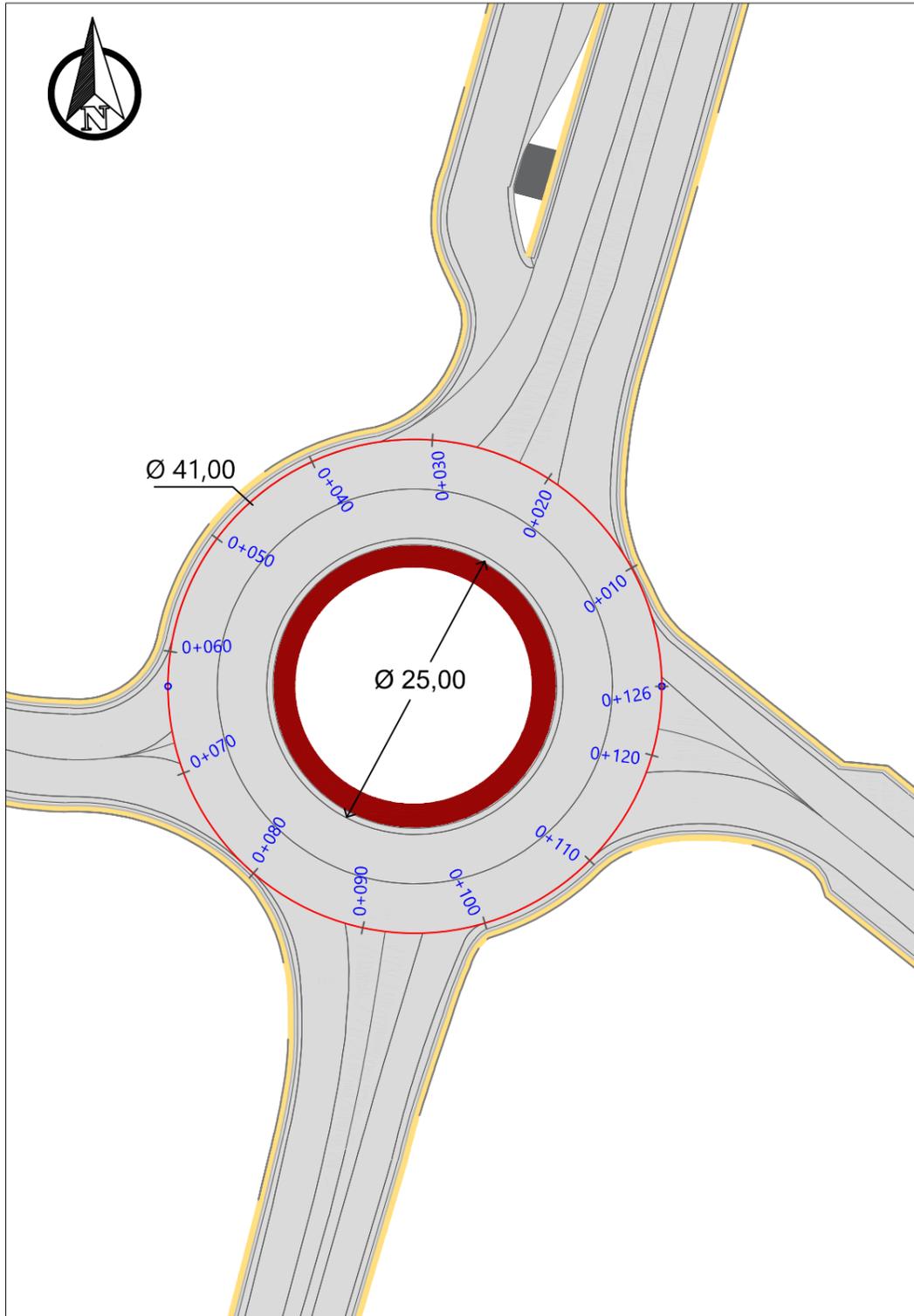
ESCALA: ESCALA:
 1:500

TÍTULO DEL PLANO
 MEJORA PROPUESTA - PLANTA INTERSECCIÓN

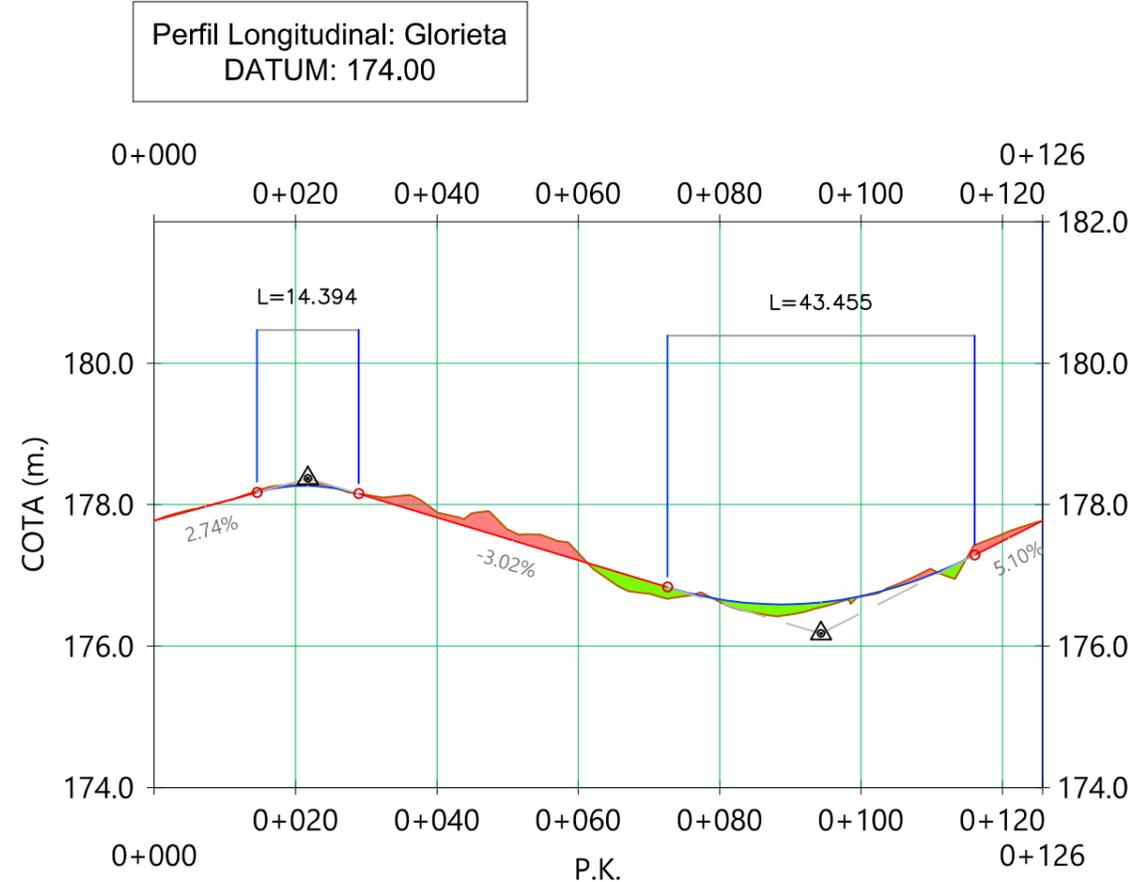
Nº DE PLANO
 II.1
 HOJA 1 DE 2



	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO Paz García, Mónica Giuliana</p>	<p>FECHA Septiembre 2019</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia</p>	<p>ESCALA: ESCALA: 1:1.000</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO MEJORA PROPUESTA - PLANTA INTERSECCIÓN</p>	<p>Nº DE PLANO III.1 HOJA 2 DE 2</p>
--	---	--	---	--	---	---	--

