



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Levantamiento topográfico y diseño geométrico de obra
lineal mediante BIM InfraWorks y con AutoCad Civil 3D.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Ramirez Aloy, Marc

Tutor/a: Blanch Puertes, Luís

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE OBRA LINEAL MEDIANTE BIM INFRAWORKS Y CON AUTOCAD CIVIL 3D.

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

Autor: Marc Ramírez Aloy

Tutor: Luís Blanch Puertes

Curso académico: 2023-2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido al éxito de este proyecto. En primer lugar, a mi tutor Luís Blanch Puertes, por su orientación experta y constante apoyo.

A la Universitat Politècnica de València, en particular a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geomática y Topográfica. Agradezco a los profesores, dirección, secretaría, servicio de prácticas y servicio de limpieza, así como a todas las personas que han facilitado y guiado este camino académico.

En un agradecimiento especial, quiero dedicar palabras de profundo agradecimiento a mis padres. Gracias a mi madre y a mi padre por motivarme y hacerme sentir siempre ese apoyo incondicional, pero saber mantenerme los pies en el suelo. Agradezco sus esfuerzos y sacrificios, sus lecciones de vida invaluable, hacerme sentir orgulloso de ellos y, por, sencillamente, enseñarme a ser quien soy.

A mi familia, y de manera muy especial a mi abuela Carmen, por pensar siempre en nosotros. Por la infancia que me dio junto a mi abuelo Pepito, por quererme y cuidarme como a un hijo, y siempre consentirme portarme un poquito "peor" que mis primos. A mi tía Noelia, por ser mi segunda madre, por ser valiente, luchadora y nunca perder la sonrisa ni las ganas de hacernos reír. Por darme a mis primos Paula y Guillem, aunque la palabra que más encaje con nosotros sea hermanos. También a mi tío Guillermo por lo vivido, y por sentir que siempre me acompaña.

Agradezco también a aquellos que ya no están entre nosotros, pero dejaron una huella imborrable en mi vida.

A mis amigos, Bautista, Borja, Joan y Juanca, los cuales forman parte de la mención de familia, porque es lo que para mí son. Sin ellos nada tendría sentido y disfrutar de algo sería ardua tarea. Agradecer su sinceridad y lealtad, el cubrirme siempre las espaldas y sus consejos desde pequeños a los que pocas veces me atiendo. Por todas y cada una de nuestras historias y risas.

Todo lo bueno se lo debo a ellos y lo malo me impulsan a mejorarlo, gracias por todo, familia.

A Luís, por estar a una llamada siempre que el uno necesita al otro.

Por último, pero no menos importante, agradecer a todos mis compañeros de la universidad. En especial a María, por lo vivido y lo luchado. Y a Pablo, por brindarme su ayuda siempre que la he necesitado y hacer mucho más divertida esta experiencia.

A todos, gracias por ser parte esencial de mi trayectoria académica y personal.

AGRAÏMENTS

Vull expressar el meu més sincer agraïment a totes les persones que han contribuït a l'èxit d'aquest projecte. En primer lloc, al meu tutor Luís Blanch Puertes, per la seua orientació experta i constant suport. A la Universitat Politècnica de València, en particular a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Geomàtica i Topogràfica. Agraïsc als professors, direcció, secretaria, servei de pràctiques i servei de neteja, així com a totes les persones que han facilitat i guiat aquest camí acadèmic.

En un agraïment especial, vull dedicar paraules de profund agraïment als meus pares. Gràcies a la meua mare i al meu pare per motivar-me i fer-me sentir sempre aquest suport incondicional, però saber mantenir-me els peus en terra. Agraïsc els seus esforços i sacrificis, les seues lliçons de vida invaluables, fer-me sentir orgullós d'ells i, simplement, ensenyar-me a ser qui sóc.

A la meua família, i de manera molt especial a la meua àvia Carmen, per pensar sempre en nosaltres. Per la infància que em va donar al costat del meu avi Pepito, per estimar-me i cuidar-me com un fill, i sempre consentir-me portar-me una miqueta "pitjor" que els meus cosins. A la meua tia Noelia, per ser la meua segona mare, per ser valenta, lluitadora i mai perdre el somriure ni les ganes de fer-nos riure. Per donar-me als meus cosins Paula i Guillem, encara que la paraula que més encaixa amb nosaltres siga germans. També al meu oncle Guillermo pel viscut, i per sentir que sempre m'acompanya.

Agraïsc també aquells que ja no estan entre nosaltres, però que van deixar una empremta inesborrable a la meua vida.

Als meus amics, Bautista, Borja, Joan i Juanca, els quals formen part de l'esment de família, perquè és el que són per a mi. Sense ells res tindria sentit i gaudir d'alguna cosa seria àrdua tasca. Agraïsc la seua sinceritat i lleialtat, el cobrir-me sempre l'esquena i els seus consells des de xicotets als quals poques vegades m'atenc. Per totes i cadascuna de les nostres històries i rialles.

Tot el bo li ho dec a ells i allò dolent m'impulsen a millorar-ho, gràcies per tot, família.

A Luís, per estar a una crida sempre que l'un necessita a l'altre.

Finalment, però no menys important, agrair a tots els meus companys de la universitat. Especialment a María, per tot el viscut i lluitat. I a Pablo, per oferir-me sempre la seua ajuda quan l'he necessitat i fer molt més divertida aquesta experiència.

A tots, gràcies per ser part essencial de la meua trajectòria acadèmica i personal.

COMPROMISO

“El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado de origen en el texto, así como referido en la bibliografía.”

Valencia, 09/11/2023

Marc Ramírez Aloy

RESUMEN

Este proyecto consistió en llevar a cabo el diseño de una infraestructura viaria, concretamente una carretera convencional 80 (C-80), según la Norma 3.1-IC de 2016 (normativa vigente en España) en la localidad de Bétera (Valencia). En primer lugar, se realizó un levantamiento topográfico en la zona 'Camí la Pobla' en Bétera, Valencia, utilizando un GPS topográfico de alta precisión. Luego, se desarrolló un modelo BIM en InfraWorks para el prediseño de la carretera, siguiendo la Norma 3.1-IC. Se ajustaron parámetros geométricos, se añadieron acuerdos verticales y se exportó el modelo en formato .imx. Finalmente, en Civil 3D, se importaron los puntos tomados en el levantamiento topográfico, se crearon estilos de etiqueta y capas, se generaron polilíneas 3D, curvas de nivel y líneas de rotura, y, beneficiándonos de la interoperabilidad entre softwares, se importó el modelo .imx creado en InfraWorks para realizar el diseño geométrico de la carretera cumpliendo con la Norma 3.1-IC para la generación de los planos pertinentes.

RESUM

Aquest projecte va consistir a dur a terme el disseny d'una infraestructura viària, concretament una carretera convencional 80 (C-80), segons la Norma 3.1-IC de 2016 (normativa vigent a Espanya) a la localitat de Bétera (València). En primer lloc, es va realitzar un alçament topogràfic a la zona 'Camí la Pobla' a Bétera, València, utilitzant un GPS topogràfic d'alta precisió. Després, es va desenvolupar un model BIM a InfraWorks per al predisseny de la carretera, seguint la Norma 3.1-IC. Es van ajustar paràmetres geomètrics, es van afegir acords verticals i es va exportar el model en format .imx. Finalment, a Civil 3D, es van importar els punts presos a l'alçament topogràfic, es van crear estils d'etiqueta i capes, es van generar polilínies 3D, corbes de nivell i línies de ruptura, i, beneficiant-nos de la interoperabilitat entre programes, es va importar el model .imx creat a InfraWorks per a realitzar el disseny geomètric de la carretera seguint la Norma 3.1-IC per a la generació dels plànols pertinents.

ABSTRACT

This project involved the design of a road infrastructure, specifically a conventional road 80 (C-80), according to the 2016 Norm 3.1-IC (current regulation in Spain) in the town of Bétera (Valencia). First, a topographic survey was carried out in the 'Camí la Pobla' area in Bétera, Valencia, using a high-precision topographic GPS. Next, a BIM model was developed in InfraWorks for the pre-design of the road, following Norm 3.1-IC. Geometric parameters were adjusted, vertical agreements were added, and the model was exported in .imx format. Finally, in Civil 3D, the points taken in the topographic survey were imported, label styles and layers were created, 3D polylines, contour lines, and break lines were generated, and taking advantage of software interoperability, the .imx model created in InfraWorks was imported to perform the geometric design of the road in compliance with Norm 3.1-IC for the generation of the relevant plans.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de inicio y final del trazado sobre la zona de trabajo en Google Earth Pro	15
Figura 2. QR con acceso a la Norma 3.1-IC (Completa)	16
Figura 3. Longitudes mínima y máxima recomendables en alineaciones rectas (tabla 4.1. de la Norma 3.1-IC).....	17
Figura 4. Tabla relación velocidad de proyecto - radio mínimo - Peralte máximo.....	18
(tabla 4.4. de la Norma 3.1-IC).....	18
Figura 5. Valores máximos y mínimos de la inclinación de las rasantes (tabla 5.2. de la Norma 3.1-IC)	19
Figura 6. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en carreteras convencionales (tabla 5.3. de la Norma 3.1-IC)	19
Figura 7. Dimensiones de la sección transversal (tabla 7.1. de la Norma 3.1-IC).....	20
Figura 8. Antena Zeno FLX 100 (Fuente: Leica).....	39
Figura 9. Antena Zeno FLX 100 emparejada con tablet y bastón de plomada.	39
Figura 10. Barra de estado en posición RTK Fijo y precisiones del orden de centímetros.	40
Figura 11. Fotografía tomada en campo nº1.	40
Figura 12. Fotografía tomada en campo nº2.	41
Figura 13. Pantalla inicio InfraWorks 2023.	41
Figura 14. Generador de modelos de InfraWorks.	42
Figura 15. Selección de zona mediante rectángulo.	42
Figura 16. Selección de zona mediante polígono.	43
Figura 17. Barra creación Carretera Compuesta en InfraWorks.....	43
Figura 18. Proceso de trazado de la Carretera Compuesta.	43
Figura 19. Propiedades de la Carretera Compuesta.	44
Figura 20. Transformación Espiral-Curva-Espiral.	45
Figura 21. Transformación Espiral-Curva-Espiral en la primera curva.....	45
Figura 22. Transformación Espiral-Curva-Espiral en la segunda curva.	45
Figura 23. Situación previa al ajuste de los parámetros de explanación.....	46
Figura 24. Selección de materiales y pendientes de desmonte y terraplén.....	46
Figura 25. Situación de la carretera después de ajustar los parámetros de explanación.	47
Figura 26. Apertura perfil longitudinal del trazado.	47
Figura 27. Perfil longitudinal sin modificar.	48
Figura 28. Conmutaciones de componentes.	48
Figura 29. Perfil longitudinal + terreno existente, cruces y estructuras.....	48
Figura 30. Inserción de acuerdos verticales.....	49

Figura 31. Representación acuerdo vertical.	49
Figura 32. Explicación de la visualización del acuerdo vertical.....	50
Figura 33. Resultado del perfil longitudinal para el tramo 1 de carretera tras el ajuste.....	50
Figura 34. Resultado en la geometría del trazado.....	50
Figura 35. Comparación de la geometría del trazado antes y después del ajuste vertical.	51
Figura 36. Alineamiento vertical del segundo tramo de carretera.....	51
Figura 37. Función Cut-Fill.	52
Figura 38. Función “calcular cantidades de explanación”	52
Figura 39. Función “Ver valores detallados”.....	52
Figura 40. Cantidades de explanación.	53
Figura 41. Cantidades de material.	53
Figura 42. Cantidades de explanación para el segundo tramo.....	54
Figura 43. Cantidades de material para el segundo tramo.....	54
Figura 44. Inicio primer tramo de carretera.	55
Figura 45. Entrada a la rotonda generada desde el primer tramo de carretera.	55
Figura 46. Vista de rotonda a segundo tramo de carretera.	55
Figura 47. Intersección segundo tramo de carretera señalado mediante “STOP”	56
Figura 48. Intersección carretera frente al segundo tramo señalizada mediante “STOP”.....	56
Figura 49. Intersección paralela al segundo tramo de carretera señalizada mediante “STOP”.....	56
Figura 50. Vista aérea del trazado desde el inicio del tramo 1.....	57
Figura 51. Vista aérea del trazado desde el inicio del tramo 2.....	57
Figura 52. Vista en planta sin cartografía del diseño de carretera completo.....	57
Figura 53. Pestaña “Administrar” de InfraWorks.	59
Figura 54. Pestaña “Material” de la “Paleta de Estilos” de InfraWorks.....	59
Figura 55. Carpeta “MarcMateriales”.....	60
Figura 56. Proceso de duplicación de material.....	60
Figura 57. Carpeta “Carreteras” perteneciente a “MarcMateriales”.....	61
Figura 58. Creación de material.	61
Figura 59. Materiales de carretera personalizados.	62
Figura 60. Grupo de materiales.	62
Figura 61. Carpeta “Mis grupos”.....	63
Figura 62. Añadir nuevo estilo.	63
Figura 63. Definición grupo de materiales.....	63
Figura 64. Grupo de materiales personalizado.....	64
Figura 65. Creación carpeta “CarreterasMarc”.....	64
Figura 66. Configuración general.....	64

Figura 67. Configuración de vía.....	65
Figura 68. Resultado configuración de vía.	65
Figura 69. Pestaña “Presentar/compartir”.	66
Figura 70. Exportación a IMX.	66
Figura 71. Importación puntos levantamiento a Civil 3D.	68
Figura 72. Cambio de espacio de trabajo.....	68
Figura 73. Creación nuevo estilo de etiqueta.	69
Figura 74. Creador de estilo de etiqueta.	69
Figura 75. Creador de estilo de etiqueta	70
Figura 76. Creador de estilo de etiqueta	70
Figura 77. Prospector.....	71
Figura 78. Propiedades de grupo de puntos.....	71
Figura 79. Visualización punto con código y número.	72
Figura 80. Productos a descarga PNOA.....	72
Figura 81. Visor de búsqueda de productos.	73
Figura 82. Productos para descarga disponibles.	73
Figura 83. Planificación y análisis en Civil 3D.....	73
Figura 84. Conexión a imagen ráster.	74
Figura 85. Editar sistema de coordenadas ortofoto.	74
Figura 86. Cambio sistema de coordenadas.	75
Figura 87. Selección sistema de coordenadas adecuado.	75
Figura 88. Establecimiento del sistema de coordenadas.....	75
Figura 89. Sistema de coordenadas establecido.....	76
Figura 90. Visualización de la imagen ráster.....	76
Figura 91. Importación puntos sobre la ortofoto.	77
Figura 92. Puntos importados sobre ortofoto (Rotonda ‘Bétera Poble Coeter’).	77
Figura 93. Puntos importados sobre ortofoto (Situación muro-acequia).	78
Figura 94. Propiedades de capa.	78
Figura 95. Creación nueva capa.	78
Figura 96. Capas creadas.....	79
Figura 97. Selección polilínea 3D.	79
Figura 98. Proceso de dibujo de polilínea 3D.	80
Figura 99. Vista general de la zona de trabajo completa.....	80
Figura 100. Vista en detalle de zonas concretas.....	81
Figura 101. Vista en detalle de zonas concretas (2).	81
Figura 102. Trazado polilíneas 3D en la rotonda ‘Bétera Poble Coeter’.....	82

Figura 103. Creación nuevo estilo de superficie.	84
Figura 104. Información estilo de superficie.	84
Figura 105. Propiedades curvas de nivel.	85
Figura 106. Suavizado de curvas de nivel.	85
Figura 107. Visualización de componentes.....	86
Figura 108. Creación superficie.....	86
Figura 109. Información superficie.	87
Figura 110. Propiedades de superficie.....	87
Figura 111. Selección estilo de superficie personalizado.	88
Figura 112. Creación superficie.....	88
Figura 113. Selección de puntos.	89
Figura 115. Cambio de estilo de superficie.....	90
Figura 116. Creación líneas de rotura.	91
Figura 117. Configuración líneas de rotura.....	91
Figura 118. Selección dibujo.	92
Figura 119. Selección de líneas de rotura.....	92
Figura 120. Líneas de rotura creadas.....	93
Figura 121. Resultado de la aplicación de las líneas de rotura en una carretera.	93
Figura 122. Resultado de la aplicación de las líneas de rotura en rotonda.	94
Figura 123. Importación modelo de InfraWorks.....	94
Figura 124. Configuración de la importación del modelo de InfraWorks.....	95
Figura 125. Modelo de InfraWorks importado a Civil 3D.	95
Figura 126. Vista carretera importada desde el visor de objetos.....	96
Figura 127. Imagen guardada desde el visor de objetos en formato .png.	96
Figura 128. Creación alineamiento.	97
Figura 129. Configuración alineamiento.....	98
Figura 130. Resultado tras crear el alineamiento y designar estilo y etiquetado.	98
Figura 131. Vista alineamiento desde el Visor de objetos.....	99
Figura 132. Propiedades de obra lineal.	99
Figura 133. Configuración frecuencia ensamblajes.	100
Figura 134. Regeneración de la obra lineal.....	100
Figura 135. Crear ensamblaje.	101
Figura 136. Definición del estilo de ensamblaje.	101
Figura 137. Centro de unión de subensamblajes.....	102
Figura 138. Paleta de subensamblajes.....	102
Figura 139. Sección tipo diseñada.....	102

Figura 140. Edición región de obra lineal.....	103
Figura 141. Regeneración de la obra lineal.....	103
Figura 142. Aspecto carretera tras cambiar el ensamblaje.	103
Figura 143. Tipo vista: Realista, en el visor de objetos	104
Figura 144. Tipo vista: Realista, en el visor de objetos con talud y desmonte.	104
Figura 145. Creación nueva glorieta.	105
Figura 146. Explorador normas de rotonda.....	105
Figura 147. Detalles de la nueva rotonda.....	106
Figura 148. Glorieta generada en Civil 3D.	106
Figura 149. Imagen de la glorieta extraída del visor de objetos.....	107
Figura 150. Crear perfil de superficie.....	107
Figura 151. Configuración alineación y superficie deseados.	107
Figura 152. Configuración visualización del perfil.	108
Figura 153. Perfil longitudinal (comparación superficies).	108
Figura 154. Eje izquierdo del perfil longitudinal (comparación superficies).	108
Figura 155. Eje derecho del perfil longitudinal (comparación superficies).	109
Figura 156. Perfil longitudinal antes del ajuste de la rasante.....	109
Figura 157. Editar etiquetas de perfil.	109
Figura 158. Funcionalidades VAV.....	110
Figura 159. Proceso de ajuste de rasante.....	110
Figura 160. Punto que requiere añadir un acuerdo vertical libre (parábola).	110
Figura 161. Acuerdo vertical libre (parábola) añadido.	111
Figura 162. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno.	111
Figura 163. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno (eje izquierdo).	111
Figura 164. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno (eje derecho).	111
Figura 165. Guitarras definidas para el perfil longitudinal.	112
Figura 166. Guitarras definidas para el perfil longitudinal.	112
Figura 167. Calcular peralte.	112
Figura 168. Configuración cálculo peralte.	113
Figura 169. Definición de peraltes.	113
Figura 170. Resultados del cálculo de peralte.	114
Figura 171. Creación líneas de muestreo.....	115
Figura 172. Líneas de muestreo generadas.	115
Figura 173. Proceso de creación de las vistas en sección.....	116
Figura 174. Vistas en sección generadas.	116
Figura 175. Cargado aplicación PLATO.fas.....	117

Figura 176. Plato generado automáticamente.	118
Figura 177. Plato sobre dibujo y cajetín modificado.	118
Figura 178. Configuración de impresión.....	119
Figura 179. Vista preliminar ejemplo “Plano Planta”.	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla salarial y plus convenio (2023).	120
Tabla 2. Tabla sueldo.	120
Tabla 3. Tabla costes directos.	120
Tabla 4. Tabla gastos materiales.	121
Tabla 5. Tabla horas totales.	121
Tabla 6. Tabla coste recursos humanos.	121
Tabla 7. Tabla costes directos totales.	121
Tabla 8. Tabla costes indirectos.	121
Tabla 9. Tabla costes totales proyecto.	122

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	15
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.	15
1.3 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO.	16
1.4 INFORMACIÓN ACERCA DE LA PLANTA, ALZADO Y SECCIÓN TIPO.	17
2. OBJETIVOS.....	21
3. DATOS	22
4. METODOLOGÍA	39
4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	39
4.1.1. Configuración del GPS topográfico.	40
4.1.2. Toma de puntos topográficos y captura de elementos geográficos.	40
4.2. DESARROLLO BIM MEDIANTE INFRAWORKS.	41
4.2.1 Trazado de la geometría.	41
4.2.2 Transformación a espiral-curva-espiral.	44
4.2.3. Ajuste de parámetros de explanación.	46
4.2.4. Perfil longitudinal y acuerdos verticales.	47
4.2.5. Cálculo cantidades de explanación.	52
4.2.6. Visualización del prediseño realizado.	55
4.2.7. Creación de catálogo y grupo de materiales y configuración de estilos.....	58
4.2.8. Exportación del modelo de InfraWorks:	66
4.3. EMPLEO DE CIVIL 3D.	67
4.3.1. Importación de puntos.....	68
4.3.2. Creación de estilos de etiqueta:	68
4.3.3. Descarga e inserción de ortofoto en CIVIL 3D	72
4.3.4. Creación de capas.	78
4.3.5. Creación de polilíneas 3D.....	79
4.3.6. Generación de curvas de nivel.	82
4.3.7. Creación de líneas de rotura.....	90
4.3.8. Importación del modelo de InfraWorks.....	94
4.3.9. Diseño geométrico de obra lineal.	97
4.3.10. Maquetación planos.	117
5. PRESUPUESTO.....	120
6. CONCLUSIONES.....	123
7. BIBLIOGRAFÍA.....	124
8. PLANOS	126

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Se pretende diseñar un nuevo trazado de carretera C-80 en la localidad de Bétera, Valencia. Siendo irrefutable el cumplimiento de la Norma 3.1-IC. de 2016, la cual contempla las especificaciones de los elementos de la creación de un trazado de carreteras.

El objetivo de este proyecto es descongestionar la zona de entrada a la población, evitando así los atascos producidos principalmente en las horas punta.

La información referente al terreno sobre la que se ha trabajado ha sido obtenida mediante un levantamiento topográfico en la zona determinada para el diseño del trazado, a partir del cual se han generado las curvas de nivel, delimitadas por líneas de rotura. Se ha realizado también un prediseño en InfraWorks según la Norma 3.1-IC de 2016 y posterior importación a Civil 3D para el diseño de obra lineal y elaboración de los planos siguiendo también la vigente normativa. A partir del punto de inicio debemos trazar un tramo el cual sea consecuente con las curvas de nivel y respete las construcciones en la medida de lo posible hasta llegar al punto final.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

Como hemos enunciado anteriormente, nuestro diseño del trazado de la carretera está delimitado por coordenadas, las cuales son:

- Inicio: (39°35'17.05"N; 0°28'1.13"O)
- Final: (39°35'29.63"N; 0°28'35.39"O)

A continuación, se muestra una imagen de la zona con los puntos de inicio y final señalizados.



Figura 1. Puntos de inicio y final del trazado sobre la zona de trabajo en Google Earth Pro.

A simple vista podemos observar que mayoritariamente se trata de una zona de parcelas rústicas, con apenas viviendas o edificaciones. El relieve no es acusado, sin grandes pendientes ni bruscos desniveles. Estos factores son idóneos para el diseño de la carretera, puesto que intentaremos minimizar al máximo los movimientos de tierras evitables.

Los puntos delimitantes de inicio y final, además de la ruta que transita entre ellos se puede exportar de Google Earth, y, mediante Civil 3D o AutoCad preparar un archivo que podamos importar en la libreta del GPS, al igual que el prediseño realizado en InfraWorks, lo cual, nos permitiría estar observando en pantalla la delineación previa de la carretera a la vez que se está realizando el levantamiento. Esto nos ayuda a abarcar adecuadamente el área de trabajo y no tomar puntos que no sean necesarios para el diseño de la carretera en cuestión. En este caso, no se ha optado por dicha metodología de trabajo, debido a que se quería realizar un levantamiento exhaustivo, mediante el cual conocer la zona en profundidad, pudiendo así estudiar de mejor manera el terreno, los accesos, y en especial, los campos con una mayor producción, los de menor producción y los actualmente abandonados o sin producción, además de las construcciones y viviendas de la zona, tratando así de causar el menor infortunio posible a sus correspondientes propietarios.

1.3 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO.

La carretera por diseñar es una carretera convencional C-80, la cual, según la Norma 3.1-IC de 2016, posee una velocidad de proyecto de 80 km/h y pertenece al grupo 3 de carreteras.

Distribuiremos el trazado en:

- Planta.
- Alzado.
- Secciones transversales.

Cada una de estas fases serán definidas acorde con la norma Norma 3.1. IC de 2016. Además, debemos tener en cuenta y cumplir una serie de parámetros obligatorios a la hora del diseño de la carretera según dicha norma, algunos ejemplos son: longitud mínima en trazado en S ($L_{min,s}$), longitud mínima en trazado en O ($L_{min,o}$), radio mínimo utilizable y peralte máximo en curva circular, parámetros de acuerdo vertical, pendiente máxima permitida, etc.

Instrucción de Carreteras Norma 3.1. IC. de 2016 (Completa):

https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/norma_31ic_trazado_orden_fom_273_2016.pdf



Figura 2. QR con acceso a la Norma 3.1-IC (Completa)

1.4 INFORMACIÓN ACERCA DE LA PLANTA, ALZADO Y SECCIÓN TIPO.

PLANTA: el trazado en planta de nuestra carretera se compone de la unión de los siguientes elementos geométricos:

- Rectas: en el trazado de las rectas debemos prestar atención a su longitud:
 - Longitud mínima: para llevar una conducción cómoda y segura, la longitud debe limitarse teniendo en cuenta la velocidad del proyecto y la forma de las curvas entre las que esta la recta:
 - Trazado en S (cambio de sentido de la curva): es $1,39 \cdot V_p$, en nuestro caso será 111 metros.
 - Trazado en O (se mantiene el sentido de la curva): es $2,78 \cdot V_p$, en nuestro caso será 222 metros.
 - Longitud máxima: para evitar el cansancio y el deslumbramiento también hay que limitar la longitud máxima de las rectas, también irá en función de la velocidad de proyecto:
 - Lo calcularemos con $16,7 \cdot V_p$, en nuestro caso será 1336 metros Si miramos la tabla de las longitudes de las rectas en la Norma 3.1 vemos que la carretera C-80 tiene como Lmin y L max los valores que hemos obtenido:

LONGITUDES MÍNIMA Y MÁXIMA RECOMENDABLES EN ALINEACIONES RECTAS

V_p (km/h)	$L_{mín.S}$ (m)	$L_{mín.O}$ (m)	$L_{máx}$ (m)
140	195	389	2 338
130	181	361	2 171
120	167	333	2 004
110	153	306	1 837
100	139	278	1 670
90	125	250	1 503
80	111	222	1 336
70	97	194	1 169
60	83	167	1 002
50	69	139	835
40	56	111	668

Figura 3. Longitudes mínima y máxima recomendables en alineaciones rectas (tabla 4.1. de la Norma 3.1-IC)

- Curvas circulares: a una velocidad específica, según el peralte y la visibilidad que tengamos, definiremos un radio mínimo para el recorrido de la curva. En nuestro caso, según la tabla 4.4 de la Norma 3.1-IC, tendremos un radio mínimo de 265 metros y un peralte máximo del 7 %:

TABLA 4.4
RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO

VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 Y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 Y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 Y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Figura 4. Tabla relación velocidad de proyecto - radio mínimo - Peralte máximo (tabla 4.4. de la Norma 3.1-IC)

- Curvas de transición (clotoides): su función es unir rectas con curvas circulares en condiciones de seguridad y comodidad. Con la normativa española establecida en Infracad y Civil 3D se nos ajusta automáticamente el valor y la incorporación de las mismas.

ALZADO: el trazado en alzado de nuestra carretera se compone de la unión de los siguientes elementos geométricos:

- Rasantes: la inclinación de la rasante la definimos con la velocidad de proyecto y el tipo de vía, mirando la Norma 3.1-IC nosotros tenemos una inclinación máxima de 5%.

VELOCIDAD DE PROYECTO (v_p) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Figura 5. Valores máximos y mínimos de la inclinación de las rasantes (tabla 5.2. de la Norma 3.1-IC)

- Acuerdos verticales: Dependiendo de si el acuerdo es cóncavo o convexo, se adoptará una parábola u otra que dependerá del parámetro K_v . En nuestro caso usaremos en acuerdos convexos $K_v(m)$ de parada 2300 y $K_v(m)$ de adelantamiento 3100; y en acuerdos cóncavos $K_v(m)$ de parada 3000 y $K_v(m)$ de adelantamiento 5400 (estos valores de K_v se han obtenido para una altura del obstáculo $h = 0,50$ m. Para alturas inferiores, deberán calcularse los correspondientes valores mínimos de K_v , además los valores de K_v en acuerdos cóncavos se han obtenido para condiciones nocturna y alcance ilimitado de los faros del vehículo, por lo que, dado el limitado alcance real de los mismos, la adopción de dichos valores de K_v no garantizará la visibilidad en horas nocturnas). Estos valores salen de la Norma 3.1 donde nos muestra los valores usados en la siguiente tabla:

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (v_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) PARADA	K_v (m) ADELANTAMIENTO	K_v (m) PARADA	K_v (m) ADELANTAMIENTO
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Figura 6. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en carreteras convencionales (tabla 5.3. de la Norma 3.1-IC).

SECCIÓN TIPO: es la sección transversal de la carretera y se establece según el tráfico en la hora de proyecto del año horizonte, siendo este el posterior en veinte años al de la fecha de su entrada en servicio. Aplicamos las dimensiones de la sección según la tabla de la Norma 3.1:

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovía	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E

Figura 7. Dimensiones de la sección transversal (tabla 7.1. de la Norma 3.1-IC).

En nuestro caso, carretera convencional 80 (C-80), la geometría sería la siguiente:

- Plataforma: La sección de la plataforma será simétrica, sin espacio para la detención de un vehículo en el arcén, ni una zona intermedia que permita la circulación de los vehículos.
- Sección Tipo:
 - o Carriles: en nuestro contexto, el ancho del carril será de 3.5 metros.
 - o Arcén: 1,50 metros de ancho.

Por tanto, el esquema de la carretera quedaría de la siguiente forma: arcén (1,5m) + carril (3,5m) + carril (3,5m) + arcén (1,5m) = 10 m

2. OBJETIVOS

El propósito de este proyecto es realizar un levantamiento topográfico detallado, desarrollar un modelo BIM y llevar a cabo el diseño geométrico de la carretera C-80 en la zona 'Camí la Pobla' de Bétera, Valencia. Se buscó obtener información precisa sobre el terreno, mediante un levantamiento topográfico con GPS, para utilizarla posteriormente como superficie de elevaciones en nuestro diseño de obra lineal de acuerdo con los parámetros establecidos por la Norma 3.1-IC de la Instrucción de carreteras en España. Pudiendo así, con la creación de esta carretera evitar el colapso por tráfico en la entrada de la población en horas punta. El objetivo final fue crear una representación digital de la carretera C-80 que cumpliera con los estándares de diseño, optimizando la eficiencia y seguridad vial en la zona de estudio.

3. DATOS

Los datos utilizados en el proyecto fueron tomados por el alumno el día 01/03/2023 en la zona 'Camí la Pobla', en Bétera, Valencia, mediante un levantamiento topográfico con GPS, como se ha comentado con anterioridad. A continuación, se inserta el fichero .txt con los datos tomados.