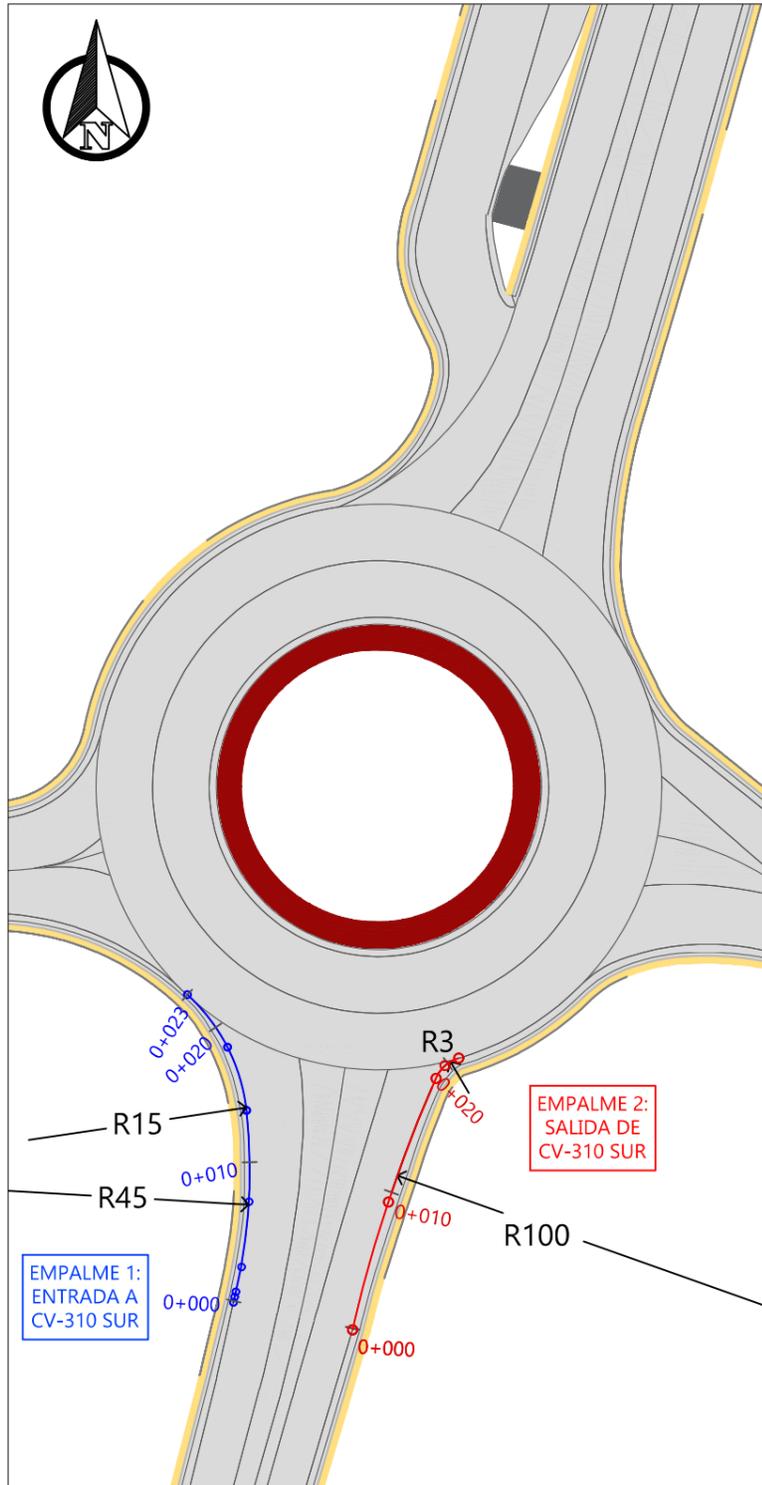


PLANTA GLORIETA
Escala: 1/500



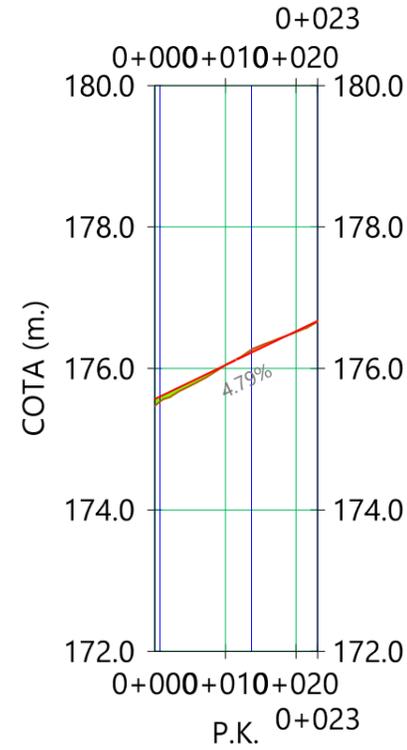
COTA-RASANTE	177.78	178.26	177.82	177.21	176.66	176.71	177.49	177.78
COTA-TERRENO	177.78	178.28	177.89	177.32	176.62	176.70	177.58	177.78
COTA ROJA	0.00	0.02	0.07	0.10	0.04	0.01	0.10	0.00
DIAGRAMA DE CURVATURAS	[Diagram showing a constant orange line representing the curvature profile]							

PERFIL LONGITUDINAL GLORIETA
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100



PLANTA EMPALMES DE CV-310 SUR
Escala: 1/500

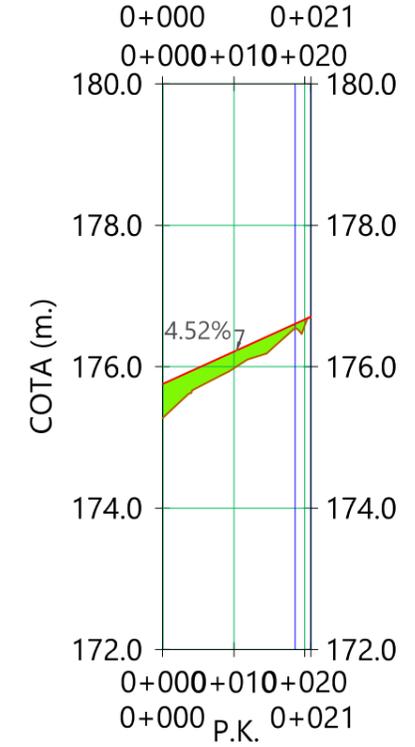
Perfil Longitudinal: Entrada a CV-310 Sur
DATUM: 172.00



COTA-RASANTE	175.57	176.05	176.53
COTA-TERRENO	175.47	176.05	176.52
COTA ROJA	0.10	0.00	0.01

PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 1: ENTRADA A CV-310 SUR
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100

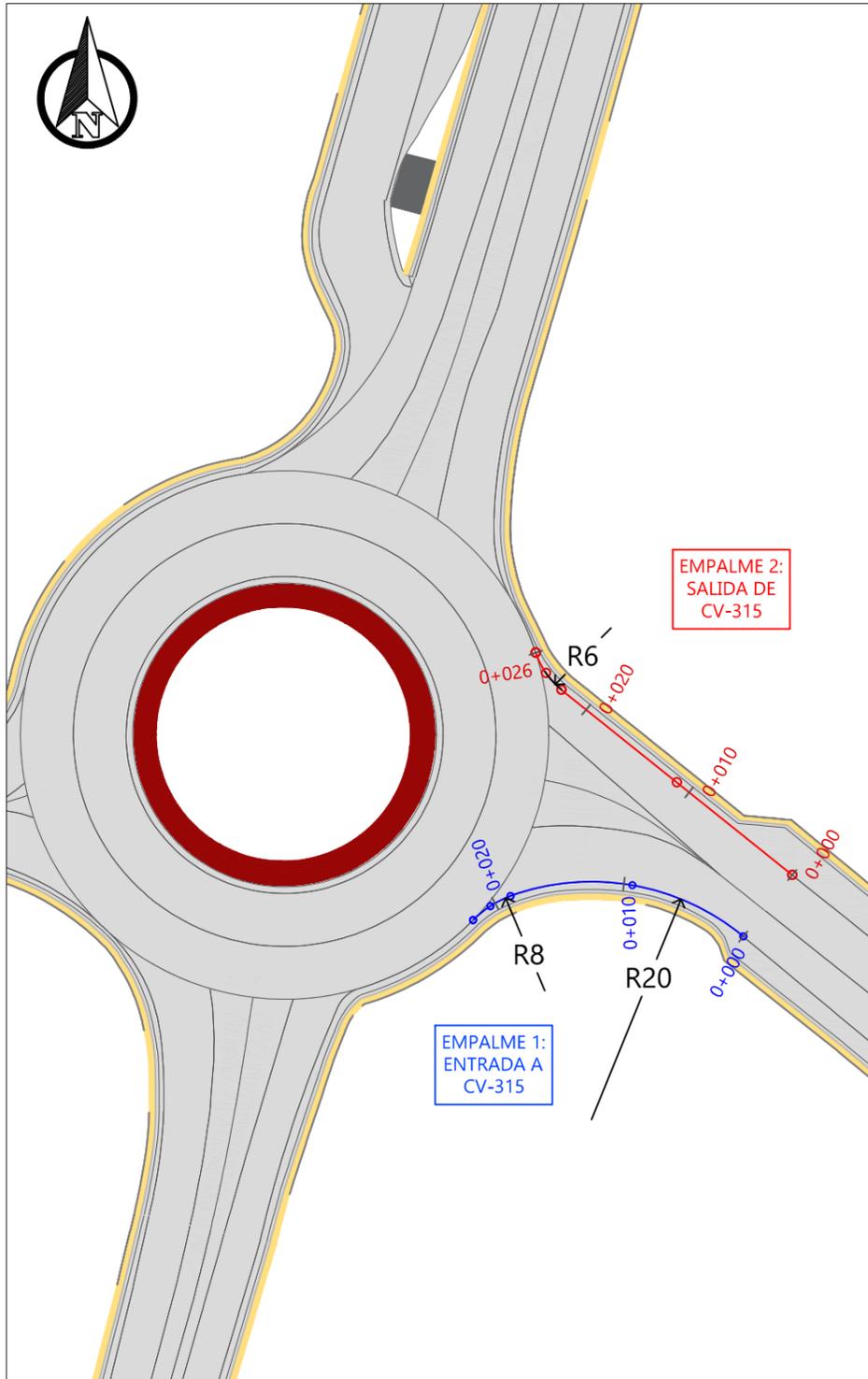
Perfil Longitudinal: Salida de CV-310 Sur
DATUM: 172.00



COTA-RASANTE	175.76	176.21	176.67
COTA-TERRENO	175.27	175.98	176.59
COTA ROJA	0.48	0.23	0.08

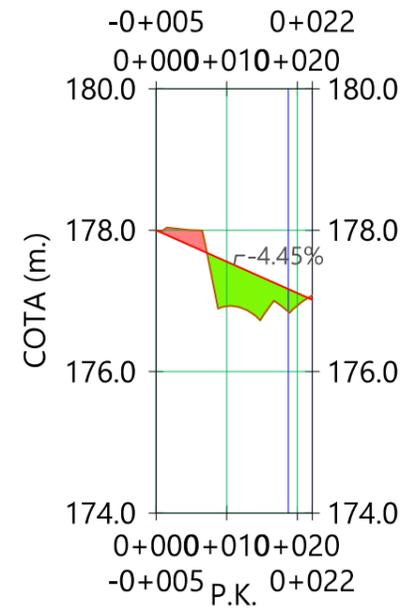
PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 2: SALIDA DE CV-310 SUR
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100





PLANTA EMPALMES DE CV-315
Escala: 1/500

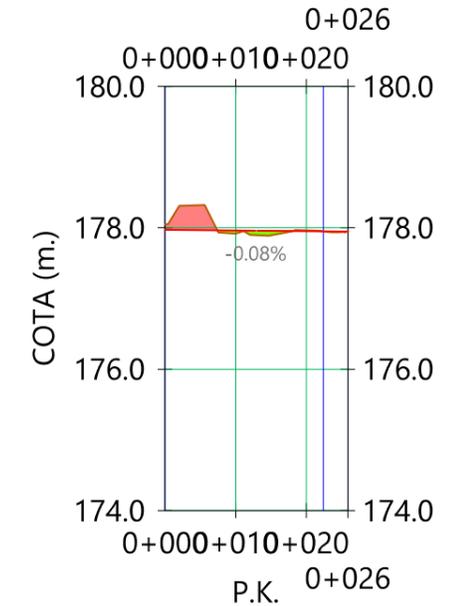
Perfil Longitudinal: Entrada a CV-315
DATUM: 174.00



COTA-RASANTE	178.00	177.55	177.11
COTA-TERRENO	178.00	176.92	176.93
COTA ROJA	0.00	0.63	0.18

PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 1: ENTRADA A CV-315
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100

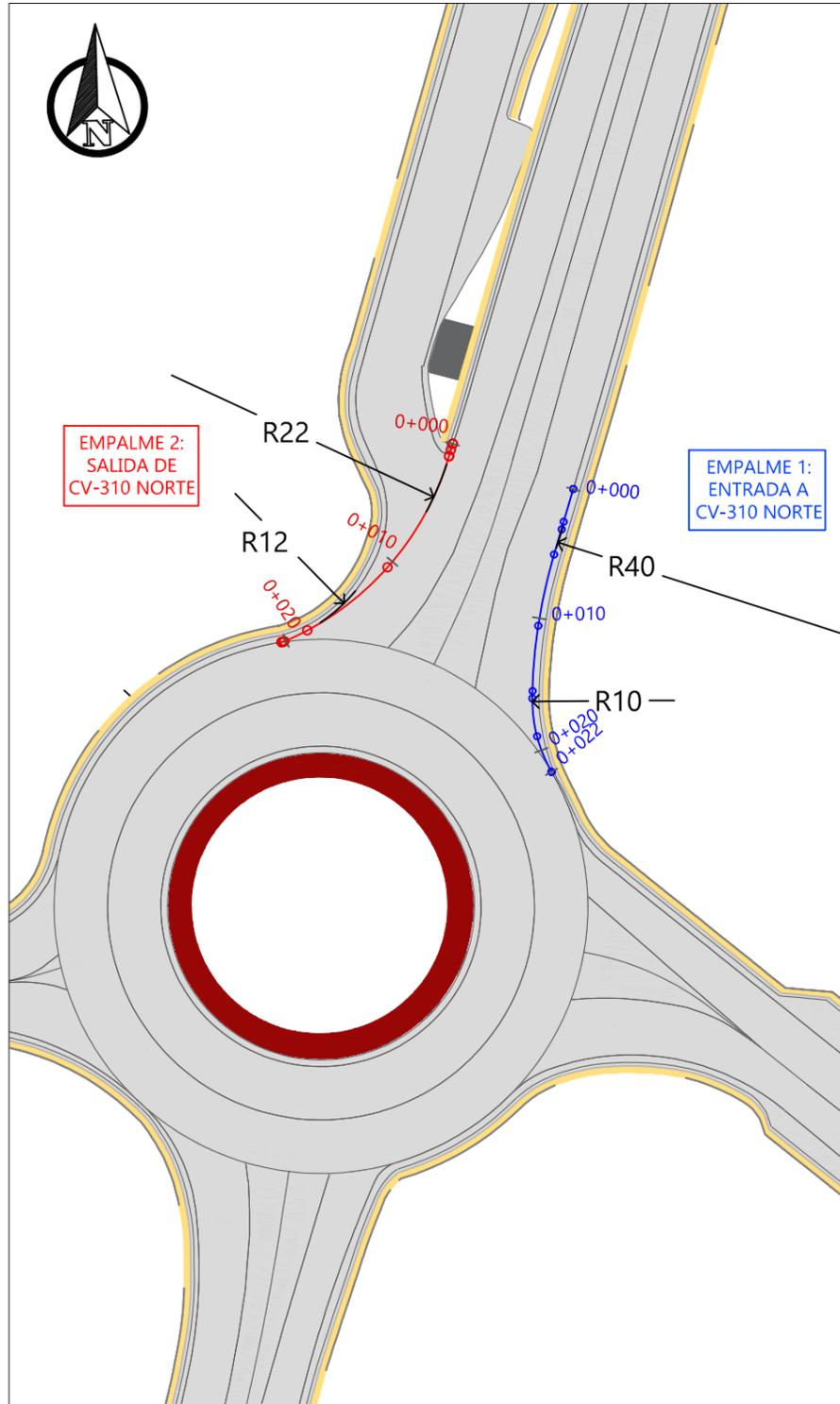
Perfil Longitudinal: Salida de CV-315
DATUM: 174.00



COTA-RASANTE	177.97	177.96	177.95
COTA-TERRENO	178.05	177.92	177.96
COTA ROJA	0.08	0.05	0.01

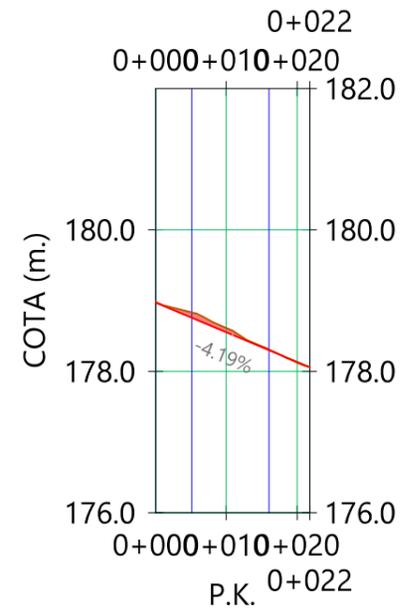
PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 2: SALIDA DE CV-315
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100





PLANTA EMPALMES DE CV-310 NORTE
Escala: 1/500

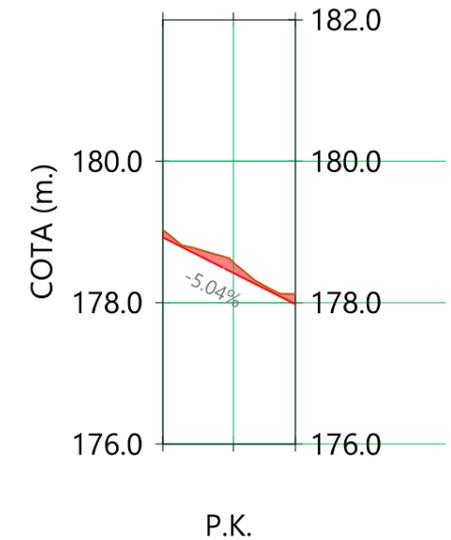
Perfil Longitudinal: Entrada a CV-310 Norte
DATUM: 176.00



COTA-RASANTE	178.97	178.55	178.14
COTA-TERRENO	178.99	178.62	178.13
COTA ROJA	0.01	0.06	0.01

PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 1: ENTRADA A CV-310 NORTE
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100

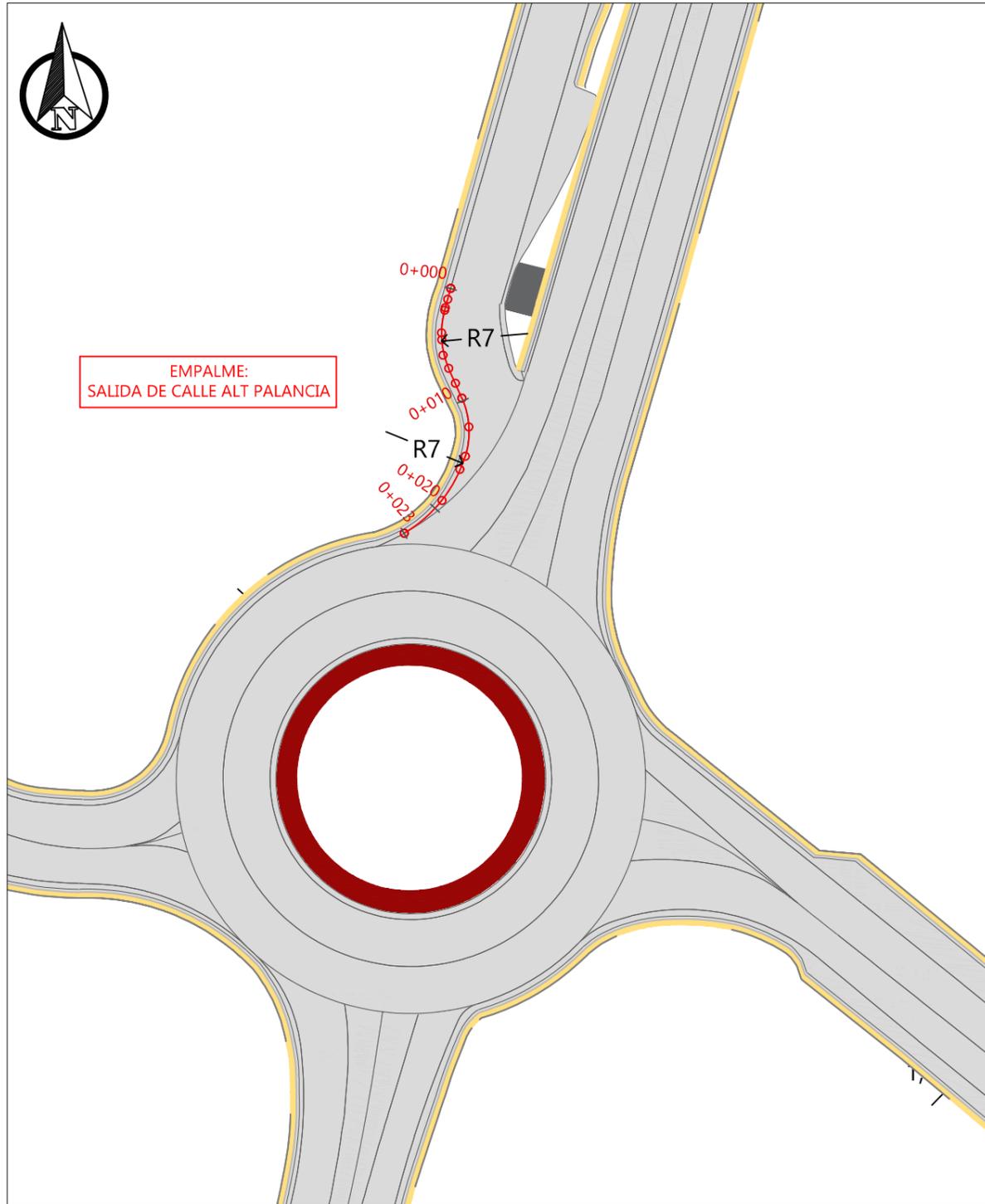
Perfil Longitudinal: Salida de CV-310 Norte
DATUM: 176.00