1 716697.588 4385363.823 105.014 arcen	661 717518.277 4385095.752 97.455 acera
2 716691.636 4385363.841 105.084 arcen	662 717518.777 4385095.970 97.471 acera
3 716690.694 4385390.550 104.020 arcen	663 717519.212 4385096.220 97.472 acera
4 716696.598 4385390.654 104.022 arcen	664 717521.400 4385097.631 97.464 acera
5 716697.588 4385390.858 104.030 pluz	665 717522.765 4385098.457 97.466 acera
6 716689.387 4385396.880 103.756 Ptel	666 717524.670 4385099.409 97.467 acera
7 716689.851 4385420.835 102.727 arcen	667 717526.664 4385100.259 97.457 acera
8 716695.865 4385422.102 102.600 arcen	668 717528.630 4385100.916 97.463 acera
9 716695.440 4385439.152 101.894 arcen	669 717531.538 4385101.633 97.458 acera
10 716689.409 4385439.736 101.902 arcen	670 717534.200 4385102.284 97.448 acera
11 716688.836 4385446.637 101.482 ptel	671 717537.285 4385103.233 97.429 acera
12 716689.160 4385454.016 101.224 arcen	672 717539.360 4385103.979 97.419 acera
13 716695.264 4385453.937 101.217 arcen	673 717542.806 4385105.433 97.398 acera
14 716695.403 4385458.558 101.038 arcen	674 717545.277 4385106.653 97.388 acera
15 716689.325 4385459.133 101.018 arcen	675 717550.554 4385109.717 97.366 acera
16 716687.802 4385459.459 101.073 pluz	676 717550.584 4385109.670 97.233 acera
17 716688.847 4385463.386 100.814 arcen	677 717551.585 4385110.344 97.234 acera
18 716695.750 4385463.157 100.841 arcen	678 717550.152 4385109.407 97.238 acera
19 716688.345 4385464.829 100.711 arcen	679 717548.349 4385108.303 97.252 acera
20 716687.737 4385465.659 100.653 arcen	680 717544.074 4385105.978 97.262 acera
21 716685.690 4385466.044 100.660 arcen	681 717541.790 4385104.938 97.276 acera
22 716683.886 4385466.070 100.709 arcen	682 717539.945 4385104.154 97.296 acera
23 716683.533 4385472.046 100.517 arcen	683 717538.075 4385103.461 97.306 acera
24 716685.907 4385472.649 100.490 arcen	684 717536.185 4385102.817 97.311 acera
25 716687.174 4385473.069 100.477 arcen	685 717534.263 4385102.248 97.333 acera
26 716688.812 4385473.987 100.401 arcen	686 717532.320 4385101.780 97.333 acera

27 716690.242 4385474.887 100.366 arcen	687 717530.389 4385101.307 97.340 acera
28 716691.526 4385476.556 100.343 arcen	688 717528.462 4385100.813 97.341 acera
29 716692.847 4385479.133 100.331 arcen	689 717526.591 4385100.183 97.344 acera
30 716699.033 4385476.718 100.388 arcen	690 717524.739 4385099.387 97.359 acera
31 716697.367 4385471.952 100.506 arcen	691 717522.968 4385098.505 97.352 acera
32 716696.184 4385466.684 100.706 arcen	692 717521.266 4385097.499 97.356 acera
33 716679.243 4385465.647 100.885 pluz	693 717519.589 4385096.389 97.361 acera
34 716699.589 4385431.094 101.733 Pie	694 717517.762 4385095.479 97.323 acera
35 716699.928 4385428.963 101.830 Pie	695 717515.879 4385094.835 97.312 acera
36 716701.471 4385429.277 102.668 cab	696 717513.919 4385094.359 97.320 acera
37 716701.420 4385431.276 102.331 cab	697 717511.944 4385094.088 97.336 acera
38 716701.530 4385433.201 102.157 cab	698 717509.912 4385094.075 97.327 acera
39 716703.732 4385433.172 101.466 pie	699 717507.897 4385094.371 97.338 acera
40 716703.356 4385435.263 101.430 pie	700 717503.088 4385095.859 97.337 acera
41 716702.848 4385436.660 101.378 pie	701 717500.587 4385096.935 97.315 acera
42 716702.414 4385438.399 101.418 pie	702 717497.106 4385098.570 97.373 acera
43 716701.786 4385440.377 101.389 pie	703 717499.356 4385091.482 97.347 acera
44 716700.777 4385440.159 101.763 cab	704 717501.416 4385090.583 97.339 acera
45 716700.833 4385442.587 101.667 cab	705 717503.931 4385089.054 97.320 acera
46 716699.569 4385442.508 101.337 pie	706 717505.709 4385087.310 97.309 acera
47 716702.271 4385442.208 101.316 pie	707 717506.983 4385085.354 97.330 acera
48 716703.566 4385425.633 101.921 pie	708 717507.872 4385082.367 97.345 acera
49 716699.856 4385424.476 101.823 pie	709 717507.876 4385080.131 97.332 acera
50 716701.604 4385424.899 102.664 cab	710 717507.377 4385077.446 97.330 acera
51 716709.099 4385430.702 101.449 Z	711 717506.947 4385074.758 97.326 acera
52 716734.870 4385426.901 101.330 Z	712 717506.817 4385071.662 97.372 acera
53 716747.656 4385423.397 101.195 Z	713 717506.975 4385067.613 97.414 acera
54 716769.460 4385420.537 100.806 Z	714 717506.890 4385063.515 97.430 acera
55 716768.134 4385439.912 100.262 Z	715 717505.091 4385055.990 97.492 acera
56 716750.195 4385444.455 100.182 Z	716 717512.112 4385051.576 97.501 acera

57 716732.276 4385446.438 99.896 pie	717 717512.627 4385051.772 97.498 acera
58 716732.040 4385444.894 100.336 cab	718 717514.449 4385049.977 97.496 acera
59 716723.557 4385444.455 100.714 cab	719 717516.689 4385047.851 97.498 acera
60 716723.575 4385446.910 99.933 pie	720 717520.425 4385045.149 97.567 acera
61 716717.478 4385447.150 99.872 pie	721 717520.739 4385044.704 97.550 acera
62 716717.385 4385443.448 101.386 cab	722 717520.736 4385044.486 97.554 acera
63 716706.160 4385445.083 101.338 cab	723 717520.550 4385044.217 97.576 acera
64 716706.288 4385447.758 99.865 pie	724 717518.103 4385042.244 97.549 acera
65 716702.002 4385448.112 99.863 pie	725 717515.905 4385040.072 97.564 acera
66 716700.402 4385446.655 101.252 cab	726 717514.315 4385038.189 97.526 acera
67 716697.546 4385445.986 101.447 Z	727 717511.383 4385034.378 97.544 acera
68 716697.322 4385452.492 101.274 Z	728 717516.568 4385027.729 97.359 acera
69 716699.386 4385460.107 100.954 muro	729 717518.903 4385030.862 97.381 acera
70 716699.484 4385448.131 101.031 muro	730 717520.394 4385032.790 97.406 acera
71 716701.286 4385448.186 99.886 muro	731 717521.835 4385034.594 97.416 acera
72 716700.810 4385460.200 99.910 muro	732 717523.352 4385036.153 97.433 acera
73 716700.800 4385460.536 99.944 muro	733 717525.010 4385037.462 97.436 acera
74 716702.478 4385465.585 99.845 muro	734 717528.700 4385039.587 97.473 acera
75 716701.519 4385465.809 100.406 muro	735 717531.919 4385040.679 97.474 acera
76 716700.975 4385466.065 100.237 pie	736 717534.005 4385040.991 97.485 acera
77 716699.624 4385466.479 100.707 cab	737 717536.558 4385041.109 97.470 acera
78 716698.357 4385465.841 100.591 muro	738 717538.276 4385041.195 97.462 acera
79 716697.975 4385465.895 100.922 muro	739 717540.967 4385041.460 97.463 acera
80 716700.338 4385478.186 100.919 muro	740 717543.690 4385041.905 97.465 acera
81 716700.526 4385478.438 100.922 muro	741 717543.978 4385041.796 97.474 acera
82 716700.741 4385478.099 100.502 muro	742 717544.001 4385041.682 97.468 acera
83 716706.149 4385481.470 100.911 muro	743 717543.918 4385041.465 97.485 acera
84 716706.339 4385481.338 100.537 muro	744 717542.987 4385039.649 97.503 acera
85 716705.095 4385479.425 100.549 40113	745 717541.579 4385037.137 97.521 acera
86 716704.306 4385479.397 100.240 40113	746 717540.475 4385035.348 97.513 acera

87 716704.409 4385478.662 100.341 40113	747 717538.719 4385032.833 97.513 acera
88 716700.280 4385478.403 100.433 arcen	748 717535.741 4385029.225 97.513 acera
89 716702.043 4385479.393 100.537 arcen	749 717538.639 4385026.292 97.441 acera
90 716705.828 4385481.523 100.725 arcen	750 717540.025 4385027.914 97.456 acera
91 716705.918 4385494.346 100.242 arcen	751 717541.874 4385028.580 97.456 acera
92 716699.225 4385495.795 100.158 arcen	752 717544.148 4385029.066 97.626 acera
93 716697.286 4385490.779 100.224 arcen	753 717536.523 4385024.008 97.537 acera
94 716703.567 4385488.477 100.348 arcen	754 717533.356 4385026.707 97.620 acera
95 716703.890 4385487.762 100.473 arcen	755 717530.884 4385024.493 97.627 acera
96 716704.688 4385486.952 100.570 arcen	756 717532.604 4385020.561 97.541 acera
97 716705.452 4385486.688 100.626 arcen	757 717530.245 4385018.734 97.552 acera
98 716706.112 4385486.425 100.649 arcen	758 717527.347 4385021.866 97.651 acera
99 716708.108 4385486.296 100.700 arcen	759 717527.411 4385026.129 97.677 Z
100 716708.064 4385481.749 100.724 arcen	760 717533.199 4385033.030 97.703 Z
101 716709.553 4385481.719 100.674 arcen	761 717547.322 4385034.813 97.587 acera
102 716709.957 4385486.361 100.674 arcen	762 717546.958 4385036.922 97.571 acera
103 716719.723 4385486.932 100.449 arcen	763 717546.928 4385038.488 97.579 acera
104 716720.607 4385482.177 100.425 arcen	764 717547.581 4385039.955 97.583 acera
105 716709.888 4385478.926 99.760 Z	765 717548.879 4385041.906 97.558 acera
106 716722.132 4385475.870 99.764 Z	766 717550.724 4385043.833 97.552 acera
107 716737.827 4385474.915 99.747 Z	767 717551.933 4385044.835 97.543 acera
108 716751.776 4385474.261 99.757 Z	768 717554.502 4385046.459 97.544 acera
109 716777.277 4385472.707 99.717 Z	769 717556.867 4385048.275 97.527 acera
110 716800.663 4385471.332 99.741 Z	770 717558.902 4385050.131 97.545 acera
111 716809.689 4385470.183 99.761 Z	771 717561.291 4385052.891 97.532 acera
112 716813.435 4385480.327 99.809 Z	772 717563.464 4385056.098 97.519 acera
113 716806.947 4385461.237 99.847 cab	773 717565.160 4385059.347 97.513 acera
114 716807.903 4385459.721 99.010 pie	774 717566.712 4385063.709 97.506 acera
115 716813.180 4385471.621 98.954 pie	775 717567.573 4385068.332 97.469 acera
116 716811.719 4385472.377 99.761 cab	776 717567.739 4385072.851 97.439 acera

117 716814.528 4385479.203 99.838 cab	777 717567.500 4385075.324 97.407 acera
118 716816.329 4385478.723 98.954 piee	778 717567.206 4385077.236 97.400 acera
119 716818.652 4385483.960 98.909 piee	779 717567.455 4385080.495 97.348 acera
120 716816.716 4385484.628 99.832 cab	780 717568.099 4385082.781 97.310 acera
121 716820.494 4385492.832 99.831 cab	781 717564.287 4385086.586 97.330 acera
122 716822.765 4385493.179 98.935 pie	782 717564.097 4385086.485 97.331 acera
123 716806.775 4385470.734 99.721 Z	783 717563.937 4385086.541 97.345 acera
124 716784.417 4385472.247 99.733 Z	784 717568.940 4385084.899 97.254 acera
125 716740.241 4385474.626 99.748 Z	785 717566.318 4385090.329 97.279 acera
126 716727.209 4385475.127 99.736 Z	786 717570.836 4385088.099 97.163 acera
127 716707.072 4385462.418 99.747 Z	787 717573.055 4385090.685 97.091 acera
128 716735.229 4385460.823 99.737 Z	788 717569.215 4385093.906 97.164 acera
129 716763.004 4385459.389 99.719 Z	789 717572.252 4385097.848 97.075 acera
130 716791.108 4385457.496 99.779 Z	790 717577.194 4385093.752 96.966 acera
131 716798.782 4385446.122 99.860 Z	791 717561.357 4385097.265 97.105 acera
132 716800.134 4385445.488 99.871 cab	792 717561.540 4385100.985 97.014 acera
133 716801.371 4385444.987 99.146 pie	793 717561.981 4385103.588 97.017 acera
134 716798.440 4385438.883 99.339 muro	794 717562.216 4385104.305 97.007 acera
135 716799.359 4385439.095 99.250 muro	795 717562.432 4385104.376 97.012 acera
136 716811.767 4385442.283 99.277 muro	796 717563.742 4385104.278 97.051 acera
137 716843.675 4385450.495 99.191 muro	797 717565.842 4385107.592 97.048 acera
138 716841.469 4385459.839 99.017 Z	798 717564.845 4385107.982 97.012 acera
139 716835.826 4385470.071 98.981 Z	799 717565.285 4385109.074 96.904 acera
140 716833.695 4385493.120 98.834 Z	800 717561.858 4385092.355 97.206 acera
141 716755.658 4385484.042 99.960 Z	801 717562.997 4385088.622 97.270 acera
142 716755.568 4385489.060 99.905 Z	802 717554.936 4385098.669 97.209 acera
143 716778.688 4385490.474 99.648 Z	803 717554.651 4385098.541 97.230 acera
144 716779.623 4385485.585 99.671 Z	804 717554.141 4385098.412 97.249 acera
145 716786.800 4385486.259 99.568 Z	805 717553.884 4385098.434 97.235 acera
146 716785.931 4385491.027 99.589 Z	806 717551.801 4385099.495 97.232 acera

147 716789.539 4385491.750 99.467 arcen	807 717548.744 4385100.989 97.272 acera
148 716791.298 4385487.263 99.507 arcen	808 717548.374 4385101.415 97.281 acera
149 716816.968 4385494.263 98.902 arcen	809 717548.244 4385101.978 97.275 acera
150 716815.544 4385498.809 98.897 arcen	810 717548.332 4385102.668 97.291 acera
151 716821.245 4385500.621 98.846 arcen	811 717548.552 4385102.949 97.291 acera
152 716823.689 4385496.991 98.862 arcen	812 717551.257 4385104.386 97.281 acera
153 716868.573 4385510.377 98.614 arcen	813 717555.606 4385107.206 97.239 acera
154 716867.800 4385515.541 98.539 arcen	814 717557.663 4385105.721 97.189 acera
155 716870.067 4385509.851 98.603 arcen	815 717556.427 4385102.417 97.199 acera
156 716870.375 4385508.378 98.576 arcen	816 717559.082 4385108.208 97.149 acera
157 716869.918 4385506.251 98.531 arcen	817 717557.852 4385109.101 97.154 acera
158 716872.901 4385504.260 98.589 arcen	818 717561.969 4385113.438 97.095 acera
159 716874.982 4385508.540 98.604 arcen	819 717562.173 4385113.623 97.091 acera
160 716879.290 4385513.520 98.567 arcen	820 717562.331 4385113.566 97.074 acera
161 716877.535 4385518.802 98.485 arcen	821 717562.474 4385113.348 97.061 acera
162 716886.187 4385521.681 98.447 arcen	822 717562.303 4385113.154 97.066 acera
163 716888.449 4385517.071 98.525 arcen	823 717546.498 4385091.078 97.420 acera
164 716915.681 4385527.657 98.485 arcen	824 717546.445 4385090.865 97.578 acera
165 716913.836 4385532.567 98.351 arcen	825 717540.560 4385092.875 97.409 acera
166 716916.785 4385526.422 98.407 Z	826 717540.541 4385092.658 97.554 acera
167 716903.929 4385496.397 98.364 Z	827 717534.844 4385093.011 97.416 acera
168 716893.567 4385472.093 98.866 Z	828 717534.916 4385092.783 97.560 acera
169 716870.660 4385421.425 98.759 Z	829 717531.008 4385092.188 97.424 acera
170 716861.090 4385425.296 98.860 Z	830 717531.096 4385091.994 97.558 acera
171 716869.904 4385444.454 98.828 Z	831 717525.821 4385089.565 97.592 acera
172 716883.806 4385475.654 98.843 Z	832 717525.715 4385089.760 97.429 acera
173 716902.690 4385520.279 98.393 Z	833 717522.426 4385087.197 97.446 acera
174 716880.449 4385511.269 98.493 Z	834 717522.560 4385087.029 97.601 acera
175 716864.095 4385480.562 98.791 Z	835 717518.759 4385082.217 97.621 acera
176 716853.679 4385468.931 98.855 arcen	836 717518.561 4385082.321 97.476 acera

177 716856.490 4385467.307 98.876 arcen	837 717517.655 4385080.497 97.489 acera
178 716866.786 4385491.140 98.612 arcen	838 717517.866 4385080.397 97.641 acera
179 716864.568 4385493.344 98.467 arcen	839 717516.126 4385074.431 97.670 acera
180 716864.554 4385493.340 98.462 arcen	840 717515.915 4385074.460 97.502 acera
181 716847.845 4385448.624 99.115 arcen	841 717516.000 4385068.279 97.538 acera
182 716844.313 4385450.113 99.134 arcen	842 717516.220 4385068.300 97.706 acera
183 716841.568 4385434.257 99.361 arcen	843 717518.036 4385062.441 97.780 acera
184 716837.098 4385436.266 99.296 muro	844 717517.851 4385062.362 97.626 acera
185 716834.093 4385430.006 99.408 muro	845 717520.143 4385058.625 97.639 acera
186 716838.063 4385426.621 99.479 muro	846 717520.288 4385058.784 97.807 acera
187 716838.786 4385426.173 99.784 muro	847 717523.962 4385055.045 97.846 acera
188 716833.621 4385416.769 99.792 muro	848 717523.830 4385054.877 97.700 acera
189 716832.697 4385416.875 99.607 muro	849 717527.934 4385052.227 97.723 acera
190 716828.506 4385419.306 99.564 muro	850 717528.029 4385052.407 97.863 acera
191 716839.779 4385429.315 99.079 muro	851 717531.764 4385051.072 97.886 acera
192 716839.904 4385427.774 99.701 muro	852 717531.709 4385050.888 97.732 acera
193 716856.883 4385422.977 99.649 muro	853 717537.865 4385050.125 97.749 acera
194 716857.370 4385424.043 98.910 muro	854 717537.862 4385050.329 97.896 acera
195 716894.764 4385413.528 98.911 muro	855 717544.422 4385051.546 97.892 acera
196 716894.222 4385412.483 99.564 muro	856 717544.480 4385051.350 97.735 acera
197 716892.241 4385412.376 99.384 61920	857 717548.700 4385053.386 97.742 acera
198 716892.734 4385412.143 99.354 61920	858 717548.583 4385053.570 97.880 acera
199 716892.993 4385412.584 99.411 61920	859 717552.574 4385056.778 97.866 acera
200 716890.963 4385412.195 99.408 Z	860 717552.724 4385056.598 97.705 acera
201 716887.080 4385402.644 99.430 Z	861 717556.344 4385061.674 97.662 acera
202 716874.028 4385408.933 99.367 Z	862 717556.173 4385061.773 97.835 acera
203 716850.324 4385416.065 99.446 Z	863 717557.992 4385066.584 97.799 acera
204 716850.449 4385421.360 99.423 Z	864 717558.173 4385066.529 97.629 acera
205 716841.088 4385426.187 99.455 Z	865 717558.769 4385071.698 97.613 acera
206 716834.494 4385407.932 99.547 Z	866 717558.545 4385071.691 97.756 acera

207 716841.124 4385404.028 99.483 Z	867 717557.984 4385076.525 97.701 acera
208 716854.462 4385398.780 99.443 Z	868 717558.180 4385076.551 97.552 acera
209 716880.000 4385391.356 99.395 Z	869 717556.725 4385080.730 97.529 acera
210 716876.859 4385383.755 99.508 Z	870 717556.524 4385080.658 97.659 acera
211 716852.311 4385390.902 99.510 Z	871 717554.990 4385083.335 97.640 acera
212 716847.301 4385379.726 99.784 Z	872 717555.211 4385083.416 97.500 acera
213 716844.981 4385369.375 99.798 Z	873 717552.872 4385086.473 97.470 acera
214 716859.518 4385360.431 99.773 Z	874 717552.745 4385086.306 97.624 acera
215 716868.085 4385368.065 99.723 Z	875 717550.791 4385088.105 97.617 acera
216 716872.340 4385375.851 99.724 Z	876 717550.945 4385088.273 97.447 acera
217 716865.846 4385357.244 99.925 muro	877 717548.828 4385089.787 97.449 acera
218 716866.924 4385358.012 98.788 muro	878 717548.717 4385089.609 97.598 acera
219 716878.031 4385380.144 98.991 muro	879 717509.742 4385046.282 97.531 acera
220 716877.759 4385380.270 99.815 muro	880 717502.006 4385049.101 97.508 acera
221 716877.811 4385380.352 99.559 muro	881 717499.103 4385044.200 97.536 acera
222 716878.058 4385380.187 99.033 muro	882 717506.740 4385039.803 97.516 acera
223 716894.210 4385412.367 99.050 muro	883 717502.346 4385030.612 97.577 acera
224 716893.972 4385412.536 99.393 muro	884 717492.568 4385034.858 97.670 acera
225 716895.415 4385413.103 98.910 muro	885 717514.115 4385045.493 97.645 Z
226 716895.567 4385413.192 98.529 muro	886 717499.043 4385020.234 97.754 Z
227 716897.957 4385412.528 98.393 muro	887 717495.678 4385091.438 97.317 Z
228 716897.786 4385411.649 98.820 muro	888 717495.759 4385068.695 97.954 Z
229 716894.963 4385412.188 99.008 muro	889 717485.675 4385075.899 97.567 Z
230 716905.180 4385433.998 98.355 muro	890 717470.477 4385085.548 98.356 Z
231 716905.157 4385434.417 98.841 muro	891 717475.407 4385062.622 99.104 Z
232 716914.507 4385454.572 98.808 muro	892 717484.713 4385095.440 100.935 muro
233 716914.680 4385454.561 98.380 muro	893 717486.037 4385100.056 99.955 muro
234 716918.939 4385463.616 98.316 muro	894 717481.133 4385100.575 99.532 muro
235 716918.783 4385463.717 98.758 muro	895 717481.760 4385095.911 99.457 muro
236 716924.621 4385458.819 98.245 Z	896 717471.046 4385097.031 99.182 muro

237 716931.134 4385456.152 98.223 Z	897 717473.555 4385093.242 98.921 muro
238 716925.431 4385443.674 98.260 Z	898 717464.529 4385086.485 97.628 muro
239 716914.178 4385443.105 98.325 Z	899 717461.237 4385089.589 97.639 muro
240 716904.547 4385418.318 98.396 Z	900 717448.590 4385086.736 97.403 Z
241 716911.912 4385415.747 98.364 Z	901 717441.063 4385090.609 97.388 Z
242 716919.997 4385419.848 98.339 Z	902 717445.559 4385099.739 96.797 Z
243 716907.723 4385409.752 98.373 muro	903 717454.862 4385094.281 96.813 Z
244 716907.624 4385408.844 98.819 muro	904 717461.513 4385099.309 96.767 Z
245 716918.432 4385405.904 98.780 muro	905 717464.447 4385114.190 96.791 Z
246 716918.641 4385406.657 98.448 muro	906 717458.394 4385124.515 96.731 Z
247 716917.442 4385404.175 98.764 Z	907 717470.546 4385144.555 96.653 Z
248 716909.601 4385388.189 98.810 Z	908 717485.129 4385170.816 96.483 Z
249 716905.579 4385378.897 98.849 Z	909 717487.930 4385183.305 96.689 muro
250 716894.776 4385382.041 98.821 Z	910 717487.766 4385182.487 96.553 muro
251 716886.874 4385362.332 98.921 Z	911 717486.691 4385182.964 96.591 muro
252 716899.583 4385356.849 98.892 Z	912 717495.704 4385178.727 96.725 muro
253 716917.910 4385349.652 98.699 Z	913 717495.718 4385178.649 96.615 muro
254 716951.228 4385339.893 98.647 Z	914 717515.787 4385166.057 96.696 muro
255 716958.450 4385362.069 98.493 Z	915 717516.055 4385166.703 96.815 muro
256 716969.773 4385392.601 98.522 Z	916 717555.269 4385140.807 96.526 muro
257 716931.924 4385399.419 98.568 Z	917 717554.511 4385139.773 96.479 Z
258 716920.893 4385374.791 98.661 Z	918 717553.126 4385131.849 96.582 Z
259 716912.332 4385352.598 98.807 pie	919 717537.837 4385110.402 96.596 Z
260 716910.105 4385346.808 99.376 cab	920 717516.867 4385126.883 96.531 Z
261 716907.445 4385338.829 99.476 Z	921 717505.896 4385131.534 96.549 Z
262 716900.602 4385342.992 99.750 Z	922 717491.194 4385107.965 96.982 Z
263 716887.660 4385346.735 99.842 Z	923 717424.415 4385099.588 97.308 Z
264 716878.833 4385350.157 99.907 Z	924 717424.302 4385111.014 96.776 Z
265 716884.262 4385338.933 99.829 Z	925 717435.456 4385130.869 98.933 Z
266 716896.581 4385327.835 99.775 Z	926 717445.402 4385145.129 98.966 Z

267 716889.538 4385305.140 99.884 Z	927 717465.351 4385146.536 96.626 Z
268 716879.589 4385314.506 99.874 Z	928 717478.498 4385180.413 96.298 Z
269 716867.265 4385327.554 100.023 Z	929 717465.659 4385189.134 96.364 Z
270 716857.040 4385331.073 100.013 Z	930 717466.520 4385194.304 96.155 Z
271 716852.612 4385329.613 100.292 muro	931 717474.615 4385209.014 95.948 Z
272 716862.982 4385351.066 100.280 muro	932 717454.100 4385183.113 96.374 Z
273 716857.047 4385325.791 100.111 muro	933 717439.803 4385185.439 96.313 Z
274 716856.355 4385325.010 100.971 muro	934 717443.319 4385188.746 96.199 Z
275 716872.011 4385313.652 100.802 muro	935 717433.836 4385198.862 96.088 Z
276 716872.695 4385314.488 100.009 muro	936 717415.973 4385202.361 95.996 Z
277 716889.471 4385300.965 100.790 muro	937 717408.495 4385190.665 96.079 Z
278 716890.162 4385301.831 99.967 muro	938 717416.863 4385182.168 96.188 Z
279 716895.254 4385297.607 100.875 muro	939 717412.218 4385165.857 96.492 Z
280 716895.411 4385298.592 99.588 muro	940 717392.898 4385169.532 96.528 Z
281 716918.489 4385285.195 99.492 muro	941 717380.511 4385179.108 96.424 Z
282 716917.878 4385284.389 100.747 muro	942 717367.232 4385187.047 96.457 Z
283 716929.258 4385277.726 100.646 muro	943 717372.717 4385166.643 96.486 Z
284 716930.231 4385278.050 99.807 muro	944 717360.075 4385168.523 96.503 Z
285 716929.565 4385275.154 99.976 muro	945 717361.668 4385146.769 96.576 Z
286 716928.643 4385275.662 100.645 muro	946 717383.304 4385141.850 96.667 Z
287 716926.346 4385275.272 100.718 z	947 717410.272 4385125.486 96.740 Z
288 716909.247 4385277.778 100.748 z	948 717398.592 4385114.158 97.275 Z
289 716893.559 4385286.217 100.808 z	949 717363.345 4385131.830 97.071 Z
290 716888.217 4385287.290 101.130 z	950 717342.002 4385143.774 96.901 Z
291 716871.387 4385296.540 100.905 z	951 717342.105 4385154.724 96.721 Z
292 716858.478 4385305.147 100.923 z	952 717329.585 4385135.143 97.021 Z
293 716848.251 4385311.809 100.981 z	953 717412.388 4385087.396 97.266 Z
294 716840.587 4385304.812 101.288 muro	954 717434.768 4385079.641 97.205 Z
295 716850.634 4385295.419 101.317 Z	955 717457.977 4385081.699 97.675 Z
296 716875.727 4385272.549 101.311 Z	956 717525.597 4385104.742 96.647 valla

297 716915.550 4385242.345 101.051 Z	957 717531.748 4385106.985 96.570 valla
298 716924.030 4385239.993 100.869 Z	958 717509.945 4385098.941 96.868 valla
299 716930.190 4385247.865 100.265 Z	959 717506.771 4385097.948 97.019 valla
300 716934.807 4385260.869 100.250 Z	960 717506.563 4385096.826 97.234 valla
301 716963.637 4385254.394 100.269 Z	961 717503.226 4385097.525 97.287 valla
302 716955.932 4385232.181 100.328 Z	962 717502.787 4385096.227 97.418 valla
303 716966.406 4385259.226 99.684 Z	963 717539.290 4385108.287 96.844 valla
304 716974.491 4385282.362 99.562 Z	964 717572.798 4385159.095 96.636 Z
305 716980.397 4385295.820 98.793 Z	965 717568.236 4385165.424 96.555 Z
306 716990.981 4385325.912 98.743 Z	966 717536.679 4385185.841 96.056 Z
307 716957.700 4385335.098 98.867 Z	967 717483.922 4385218.679 95.698 Z
muro 716951.857 4385337.529 98.680 Z	968 717500.926 4385258.305 95.437 Z
muro1 716951.334 4385337.246 99.349 Z	969 717500.373 4385260.971 95.158 Z
muro2 716944.111 4385317.081 99.427 Z	970 717494.383 4385262.536 95.384 Z
MURO 716944.379 4385316.664 98.994 Z	971 717474.924 4385270.251 95.532 Z
MURO 1 716937.201 4385296.646 99.297 Z	972 717440.286 4385283.648 95.808 Z
MURO 2 716936.898 4385296.710 99.533 Z	973 717423.124 4385255.626 95.531 Z
Z 716939.687 4385297.867 99.000 Z	974 717400.248 4385210.549 95.605 Z
Z 1 716950.346 4385293.897 99.023 Z	975 717390.041 4385213.786 95.622 Z
Z 2 716959.947 4385312.355 98.771 Z	976 717375.028 4385220.701 95.655 Z
Z 3 716951.973 4385288.792 99.538 Z	977 717398.479 4385265.548 95.613 Z
Z 4 716952.097 4385279.480 99.621 Z	978 717411.095 4385290.528 95.639 Z
Z 5 716940.519 4385282.306 99.610 Z	979 717371.939 4385206.101 95.881 Z
Z 6 716934.643 4385287.910 99.578 Z	980 717367.607 4385195.423 95.910 Z
Z 7 716928.409 4385300.171 99.362 Z	981 717361.614 4385207.128 95.871 Z
Z 8 716923.778 4385304.558 99.363 Z	982 717341.104 4385192.600 95.526 Z
Z 9 716913.934 4385313.145 99.300 Z	983 717342.225 4385207.042 95.574 Z
Z 10 716909.954 4385316.892 99.327 Z	984 717350.962 4385228.648 95.617 Z
Z 11 716917.162 4385337.315 99.338 Z	985 717335.856 4385234.130 95.631 Z
Z 12 716927.319 4385337.492 99.257 Z	986 717328.055 4385221.033 95.613 Z

500 716912.929 4385346.152 99.467 muro	987 717319.288 4385204.802 95.560 Z
501 716913.155 4385346.476 98.955 muro	988 717285.419 4385156.134 96.736 Z
502 716931.192 4385341.945 99.383 muro	989 717305.723 4385196.017 96.686 Z
503 716931.534 4385342.888 98.711 muro	990 717276.404 4385210.183 96.731 Z
504 716830.814 4385300.075 101.907 Z	991 717280.493 4385188.276 96.845 Z
505 716817.453 4385288.821 102.563 Z	992 717256.407 4385169.656 96.969 Z
506 716802.745 4385275.348 103.695 Z	993 717240.942 4385143.502 97.658 Z
507 716816.138 4385265.235 103.756 Z	994 717226.407 4385116.768 98.753 Z
508 716827.022 4385275.737 102.651 Z	995 717247.369 4385104.327 98.431 Z
509 716839.060 4385267.735 102.504 Z	996 717281.043 4385138.224 97.325 Z
510 716834.343 4385258.104 102.850 Z	997 717266.602 4385137.980 97.314 Z
511 716850.668 4385253.736 102.416 Z	998 717269.761 4385115.079 97.388 Z
512 716863.322 4385257.706 101.957 Z	999 717255.048 4385122.262 97.360 Z
513 716874.795 4385251.094 101.699 Z	1000 717308.099 4385197.571 96.214 Z
514 716870.583 4385241.698 101.827 Z	1001 717303.844 4385217.026 96.176 Z
515 716895.611 4385233.719 101.703 Z	1002 717322.684 4385230.749 96.208 Z
516 716892.813 4385224.613 101.767 Z	1003 717298.014 4385246.464 96.300 Z
517 716903.256 4385219.121 101.806 Z	1004 717282.066 4385215.350 96.237 Z
518 716906.437 4385225.672 101.752 Z	1005 717272.107 4385218.521 96.462 Z
519 716913.001 4385238.190 101.727 Z	1006 717266.674 4385236.029 96.481 Z
520 716931.666 4385220.167 101.610 Z	1007 717245.374 4385229.339 96.611 Z
521 716936.374 4385231.174 101.582 Z	1008 717287.235 4385246.636 96.351 Z
522 716931.233 4385202.960 101.638 Z	1009 717260.516 4385256.947 96.497 Z
523 716943.551 4385205.788 101.175 Z	1010 717245.632 4385239.526 97.557 Z
524 716984.709 4385196.205 101.084 Z	1011 717237.391 4385274.649 96.666 Z
525 716989.466 4385213.800 101.048 Z	1012 717223.398 4385253.737 96.758 Z
526 716997.522 4385201.399 100.839 Z	1013 717185.250 4385286.827 96.921 Z
527 716990.030 4385179.938 101.224 Z	1014 717183.657 4385267.612 97.493 Z
528 717023.896 4385169.358 101.188 Z	1015 717182.710 4385259.887 98.252 Z
529 717031.994 4385182.857 100.904 Z	1016 717171.525 4385238.336 98.121 Z

530 717035.861 4385192.953 100.670 Z	1017 717190.283 4385317.686 96.907 Z
531 717040.255 4385202.462 100.140 Z	1018 717198.270 4385368.870 96.934 Z
532 717048.324 4385220.537 100.073 Z	1019 717200.683 4385396.468 96.408 Z
533 717008.413 4385234.688 100.194 Z	1020 717217.146 4385394.364 96.453 Z
534 717003.530 4385238.593 99.964 Z	1021 717242.576 4385392.010 95.981 Z
535 716986.272 4385241.359 99.849 Z	1022 717250.428 4385357.064 96.009 Z
536 716982.639 4385228.864 99.956 Z	1023 717215.631 4385358.418 96.908 Z
537 717008.045 4385249.959 99.585 Z	1024 717216.596 4385336.070 96.898 Z
538 717010.019 4385241.528 99.390 Z	1025 717238.563 4385319.031 96.363 Z
539 717031.496 4385233.298 99.252 Z	1026 717281.640 4385323.041 96.129 Z
540 717071.956 4385219.379 99.126 Z	1027 717291.508 4385344.008 95.840 Z
541 717092.511 4385212.089 99.228 Z	1028 717298.416 4385339.484 95.329 Z
542 717104.778 4385236.602 99.096 Z	1029 717327.770 4385326.738 95.174 Z
543 717113.667 4385258.713 99.073 Z	1030 717346.167 4385359.546 95.251 Z
544 717081.223 4385271.063 99.149 Z	1031 717312.820 4385377.382 95.302 Z
545 717074.562 4385250.917 99.077 Z	1032 717354.623 4385375.565 95.230 Z
546 717040.499 4385255.560 99.257 Z	1033 717383.771 4385431.182 94.856 Z
547 717025.579 4385290.314 99.288 Z	1034 717396.387 4385459.497 94.603 Z
548 717018.274 4385274.695 99.258 Z	1035 717413.899 4385499.956 93.985 Z
549 717028.110 4385293.832 98.197 Z	1036 717343.291 4385450.416 94.869 Z
550 717071.491 4385279.596 98.105 Z	1037 717287.256 4385462.948 95.212 Z
551 717074.647 4385305.011 97.937 Z	1038 717261.719 4385417.688 95.306 Z
552 717088.493 4385300.400 97.921 Z	1039 717319.217 4385406.074 95.457 Z
553 717090.334 4385313.577 97.641 Z	1040 717271.688 4385447.540 95.799 Z
554 717067.733 4385321.709 97.634 Z	1041 717239.291 4385454.828 95.824 Z
555 717041.156 4385332.033 97.629 Z	1042 717236.235 4385412.712 95.935 Z
556 717050.954 4385368.262 97.588 Z	1043 717338.130 4385415.909 94.748 Z
557 717093.905 4385352.780 97.550 Z	1044 717324.274 4385385.818 94.782 Z
558 717109.216 4385326.604 97.214 Z	1045 717315.784 4385361.153 95.230 Z
559 717131.839 4385322.751 97.191 Z	1046 717227.586 4385246.299 97.711 Z