COTA-RASANTE	178.92	178.42
COTA-TERRENO	179.03	178.57
COTA ROJA	0.11	0.15

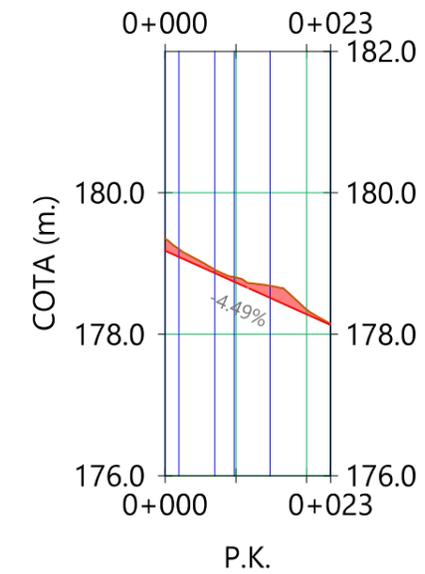
PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 2: SALIDA DE CV-310 NORTE
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100





PLANTA EMPALME DE CALLE ALT PALANCIA
Escala: 1/500

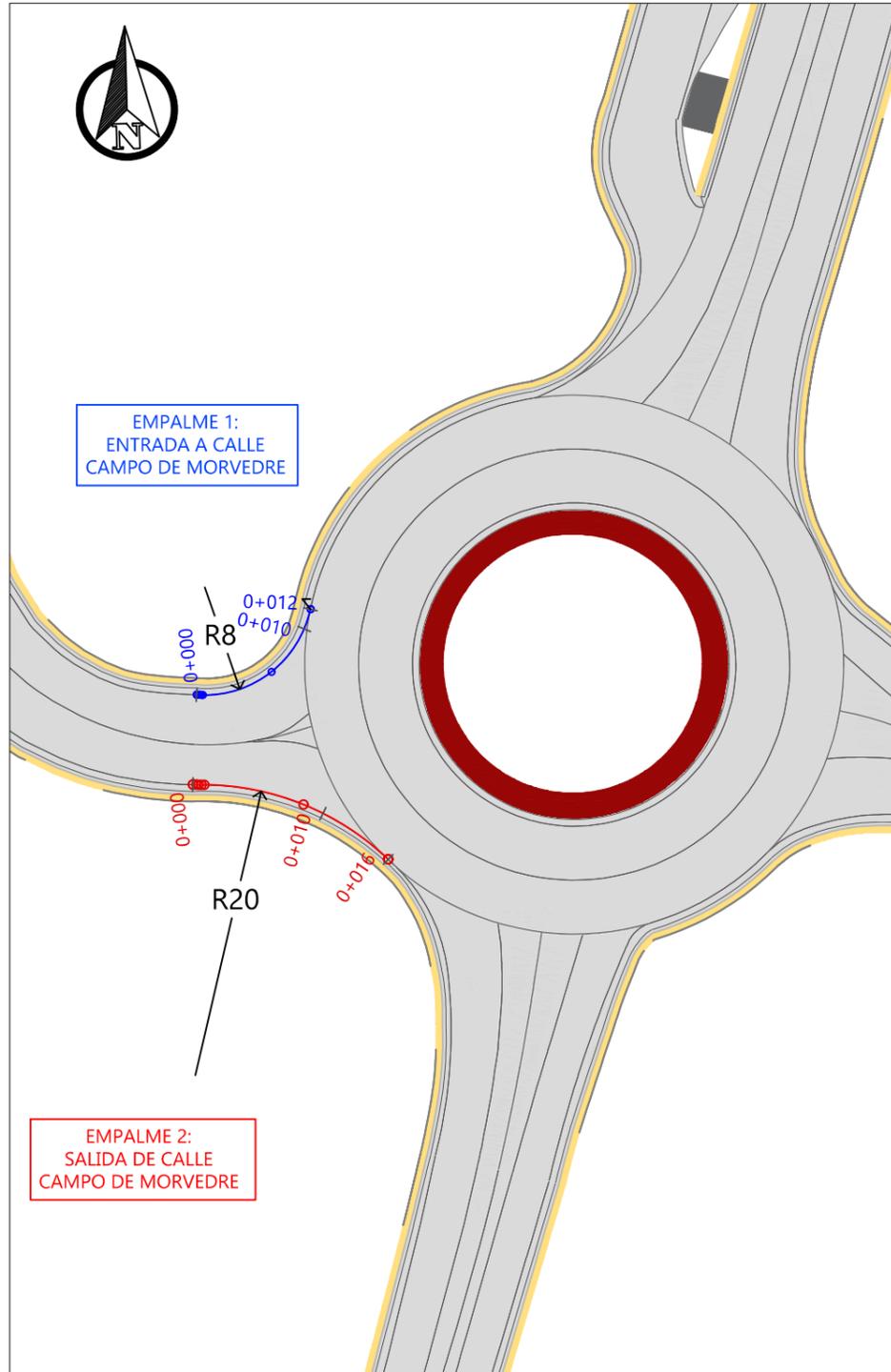
Perfil Longitudinal: Salida de Calle Alt Palancia
DATUM: 176.00



	P.K.		
COTA-RASANTE	179.18	178.73	178.28
COTA-TERRENO	179.35	178.80	178.35
COTA ROJA	0.17	0.07	0.07

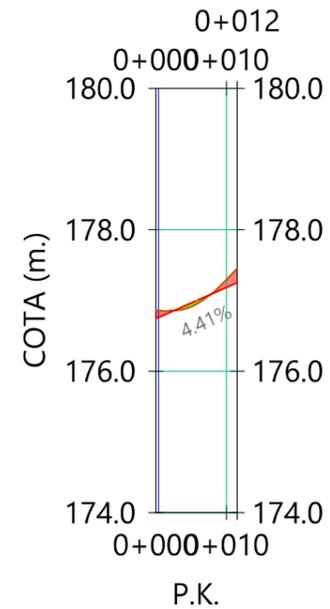
PERFIL LONGITUDINAL EMPALME SALIDA DE CALLE ALT PALANCIA
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100





PLANTA EMPALMES DE CALLE CAMPO DE MORVEDRE
Escala: 1/500

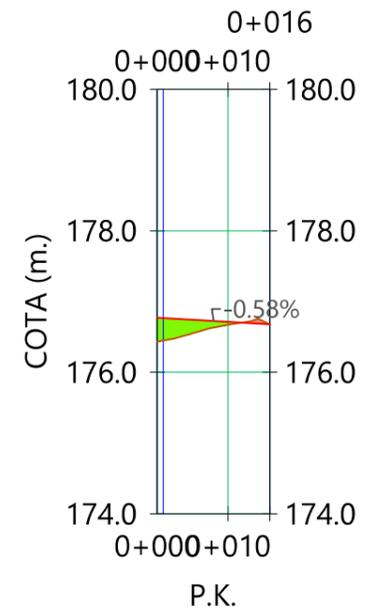
Perfil Longitudinal: Entrada a Calle Campo de Morvedre
DATUM: 174.00



COTA-RASANTE	176.74	177.19
COTA-TERRENO	176.86	177.29
COTA ROJA	0.12	0.11

PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 1: ENTRADA A CALLE CAMPO DE MORVEDRE
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100

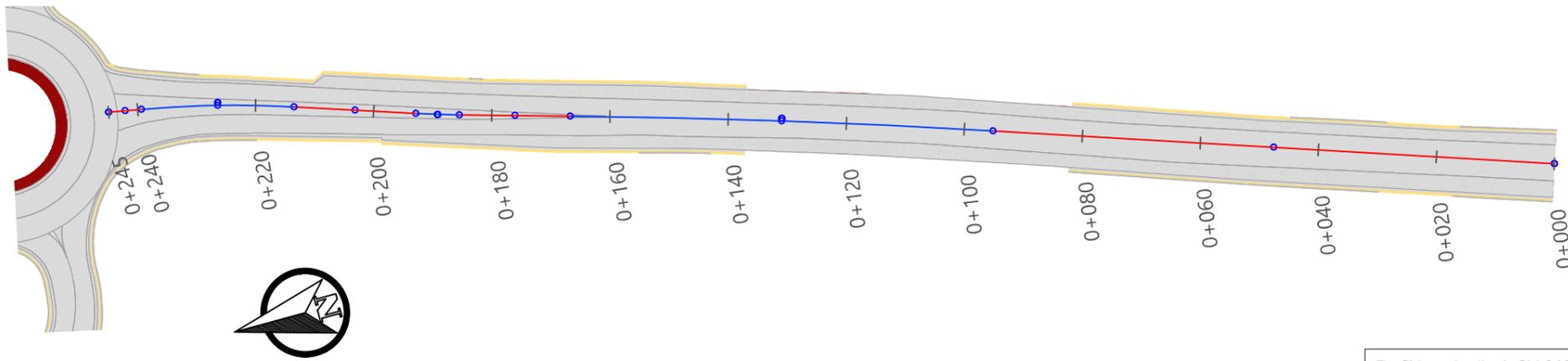
Perfil Longitudinal: Salida de Calle Campo de Morvedre
DATUM: 174.00



COTA-RASANTE	176.77	176.71	176.68
COTA-TERRENO	176.43	176.67	176.68
COTA ROJA	0.34	0.04	0.00

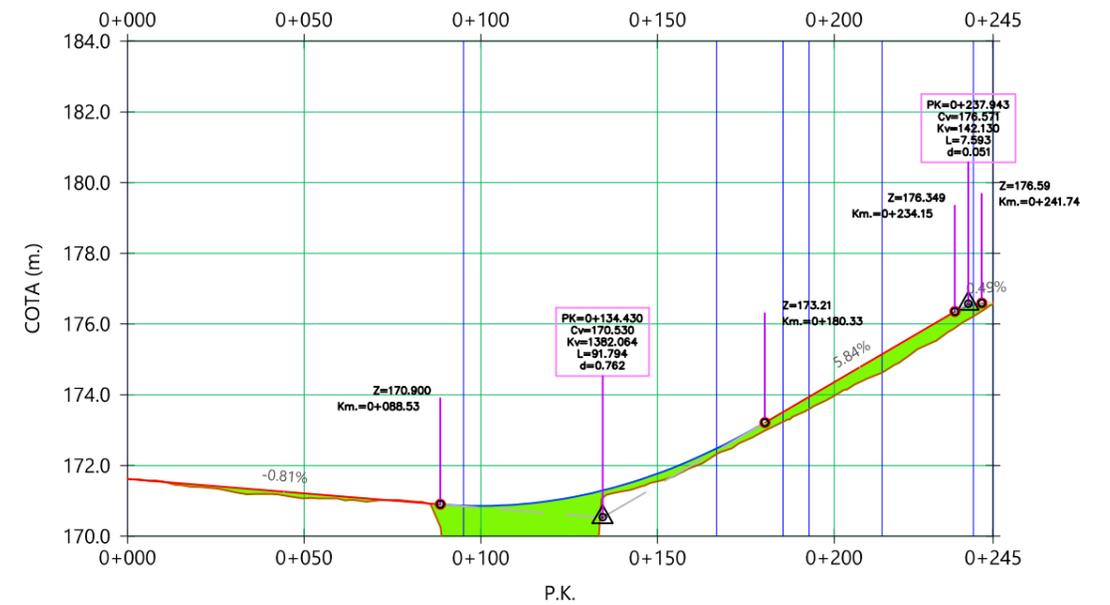
PERFIL LONGITUDINAL EMPALME 2: SALIDA DE CALLE CAMPO DE MORVEDRE
Escala Horizontal 1/1.000
Escala Vertical 1/100



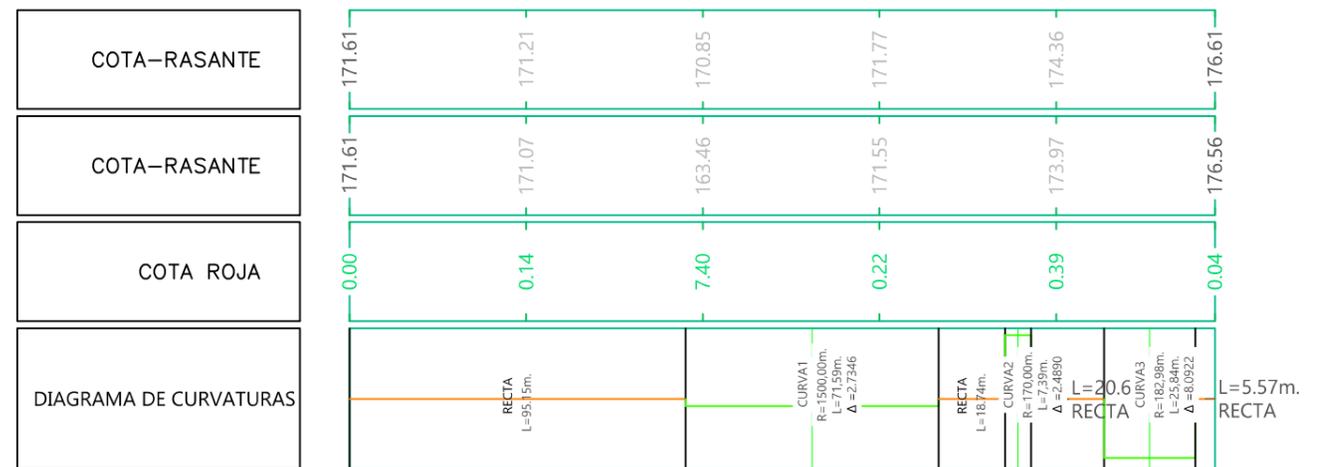


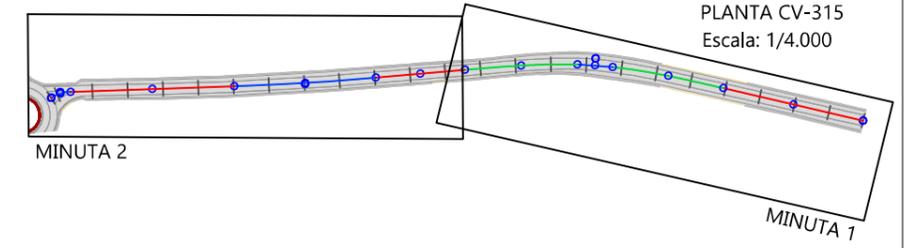
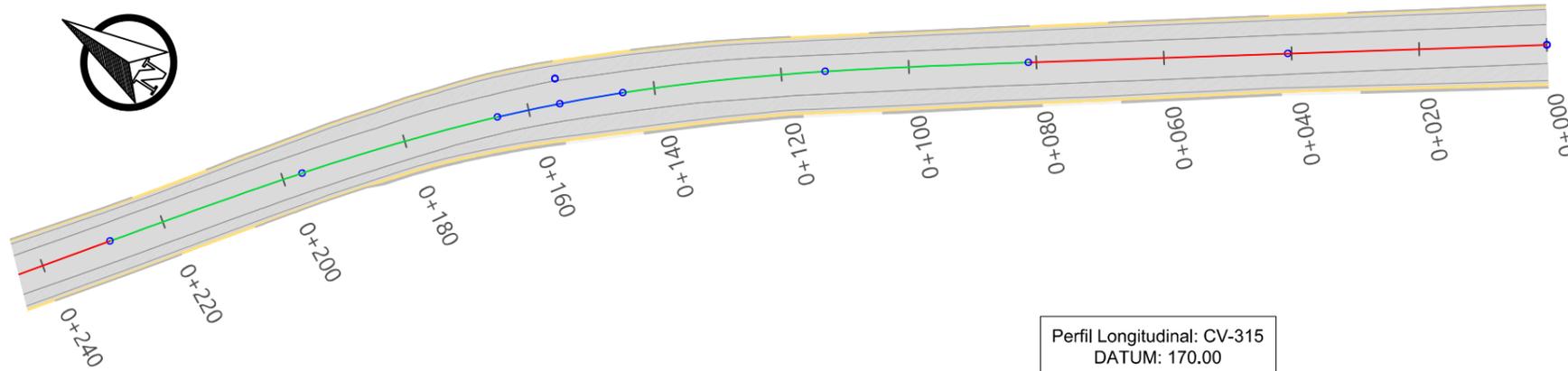
PLANTA CV-310 SUR
Escala: 1/1.000

Perfil Longitudinal: CV-310 Sur
DATUM: 170.00



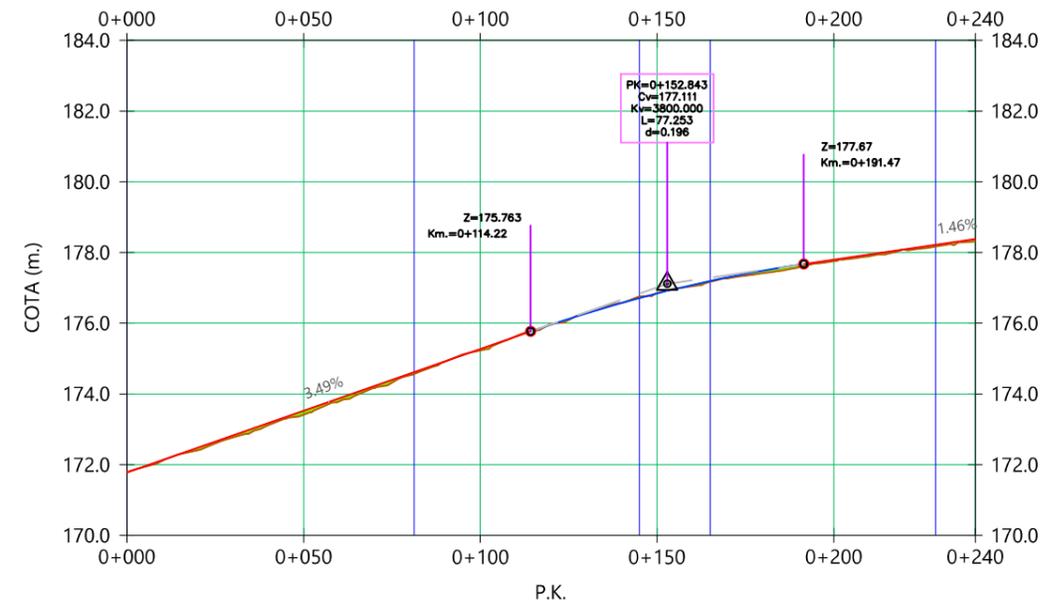
PERFIL LONGITUDINAL CV-310 SUR
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200