560 717135.182 4385346.653 97.112 Z	1047 717182.443 4385234.515 98.128 Z
561 717120.366 4385355.032 97.077 Z	1048 717167.695 4385205.210 98.572 Z
562 717141.963 4385399.796 96.799 Z	1049 717154.402 4385212.739 98.622 Z
563 717105.673 4385399.407 96.941 Z	1050 717142.470 4385188.920 98.682 Z
564 717120.186 4385419.172 96.572 Z	1051 717132.853 4385193.017 98.752 Z
565 717106.127 4385429.598 96.666 Z	1052 717175.386 4385254.948 98.121 Z
566 717110.320 4385443.750 96.670 Z	1053 717127.226 4385265.927 98.401 Z
567 717099.778 4385443.158 96.939 Z	1054 717129.357 4385181.637 99.327 Z
568 717079.813 4385412.919 96.951 Z	1055 717153.339 4385170.775 99.384 Z
569 717062.291 4385416.162 97.010 Z	1056 717143.772 4385151.903 100.042 Z
570 717068.443 4385430.762 96.972 Z	1057 717118.168 4385163.776 99.979 Z
571 717074.695 4385467.352 96.974 Z	1058 717089.180 4385177.450 99.880 Z
572 717084.992 4385494.372 96.980 Z	1059 716718.082 4385380.922 103.609 Z
573 717102.311 4385531.324 97.122 Z	1060 716765.867 4385353.197 102.624 Z
574 717104.603 4385503.483 96.838 Z	1061 716738.307 4385332.155 103.638 Z
575 717131.542 4385524.840 96.845 Z	1062 716718.242 4385342.383 104.449 Z
576 717121.910 4385491.608 96.947 Z	1063 716756.511 4385304.866 103.637 Z
577 717113.394 4385464.628 96.924 Z	1064 716795.403 4385301.293 102.917 Z
578 717127.740 4385460.463 96.560 Z	1065 716756.216 4385386.778 102.362 Z
579 717126.313 4385449.503 96.587 Z	1066 716731.629 4385404.082 102.449 Z
580 717148.930 4385437.590 96.526 Z	1067 716743.235 4385415.293 101.770 Z
581 717171.021 4385425.717 96.571 Z	1068 716697.927 4385507.900 100.176 Z
582 717193.593 4385441.705 96.193 Z	1069 716668.232 4385524.537 100.094 Z
583 717200.134 4385464.075 96.197 Z	1070 716624.994 4385548.244 100.069 Z
584 717183.655 4385475.135 96.387 Z	1071 716591.110 4385505.496 100.274 Z
585 717172.704 4385479.177 96.459 Z	1072 716649.511 4385472.237 100.848 Z
586 717166.993 4385474.092 96.785 Z	1073 716654.052 4385480.971 100.816 Z
587 717168.766 4385485.078 97.135 Z	1074 716682.440 4385475.692 100.494 Z
588 717157.538 4385497.692 96.879 Z	1075 716711.150 4385525.754 99.822 asfalto
589 717159.990 4385510.124 96.954 Z	1076 716717.105 4385524.525 99.890 asfalto

590 717131.608 4385510.620 96.971 Z	1077 716731.718 4385564.056 99.533 asfalto
591 717128.664 4385511.292 96.918 Z	1078 716726.166 4385566.401 99.469 asfalto
592 717131.840 4385523.290 96.894 Z	1079 716734.633 4385567.142 99.690 Z
593 717109.679 4385503.609 96.908 Z	1080 716734.786 4385566.985 99.420 Z
594 717097.037 4385464.266 96.977 Z	1081 716774.041 4385574.074 98.833 Z
595 717049.795 4385480.660 97.212 Z	1082 716820.209 4385583.512 98.846 Z
596 717039.657 4385466.947 97.303 Z	1083 716824.453 4385562.312 98.856 Z
597 717032.229 4385454.653 97.468 Z	1084 716826.189 4385553.534 98.857 Z
598 717013.485 4385431.624 97.327 Z	1085 716789.237 4385545.337 98.894 Z
599 717007.150 4385412.547 97.354 Z	1086 716725.617 4385533.947 99.367 Z
600 717038.267 4385505.306 97.189 Z	1087 716722.860 4385534.649 99.700 Z
601 717046.749 4385531.688 97.099 Z	1088 716710.629 4385490.640 99.491 Z
602 717067.610 4385523.217 97.073 Z	1089 716775.900 4385491.381 99.488 Z
603 717092.904 4385512.728 97.039 Z	1090 716834.592 4385510.278 98.979 Z
604 717099.318 4385532.641 97.087 Z	1091 716844.795 4385511.772 98.775 Z
605 717054.422 4385552.488 97.171 Z	1092 716869.820 4385518.358 98.607 Z
606 717008.049 4385557.321 97.809 Z	1093 716916.304 4385536.063 98.541 Z
607 716984.677 4385552.630 97.843 Z	1094 716935.131 4385543.755 98.459 Z
608 716978.438 4385529.900 97.785 Z	1095 716945.989 4385537.361 98.145 Z
609 716988.884 4385522.051 97.781 Z	1096 716936.270 4385519.435 98.156 Z
610 716979.770 4385504.154 97.755 Z	1097 716932.798 4385509.461 98.170 Z
611 716945.737 4385511.163 97.867 Z	1098 716911.936 4385482.137 98.261 Z
612 716951.511 4385523.076 97.829 Z	1099 716911.730 4385472.527 98.272 Z
613 716936.927 4385523.593 98.161 Z	1100 716925.271 4385473.519 98.011 Z
614 716901.906 4385504.196 98.217 Z	1101 716936.468 4385469.298 98.015 Z
615 717561.678 4385136.712 96.595 valla	1102 716954.528 4385485.558 97.931 Z
616 717555.569 4385140.616 96.594 valla	1103 716973.573 4385474.184 97.926 Z
617 717564.835 4385134.732 96.777 valla	1104 716966.881 4385455.616 98.063 Z
618 717561.561 4385129.726 97.010 valla	1105 716964.334 4385450.940 98.286 Z
619 717558.387 4385131.616 97.014 valla	1106 716945.251 4385455.244 98.230 Z

620 717554.772 4385125.446 97.079 valla	1107 716971.927 4385450.340 97.671 Z
621 717557.958 4385123.574 97.075 valla	1108 716951.871 4385405.872 97.814 Z
622 717553.037 4385113.125 97.228 valla	1109 716983.711 4385437.988 97.693 Z
623 717549.192 4385113.640 97.237 valla	1110 717024.885 4385528.268 97.689 Z
624 717550.480 4385109.860 97.323 CAMINO I	1111 717039.288 4385524.203 97.688 Z
625 717550.519 4385109.890 97.306 acera	1112 717031.905 4385496.305 97.665 61916
626 717548.251 4385111.669 97.252 acera	1113 717031.944 4385495.897 97.669 61916
627 717547.437 4385108.006 97.320 acera	1114 717032.223 4385495.909 97.723 61916
628 717546.206 4385109.182 97.293 acera	1115 717032.062 4385497.036 97.248 61916
629 717544.663 4385108.353 97.310 acera	1116 717015.717 4385451.224 97.660 Z
630 717545.367 4385106.865 97.339 acera	1117 716995.393 4385391.153 97.729 Z
631 717543.148 4385105.803 97.351 acera	1118 716984.449 4385365.799 98.220 Z
632 717542.436 4385107.234 97.333 acera	1119 716976.887 4385344.613 98.279 Z
633 717538.602 4385105.585 97.374 acera	1120 717009.030 4385369.228 97.699 Z
634 717539.138 4385104.070 97.384 acera	1121 717019.464 4385404.299 97.607 Z
635 717535.896 4385102.927 97.413 acera	1122 717043.443 4385395.610 97.610 Z
636 717535.692 4385104.538 97.402 acera	1123 717078.880 4385384.685 97.183 Z
637 717531.668 4385101.814 97.419 acera	1124 717101.777 4385378.099 96.943 Z
638 717531.140 4385103.942 97.409 acera	1125 717138.356 4385372.289 96.918 Z
639 717528.841 4385103.408 97.396 acera	1126 717089.671 4385505.812 97.096 Z
640 717529.490 4385101.278 97.432 acera	1127 716929.106 4385568.939 97.842 Z
641 717525.384 4385099.868 97.445 acera	1128 716922.016 4385608.482 97.743 Z
642 717524.795 4385101.339 97.409 acera	1129 716873.336 4385598.660 98.155 Z
643 717521.710 4385099.879 97.401 acera	1130 716833.286 4385591.614 98.238 Z
644 717522.497 4385098.469 97.437 acera	1131 716824.108 4385589.900 98.295 Z
645 717518.767 4385096.150 97.447 acera	1132 716828.297 4385559.561 98.359 Z
646 717517.963 4385097.538 97.421 acera	1133 716855.901 4385564.796 98.302 Z
647 717515.786 4385097.539 97.428 acera	1134 716837.094 4385513.984 98.392 Z
648 717516.163 4385095.147 97.445 acera	1135 716866.729 4385522.111 98.311 Z

649 717515.025 4385095.353 97.407 farola	1136 716670.263 4385465.680 101.032 asfalto
650 717512.813 4385094.411 97.450 acera	1137 716670.255 4385465.682 101.028 asfalto
651 717512.374 4385096.682 97.404 acera	1138 716669.760 4385471.046 100.816 asfalto
652 717511.365 4385096.553 97.402 acera	1139 716658.075 4385470.655 101.044 asfalto
653 717511.390 4385095.867 97.412 acera	1140 716650.939 4385470.423 101.174 asfalto
654 717511.313 4385094.293 97.432 acera	1141 716651.353 4385464.661 101.307 asfalto
655 717507.941 4385094.584 97.442 acera	1142 716659.143 4385465.146 101.211 asfalto
656 717508.227 4385096.098 97.459 acera	1143 716689.511 4385488.238 100.368 Z
657 717507.848 4385094.420 97.483 acera	1144 716683.932 4385495.998 100.438 Z
658 717510.506 4385094.070 97.462 acera	1145 716693.343 4385509.856 100.183 Z
659 717513.085 4385094.269 97.475 acera	1146 716673.232 4385505.885 100.372 Z
660 717516.255 4385094.994 97.464 acera	1147 716665.045 4385495.211 100.355 Z

4. METODOLOGÍA

4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico en la zona 'Camí la Pobla', se utilizó un GPS topográfico facilitado por el laboratorio de instrumentos de la escuela, concretamente el modelo Zeno FLX 100, de la compañía Leica, la cual, es una antena precisa y ligera.



Figura 8. Antena Zeno FLX 100 (Fuente: Leica).

Mediante una bandeja universal manual emparejaremos la FLX100 con una tableta, y para obtener una mayor precisión en la captura de datos, utilizamos un bastón de plomada.



Figura 9. Antena Zeno FLX 100 emparejada con tablet y bastón de plomada.

4.1.1. Configuración del GPS topográfico.

Lo primero que debemos hacer es configurar o comprobar que los ajustes del GPS sean los adecuados. Para ello, encenderemos el GPS y la tablet, y una vez se inicien correctamente ajustaremos las configuraciones iniciales, como el sistema de coordenadas y la unidad de medida. Comprobaremos también que la red a la que estamos conectados es la correcta y recibimos buenas correcciones.

Debemos visualizar la barra de estado en posición RTK Fijo y precisiones del orden de centímetros.



Figura 10. Barra de estado en posición RTK Fijo y precisiones del orden de centímetros.

4.1.2. Toma de puntos topográficos y captura de elementos geográficos.

El proceso de toma cotas del terreno y captura de elementos geográficos es simple, realizaremos un barrido de toda la zona de interés tanto en un plano vertical como horizontal, es decir, estaremos creando una malla de puntos, la cual será de aproximadamente 10 metros x 10 metros de distancia entre puntos, exceptuando los casos que requieran una equidistancia menor o la captura de un elemento geográfico concreto. Las cotas del terreno tendrán asignadas un código "Z" y los elementos geográficos tendrán códigos como: "arcén", "acera", "muro", "valla" o la numeración de una línea de alta-media tensión (LAMT).

Es recomendable tomar fotografías en áreas que puedan crear confusión a la hora de representar en Civil 3D: varios códigos muy juntos, desniveles poco marcados, delimitaciones concretas, etc.



Figura 11. Fotografía tomada en campo nº1.



Figura 12. Fotografía tomada en campo nº2.

4.2. DESARROLLO BIM MEDIANTE INFRAWORKS.

En esta etapa del proyecto, se utilizó el software InfraWorks para realizar el prediseño de la carretera C-80, siguiendo la Norma 3.1-IC de la Instrucción de carreteras vigente en España.

Elegimos InfraWorks para realizar el prediseño ya que este es una herramienta poderosa que agiliza el proceso de diseño de infraestructura al proporcionar capacidades de modelado 3D, análisis en tiempo real y herramientas de colaboración efectivas. Su capacidad para optimizar diseños, mejorar la comunicación y ahorrar tiempo y costos lo convierte en una elección valiosa para el prediseño de proyectos de infraestructura.

4.2.1 Trazado de la geometría.

En primer lugar, entramos en InfraWorks y seleccionamos “Generador de modelos”.

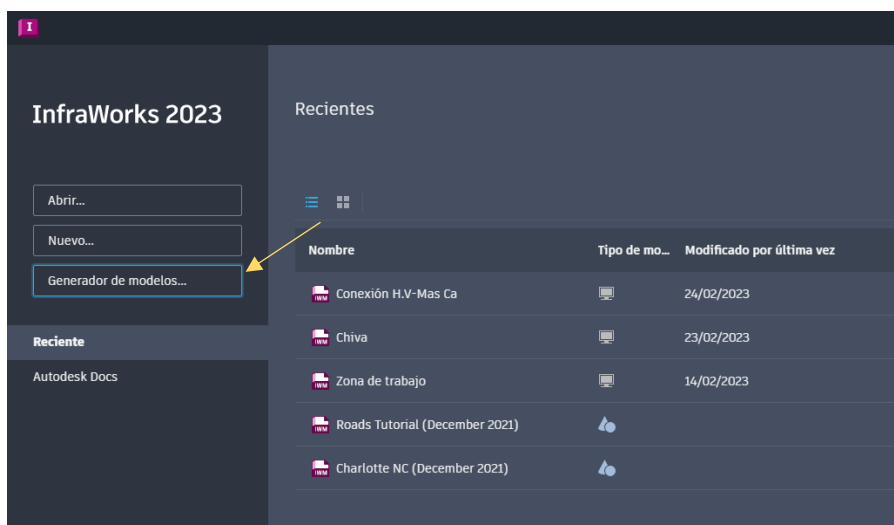


Figura 13. Pantalla inicio InfraWorks 2023.

Nos abrirá una ventana en la cual podemos buscar la ubicación de la zona en la que queremos trabajar, en este caso buscamos Bétera, Valencia.

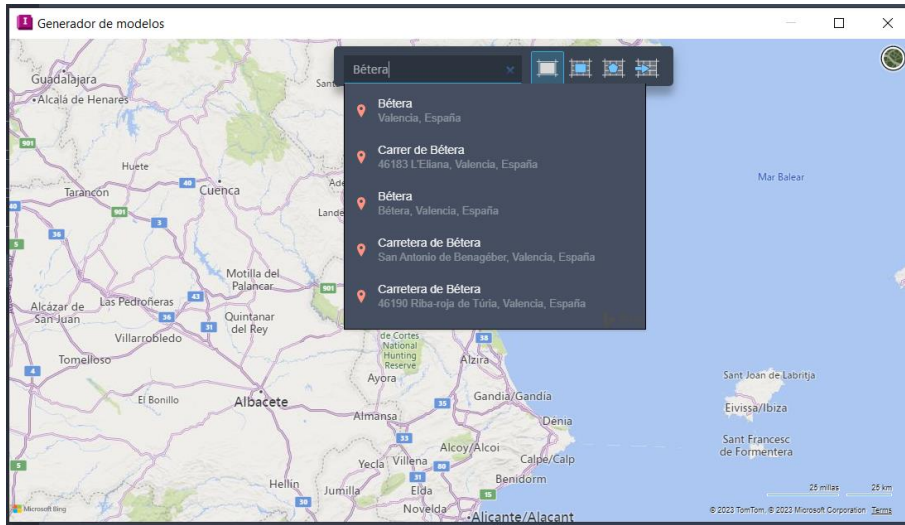


Figura 14. Generador de modelos de InfraWorks.

Una vez ubicados correctamente, podemos delimitar nuestra zona de trabajo mediante un dibujo de rectángulo, dibujo de polígono o la importación de un polígono.

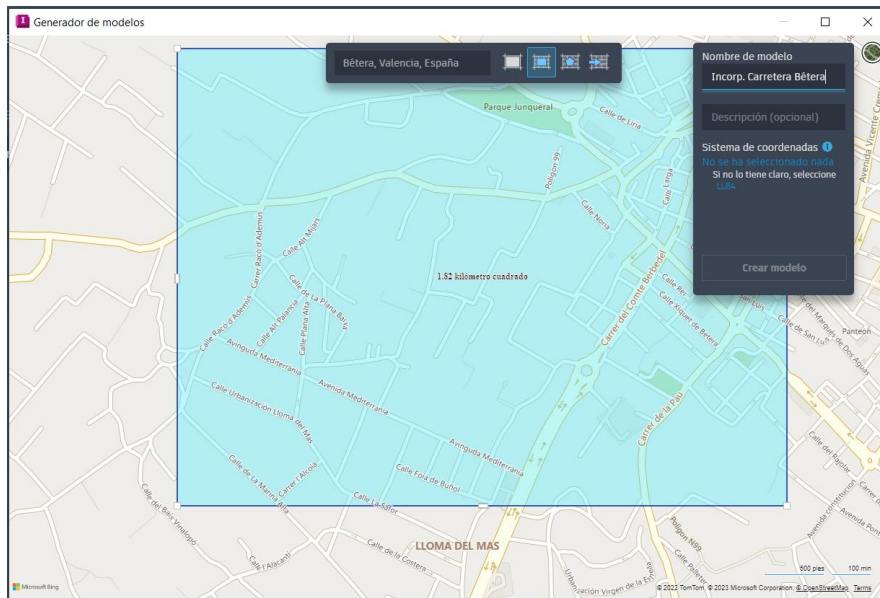


Figura 15. Selección de zona mediante rectángulo.

Si nuestra zona de trabajo es clara y los elementos de interés próximos a ella también lo son, es recomendable delimitar el área mediante un polígono, puesto que así podremos reducir mucho el tamaño del modelo, al no exportar zonas y elementos que no son de interés para nosotros, permitiéndonos así trabajar de una manera mucho más fluida.

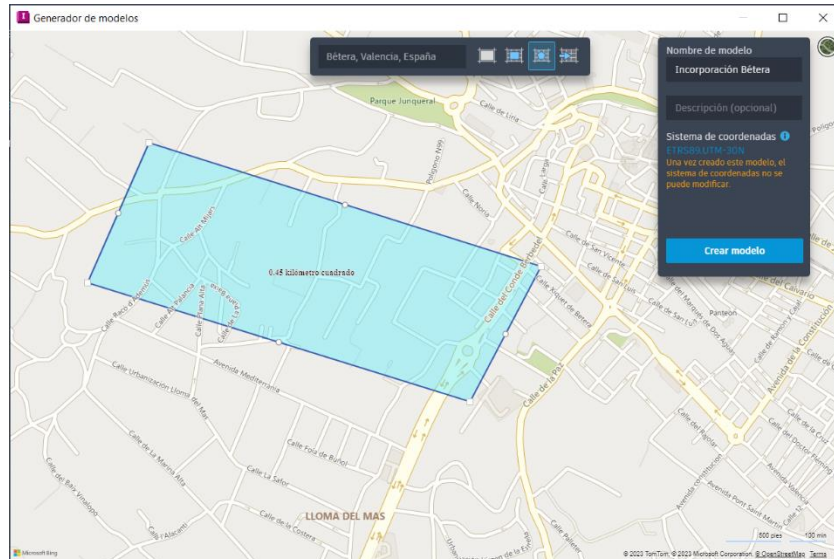


Figura 16. Selección de zona mediante polígono.

De cualquier forma, debemos indicar el nombre de modelo y el sistema de coordenadas para llevar a cabo la creación del modelo. En este caso, el nombre de modelo será "Incorporación Bétera" y el sistema de coordenadas que debemos utilizar es el ETRS89.UTM-30N, puesto que este es el que corresponde a la zona en la que estamos trabajando.

Una vez dentro del modelo generado:

- En la pestaña "Modelo de carretera", seleccionamos "Carretera compuesta".

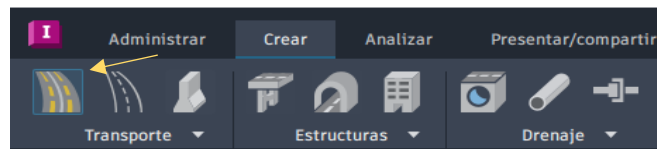


Figura 17. Barra creación Carretera Compuesta en InfraWorks.

- Establecemos los puntos de inicio y final de la carretera en la ubicación deseada en el entorno de InfraWorks. Utilizando las herramientas de diseño, añadimos las curvas y tramos rectos intermedios.



Figura 18. Proceso de trazado de la Carretera Compuesta.

Aunque esta primera delimitación del trazado es un esbozo, puesto que, posteriormente será cuando ajustemos todos los parámetros según la Norma 3.1-IC, es conveniente intentar aproximarnos en la medida de lo posible al resultado final.

En este punto, debemos seleccionar la carretera creada para que se nos abran los detalles de esta y elegir un ensamblaje adecuado para nuestra carretera e indicar la velocidad de proyecto (80 km/h).

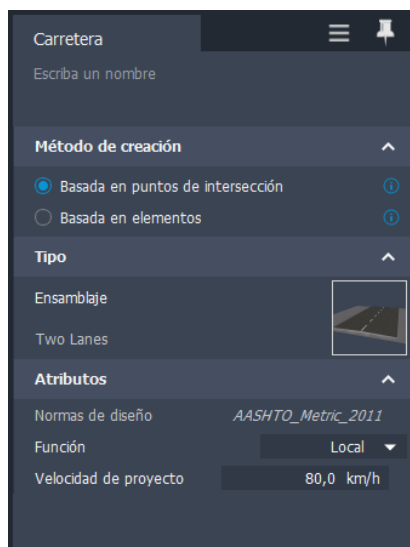


Figura 19. Propiedades de la Carretera Compuesta.

Una vez trazada la carretera vamos a ajustar las formas geométricas y los radios de estas conforme a la I.C. 3.1.

4.2.2 Transformación a espiral-curva-espiral.

En este apartado implantaremos el método de transición suavizado de un tramo recto a una curva circular mediante **clotoides**, es decir, el inicio de la clotoide se sitúa al final del tramo recto y se desarrolla hasta que aparece el tramo circular.

La característica más importante y fundamental para la seguridad automovilística es que el radio de curvatura disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella.

Esta singularidad **permite al conductor adaptarse de una forma suave al cambio de trayectoria y disponer de una mayor visibilidad**. Desde el punto de vista de la eficiencia la clotoide produce **menor desgaste de neumáticos, menor consumo de combustible y frenos**, ya que no es preciso frenar el vehículo antes de llegar a la curva.

Para su implementación:

- Identificamos los puntos de la carretera donde se requiere una transición suave entre secciones rectas y curvas.
- Seleccionamos el punto y aplicamos la herramienta de "Transformación a Espiral-Curva-Espiral" desde la pestaña de diseño de la carretera.



Figura 20. Transformación Espiral-Curva-Espiral.

- Ajustamos los parámetros de la transición según lo especificado por la Norma 3.1-IC, es decir, el radio mínimo de curvatura será de 265 metros y la longitud mínima de trazado en S (cambio de sentido de la curva) será 111 metros y de trazado en O (se mantiene el sentido de la curva) será 222 metros.



Figura 21. Transformación Espiral-Curva-Espiral en la primera curva.



Figura 22. Transformación Espiral-Curva-Espiral en la segunda curva.

4.2.3. Ajuste de parámetros de explanación.

En la pestaña "Geometría" vamos a ajustar los parámetros de explanación, seleccionamos el tipo de material de desmonte y el material de terraplén. Además, ajustamos el límite de explanación, la pendiente en desmonte y la pendiente en terraplén.

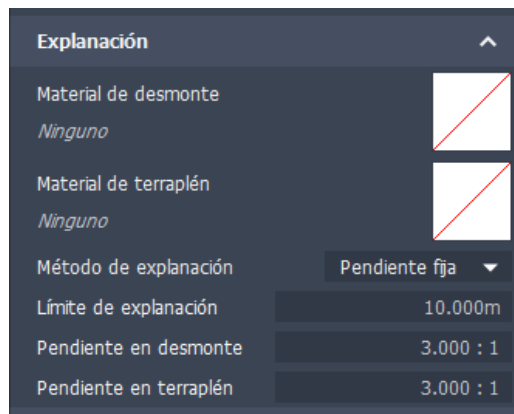
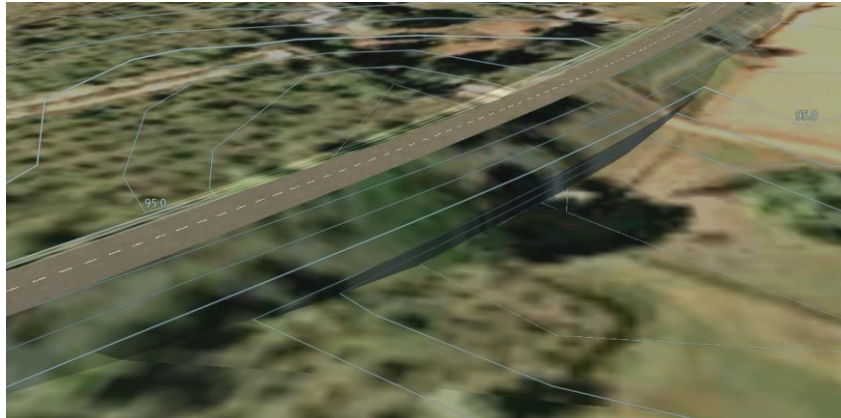


Figura 23. Situación previa al ajuste de los parámetros de explanación.

Seleccionamos la siguiente cobertura terrestre como el material más adecuado para esta situación tanto de desmonte como de terraplén. Además, cambiamos el límite de explanación a 100 metros, la pendiente de desmonte a 0.500:1 y la pendiente en terraplén a 1.000:1.



Figura 24. Selección de materiales y pendientes de desmonte y terraplén.

Obtenemos un buen resultado, quedando nuestra carretera de la siguiente manera:

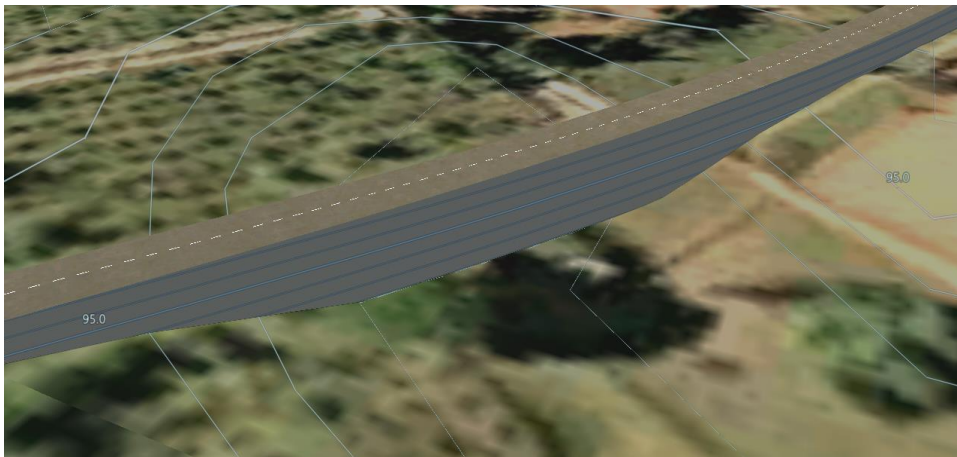


Figura 25. Situación de la carretera después de ajustar los parámetros de explanación.

4.2.4. Perfil longitudinal y acuerdos verticales.

Infraworks nos permite controlar tanto la geometría vertical como la geometría horizontal. Esto nos resulta verdaderamente práctico para establecer la pendiente y la elevación adecuadas de la carretera durante el prediseño, lo que contribuye a la seguridad, la eficiencia y el cumplimiento normativo del proyecto, permitiéndonos también, reducir los desmontes y terraplenes en la medida de lo posible.

- Abrimos el perfil longitudinal de la carretera en InfraWorks.

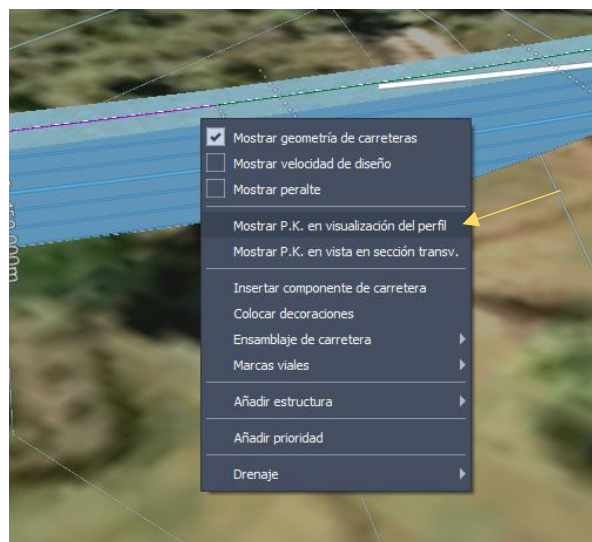


Figura 26. Apertura perfil longitudinal del trazado.

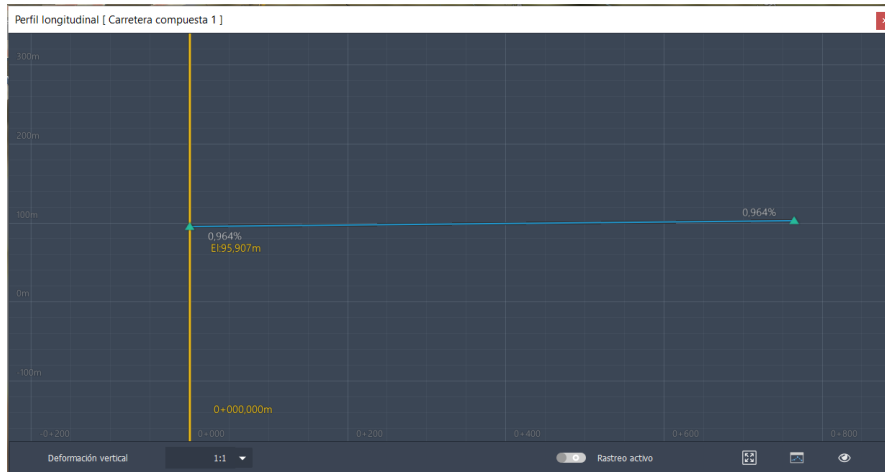


Figura 27. Perfil longitudinal sin modificar.

- Vamos al apartado de conmutaciones de componentes:

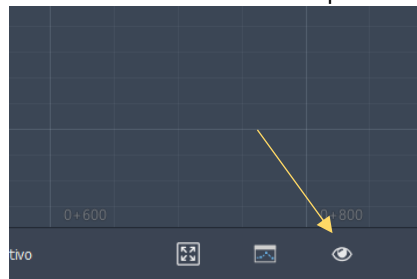


Figura 28. Conmutaciones de componentes.

Al seleccionar la geometría horizontal y el terreno existente, podemos observar como en la pantalla del perfil ahora nos aparece el terreno existente, pudiéndolo así comparar con nuestro trazado, además, hemos añadido los cruces y las estructuras.

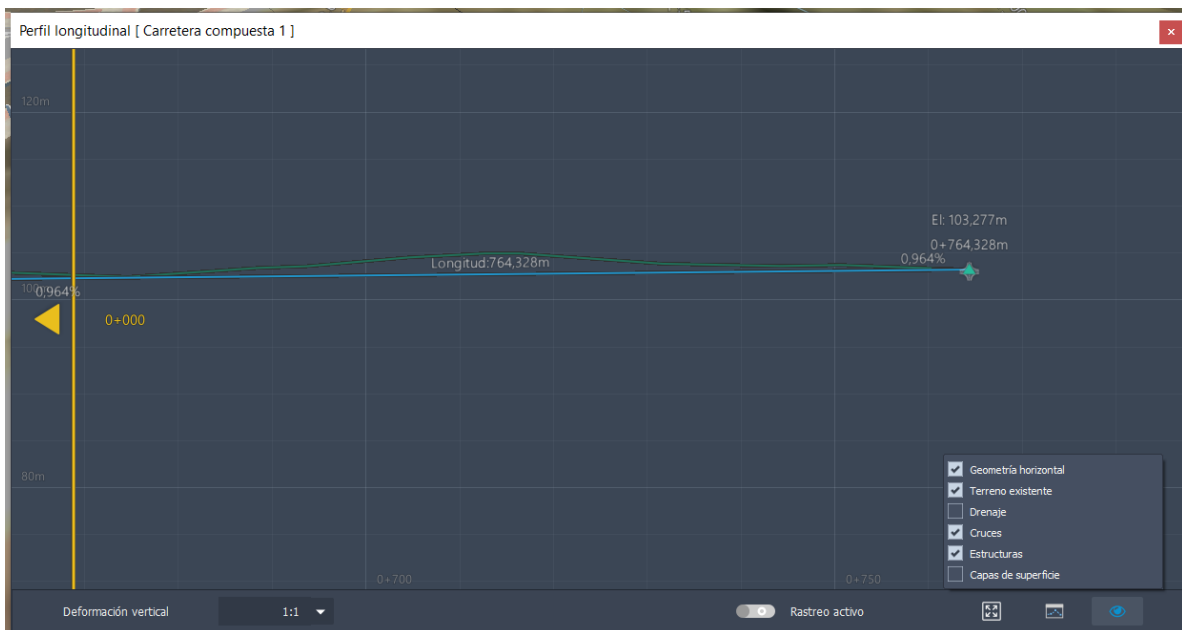


Figura 29. Perfil longitudinal + terreno existente, cruces y estructuras.