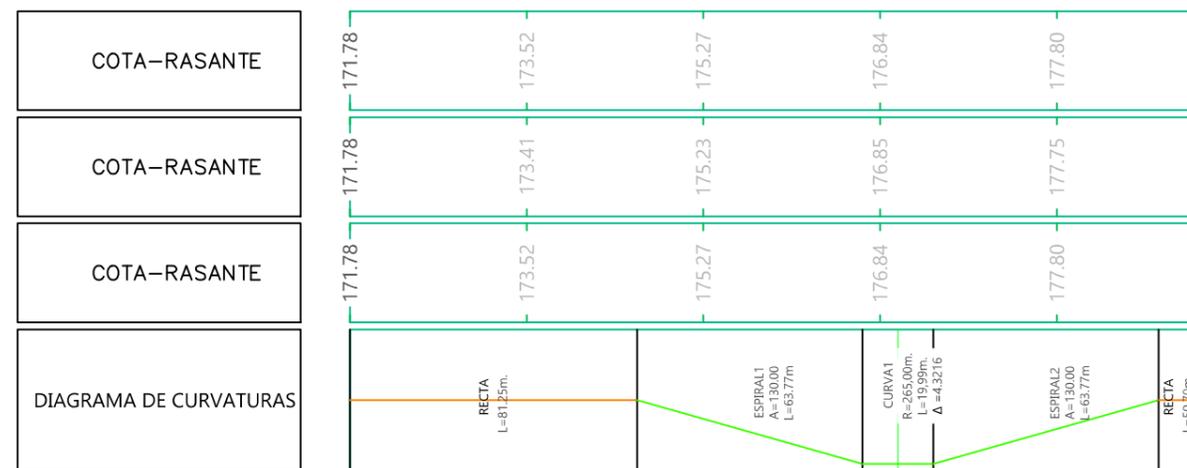


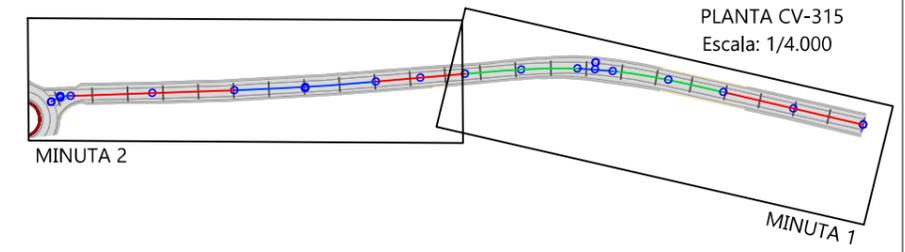
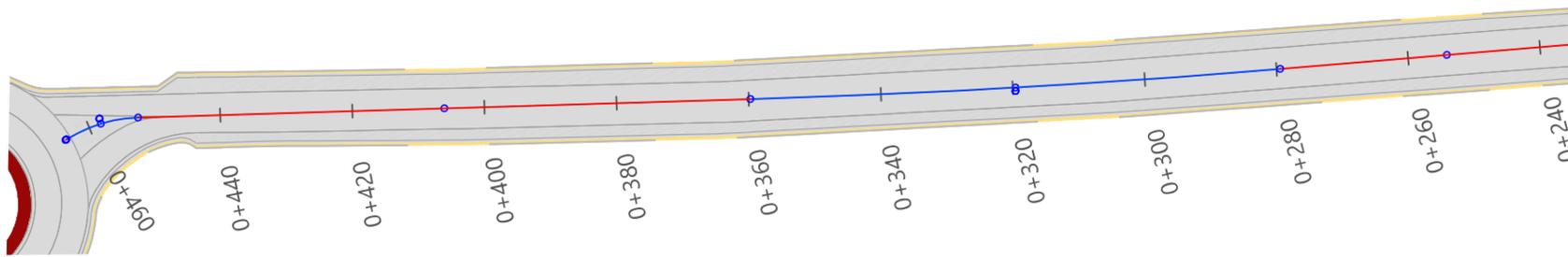
PLANTA CV-315 - MINUTA 1
Escala: 1/1.000

Perfil Longitudinal: CV-315
DATUM: 170.00



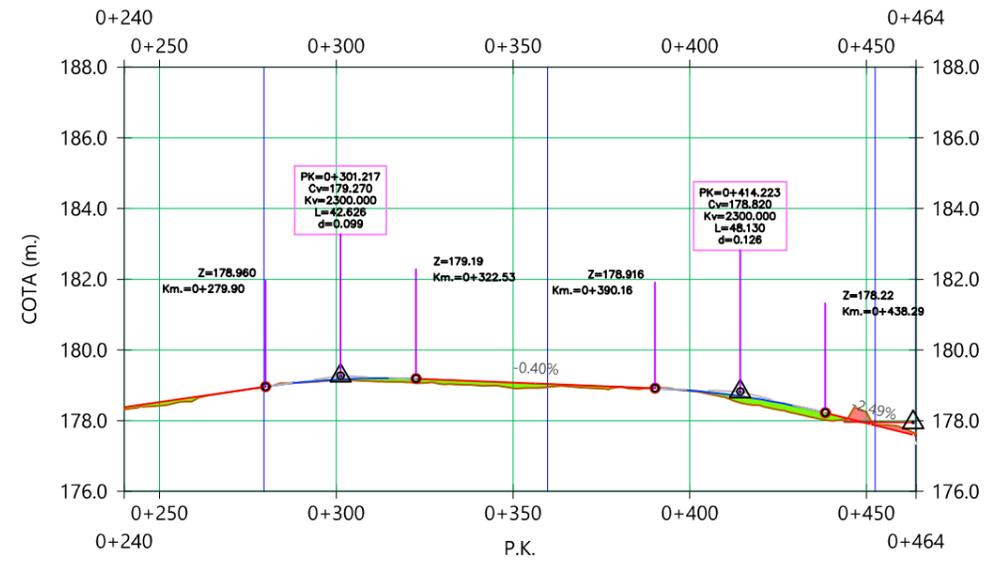
PERFIL LONGITUDINAL CV-315 - MINUTA 1
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200





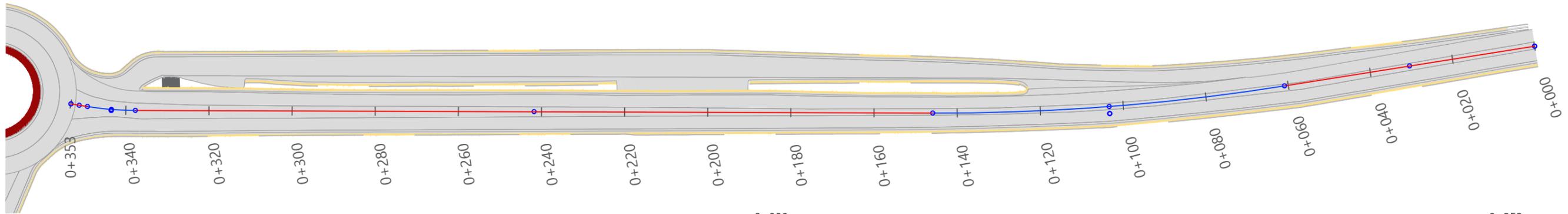
PLANTA CV-315 - MINUTA 2
Escala: 1/1.000

Perfil Longitudinal: CV-315
DATUM: 176.00



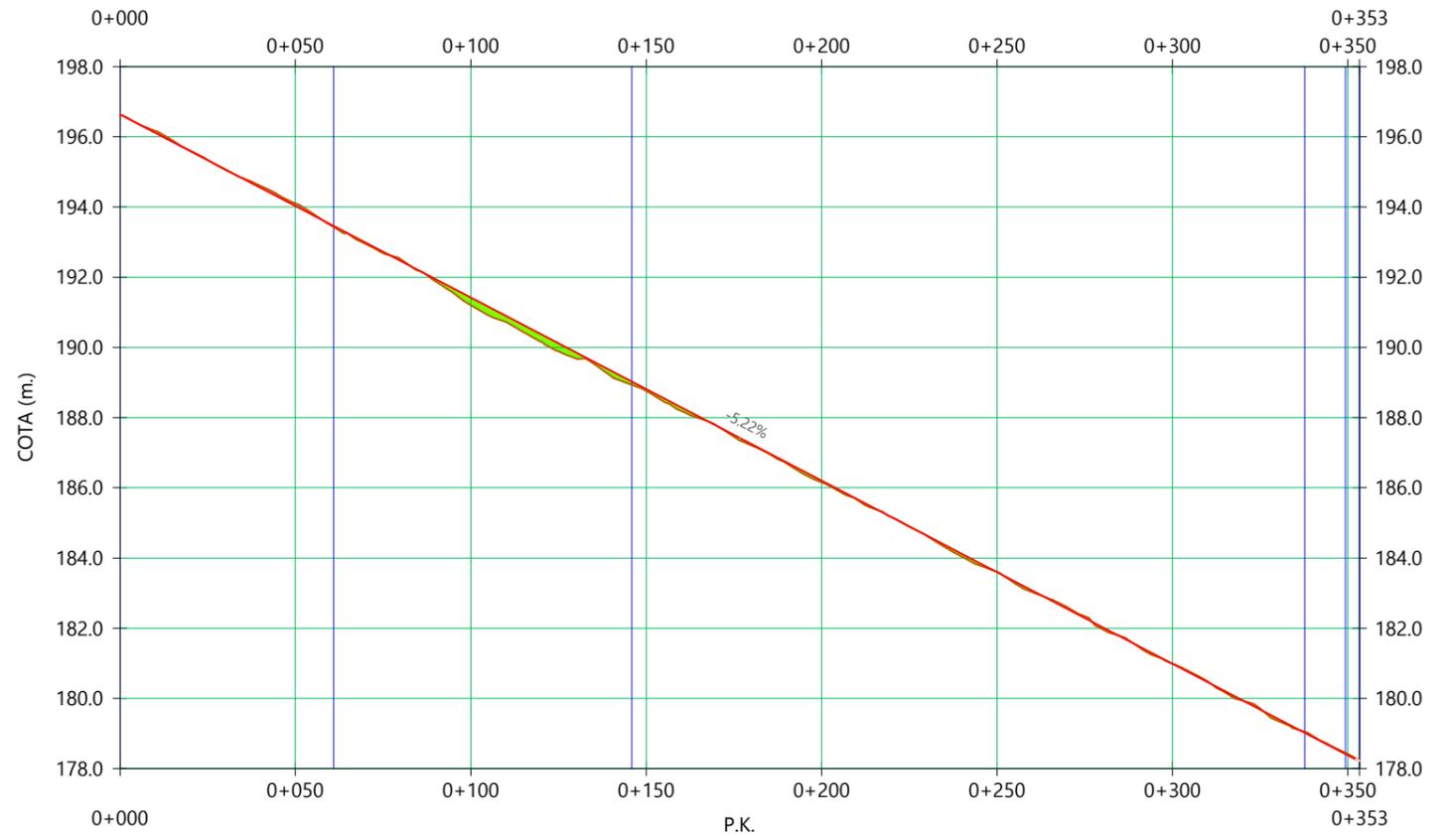
COTA-RASANTE	178.38	178.52	179.16	179.08	178.86	177.93	177.58
COTA-RASANTE	178.32	178.43	179.14	178.92	178.84	178.24	177.64
COTA-RASANTE	178.38	178.52	179.16	179.08	178.86	177.93	177.58
DIAGRAMA DE CURVATURAS	RECTA L=50.70m.	CURVA2 R=1500.00m. L=80.27m. Δ=3.0660		RECTA L=92.88m.	CURVA3 R=151.45m. L=30.4571		

PERFIL LONGITUDINAL CV-315 - MINUTA 2
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200



PLANTA CV-310 NORTE
Escala: 1/1.000

Perfil Longitudinal: CV-310 Norte
DATUM: 178.00

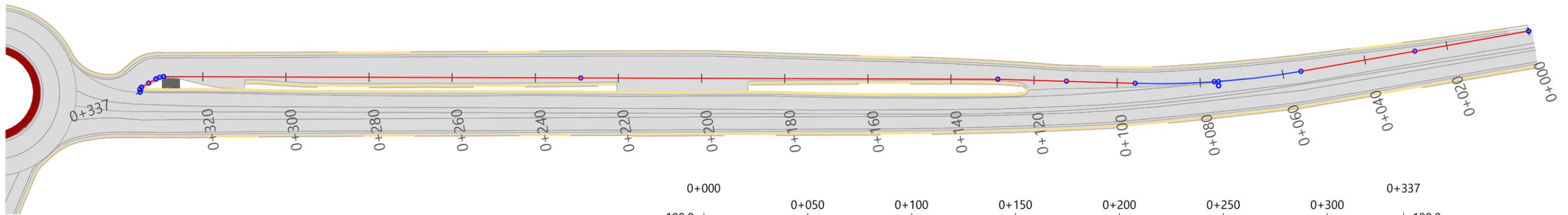


PERFIL LONGITUDINAL CV-310 NORTE
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200

COTA-RASANTE
COTA-TERRENO
COTA ROJA
DIAGRAMA DE CURVATURAS

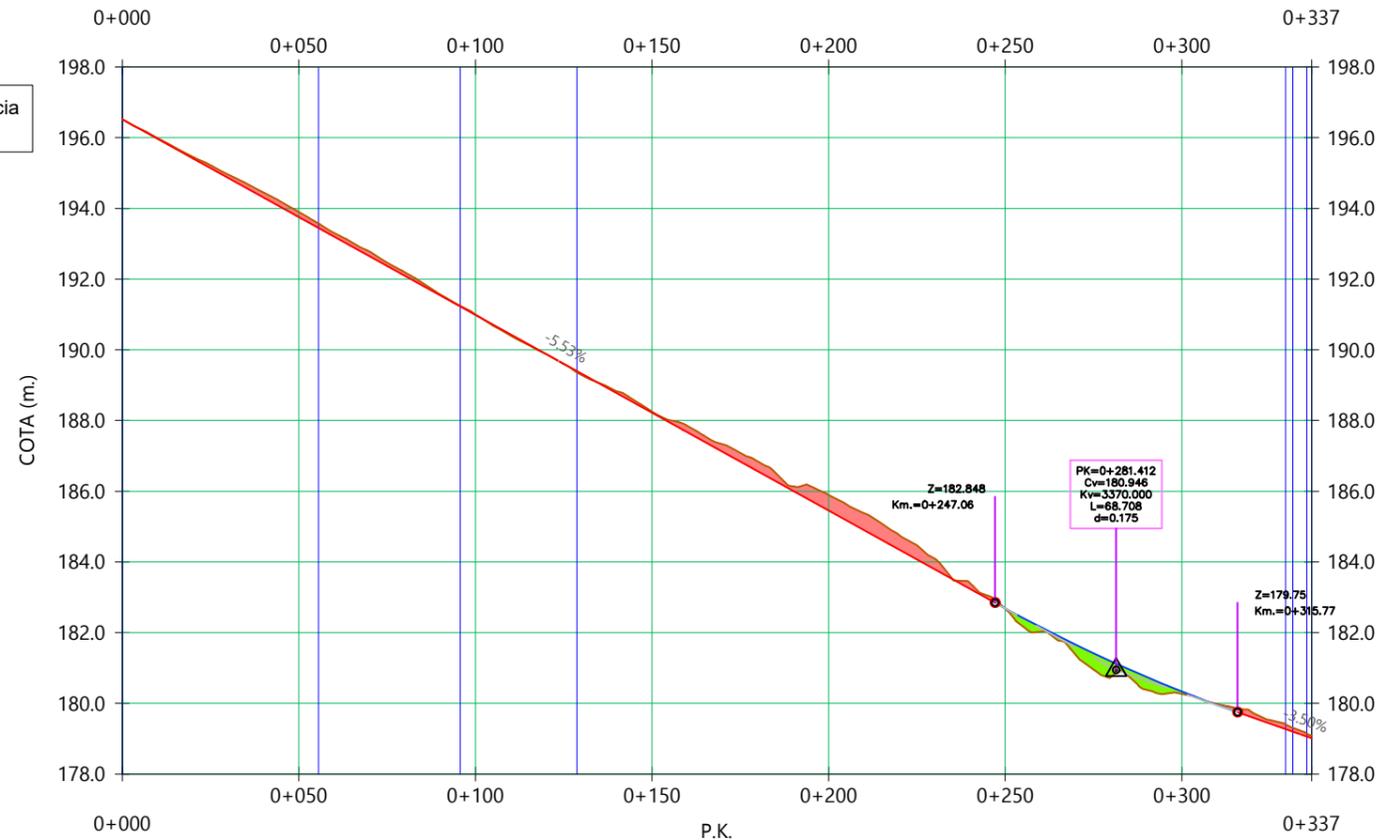
P.K.	0+000	0+050	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350	0+353
COTA-RASANTE	196.64	194.03	191.42	188.81	186.21	183.60	180.99	178.38	
COTA-TERRENO	196.64	194.11	191.21	188.76	186.15	183.61	180.99	178.42	
COTA ROJA	0.00	0.08	0.22	0.05	0.05	0.02	0.00	0.04	
DIAGRAMA DE CURVATURAS	RECTA L=60.94m.		CURVA1 R=530.73m. L=84.95m. Δ=9.1713			RECTA L=191.85m.		CURVA2 R=750.0m. L=115.6m. Δ=14.88307	RECTA L=4.03m.



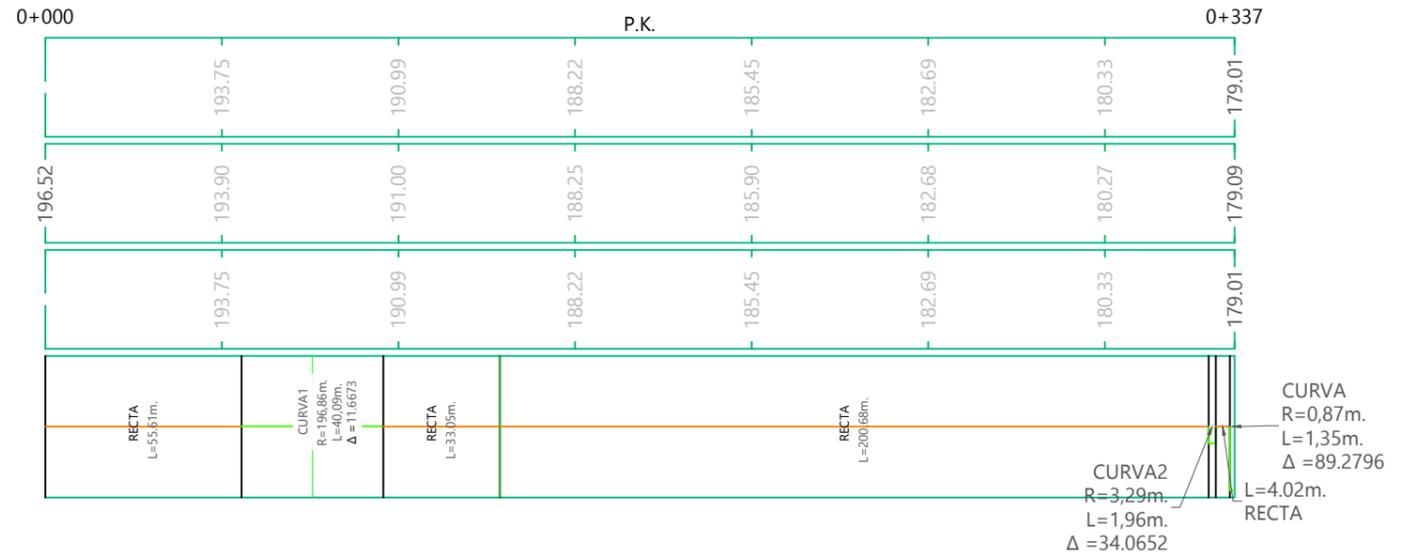


PLANTA CALLE ALT PALANCIA
Escala: 1/1.000

Perfil Longitudinal: Calle Alt Palancia
DATUM: 178.00



COTA-RASANTE
COTA-RASANTE
COTA-RASANTE
DIAGRAMA DE CURVATURAS



PERFIL LONGITUDINAL CALLE ALT PALANCIA
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
Paz García, Mónica Giuliana