Esto nos será muy útil, ya que nos permitirá establecer una relación adecuada entre la pendiente y el gasto de desmonte-terraplén, es decir, se trata de crear una carretera segura, cómoda para la conducción y que en un futuro la circulación por esta no suponga una explotación muy elevada (mayor pendiente = mayor gasto de combustible = mayor contaminación), pero, intentando adaptarse lo máximo posible al terreno real para que la creación de la carretera no suponga un gasto enorme a causa de los desmontes y terraplenes necesarios. La pendiente máxima para este tipo de carreteras (C-80) es del 5%, por lo que en ningún tramo de la carretera ésta pendiente debe ser superada.

- Añadimos los acuerdos verticales necesarios para ajustar las pendientes de la carretera al terreno existente, minimizando los desmontes y terraplenes.

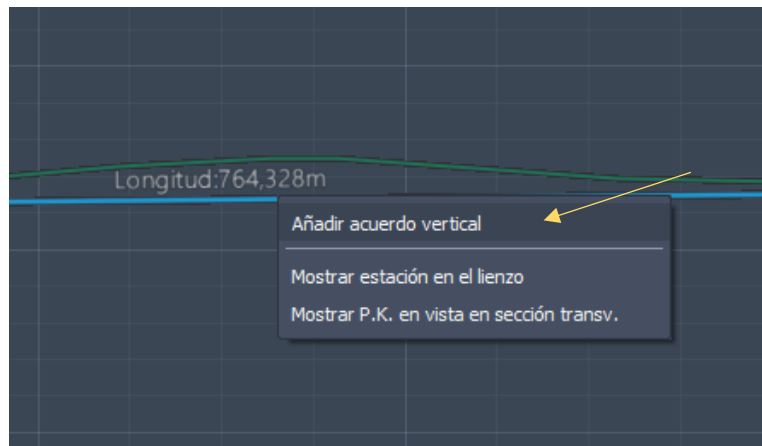


Figura 30. Inserción de acuerdos verticales.

Se nos generará un triángulo que representará el acuerdo, el cual podremos desplazar en horizontal y vertical, permitiéndonos así ajustarlo debidamente.

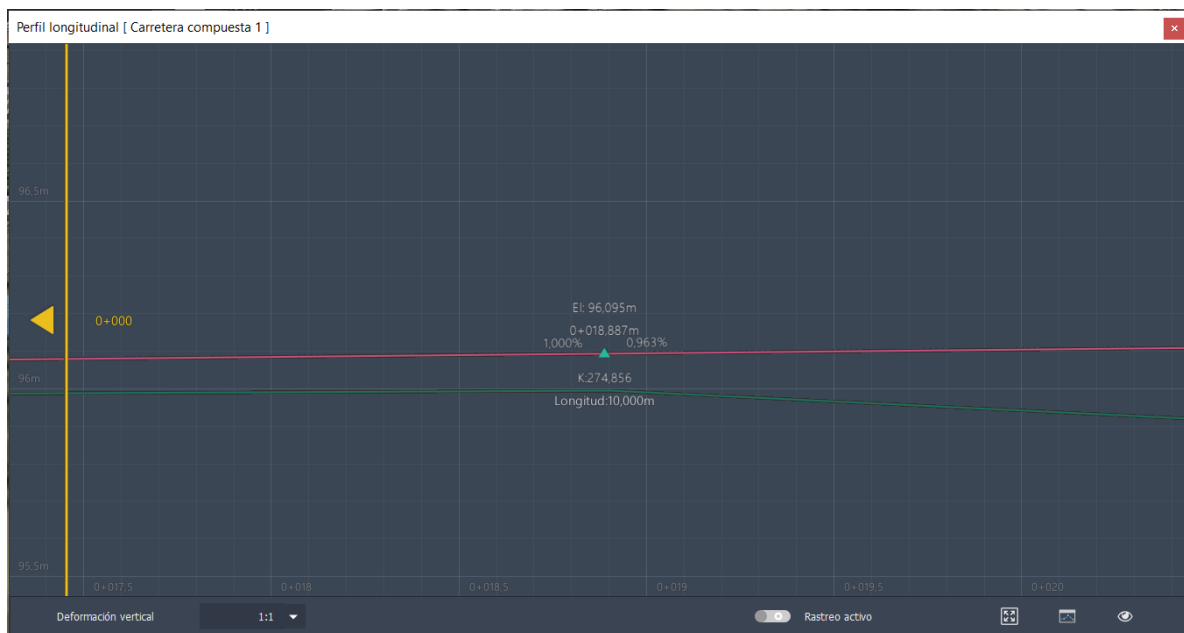


Figura 31. Representación acuerdo vertical.

La línea roja nos indica el trazado de la carretera descrita por nosotros y la línea verde el terreno existente, además, para cada lado del acuerdo nos aparece su correspondiente pendiente, la cual, como hemos dicho anteriormente no debe ser mayor al 5%.



Figura 32. Explicación de la visualización del acuerdo vertical.

Tras añadir todos los acuerdos verticales necesarios y asegurarnos de respetar las pendientes máximas y mínimas establecidas por la Norma 3.1-IC, el perfil longitudinal queda de la siguiente manera:



Figura 33. Resultado del perfil longitudinal para el tramo 1 de carretera tras el ajuste.



Figura 34. Resultado en la geometría del trazado.

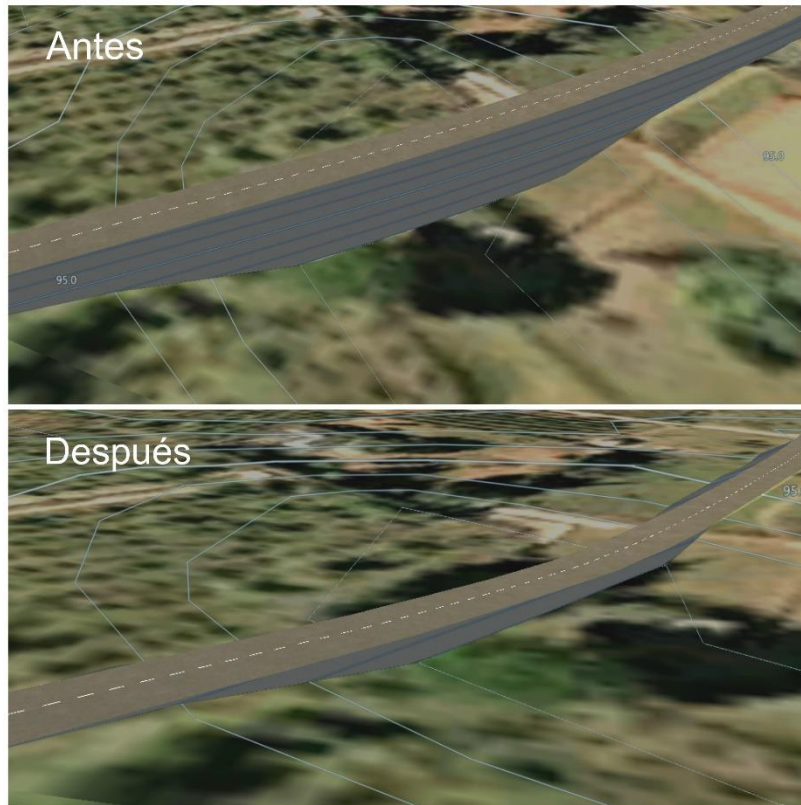


Figura 35. Comparación de la geometría del trazado antes y después del ajuste vertical.

Repetimos el mismo proceso para el segundo tramo de carretera.

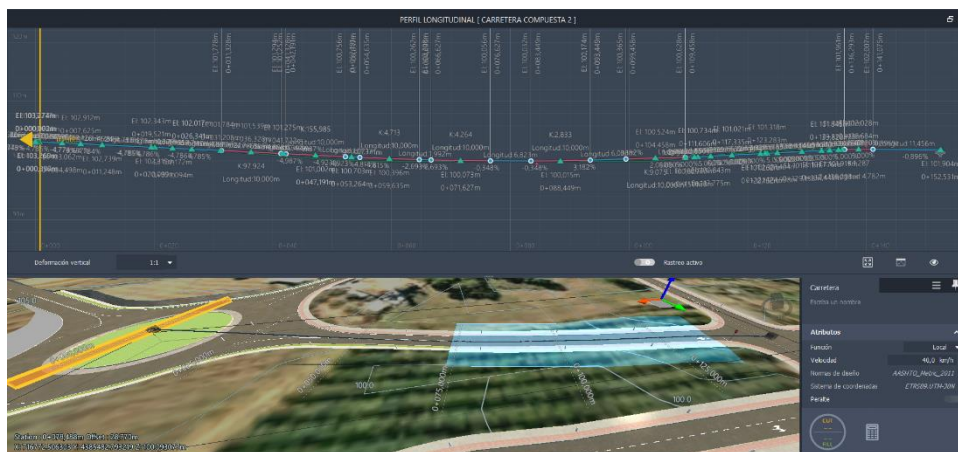


Figura 36. Alineamiento vertical del segundo tramo de carretera

4.2.5. Cálculo cantidades de explanación.

InfraWorks nos permite hacer un cálculo de las cantidades de explanación, pudiendo así saber el desmonte y terraplén a realizar según el software.

Para realizar dicho cálculo, debemos seguir los siguientes pasos:

- Dentro de la ventana "Geometría", vamos al apartado "Avanzado" y seleccionamos el icono que aparece en la siguiente imagen.

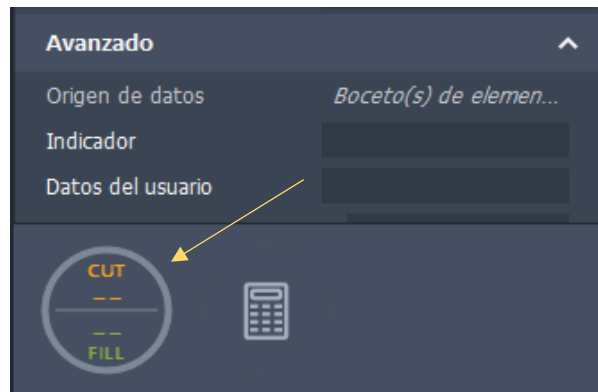


Figura 37. Función Cut-Fill.

- Elegimos la opción de "Calcular cantidades de explanación" (icono de play).

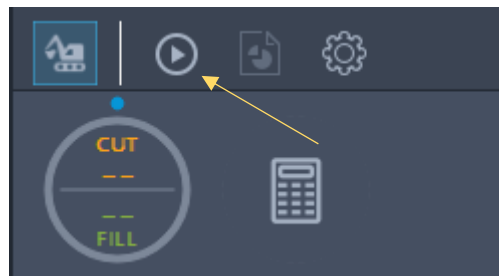


Figura 38. Función "calcular cantidades de explanación".

- Una vez termina el proceso de cálculo de las cantidades de explanación, clicamos en "Ver valores detallados" (icono de la excavadora).

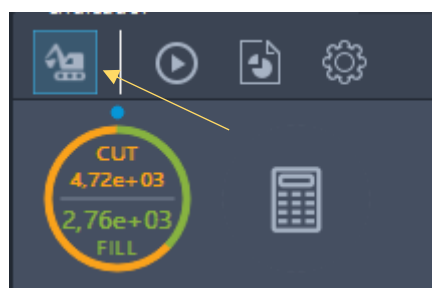


Figura 39. Función "Ver valores detallados".

Nos aparecerá una ventana emergente con la información correspondiente y se subrayará en color azul la zona para la que se ha realizado el cálculo.

- Una vez termina el proceso de cálculo de las cantidades de explanación, clicamos en "Ver valores detallados" (icono de la excavadora).



Figura 40. Cantidades de explanación.

En nuestro caso para el tramo de carretera que enlaza la rotonda de entrada de Bétera y la glorieta creada por nosotros (Pk 0+000,000 - 0+764,328) se necesitaría realizar un desmonte de 4716,531 m³, terraplenar 2756,072 m³ y un desmonte neto de 1960,459 m³.

Ahora el programa nos permite también calcular las cantidades de material, para ello, debemos clicar en el icono de la calculadora:



Figura 41. Cantidades de material.

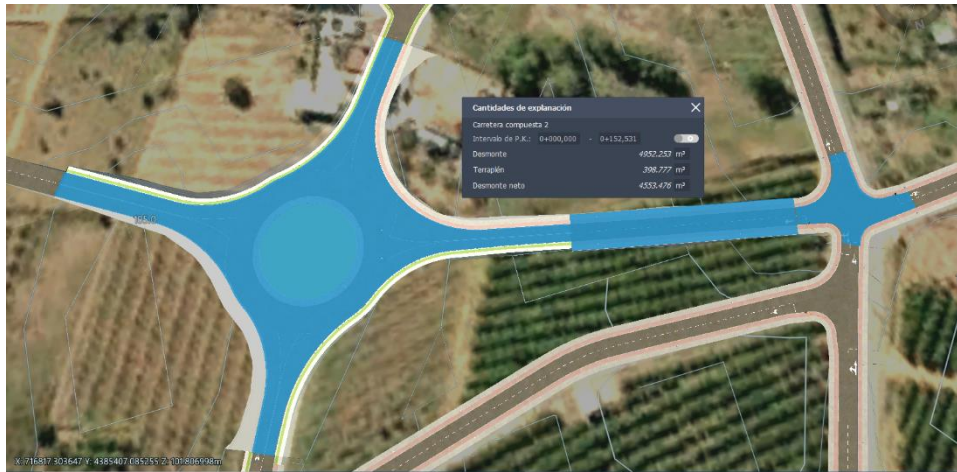


Figura 42. Cantidades de explanación para el segundo tramo.

El ensamblaje del segundo tramo es diferente al primero para que coincida con las carreteras compuestas que lo interceptan, permitiéndonos así añadir modelos en 3D como por ejemplo señales de tráfico.

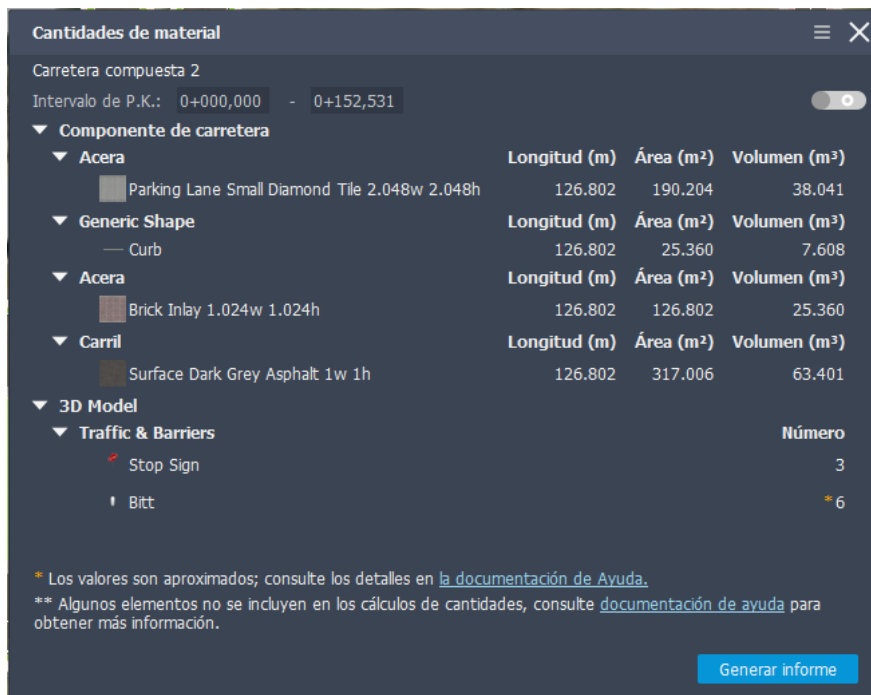


Figura 43. Cantidades de material para el segundo tramo.

4.2.6. Visualización del prediseño realizado.



Figura 44. Inicio primer tramo de carretera.

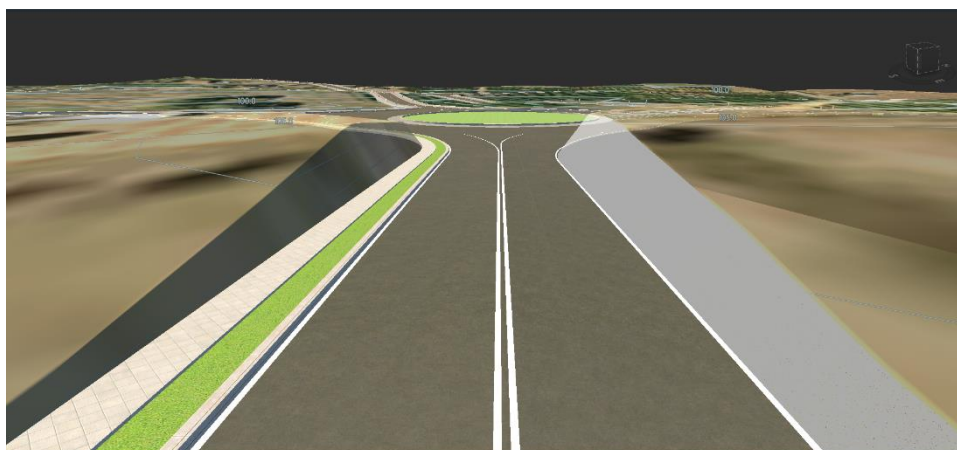


Figura 45. Entrada a la rotonda generada desde el primer tramo de carretera.

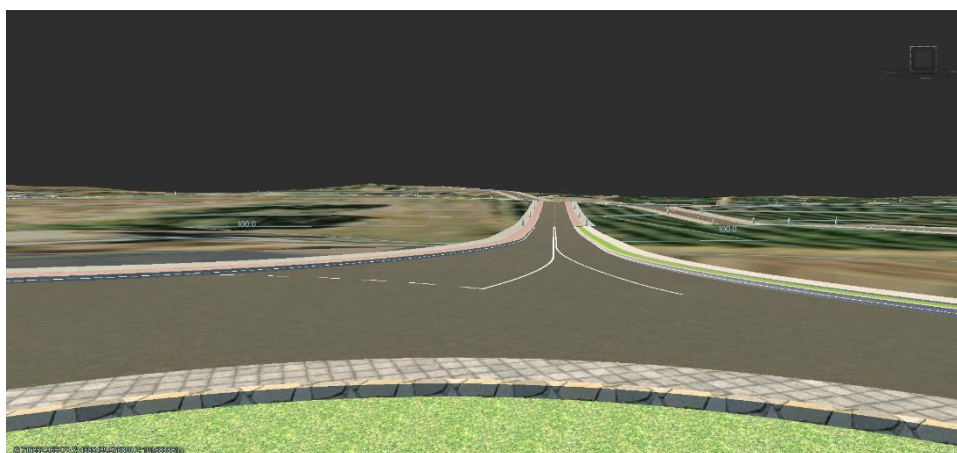


Figura 46. Vista de rotonda a segundo tramo de carretera.



Figura 47. Intersección segundo tramo de carretera señalizado mediante "STOP".



Figura 48. Intersección carretera frente al segundo tramo señalizada mediante "STOP".



Figura 49. Intersección paralela al segundo tramo de carretera señalizada mediante "STOP".



Figura 50. Vista aérea del trazado desde el inicio del tramo 1.



Figura 51. Vista aérea del trazado desde el inicio del tramo 2.



Figura 52. Vista en planta sin cartografía del diseño de carretera completo.

4.2.7. Creación de catálogo y grupo de materiales y configuración de estilos.

A pesar de que este punto no tendrá efecto en nuestro proyecto puesto que se ha decidido realizar toda la definición de la sección tipo de nuestra carretera mediante Civil 3D, se considera oportuno explicar estas herramientas que InfraWorks nos brinda de cara al seccionamiento tipo de una carretera.

Crear un **catálogo de materiales** en Autodesk InfraWorks nos **permite gestionar y asignar materiales a diferentes componentes y objetos en su modelo de InfraWorks**. Sus principales funcionalidades son:

- **Representación realista:** Permite representar de manera realista los materiales que se utilizarán en la construcción de la infraestructura. Esto es esencial para visualizar cómo se verá el proyecto una vez finalizado y para comunicar de manera efectiva las ideas a las partes interesadas.
- **Análisis de costos:** Al asignar materiales a los componentes del modelo, InfraWorks puede calcular automáticamente los costos asociados con la construcción y el mantenimiento de la infraestructura. Esto es crucial para la planificación presupuestaria y la toma de decisiones informadas.
- **Compatibilidad con estándares de diseño:** InfraWorks permite crear catálogos de materiales personalizados que se ajusten a los estándares de diseño específicos de tu proyecto o región. Esto asegura que los materiales utilizados cumplan con las normas y regulaciones locales.
- **Simulación de escenarios:** Capacidad de utilizar diferentes materiales en el modelo para simular distintos escenarios y evaluar cómo afectarán al rendimiento y la apariencia de la infraestructura, siendo de gran ayuda para la toma de decisiones de diseño.
- **Información de construcción y mantenimiento:** El catálogo de materiales puede contener información detallada sobre las propiedades de los materiales, como resistencia, durabilidad, vida útil, entre otros. Esto es trascendental para la planificación de la construcción y el mantenimiento a largo plazo de la infraestructura.

En síntesis, la elaboración de un catálogo de materiales en Autodesk InfraWorks resulta fundamental para lograr una representación precisa, facilitar la toma de decisiones basadas en información sólida y gestionar de manera eficaz proyectos de infraestructura. Esta herramienta permite a los diseñadores y planificadores trabajar con datos veraces y llevar a cabo análisis exhaustivos con el propósito de asegurar la construcción efectiva de la infraestructura, cumpliendo con los estándares requeridos.

Creación de catálogo de materiales en InfraWorks.

- En InfraWorks, vamos a la pestaña "Administrar" y en la sección "Contenido" seleccionamos "Paleta de estilos".

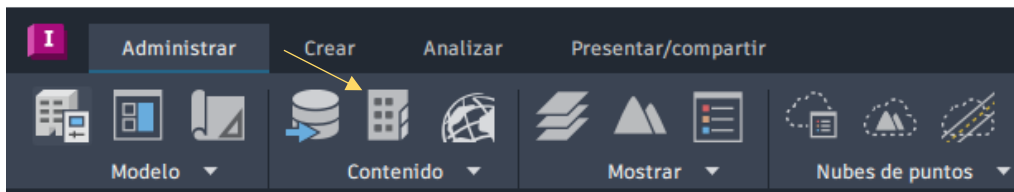


Figura 53. Pestaña "Administrar" de InfraWorks.

- Dentro de la paleta de estilos, vamos a la pestaña "Material" y agregamos una nueva carpeta, en este caso el nombre elegido ha sido "MarcMateriales".

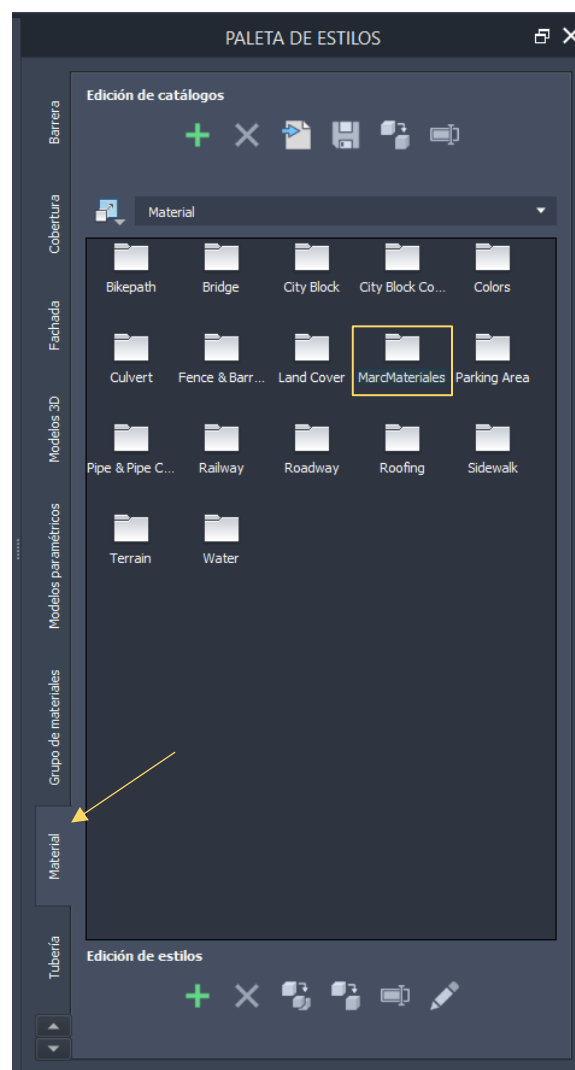


Figura 54. Pestaña "Material" de la "Paleta de Estilos" de InfraWorks.

- Entramos en la carpeta creada "MarcMateriales" y creamos una nueva dentro a la que llamaremos "Carreteras".

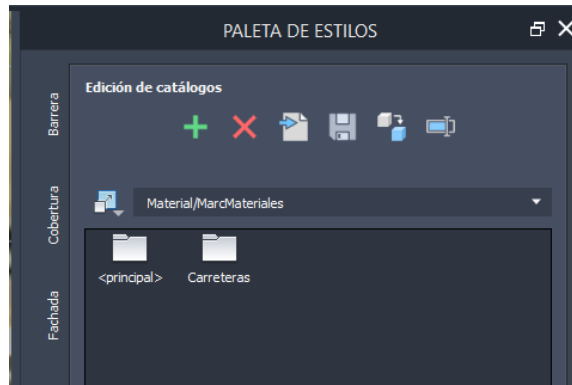


Figura 55. Carpeta "MarcMateriales".

Esta carpeta actuará como contenedor de todos aquellos materiales que nos interesen para el diseño de la carretera. Debemos explorar los diferentes catálogos de materiales disponibles en la paleta de estilos y duplicar aquellos materiales que nos resulten interesantes a nuestra carpeta.

Para duplicar el material a nuestra carpeta, simplemente debemos seleccionar el material que queremos y clicar en "Duplica el estilo seleccionado en otro catálogo". Seleccionamos la ruta adecuada y damos "Aceptar".

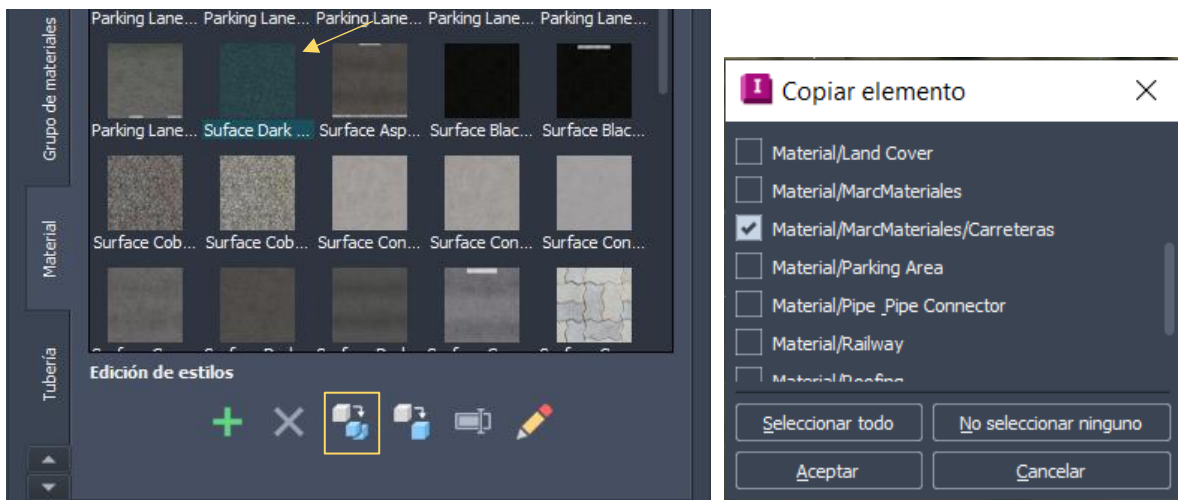


Figura 56. Proceso de duplicación de material.

Una vez duplicados y renombrados todos los materiales escogidos, nuestra carpeta queda de la siguiente manera:

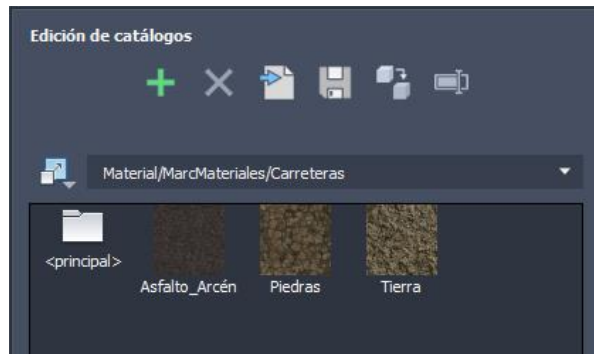


Figura 57. Carpeta "Carreteras" perteneciente a "MarcMateriales".

InfraWorks nos permite también la creación de un material desde 0. En este caso, el material será creado a partir de una imagen de una textura de asfalto previamente descargada de internet.

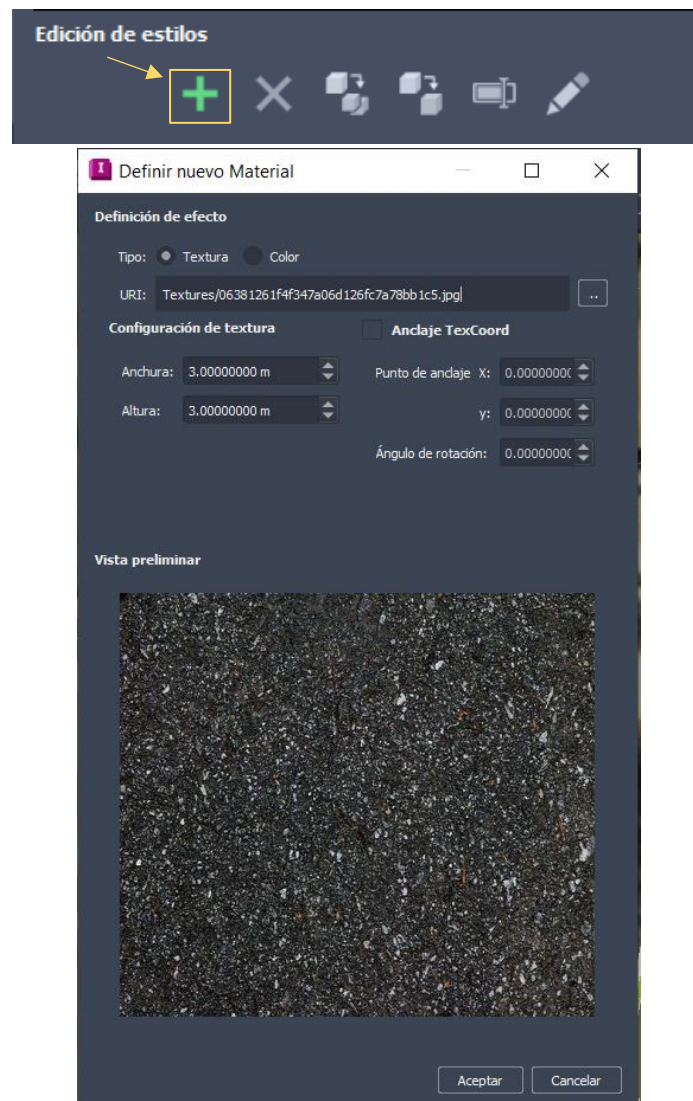


Figura 58. Creación de material.

Nos propone un tamaño de malla de 3 metros de anchura x 3 metros de altura, valores los cuales ya permiten que funcione correctamente. Damos "Aceptar" y una vez generado el nuevo material lo nombramos como "Asfalto_Carril".



Figura 59. Materiales de carretera personalizados.

Ya tenemos nuestros materiales, los cuales han sido, o bien, generados desde 0, o bien, duplicados de otros catálogos. Es interesante saber, que InfraWorks permite guardar en formato ".json" esta carpeta con la configuración de estos materiales, permitiéndonos así poder compartir estos datos con cualquier compañero o parte interesada, involucrada en el proyecto, para su posterior importación.

Creación de grupo de materiales en Infraworks

- A continuación, vamos a la pestaña "Grupo de materiales" y creamos una carpeta, la cual, será nuestro propio grupo de materiales, la llamaremos "Mis grupos".

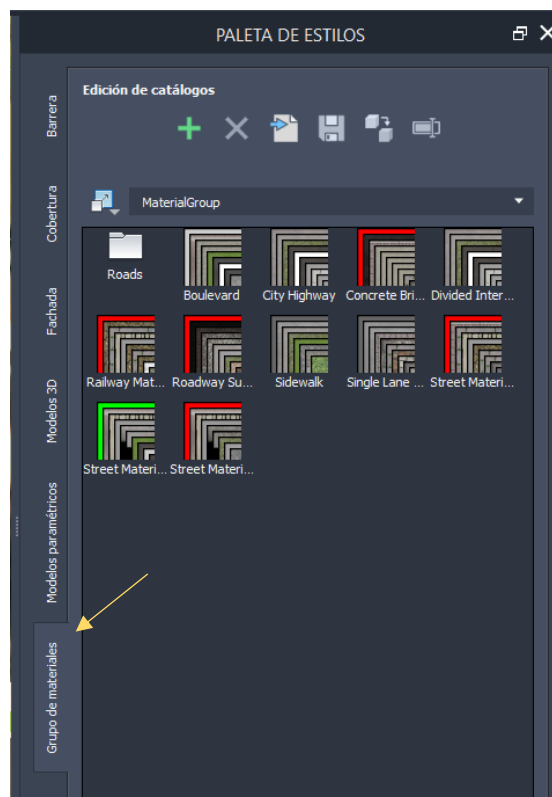


Figura 60. Grupo de materiales.

- Dentro de la carpeta "Mis grupos", crearemos una carpeta más, llamada "Carreteras", en ella estableceremos nuestros propios grupos.

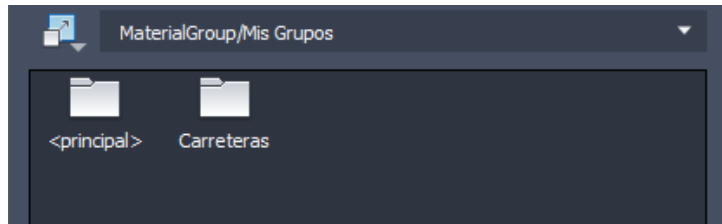


Figura 61. Carpeta "Mis grupos".

- Para ello iremos a la parte inferior y escogeremos la opción "Añade un nuevo estilo", se abrirá una ventana emergente en la que crearemos nuestro grupo de materiales.

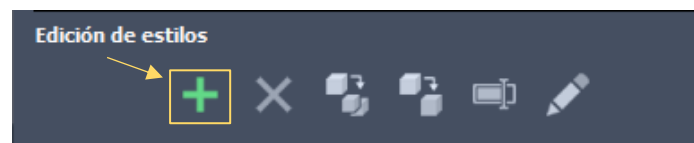


Figura 62. Añadir nuevo estilo.

- Se abrirá una ventana emergente en la que crearemos nuestro grupo de materiales. En "Material por defecto" podemos escoger cualquier color o textura, en nuestro caso seleccionamos el color blanco. A continuación, debemos clicar en "Añadir Material", añadiremos ítems y a dichos ítems les asignaremos un material, los cuales serán tomados de nuestra carpeta personalizada de materiales.

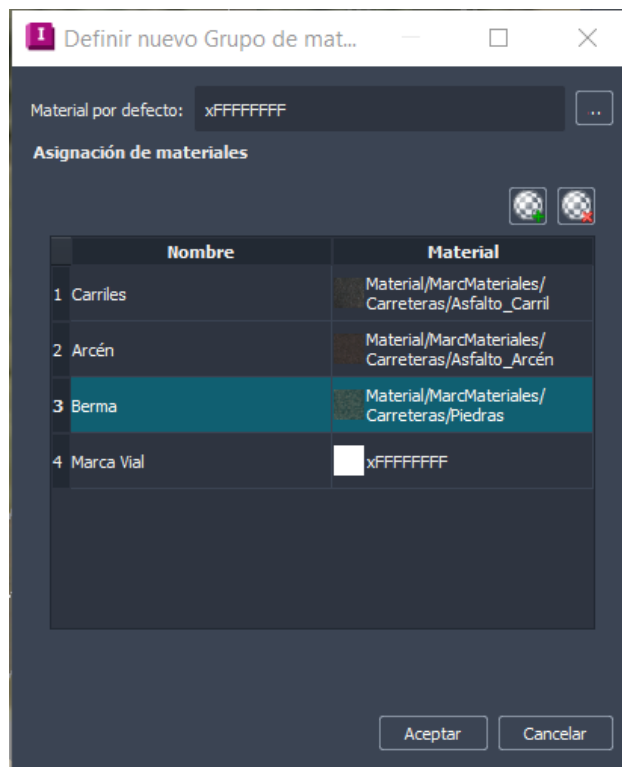


Figura 63. Definición grupo de materiales.

También hemos añadido “Marca Vial” como ítem, para la cual, en lugar de utilizar un material personalizado, hemos seleccionado el color blanco.

Ahora ya tendríamos de las partes para describir nuestra sección tipo.

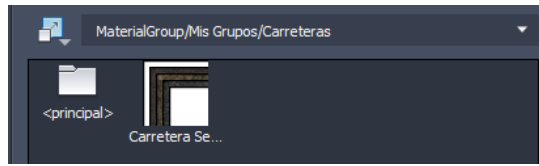


Figura 64. Grupo de materiales personalizado.

InfraWorks nos permite también guardar los grupos de materiales en formato .json, pudiendo así compartirlos, como se ha comentado anteriormente. Pero, para que se pueda trabajar con este grupo de materiales, primero deberíamos transferir la configuración de los materiales que describen este grupo.

Configuración de estilos de carreteras en Infracworks

- En esta ocasión, nos desplazamos a la pestaña "Carretera" y creamos un nuevo catálogo, al que le asignaremos el nombre "CarreterasMarc", carpeta la cual, contendrá las carreteras que deseemos crear o personalizar.

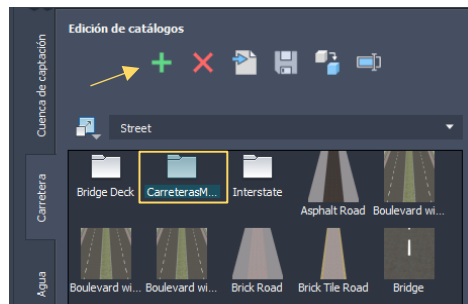


Figura 65. Creación carpeta “CarreterasMarc”

- Una vez seleccionada y duplicada la carretera a partir de la cual queremos trabajar, (en este caso, la carretera “Null Road”) clicamos dos veces sobre ella en nuestra carpeta de carreteras personalizadas, se nos abrirá el editor de la carretera. En “Configuración general” debemos seleccionar nuestro grupo de materiales personalizado, permitiéndonos así trabajar con los recursos deseados.

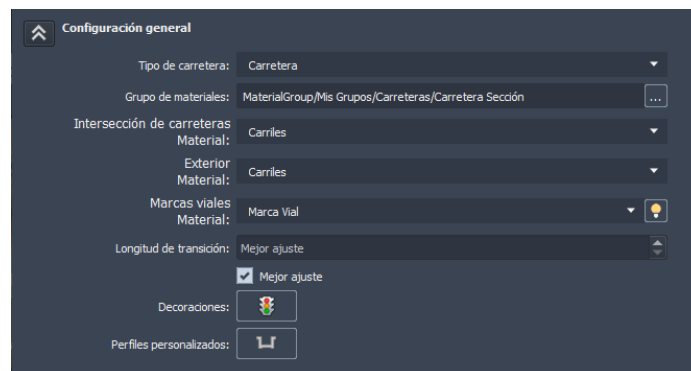


Figura 66. Configuración general.

- Ahora debemos configurar la vía como establece la Norma 3.1-IC, es decir, los carriles tendrán un ancho de 3,5 metros cada uno, arcenes de 1,5 metros, la marca vial la establecemos en 0,15 metros, y, además, añadiremos una berma de un metro en la parte exterior de cada arcén.

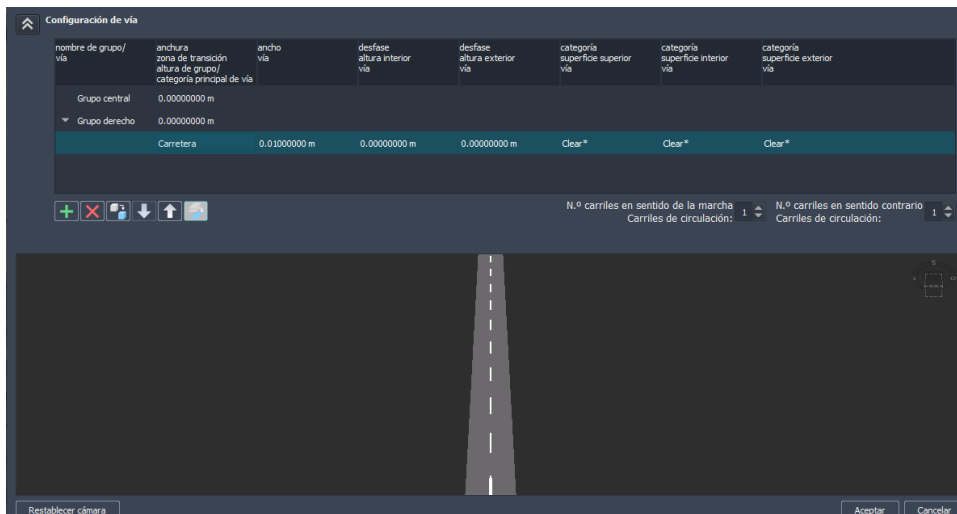


Figura 67. Configuración de vía.

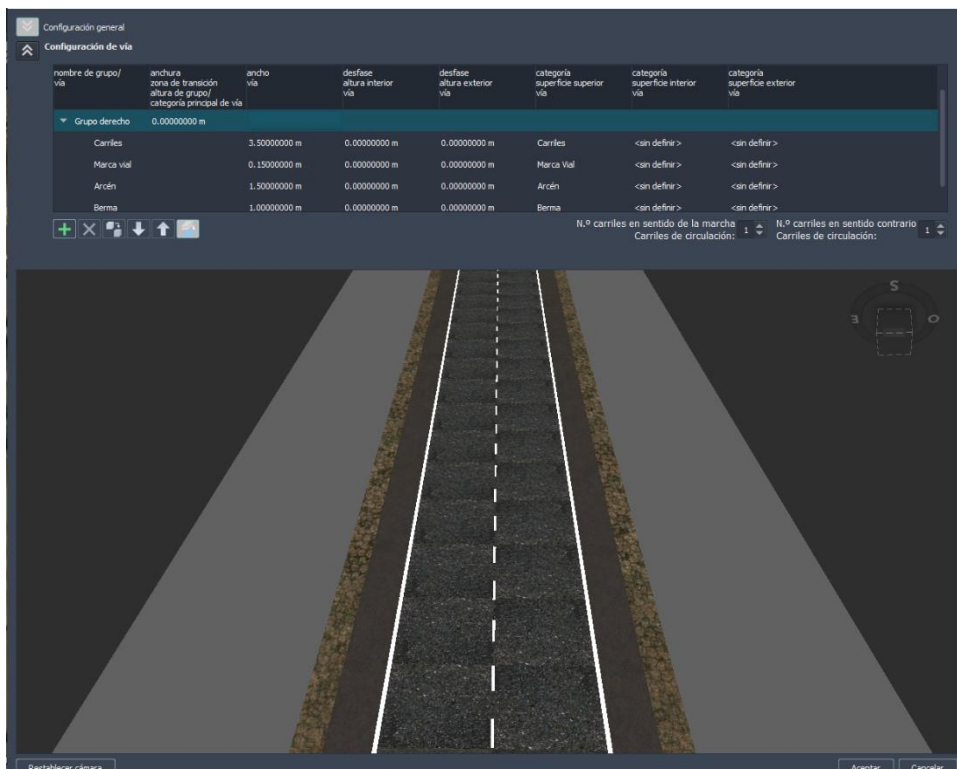


Figura 68. Resultado configuración de vía.

4.2.8. Exportación del modelo de InfraWorks:

Una vez realizado completamente el prediseño de la carretera procedemos a la exportación del modelo para su futura importación en Civil 3D.

Para ello, vamos a la pestaña "**Presentar/compartir**" y seleccionamos "**Exportar IMX**".



Figura 69. Pestaña "Presentar/compartir".

En la ventana emergente configuraremos los parámetros de exportación. Desmarcaremos la casilla que indica "Utilizar todo el modelo", ya que haremos una selección de área por polígono, esto nos permitirá exportar la zona de trabajo necesaria y reducir considerablemente el tamaño del archivo, prescindiendo así de componentes del modelo no útiles para nuestro proyecto, mejorando de tal manera el flujo de trabajo. Debemos comprobar que el sistema de coordenadas sea el adecuado, en este caso, el ETRS89.UTM-30N, seleccionamos la ruta de guardado y añadimos un nombre para el archivo IMX que se va a generar. Damos "Exportar".

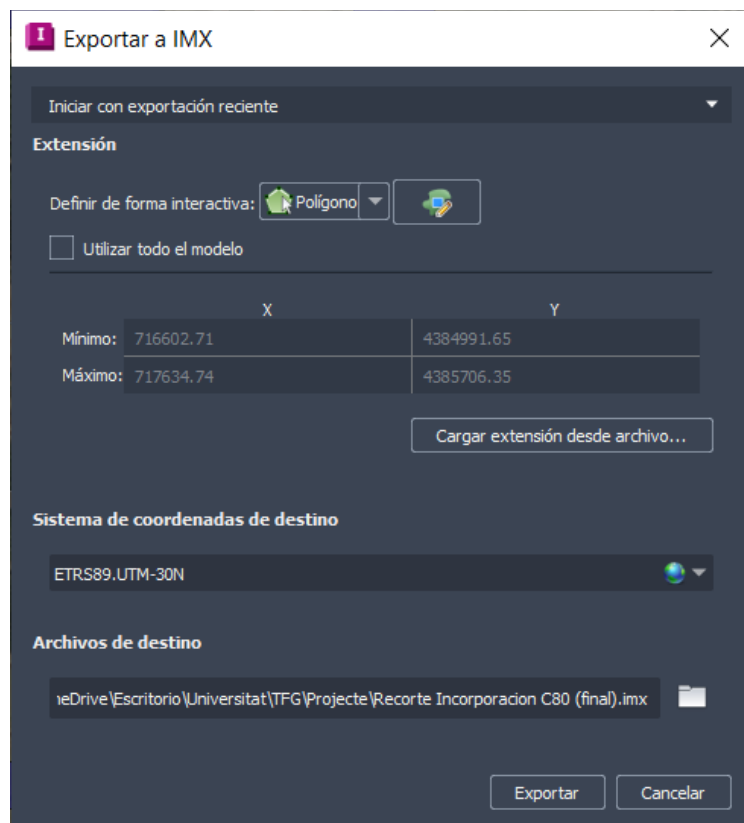


Figura 70. Exportación a IMX.

4.3. EMPLEO DE CIVIL 3D.

En esta fase, se empleó el software **Civil 3D** para llevar a cabo el diseño geométrico de la carretera C-80, siguiendo las directrices establecidas por la Norma 3.1-IC.

La decisión de utilizar Civil 3D para finalizar un proyecto de infraestructura lineal, en lugar de depender exclusivamente de InfraWorks, se justifica por varias razones importantes:

- **Detalle y Precisión:** Civil 3D es una herramienta especializada en diseño y documentación detallada para proyectos de ingeniería civil. Permite una precisión y control significativamente mayores en la creación de planos, secciones transversales, perfiles longitudinales y otros detalles técnicos esenciales para la construcción de la infraestructura.
- **Documentación de Construcción:** Civil 3D es ampliamente utilizado en la fase de construcción para generar planos de construcción y documentos técnicos que cumplen con los estándares y regulaciones locales. Esto es fundamental para que los contratistas comprendan y ejecuten la obra de manera adecuada.
- **Integración de Datos:** Civil 3D puede integrarse fácilmente con otros programas y flujos de trabajo de diseño y análisis, como AutoCAD y programas de cálculo estructural. Esto facilita la coordinación y colaboración entre diferentes disciplinas de ingeniería en un proyecto.
- **Cálculos y Análisis Avanzados:** Civil 3D proporciona herramientas avanzadas para realizar análisis de drenaje, calcular volúmenes de movimiento de tierras, optimizar alineaciones, y más. Estos análisis son fundamentales para tomar decisiones informadas y garantizar la eficiencia y la seguridad de la infraestructura.
- **Modelado 3D Detallado:** Civil 3D ofrece capacidades de modelado 3D avanzado que son esenciales para visualizar y comprender completamente cómo se verá y funcionará la infraestructura terminada.
- **Fases Posteriores:** Después de la construcción, es común que se requieran actualizaciones y mantenimiento de los registros de infraestructura. Civil 3D facilita la gestión y la actualización continua de la documentación de proyectos.

Si bien InfraWorks es una excelente herramienta para el prediseño y la visualización inicial de proyectos de infraestructura, Civil 3D se destaca en la fase de diseño detallado y documentación, lo que lo convierte en la elección preferida para la finalización de proyectos de ingeniería civil. La combinación de ambas herramientas puede optimizar el flujo de trabajo completo, desde la concepción hasta la implementación y el mantenimiento de infraestructuras lineales.

4.3.1. Importación de puntos.

Una vez hemos abierto Civil 3D, creamos un proyecto nuevo, vamos a la pestaña "Inicio" y seleccionamos la opción "Importar puntos". En la ventana emergente, hacemos clic en el botón "Examinar" y seleccionamos el archivo que contiene los puntos capturados en el levantamiento topográfico. Clicamos en "Abrir" y luego en "OK" para importar los puntos a Civil 3D.

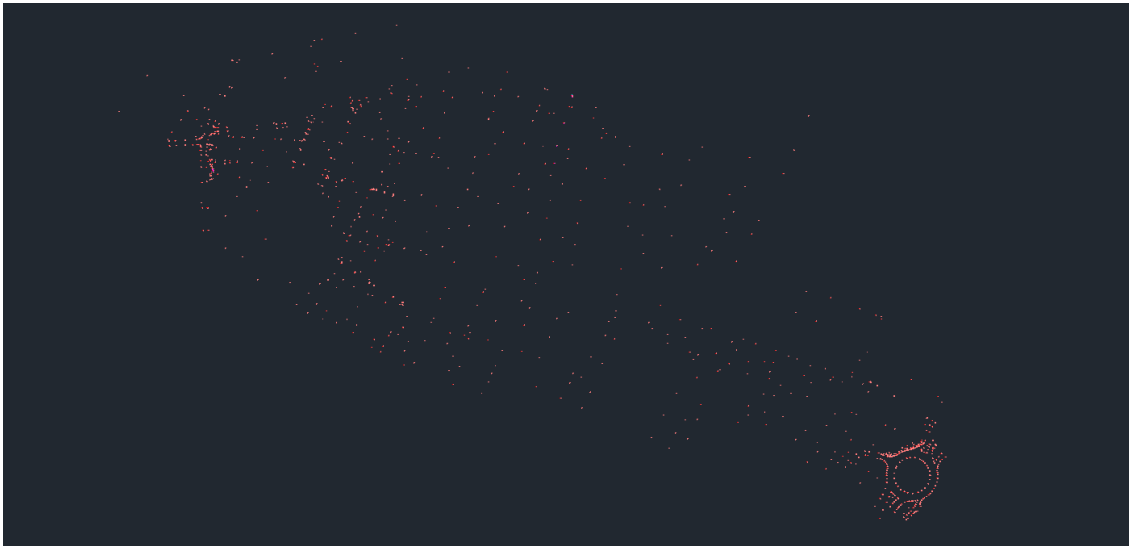


Figura 71. Importación puntos levantamiento a Civil 3D.

4.3.2. Creación de estilos de etiqueta:

- Para ello, vamos al apartado de "Cambio de espacio de trabajo" y seleccionamos "Civil 3D".

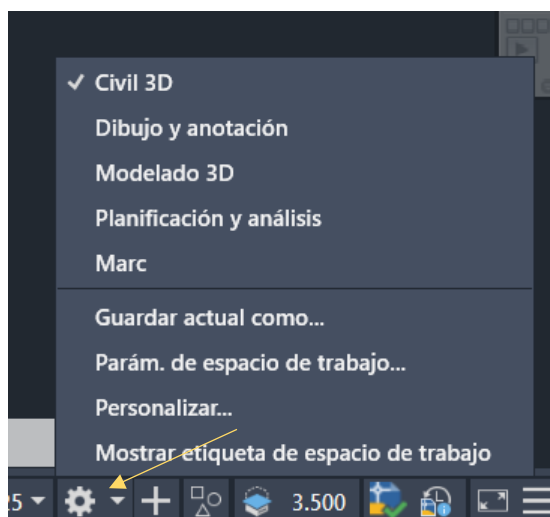


Figura 72. Cambio de espacio de trabajo.

- Luego, en la “Vista de configuración de dibujo activo”, vamos a la carpeta “Estilos de etiqueta”, botón derecho del ratón y le damos a “Nuevo” para crear un nuevo estilo de etiqueta.

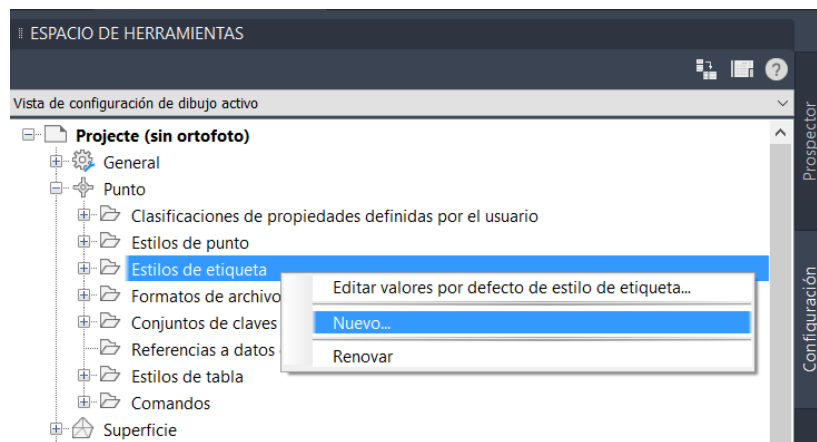


Figura 73. Creación nuevo estilo de etiqueta.

- Asignamos un nombre descriptivo al estilo de etiqueta y configuramos las propiedades, como la fuente, el tamaño y la ubicación de la etiqueta.

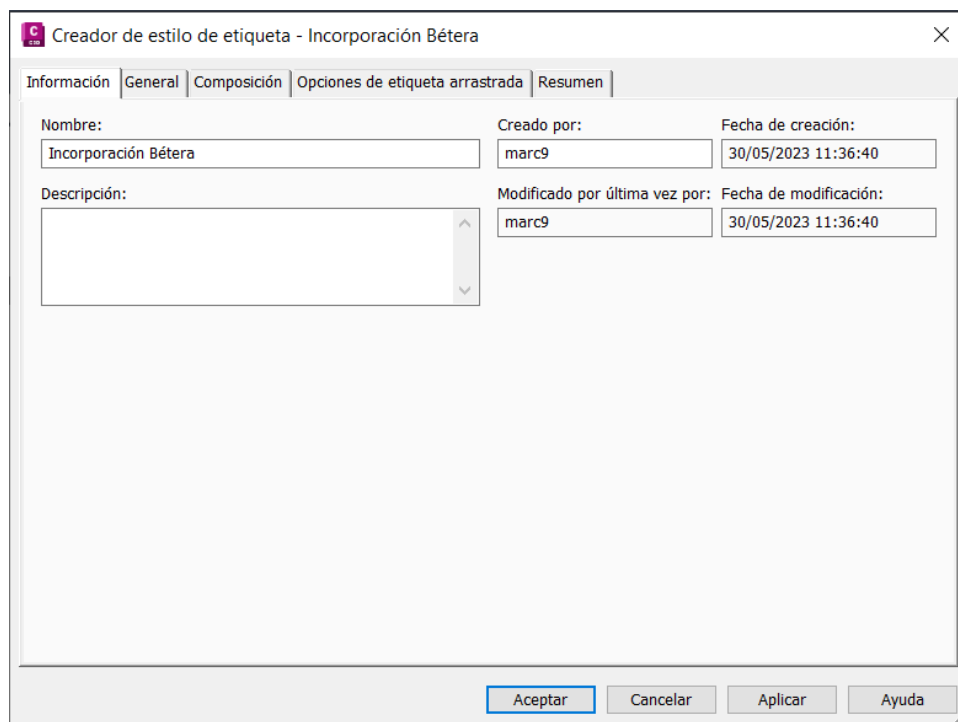


Figura 74. Creador de estilo de etiqueta.

- Vamos a la pestaña de "Composición", seleccionamos el componente a modificar en "Nombre de componente", en este caso "Número de punto". Vamos al apartado "Texto" y seleccionamos el color "cián" para representar el número de nuestros puntos.

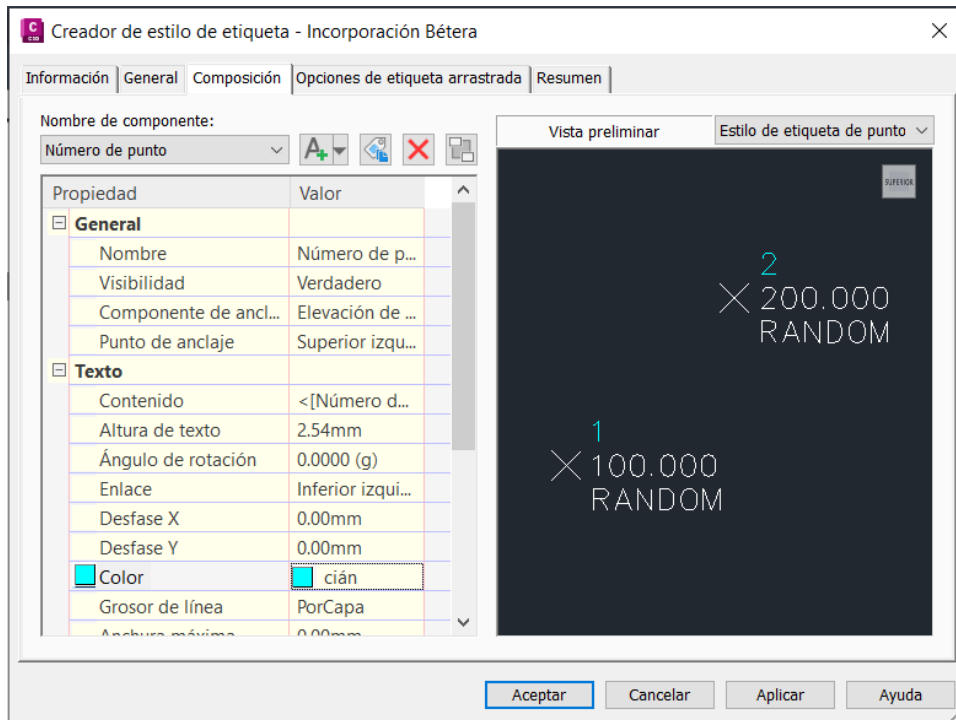


Figura 75. Creador de estilo de etiqueta

- Realizamos el mismo procedimiento para la Descripción de punto, seleccionando esta vez el color "magenta". Y le damos "Aplicar" y "Aceptar".

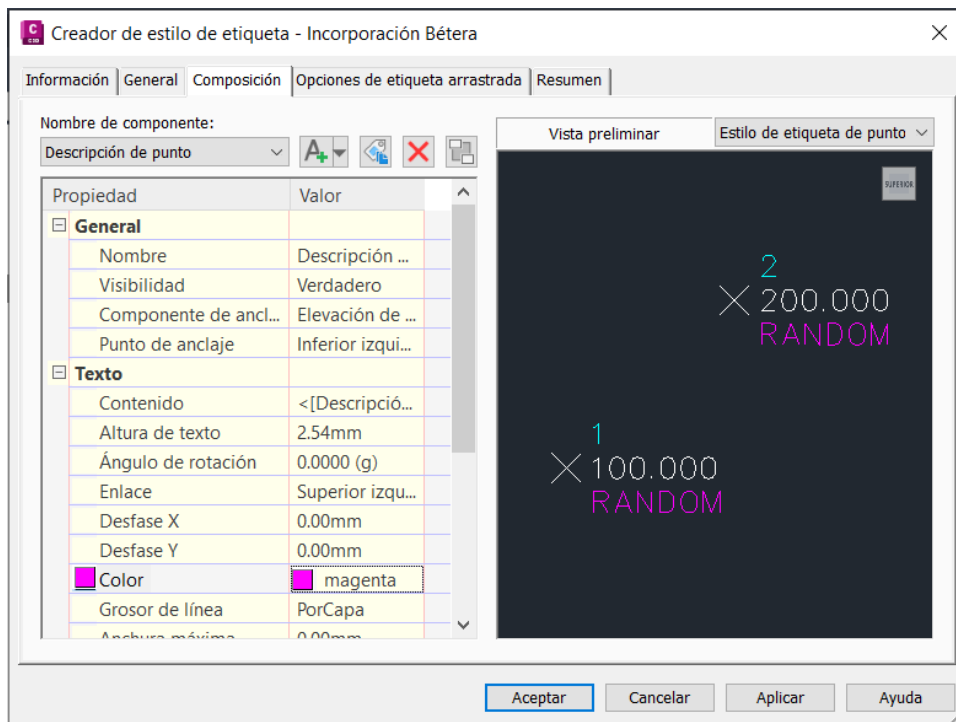


Figura 76. Creador de estilo de etiqueta

- Ahora regresamos al Prospector --> Grupo de puntos --> Todos los puntos --> Botón derecho --> Propiedades.

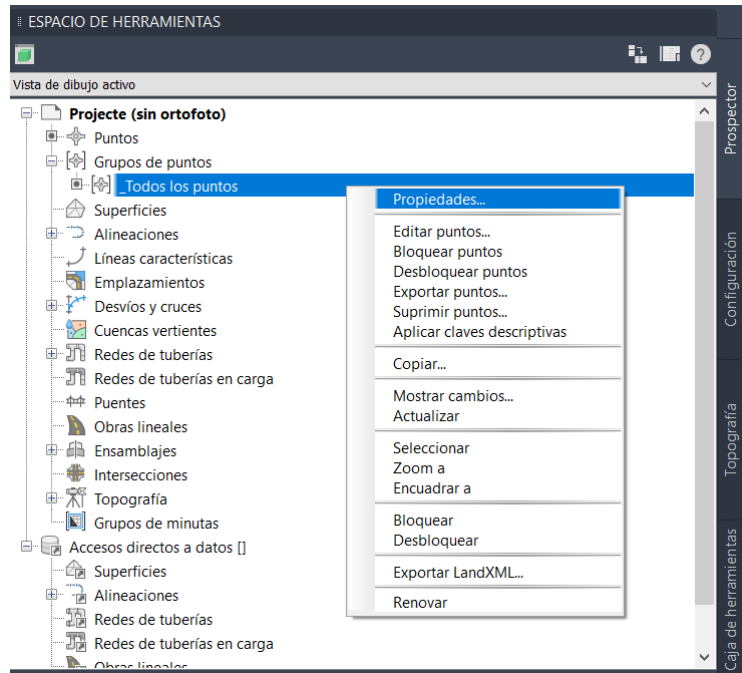


Figura 77. Prospector.

- En el apartado “Estilo de etiqueta de punto” seleccionamos nuestro estilo creado (Incorporación Bétera).

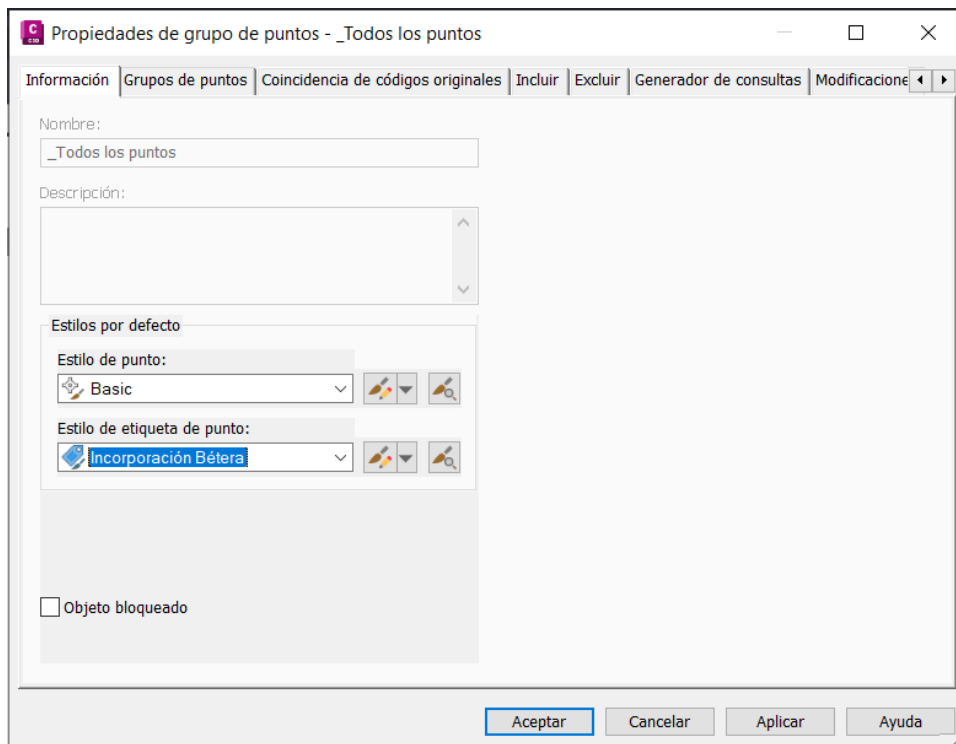


Figura 78. Propiedades de grupo de puntos.

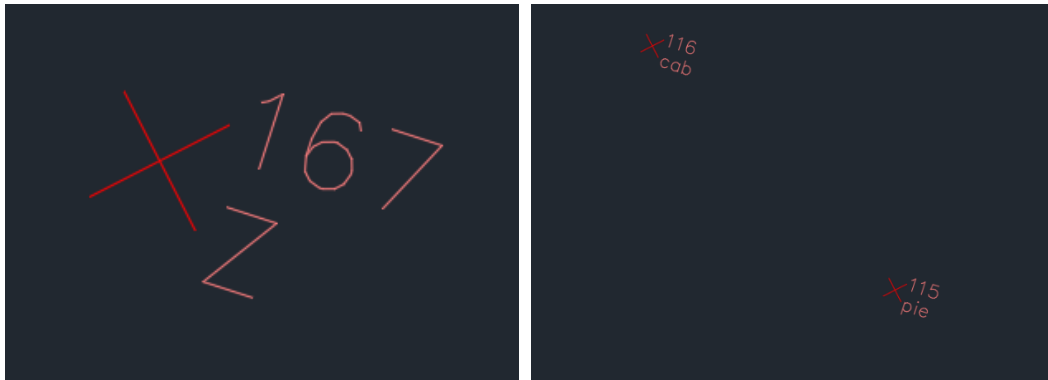


Figura 79. Visualización punto con código y número.