FECHA
Septiembre 2019

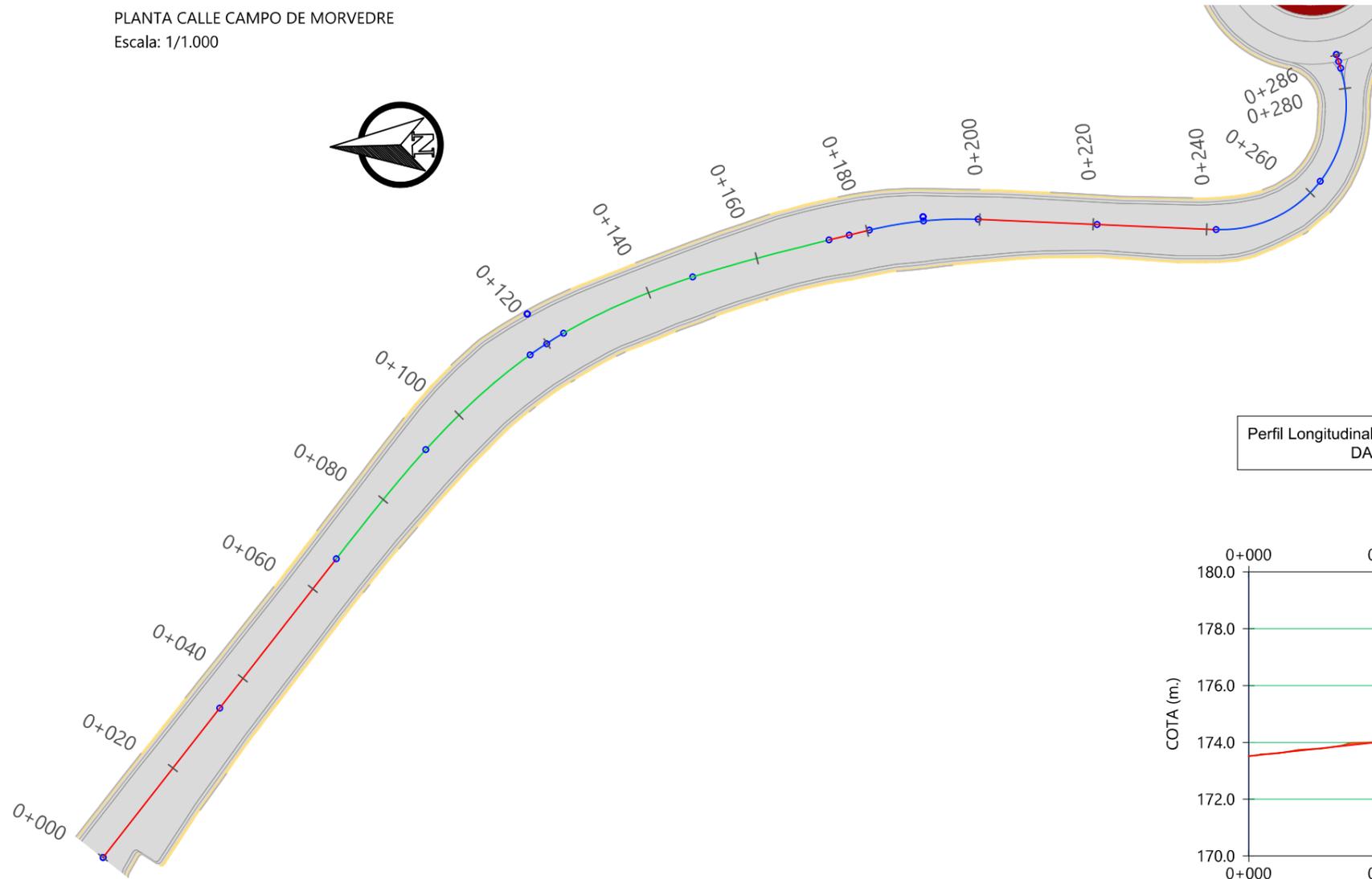
TÍTULO DEL PROYECTO
Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.

ESCALA:
varias

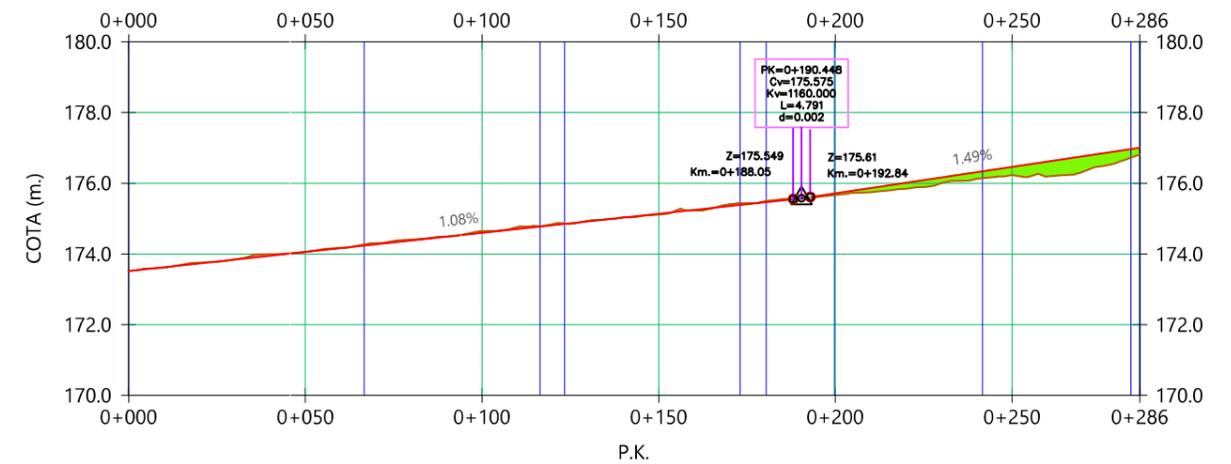
TÍTULO DEL PLANO
MEJORA PROPUESTA - PERFILES LONGITUDINALES
CALLE ALT PALANCIA

Nº DE PLANO
III.2
HOJA 11 DE 12

PLANTA CALLE CAMPO DE MORVEDRE
Escala: 1/1.000



Perfil Longitudinal: Calle Campo de Morvedre
DATUM: 170.00



PERFIL LONGITUDINAL CALLE CAMPO DE MORVEDRE
Escala Horizontal 1/2.000
Escala Vertical 1/200

COTA-RASANTE	173.52	174.06	174.60	175.14	175.72	176.47	177.01		
COTA-TERRENO	173.52	174.06	174.65	175.11	175.67	176.23	176.82		
COTA ROJA	0.00	0.01	0.05	0.03	0.05	0.23	0.19		
DIAGRAMA DE CURVATURAS	RECTA L=66.88m.	ESPIRAL1 A=65.00 L=49.71m	CURVA1 R=85.00m L=7.00m $\Delta=4.7172$	ESPIRAL2 A=65.00 L=49.71m	RECTA L=7.35m	CURVA2 R=68.00m L=19.29m $\Delta=16.2526$	RECTA L=41.95m	CURVA3 R=21.94m L=41.98m $\Delta=109.6520$	RECTA L=2.30m.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
Paz García, Mónica Giuliana

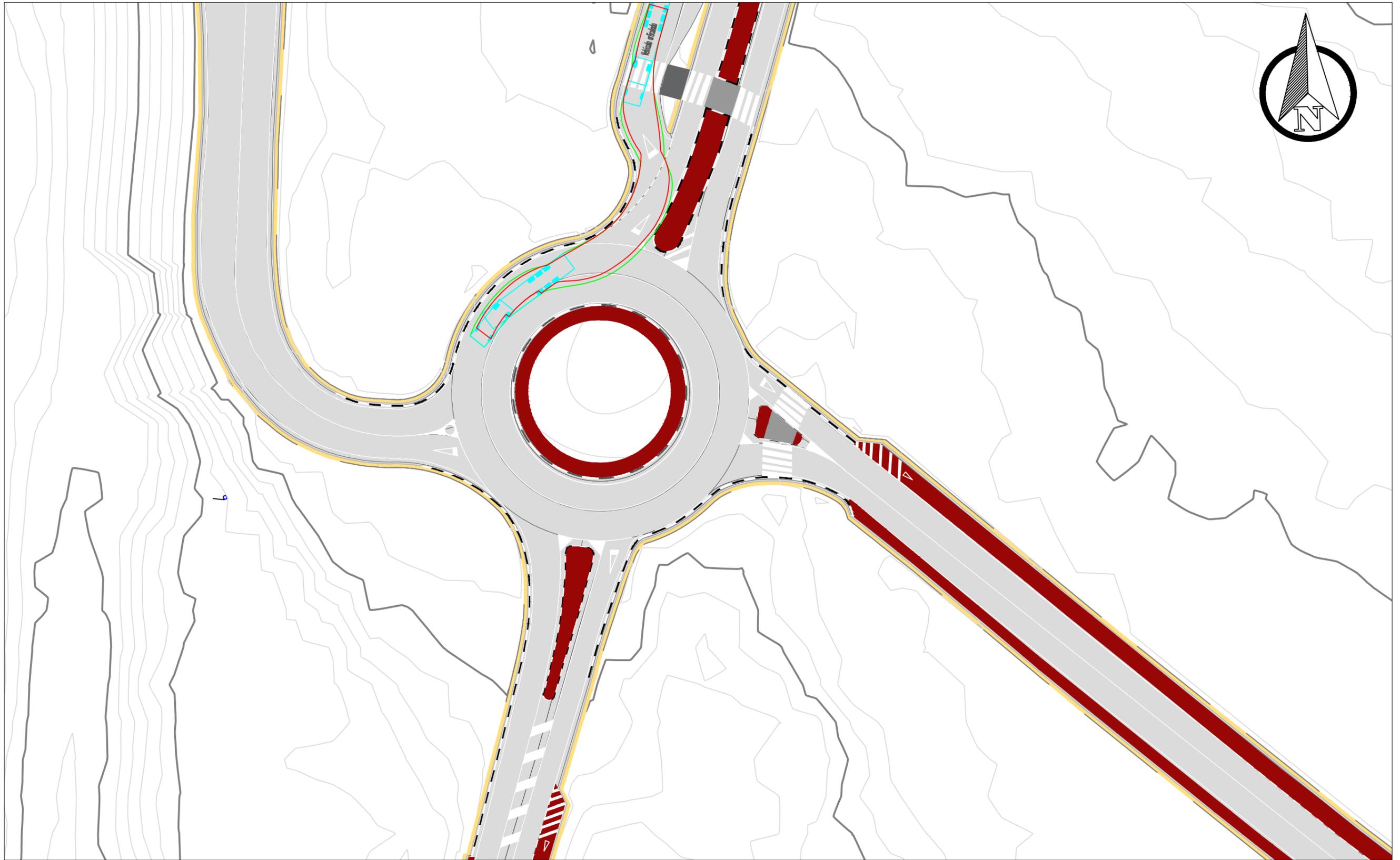
FECHA
Septiembre 2019

TÍTULO DEL PROYECTO
Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.

ESCALA:
varias

TÍTULO DEL PLANO
MEJORA PROPUESTA - PERFILES LONGITUDINALES
CALLE CAMPO DE MORVEDRE

Nº DE PLANO
III.2
HOJA 12 DE 12



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
 Paz García, Mónica Giuliana

FECHA
 Septiembre 2019

TÍTULO DEL PROYECTO
 Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310 PK 15+750 en la provincia de Valencia.

ESCALA: ESCALA:
 1:500

TÍTULO DEL PLANO
 MEJORA PROPUESTA
 JUSTIFICACIÓN DE TRAYECTORIA

Nº DE PLANO
 III.1
 HOJA 1 DE 1