Uniremos los puntos que lo que requieran mediante polilíneas 3D, las cuales toman la elevación de los puntos seleccionados. La mayoría de los puntos con un código que no sea "Z" serán unidos por código: muro, valla, arcén, bordillo, etc.

4.3.3. Descarga e inserción de ortofoto en CIVIL 3D

Una metodología de trabajo de gran utilidad es la de trabajar con una ortofoto del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), al tener una buena resolución y estar georreferenciada debidamente, nos permitirá comprobar que los puntos están bien ubicados, evitando así errores en la unión de puntos a través de polilíneas 3D.

Para ello, accedemos a la página web de descarga de productos del PNOA:

<https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-imagen/productos-a-descarga>

- Una vez en el apartado de productos de descarga del PNOA, seleccionamos Ortofoto PNOA MÁXIMA ACTUALIDAD.

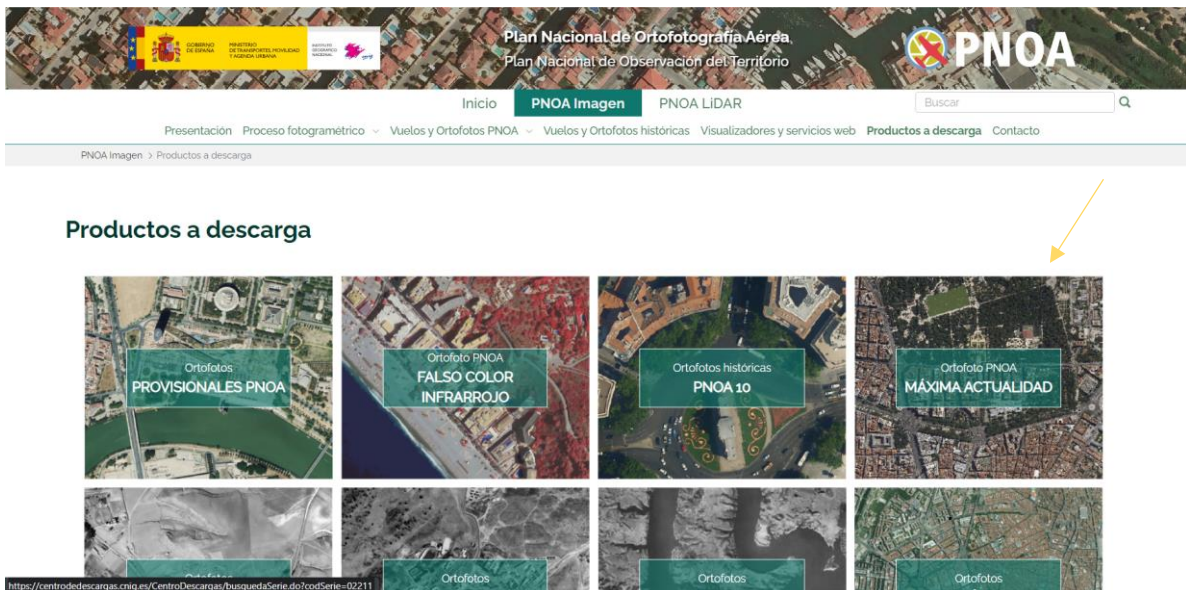


Figura 80. Productos a descarga PNOA.

- Nos llevará al visor de búsqueda, donde seleccionaremos el área de trabajo mediante un polígono y nos mostrará automáticamente los productos de descarga disponibles para dicha región.

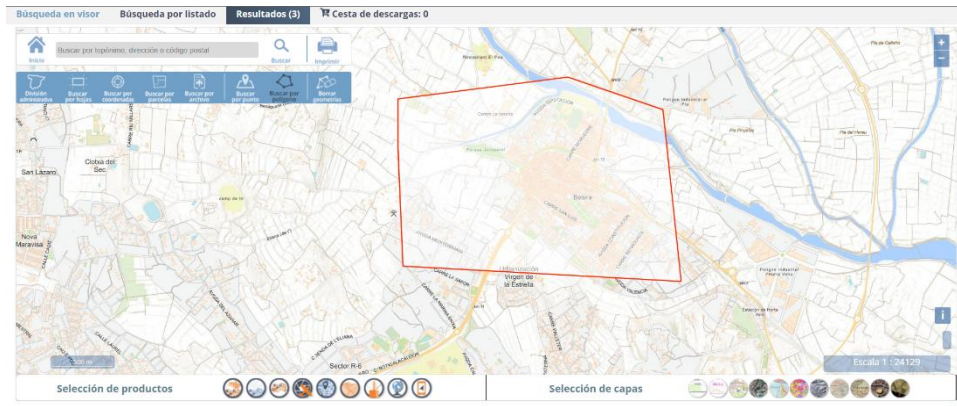


Figura 81. Visor de búsqueda de productos.

- Se nos muestran 3 productos a descargar. Seleccionamos el primero, el formato GeoTIFF a fecha del 05/2021, 06/2021 con una resolución de 0.25 m y un tamaño de 3010.52 MB.










Nombre ^	Formato	Fecha	Resolución / Escala	MB v ^	Acciones
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0696-1.TIF	Cloud Optimized GeoTIFF	05/2021, 06/2021	Resolución 0,25 m	3010.52	  
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0696-1.XML	XML(METADATOS)	05/2021, 06/2021	Resolución 0,25 m	0.03	  
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0696-1.ZIP	SHAPE	05/2021, 06/2021	Resolución 0,25 m	0.01	  

Figura 82. Productos para descarga disponibles.

- Una vez descargada y ubicada la ortofoto en la carpeta de trabajo correspondiente, abrimos Civil 3D y procedemos a insertarla en nuestro proyecto, para ello, en la pestaña de Planificación y Análisis, vamos a Conectar.

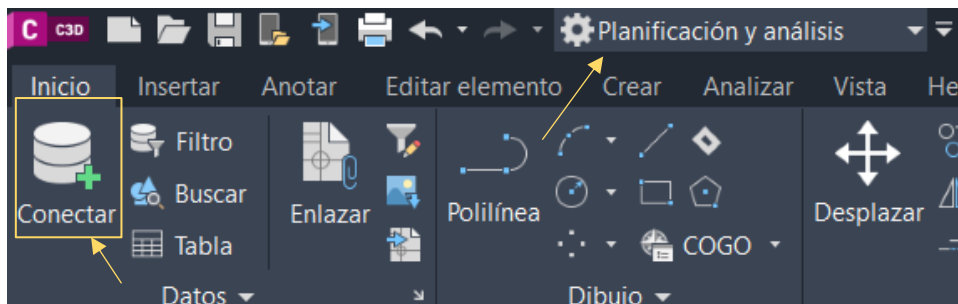


Figura 83. Planificación y análisis en Civil 3D.

- Vamos a “Añadir conexión Imagen ráster o superficie” y seleccionamos el archivo o carpeta de origen donde hemos guardado la ortofoto descargada del PNOA y le damos a “Conectar”.

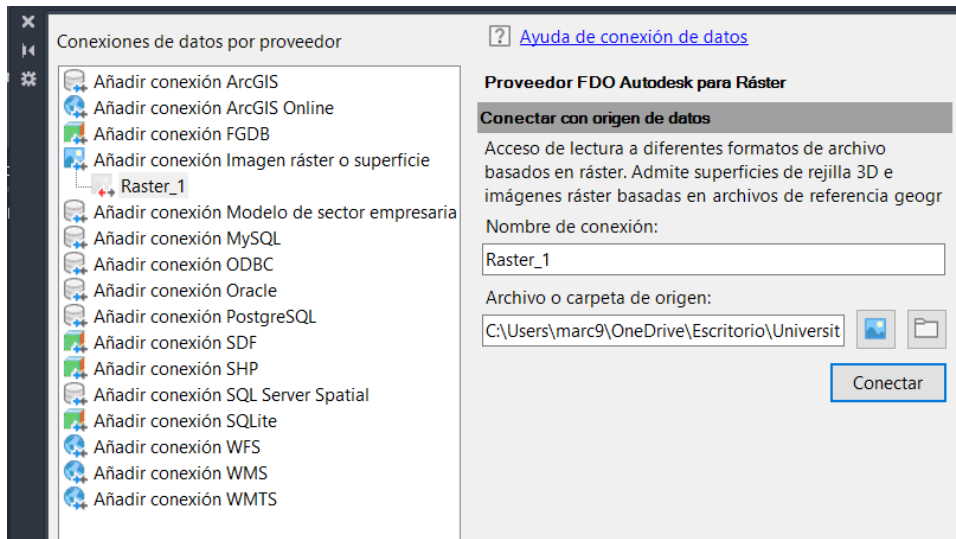


Figura 84. Conexión a imagen ráster.

- La imagen ráster ya ha sido añadida, pero ahora, debemos establecer correctamente su sistema de coordenadas, para ello, damos botón derecho del ratón sobre la ruta de archivo y seleccionamos “Editar sistemas de coordenadas”.

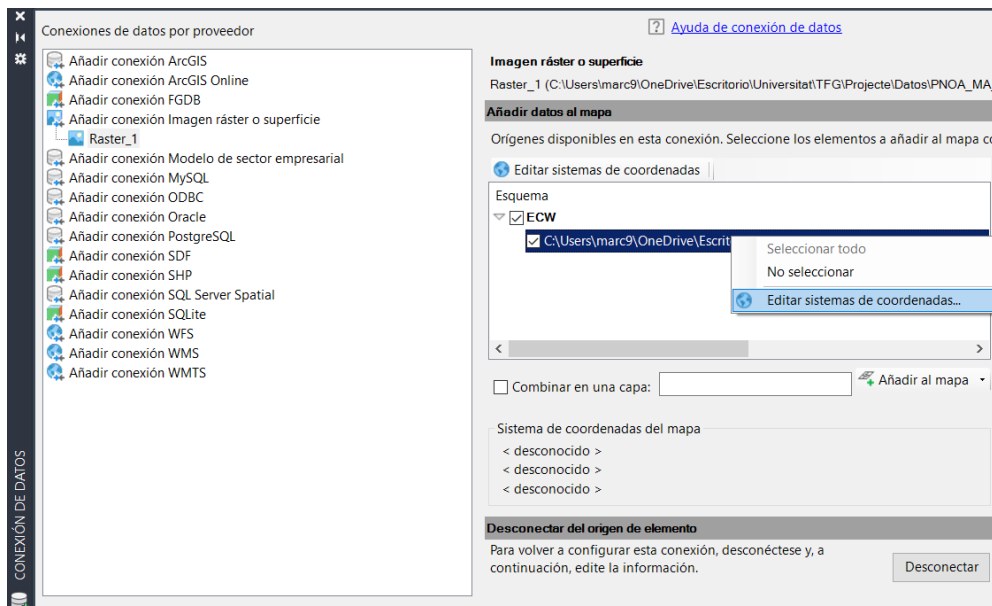


Figura 85. Editar sistema de coordenadas ortofoto.

- Se nos abrirá una ventana para editar los contextos espaciales, la cual nos permitirá editar el Sistema de coordenadas de ambos, que nos aparecen como <desconocido>.

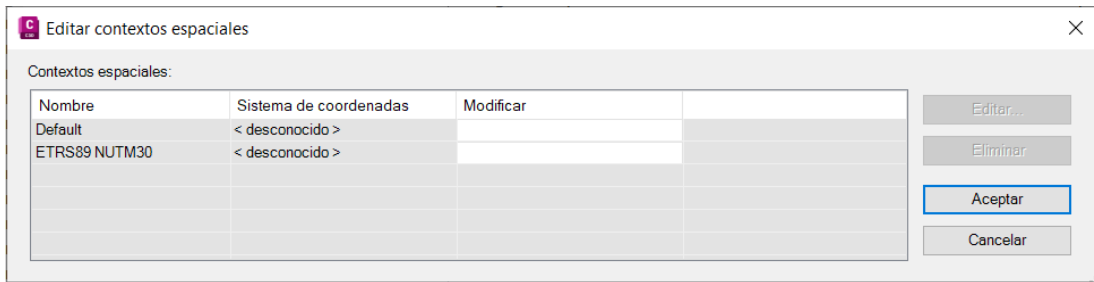


Figura 86. Cambio sistema de coordenadas.

- Seleccionamos para ambos casos el sistema de coordenadas ETRS89.UTM-30N, el sistema respectivo a nuestra zona de trabajo.

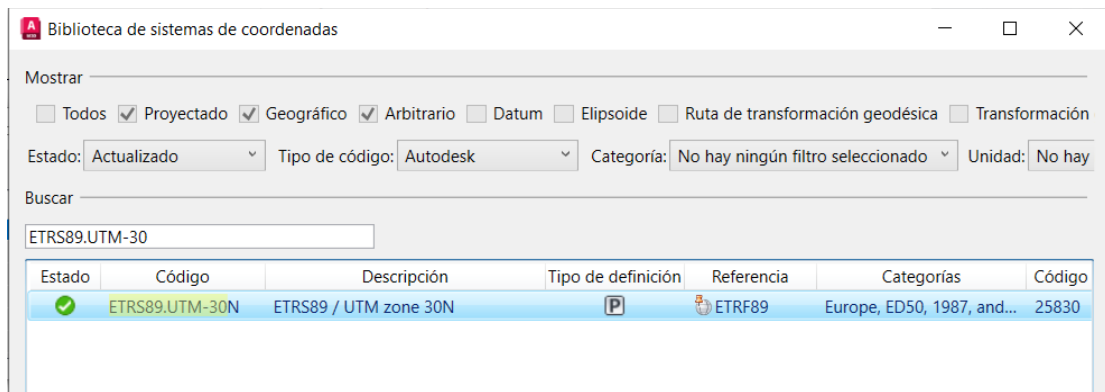


Figura 87. Selección sistema de coordenadas adecuado.

- Damos clic en "Aceptar" para que se realice la modificación.

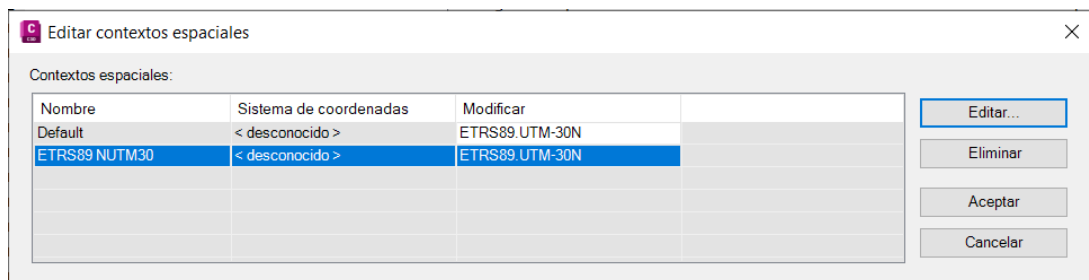


Figura 88. Establecimiento del sistema de coordenadas.

- Podemos observar como la información del sistema de coordenadas del mapa ha cambiado adecuadamente. Ahora ya podemos añadir la ortofoto al mapa, para ello, le damos a “Añadir al mapa”.

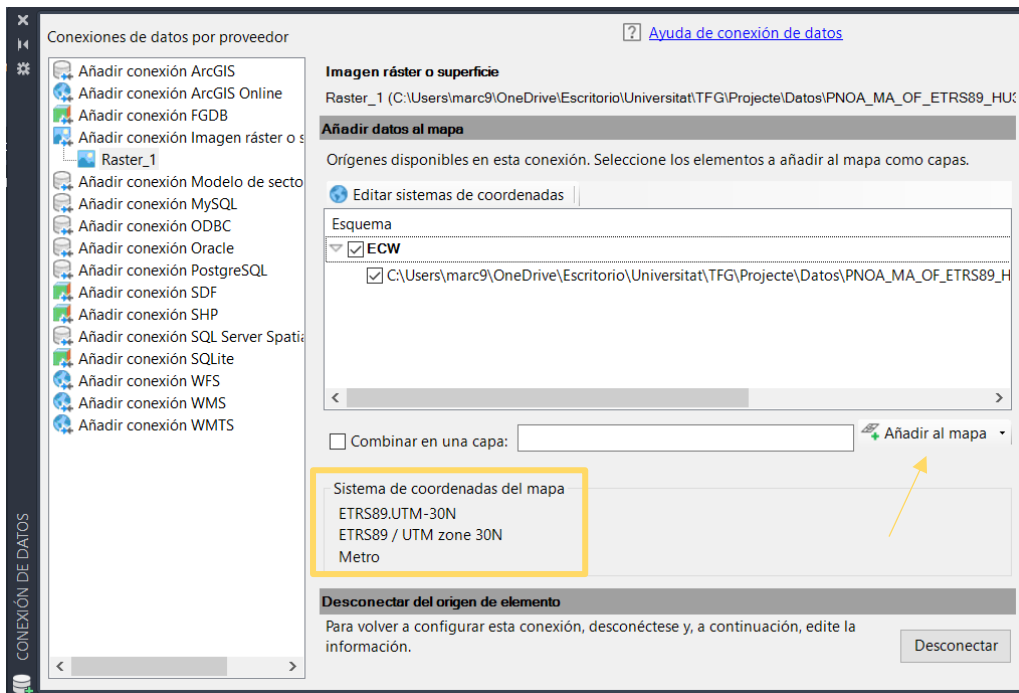


Figura 89. Sistema de coordenadas establecido.

- Cerramos la ventana de conexión de datos y podemos visualizar la imagen ráster georeferenciada correctamente.

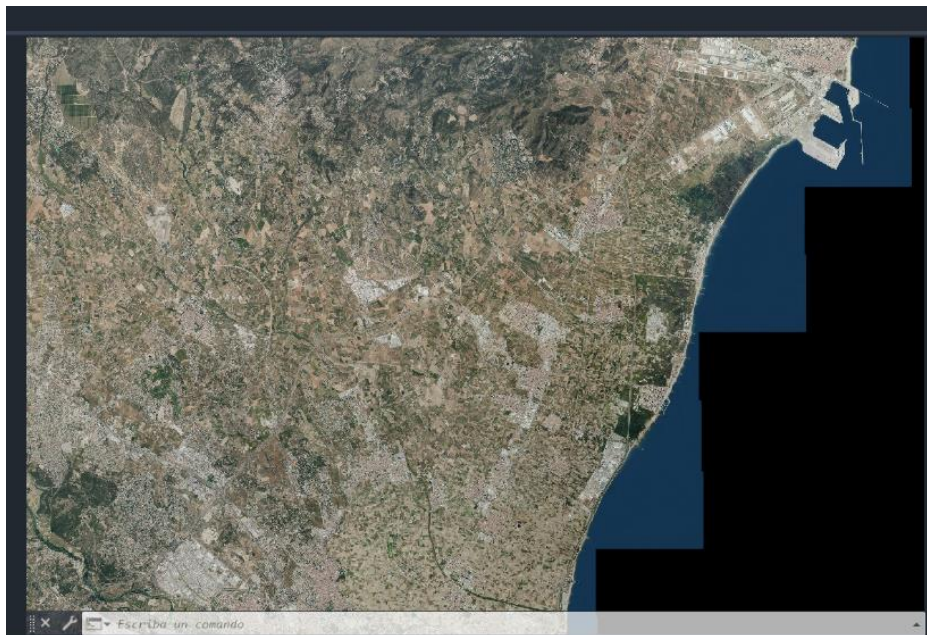


Figura 90. Visualización de la imagen ráster.

- Ahora, añadimos como se ha comentado con anterioridad los puntos tomados en campo, pero esta vez sobre la ortofoto.



Figura 91. Importación puntos sobre la ortofoto.

Esto nos permite entender con mayor facilidad en Civil 3D el levantamiento realizado, vemos como los puntos se encuentran correctamente ubicados y su código corresponde adecuadamente a su situación, ya que, en algunos casos, si no hemos tomado fotografías de zonas comprometidas, no podríamos entender el levantamiento.



Figura 92. Puntos importados sobre ortofoto (Rotonda 'Bétera Poble Coeter').



Figura 93. Puntos importados sobre ortofoto (Situación muro-acequia).

4.3.4. Creación de capas.

Crear capas en Civil 3D nos permite organizar y controlar la visualización de los elementos en nuestro dibujo. Cada capa puede tener propiedades únicas, como color y grosor de línea, lo que facilita la identificación y edición de objetos específicos en el diseño.

Por esto, crearemos una capa para cada código, los pasos a seguir son los siguientes:

- Vamos a la pestaña "Inicio" y seleccionamos "Propiedades de capa".

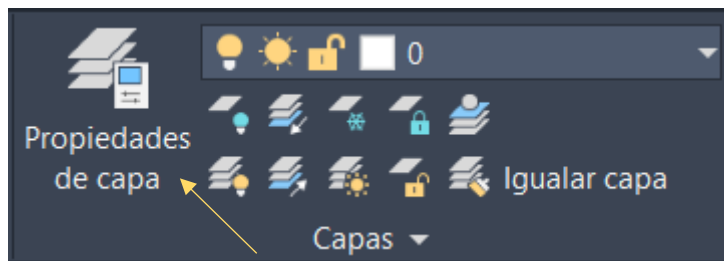


Figura 94. Propiedades de capa.

- En el administrador de capas, clic en el botón "Nueva capa (Alt+N)" para crear una nueva capa.

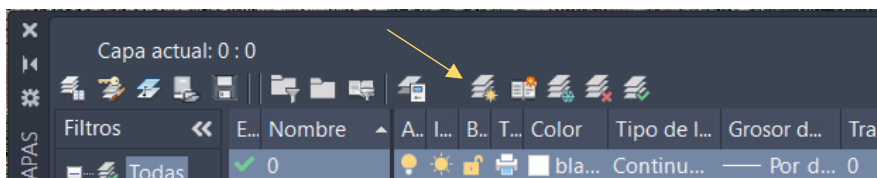


Figura 95. Creación nueva capa.

- Asignamos un nombre descriptivo a la capa y configuramos las propiedades, como el color y el grosor de la línea. Las capas creadas en este caso han sido: 3D_ACERA, 3D_ASFALTO, 3D_CAB, 3D_EDIFICIOS, 3D_MURO, 3D_PIE, 3D_TORRE (torre línea alta-media tensión), 3D_VALLA

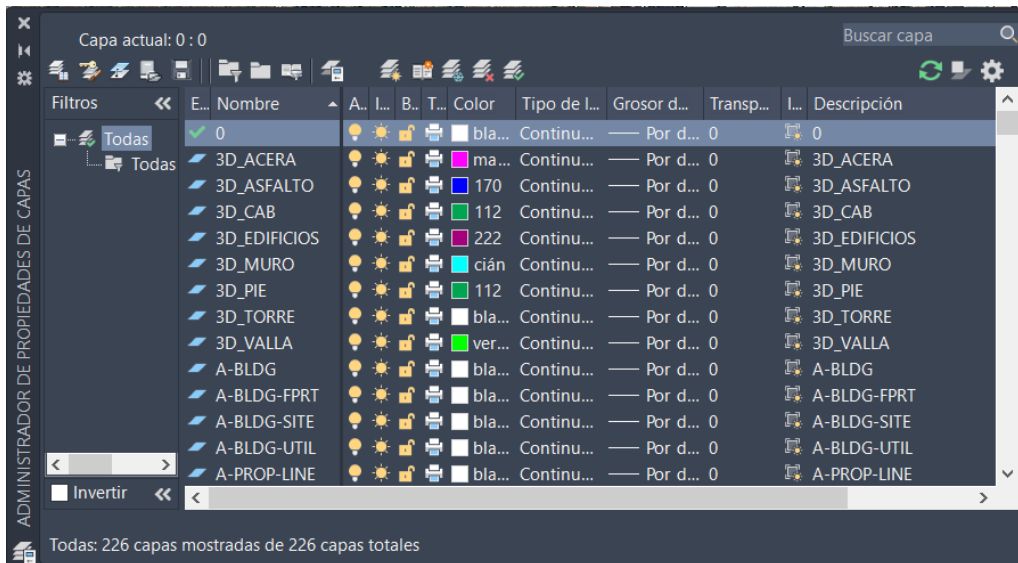


Figura 96. Capas creadas.

4.3.5. Creación de polilíneas 3D.

Crear polilíneas 3D en Civil 3D sirve para modelar elementos tridimensionales en diseños de infraestructura. Estas polilíneas permiten representar formas complejas y rutas en tres dimensiones, lo que es esencial para el diseño preciso de carreteras, canales, plataformas y otros proyectos en terrenos variados. Con ellas uniremos los puntos tomados en campo de igual código, asociando dicho código a las capas creadas anteriormente. Debemos asegurarnos de que el código que se está uniendo se corresponda con la capa adecuada, ej.: código: Muro --> capa: 3D_MURO.

- Una vez seleccionada la capa la cual se quiere representar, vamos a la pestaña "Dibujo" y seleccionamos "Polilínea 3D".

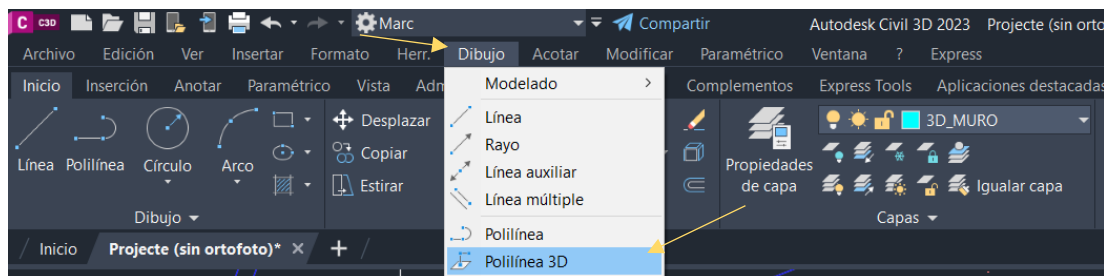


Figura 97. Selección polilínea 3D.

- En la ventana de creación de polilíneas, haga clic en los puntos capturados en el levantamiento topográfico para crear las polilíneas 3D que representen los elementos topográficos, siguiendo el orden y la secuencia adecuada para conectar los puntos y formar las polilíneas correctas.



Figura 98. Proceso de dibujo de polilínea 3D.

- Tras unir los puntos mediante polilíneas 3D según su respectivo código, quitamos la ortofoto para visualizar el dibujo obtenido.

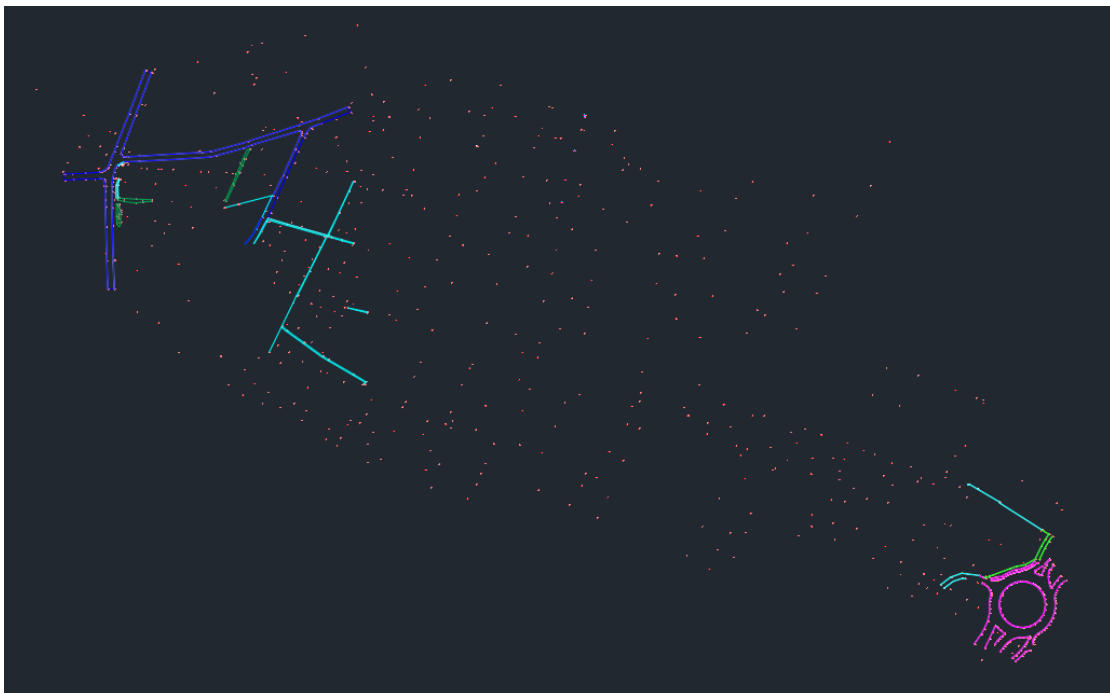


Figura 99. Vista general de la zona de trabajo completa.

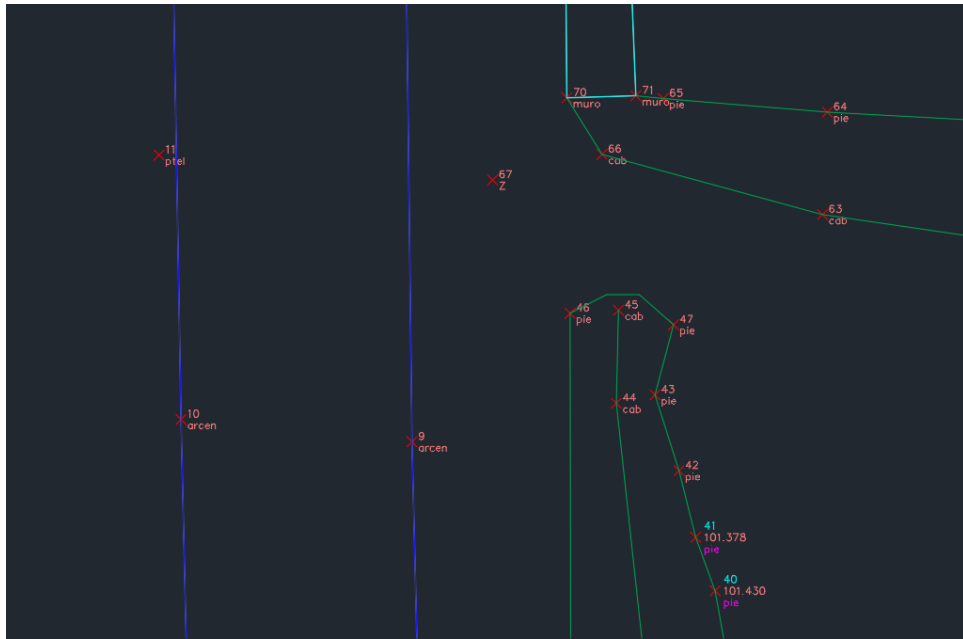


Figura 100. Vista en detalle de zonas concretas.

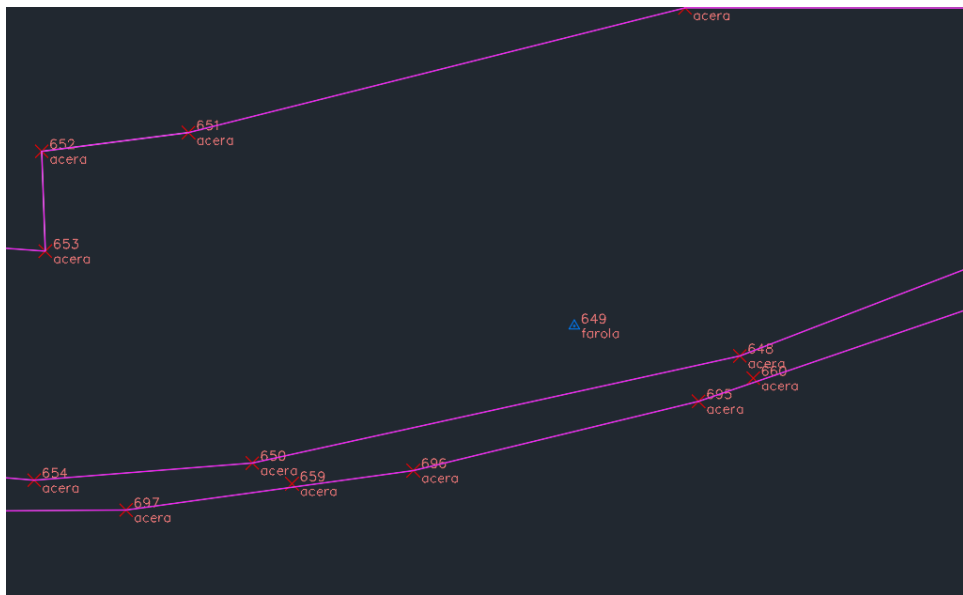


Figura 101. Vista en detalle de zonas concretas (2).

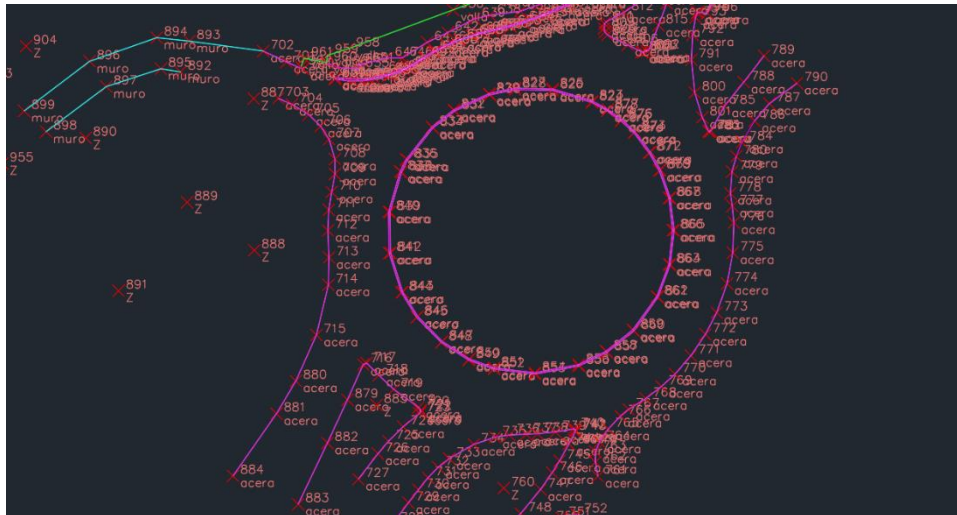


Figura 102. Trazado polilíneas 3D en la rotonda 'Bétera Poble Coeter'.

4.3.6. Generación de curvas de nivel.

Generar curvas de nivel es una parte esencial en el proceso de diseño geométrico de una carretera convencional, como la carretera C-80. Las curvas de nivel son líneas imaginarias que conectan puntos del terreno que tienen la misma elevación. Estas curvas se dibujan en un plano horizontal y representan las variaciones en la elevación del terreno en intervalos uniformes, como por ejemplo cada metro o cada 0.5 metros.

La función principal de generar curvas de nivel en el diseño geométrico de una carretera incluye:

1. Análisis del terreno:

Las curvas de nivel permiten comprender la topografía y las características del terreno por donde se planea construir la carretera. Proporcionan información valiosa sobre la pendiente, las depresiones, las elevaciones y otros detalles del relieve.

2. Estudio de drenaje:

Al observar las curvas de nivel, se pueden identificar las direcciones naturales del flujo de agua y los puntos bajos del terreno, lo que ayuda en la planificación y diseño de sistemas de drenaje adecuados para evitar problemas de inundaciones y erosión en la carretera.

3. Diseño de alineación horizontal:

Las curvas de nivel influyen en la selección de la alineación horizontal de la carretera. Ayudan a identificar zonas de terreno accidentado, áreas de pendiente pronunciada y áreas donde se podrían requerir curvas cerradas o suaves para garantizar una carretera segura y eficiente.

4. Diseño de alineación vertical:

Las curvas de nivel también son fundamentales para el diseño de la alineación vertical de la carretera, es decir, la forma en que la carretera sube o baja a lo largo de su longitud.

Permiten identificar secciones de pendientes pronunciadas, cambios de elevación y áreas donde se podrían necesitar rampas de subida o bajada.

5. Cálculos de volumen y movimiento de tierra:

Las curvas de nivel se utilizan para calcular el volumen de tierra que debe ser excavado o rellenado en el proceso de construcción de la carretera. Esto es esencial para la planificación del movimiento de tierra y la estimación de los costos asociados.

6. Evaluación de impacto ambiental:

Las curvas de nivel también ayudan a evaluar el impacto ambiental del proyecto de carretera al identificar áreas sensibles, como cuerpos de agua, hábitats naturales y áreas con vegetación significativa.

En resumen, generar curvas de nivel es esencial para comprender la topografía y características del terreno en un proyecto de diseño geométrico de una carretera. Estas curvas proporcionan información crucial para la toma de decisiones en la planificación y diseño de la carretera, así como para garantizar su seguridad, eficiencia y sostenibilidad en el entorno circundante.

Por todo esto, hemos generado las curvas de nivel de la siguiente manera:

Lo primero, será crear un estilo de superficie personalizado para nuestro proyecto. Esto, nos posibilita, entre otras cosas, definir cómo se verán y comportarán nuestras curvas de nivel, ayudándonos así a controlar cómo se muestran y etiquetan las elevaciones en el terreno, permitiéndonos ajustar propiedades como:

- Intervalos de curvas de nivel.
- Geometría 3D.
- Leyenda
- Intervalos de curva de nivel (no es la misma propiedad que la primera enunciada).
- Depresiones de curva de nivel.
- Suavizado de curva de nivel.

Asegurando así que las curvas de nivel se ajusten a las necesidades de diseño y faciliten la interpretación precisa de la topografía en los planos y dibujos pertinentes.

Con tal efecto, se procede a describir el proceso de creación:

Paso 1: Crear un nuevo estilo de superficie.

- En la pestaña "Configuración" del "Espacio de herramientas", abrimos "Superficie", damos botón derecho sobre "Estilos de superficie" y seleccionamos "Nuevo".

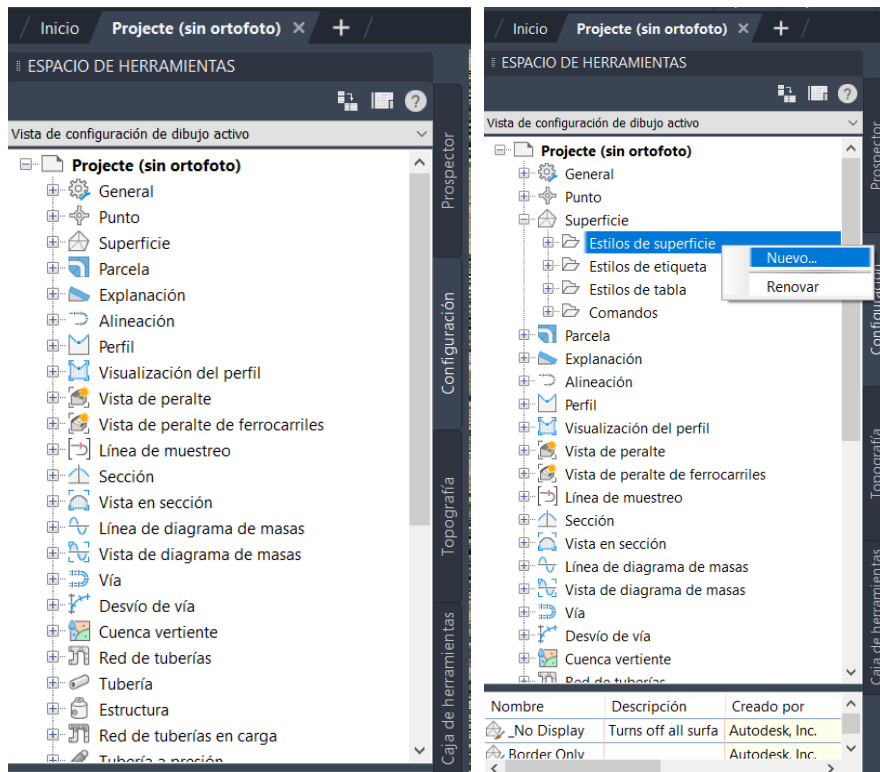


Figura 103. Creación nuevo estilo de superficie.

- Asignamos un nombre representativo para el nuevo estilo de superficie y definimos una descripción (opcional).

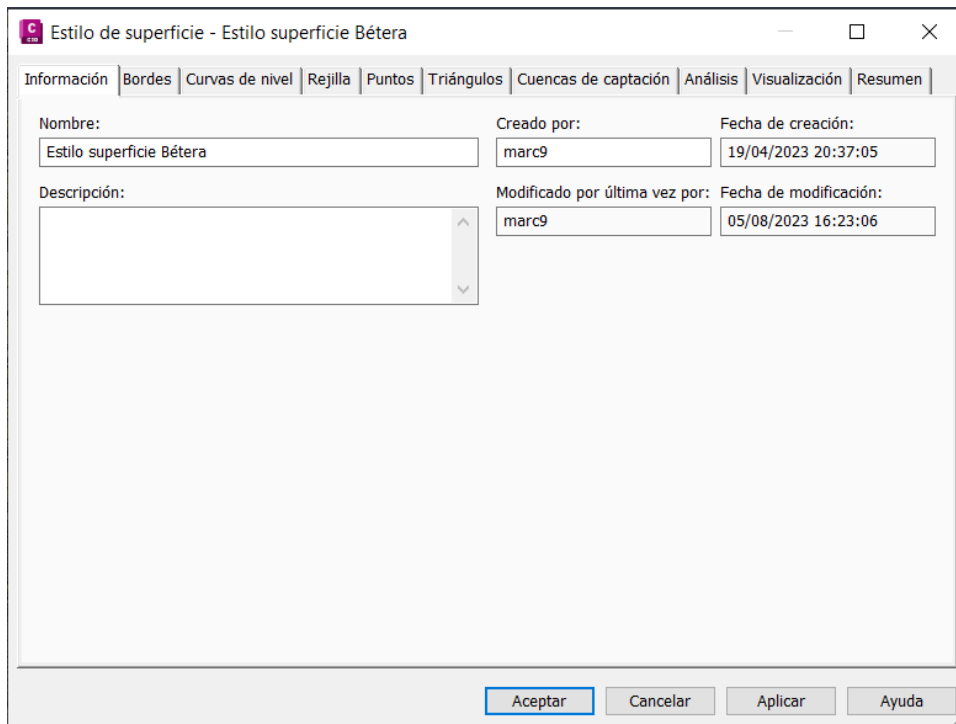


Figura 104. Información estilo de superficie.

Paso 3: Configurar las propiedades de las curvas de nivel

- En la sección "Curvas de nivel", establecemos los parámetros básicos para el estilo de superficie. Para este contexto, fijamos un intervalo secundario de curva de nivel de 0.500 m y un intervalo principal de 2.000 m. Esto nos permitirá visualizar las curvas de nivel con un intervalo apropiado entre ellas para nuestro proyecto

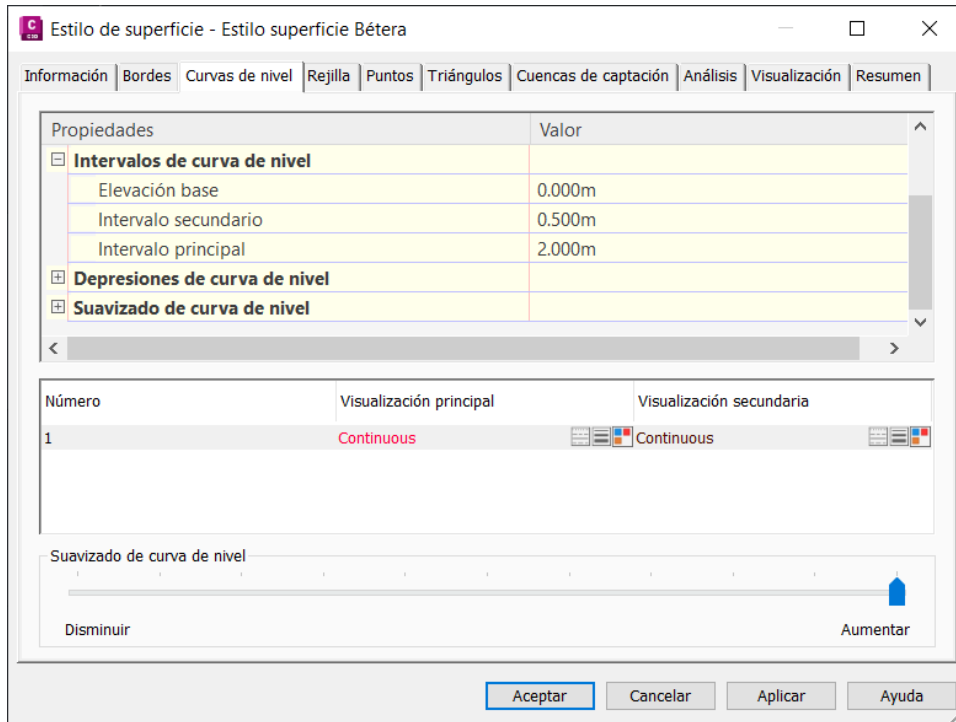


Figura 105. Propiedades curvas de nivel.

- Además, activamos el suavizado de curva de nivel, seleccionando la opción "Verdadero" en el apartado de "Suavizar curvas de nivel" y desplazaremos el medidor de aumento en su totalidad, aumentando el suavizado de curva de nivel al máximo.

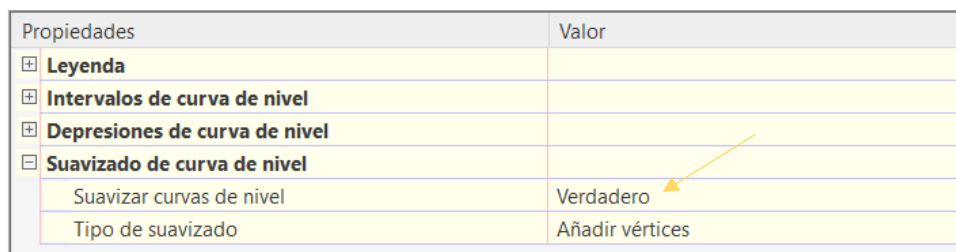


Figura 106. Suavizado de curvas de nivel.

Paso 4: Definir las capas y colores de visualización

- En la sección "Visualización", podemos definir diferentes capas y colores para la visualización de la superficie en función de su estado

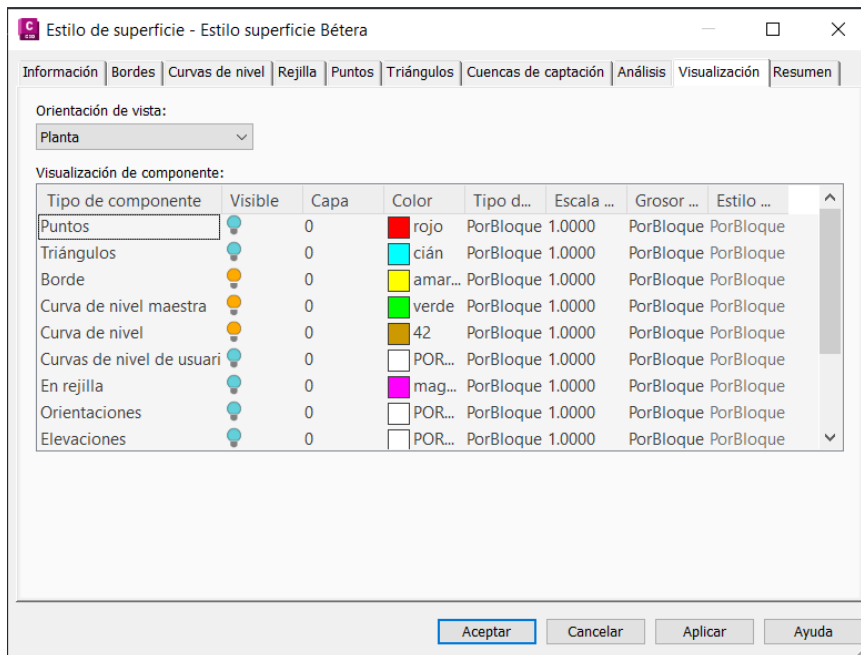


Figura 107. Visualización de componentes.

Una vez configuradas todas las opciones del estilo de superficie, hacemos clic en "Aceptar" para guardar el estilo. Ahora podemos aplicar este estilo a las superficies de nuestro dibujo seleccionándolo en las propiedades de la superficie correspondiente.

Paso 5: Crear superficie y aplicar el estilo de superficie personalizado

- En la pestaña "Prospector" vamos a "Superficie", botón derecho y seleccionamos "Crear superficie".

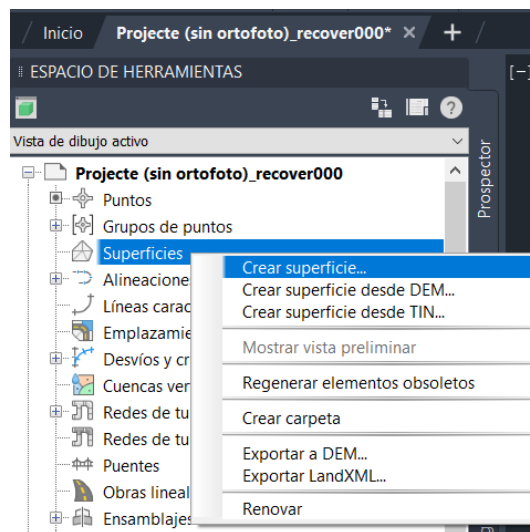


Figura 108. Creación superficie.

- En la ventana de creación de superficie, le asignamos un nombre a la superficie que vamos a generar, en este caso: "Superficie Bétera". Damos clic en "Aceptar" para que se genere la superficie.

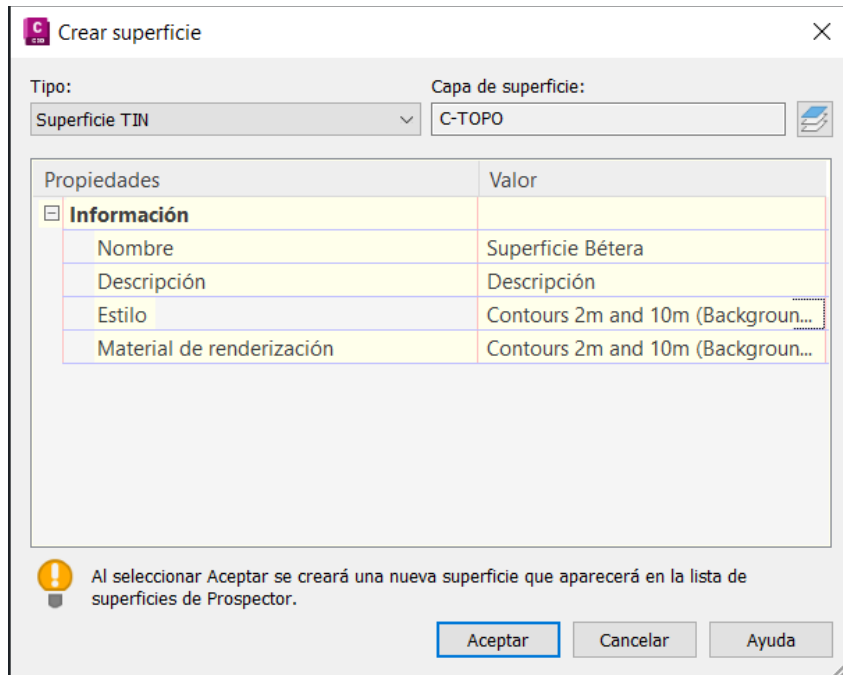


Figura 109. Información superficie.

- Ahora damos clic derecho en "Superficie Bétera" y seleccionamos "Propiedades de superficie".

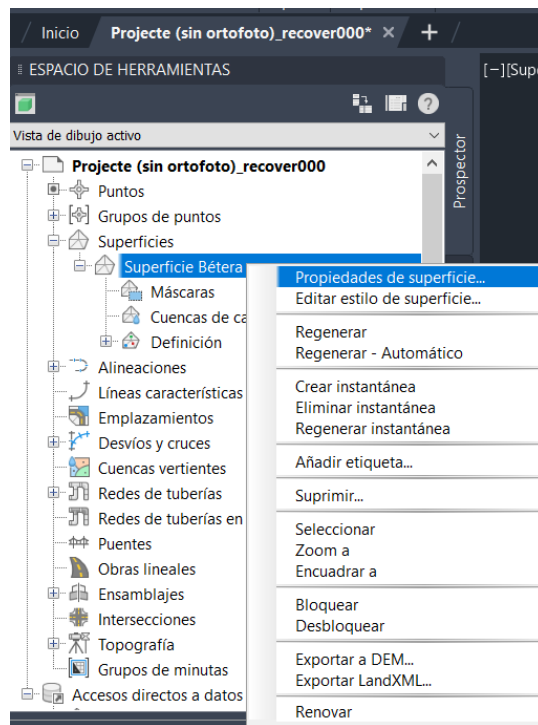


Figura 110. Propiedades de superficie.

- En "Estilo de superficie" seleccionamos el estilo que hemos creado anteriormente "Superficie Bétera", para generar las curvas de nivel según los parámetros establecidos. Damos clic en "Aplicar" y "Aceptar".

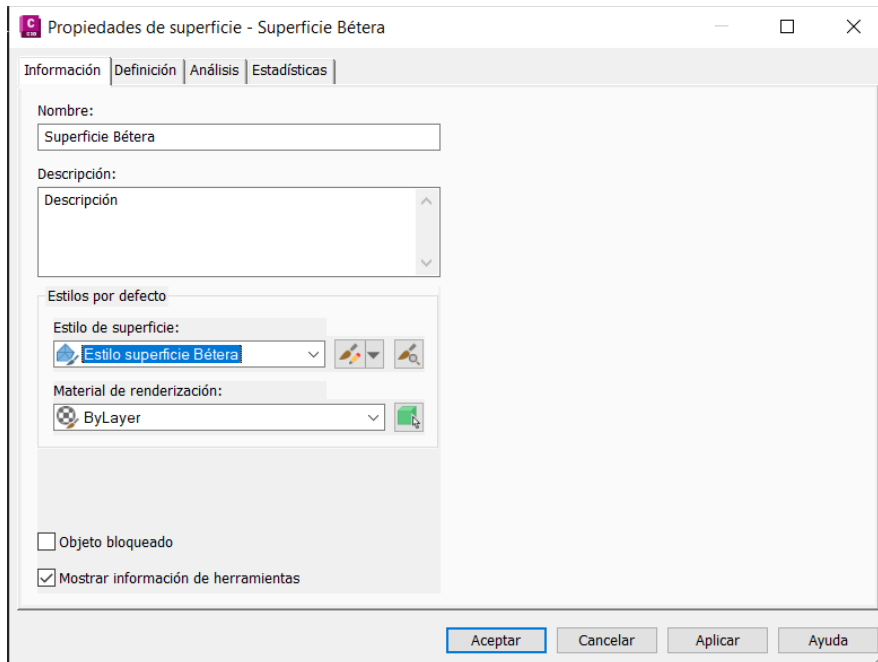


Figura 111. Selección estilo de superficie personalizado.

- En la pestaña "Prospector" desplegamos el apartado "Definición", damos clic derecho sobre "Grupo de puntos" y elegimos "Añadir".

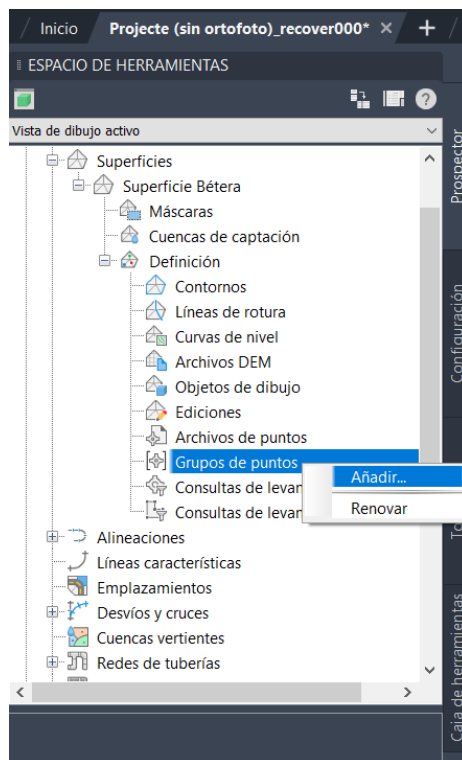


Figura 112. Creación superficie.

- Seleccionamos "Todos los puntos" y damos clic en "Aplicar" y "Aceptar".

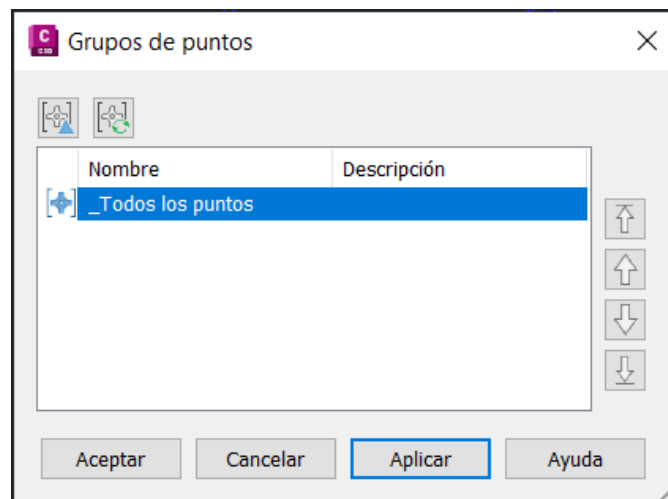


Figura 113. Selección de puntos.

- Obtenemos las curvas de nivel sobre los puntos tomados en campo según nuestro estilo de superficies personalizado.

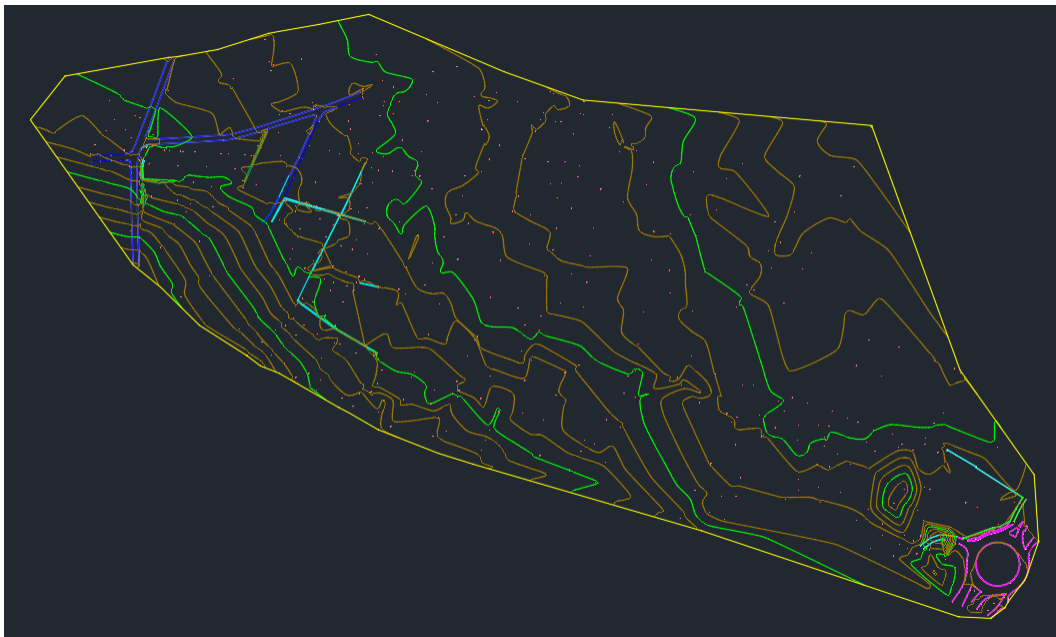


Figura 114. Curvas de nivel generadas.

4.3.7. Creación de líneas de rotura.

Las líneas de rotura, también conocidas como "breaklines", son elementos esenciales en el diseño geométrico de una carretera convencional, como la carretera C-80. Su función principal es capturar detalles específicos del terreno, como cambios abruptos en la pendiente, zanjas, taludes, crestas de terraplén, cunetas, muros y otros elementos que las curvas de nivel no representan completamente. Estas líneas mejoran la precisión en los cálculos de volúmenes de tierra, definición de cortes y terraplenes, diseño de drenaje y evaluación del impacto ambiental. Además, contribuyen a una representación visual más precisa y realista en el software de diseño, facilitando la toma de decisiones.

En resumen, las líneas de rotura son indispensables para lograr un diseño preciso, seguro y exitoso de la carretera, ya que complementan las curvas de nivel al capturar detalles específicos del terreno.

- Lo primero que vamos a hacer es ir a "Propiedades de superficie - Superficie Bétera" y en "Estilo de superficie" seleccionamos "Contours and Triangles", puesto que el estilo de contornos y triángulos nos permitirá analizar correctamente las líneas de rotura.

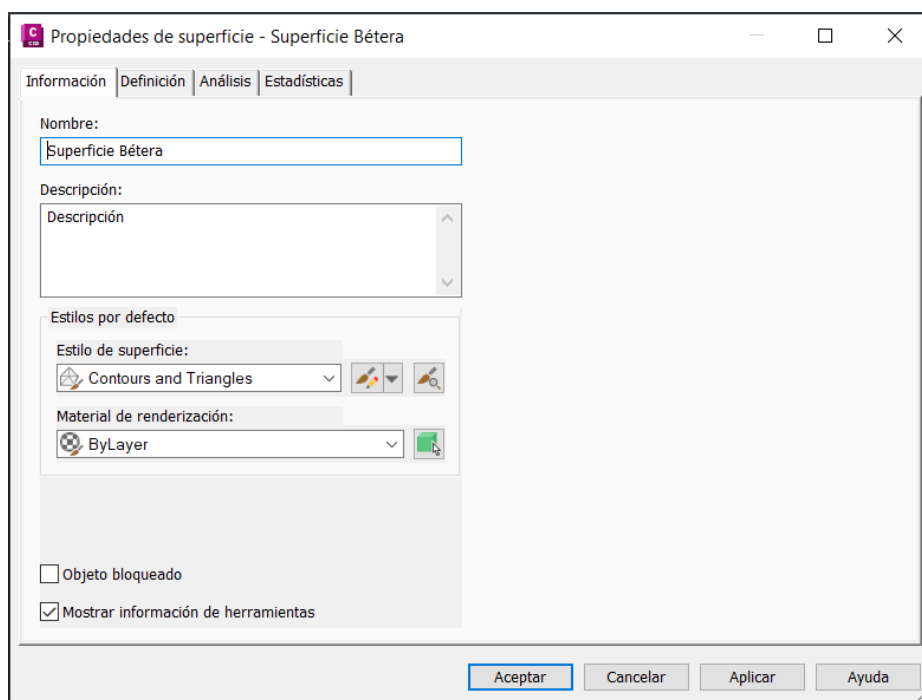


Figura 115. Cambio de estilo de superficie.

- Vamos a la pestaña "Prospector" y desplegamos el apartado "Superficies", desplegamos "Superficie Bétera", desplegamos el apartado "Definición" y damos botón derecho sobre el apartado "Líneas de rotura", seleccionamos "Añadir".

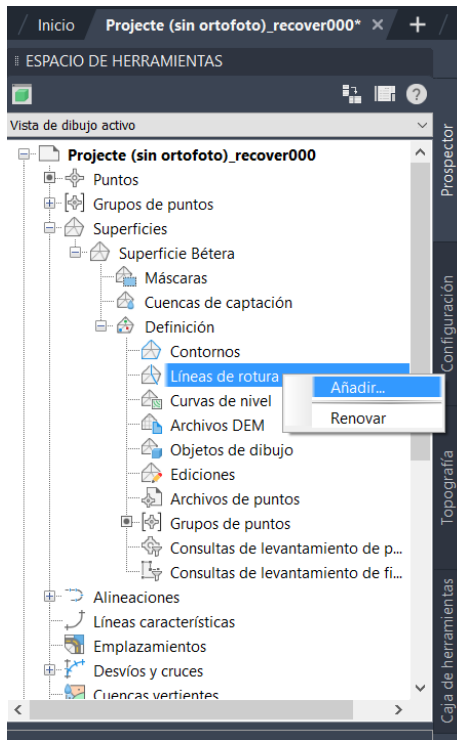


Figura 116. Creación líneas de rotura.

- En la ventana emergente añadimos una descripción y seleccionamos las casillas "Factores de filtro de línea" y "Factores de suplementación" y, en ambos, damos una distancia de 1.000 m, damos "Aceptar" para guardar la configuración.

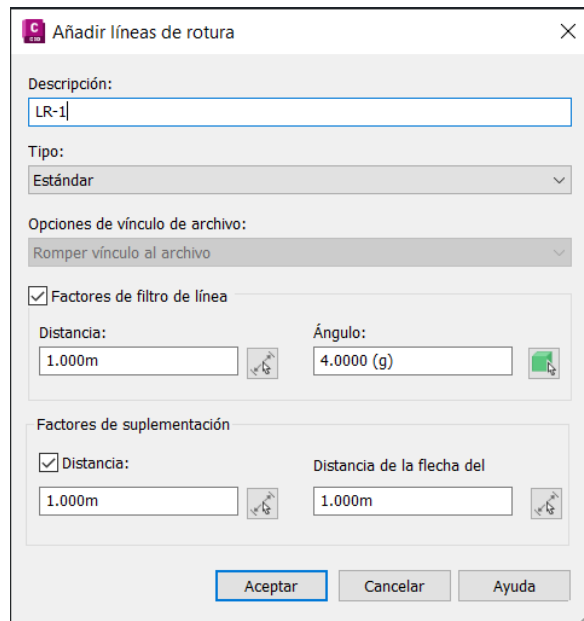


Figura 117. Configuración líneas de rotura.

- En la ventana de creación de líneas, arrastrando con el cursor seleccionamos todo el dibujo. También podemos hacer una selección objeto a objeto.



Figura 118. Selección dibujo.

- Se nos seleccionan automáticamente las polilíneas 3D con las que hemos unidos los puntos que representan cambios bruscos en la pendiente o la geometría del terreno.

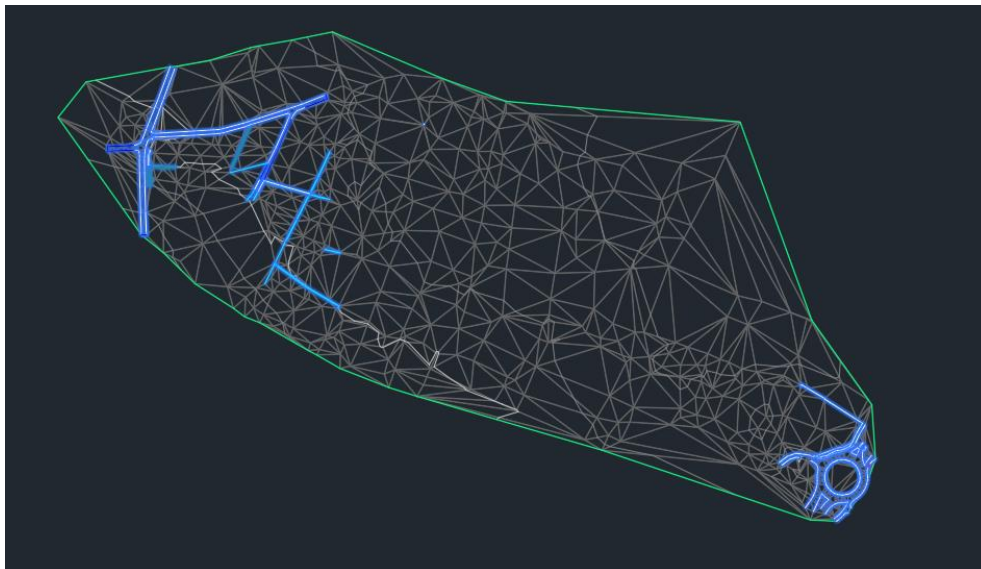


Figura 119. Selección de líneas de rotura.

- Damos clic derecho y automáticamente se crean las líneas de rotura para la selección realizada.

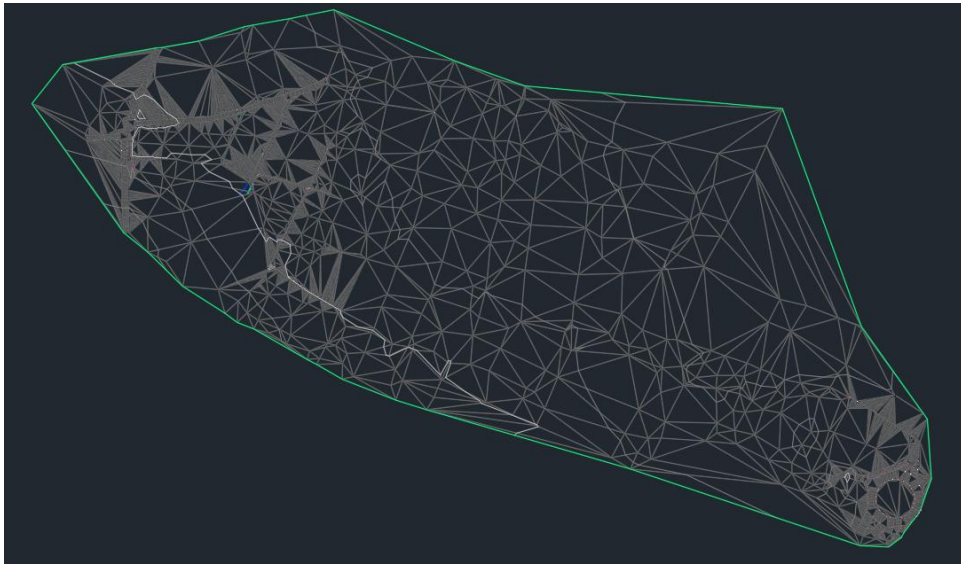


Figura 120. Líneas de rotura creadas.

Si nos acercamos a carreteras descritas por arcones o gloriets delimitadas por aceras, podemos observar el gran cambio producido por las líneas de rotura, las cuales, han seccionado la unión de los puntos tomados en el terreno, creando un corte entre los puntos de antes y los de después de la línea de rotura, permitiendo que dichos puntos se unan adecuadamente para describir correctamente el terreno.

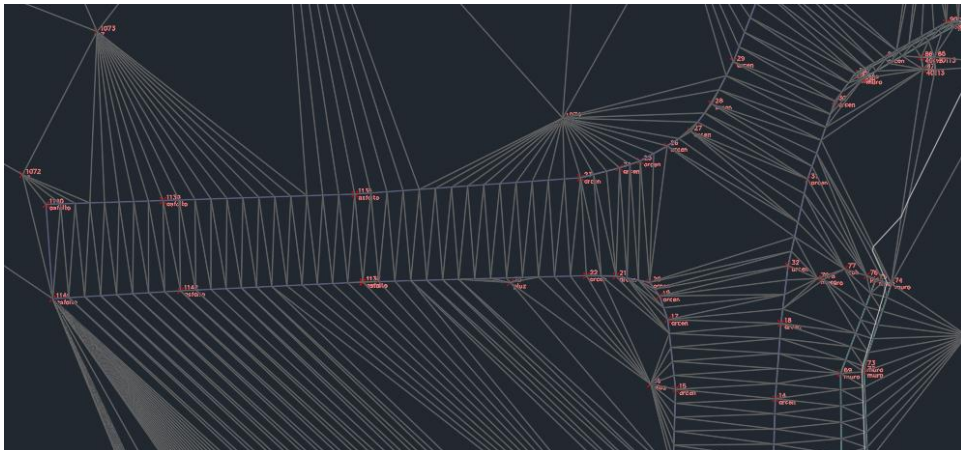


Figura 121. Resultado de la aplicación de las líneas de rotura en una carretera.

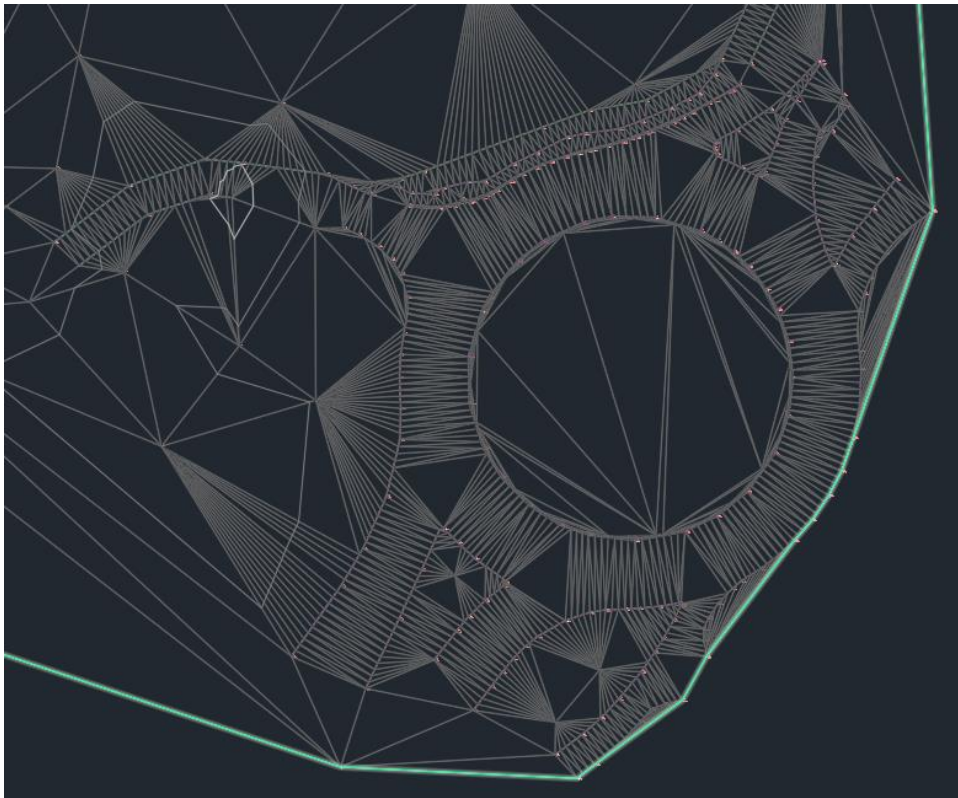


Figura 122. Resultado de la aplicación de las líneas de rotura en rotonda.

4.3.8. Importación del modelo de InfraWorks.

- En Civil 3D, vamos a la pestaña "Insertar" y seleccionamos "Abrir modelo de InfraWorks".

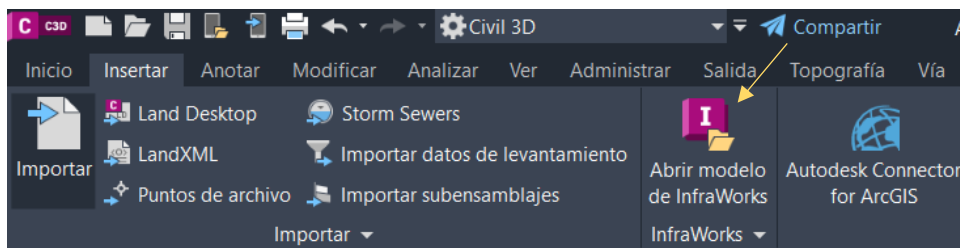


Figura 123. Importación modelo de InfraWorks.

- En la ventana de importación de modelos de InfraWorks, hacemos clic en el botón "Examinar" y seleccionamos el archivo .imx exportado desde InfraWorks. Comprobamos que el sistema de coordenadas del archivo .imx se corresponde con el sistema de coordenadas en el que se está trabajando en Civil 3D y que ambos son el sistema apropiado. Acto seguido, clicamos en "Abrir modelo" para finalizar la importación.

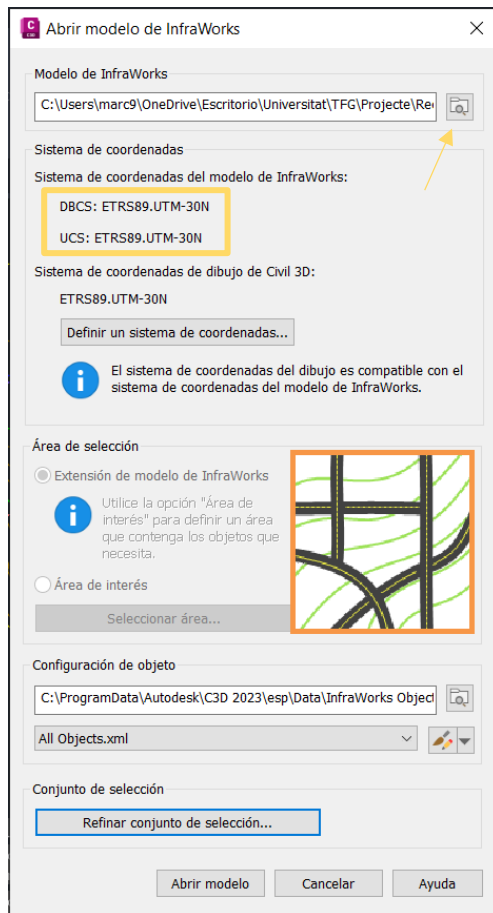


Figura 124. Configuración de la importación del modelo de InfraWorks.

Observamos como se ha abierto el modelo de InfraWorks adecuadamente, mostrándonos la obra lineal que hemos diseñado, además de las carreteras conectadas a esta y georreferenciado todo de manera precisa, coincidiendo con el proyecto en el que se estaba trabajando en Civil 3D a partir del levantamiento realizado en campo.

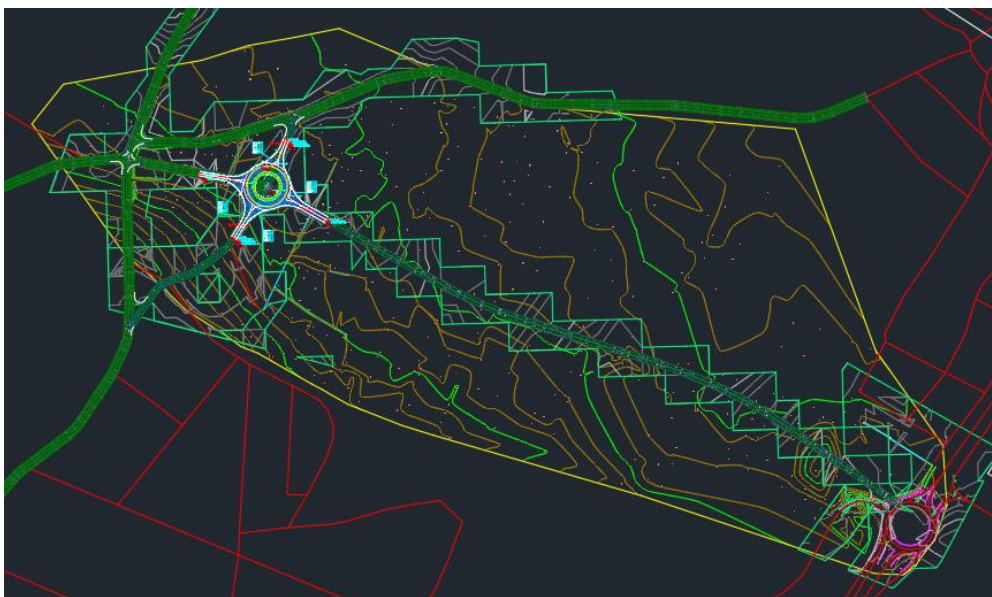


Figura 125. Modelo de InfraWorks importado a Civil 3D.

Seleccionando la superficie de la carretera y dando clic derecho, podemos abrir el “Visor de objetos” y ver en tres dimensiones el trazado creado, ya que es una obra lineal. Una obra lineal en civil 3D es el equivalente de una carretera compuesta en InfraWorks, es decir, ambos están definidos por una sección tipo, un alineamiento y un perfil.

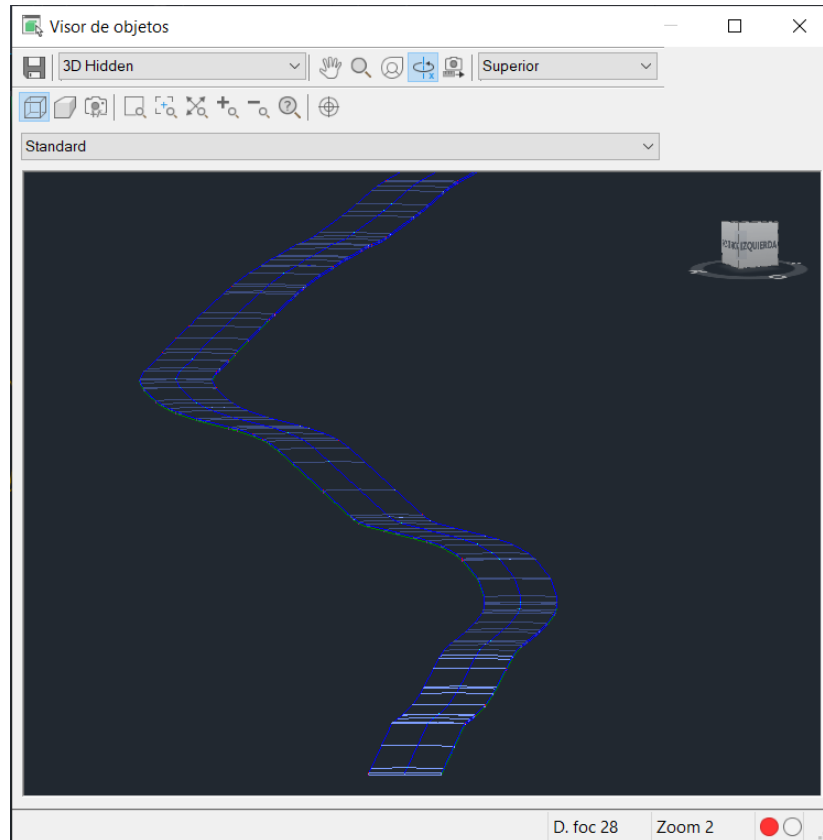


Figura 126. Vista carretera importada desde el visor de objetos.

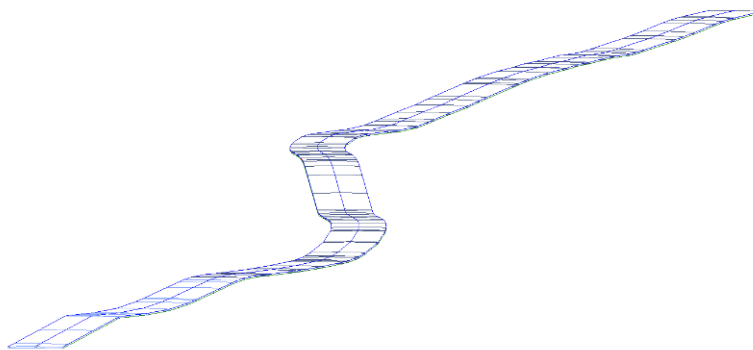


Figura 127. Imagen guardada desde el visor de objetos en formato .png.

4.3.9. Diseño geométrico de obra lineal.

Lo primero que deberemos hacer antes de empezar con el diseño geométrico de obra lineal, será descargar e instalar el **Country Kit de España 2023 de Autodesk Civil 3D**. Se trata de una extensión de Autodesk Civil 3D que permite acceder a un conjunto de recursos, configuraciones y estándares específicos para adaptar el software a las necesidades y normativas del país.

El enlace para acceder a la web oficial de descargar es el siguiente:

<https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/tsarticles/tsarticles/ESP/ts/5yl7qBSLye9or2CF9kaRDm.html>

En este caso, la versión descargada e instalada ha sido la de 2023, ya que el año de versión del kit tiene que coincidir con la versión de Autodesk Civil 3D que tenemos instalada en nuestro ordenador.

Creación alineamiento a obra lineal.

Para definir el trazado de la obra lineal, comenzaremos con los datos importados de InfraWorks. Una vez descartada la información no relevante, crearemos una alineación utilizando una polilínea que abarque todo el recorrido de la vía.

Es esencial tener en cuenta que en Autodesk Civil 3D no es posible fusionar alineaciones, por lo que es de gran importancia establecer una única alineación desde el principio para evitar complicaciones en etapas posteriores. El proceso es bastante sencillo: desde la pestaña "Inicio" de Civil 3D, seleccionaremos la opción "Alineación" y posteriormente "Crear alineación a partir de obra lineal".

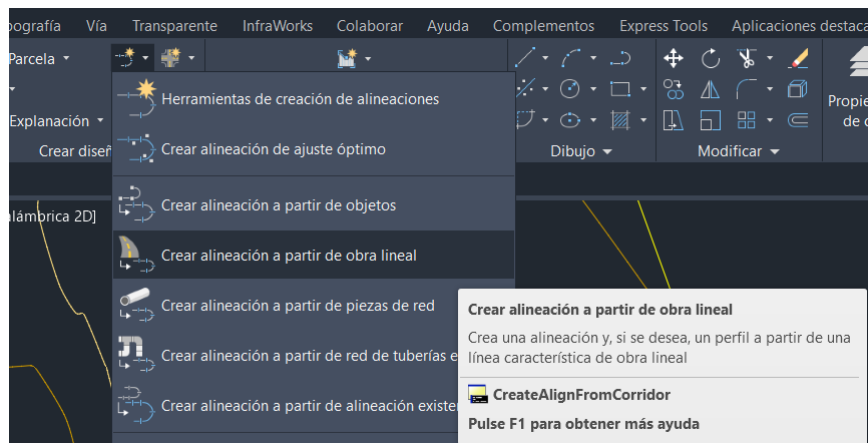


Figura 128. Creación alineamiento.

Con esto, dibujaremos la alineación sobre la mencionada polilínea, y a continuación, se abrirá un menú donde se pueden definir algunas de sus características.

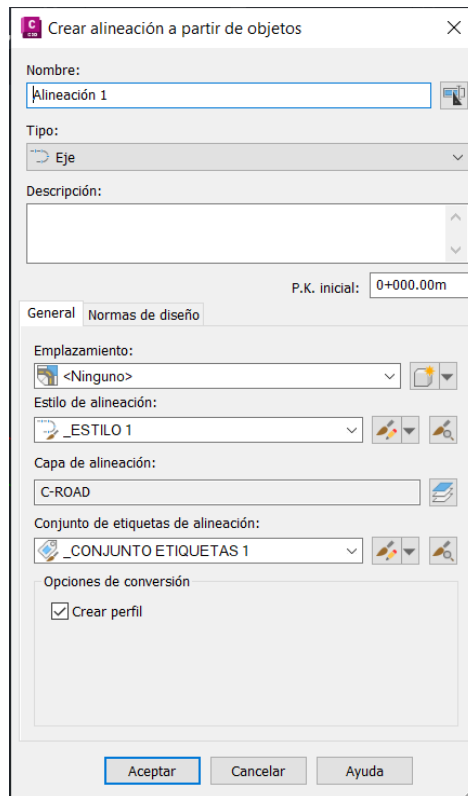


Figura 129. Configuración alineamiento.

En lo que respecta al trazado de la carretera, en España se aplica la Norma 3.1-IC para Trazado (Orden FOM/273/2016 de 19 de febrero de 2016). Una de las ventajas de Autodesk Civil 3D es su capacidad para implementar la normativa de diseño directamente en el programa. Esto significa que no es necesario ajustar manualmente cada punto de la carretera para que cumpla con la norma, en su lugar, marcando las opciones correspondientes en el apartado "Norma de diseño" del menú mencionado previamente, el programa adaptará automáticamente el trazado a dicha norma. Las ventajas de esta función son evidentes, y en este caso, se seleccionará la Instrucción de Carreteras como norma de diseño.

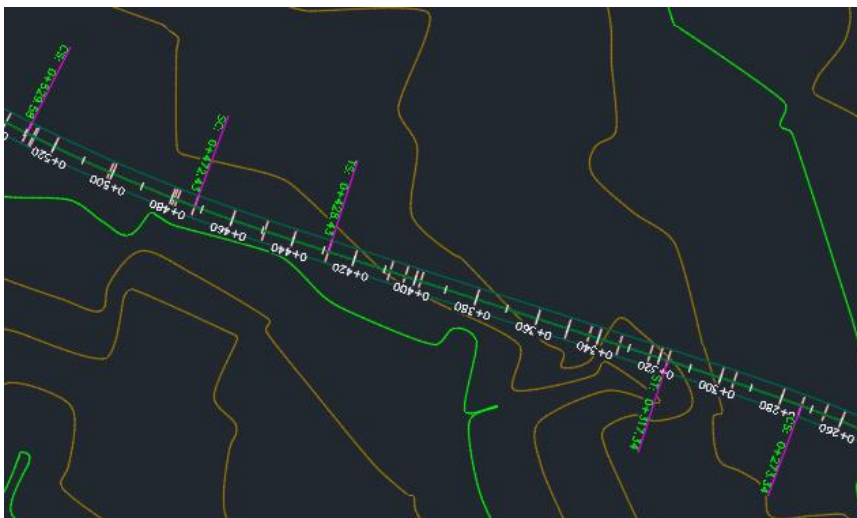


Figura 130. Resultado tras crear el alineamiento y designar estilo y etiquetado.

El estilo asignado nos permite observar en el alineamiento los elementos geométricos (rectas, clotoides y curvas circulares) que lo componen seccionados por colores.

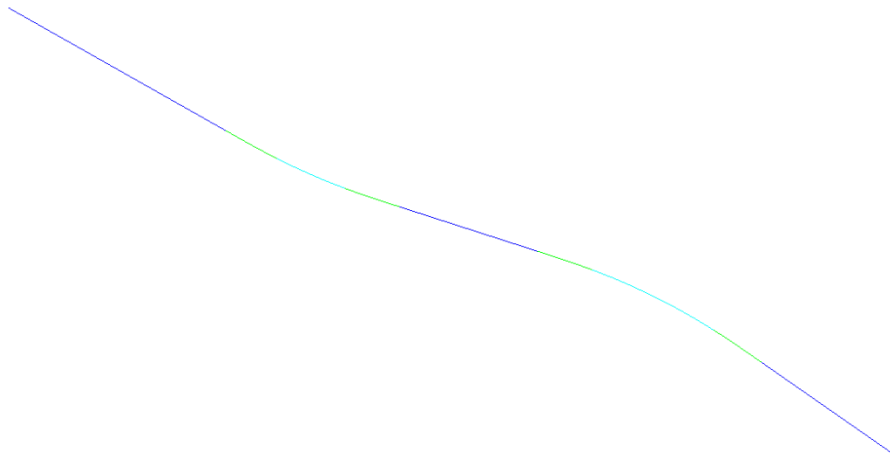


Figura 131. Vista alineamiento desde el Visor de objetos.

Modificación del ensamblaje.

La modificación del ensamblaje es un paso importante en el diseño de una carretera, ya que permite ajustar la geometría y características del camino para cumplir con los estándares y requisitos específicos de la Norma 3.1-IC. Esto garantiza que el diseño sea seguro, eficiente y cumpla con las regulaciones vigentes, asegurando la calidad y la seguridad de la infraestructura vial.

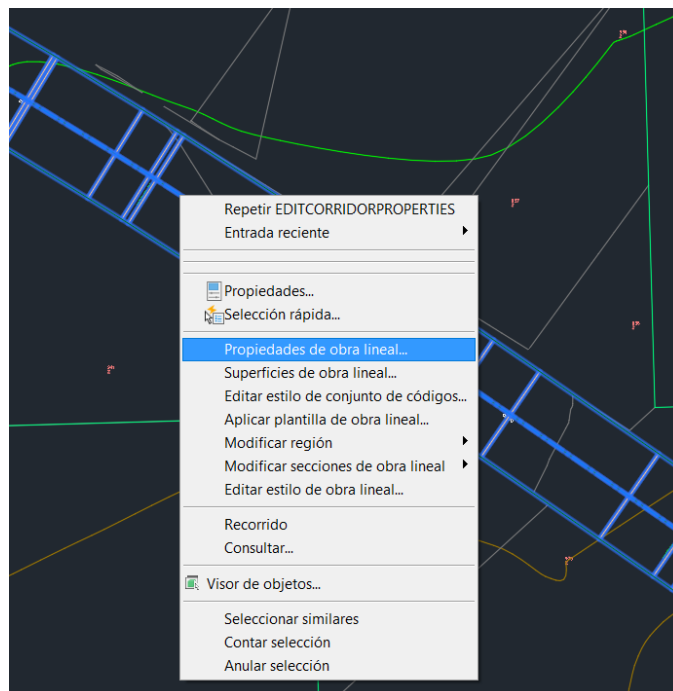


Figura 132. Propiedades de obra lineal.

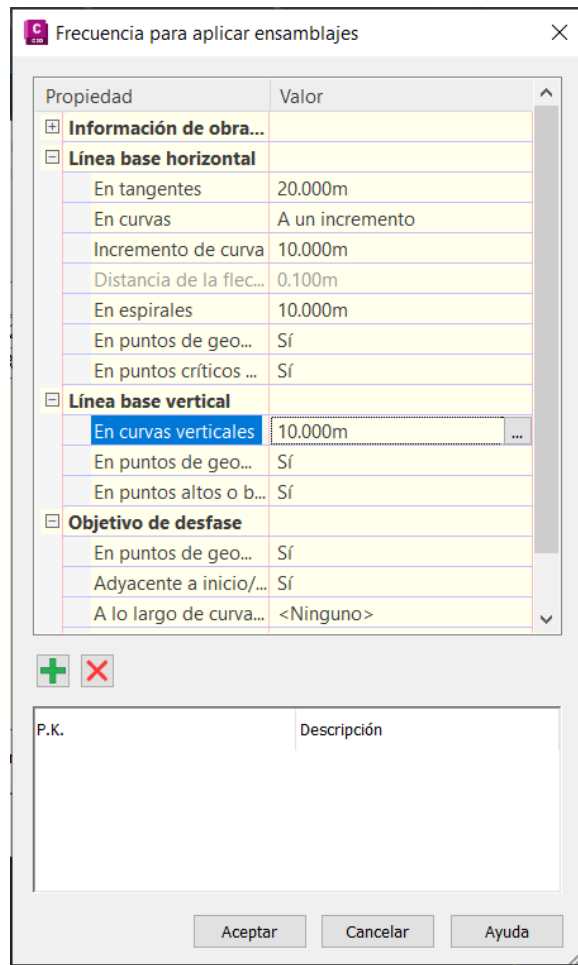


Figura 133. Configuración frecuencia ensamblajes.

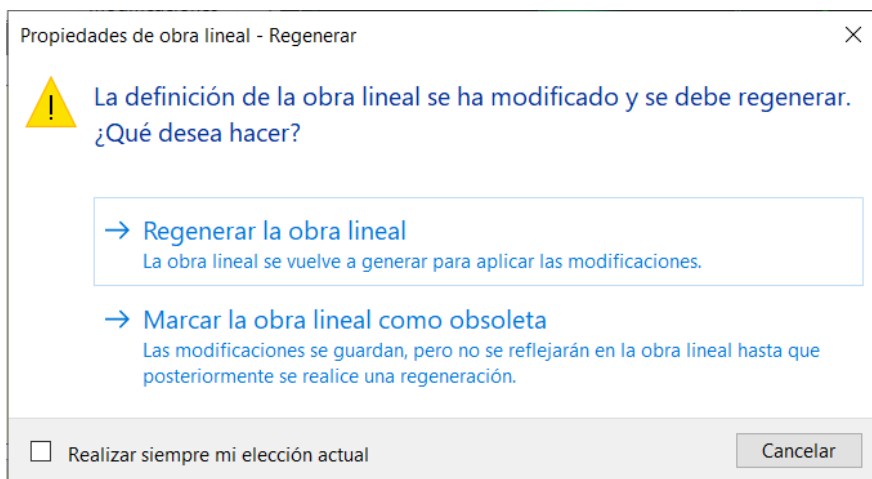


Figura 134. Regeneración de la obra lineal.

Procedemos ahora a ajustar la geometría y características de nuestra carretera para cumplir con los estándares y requisitos específicos de la normativa, que, como se ha detallado anteriormente, según la Norma 3.1-IC el esquema de la carretera quedaría de la siguiente forma: arcén (1,5m) + carril (3,5m) + carril (3,5m) + arcén (1,5m) =10 m.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Vamos al espacio de herramientas en la barra superior y seleccionamos “Crear ensamblaje”.

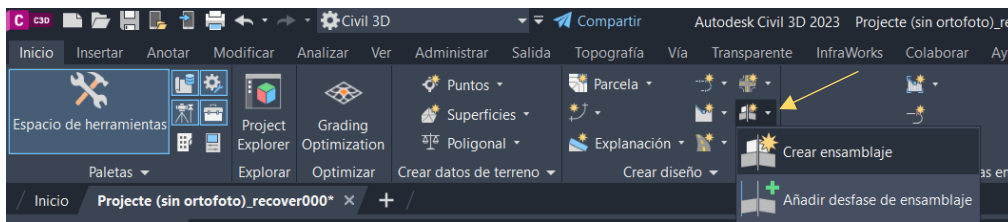


Figura 135. Crear ensamblaje.

- Definimos un nombre y seleccionamos el estilo de ensamblaje “Basic”. Damos “Aceptar”.

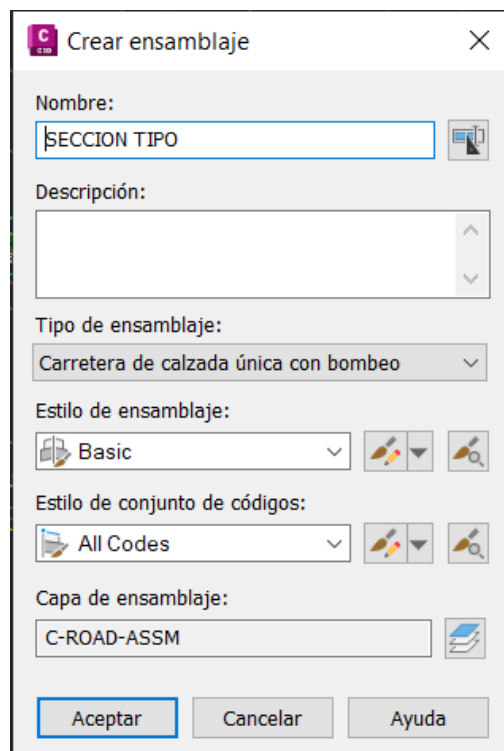


Figura 136. Definición del estilo de ensamblaje.

- Clicamos en cualquier lugar fuera de nuestro dibujo y nos aparecerá un eje en el que podremos empezar a definir nuestra sección tipo.

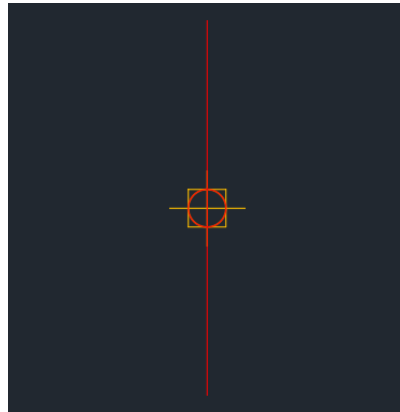


Figura 137. Centro de unión de subensamblajes.

- En la paleta de subensamblajes seleccionaremos el carril al cual le daremos un ancho de 3,5 metros, el arcén con un ancho de 1,5 metros y añadiremos la opción de Pendiente-Talud-Cuneta-Desmonte-Básica, tanto el desmonte como el terraplén tendrán pendientes de 1/1, esto debido a la suposición de una alta calidad del terreno en ausencia de estudios geotécnicos.

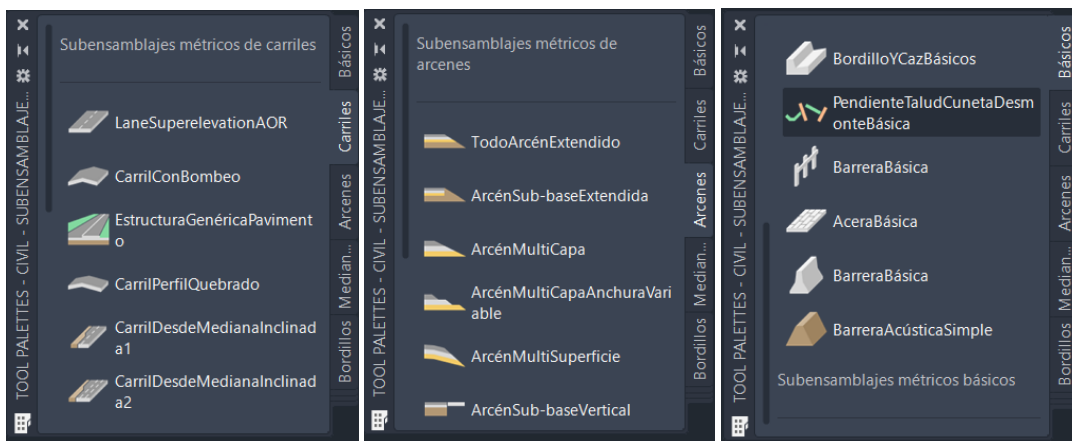


Figura 138. Paleta de subensamblajes.

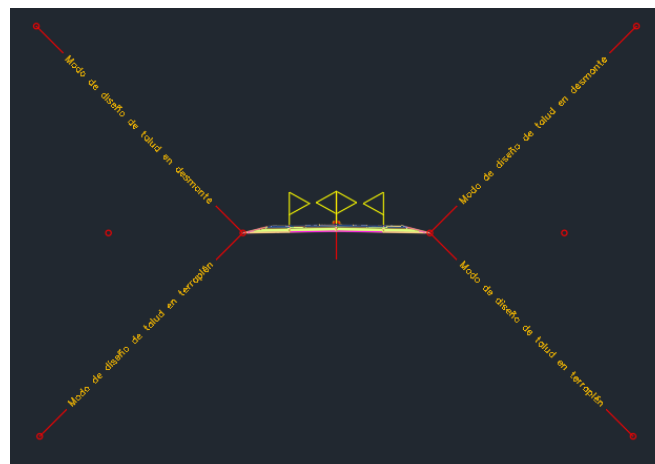


Figura 139. Sección tipo diseñada.

- A continuación, en la pestaña “Prospector” vamos al apartado “Obras lineales” y abrimos las “Propiedades” de la alineación a la que queremos cambiar el ensamblaje.

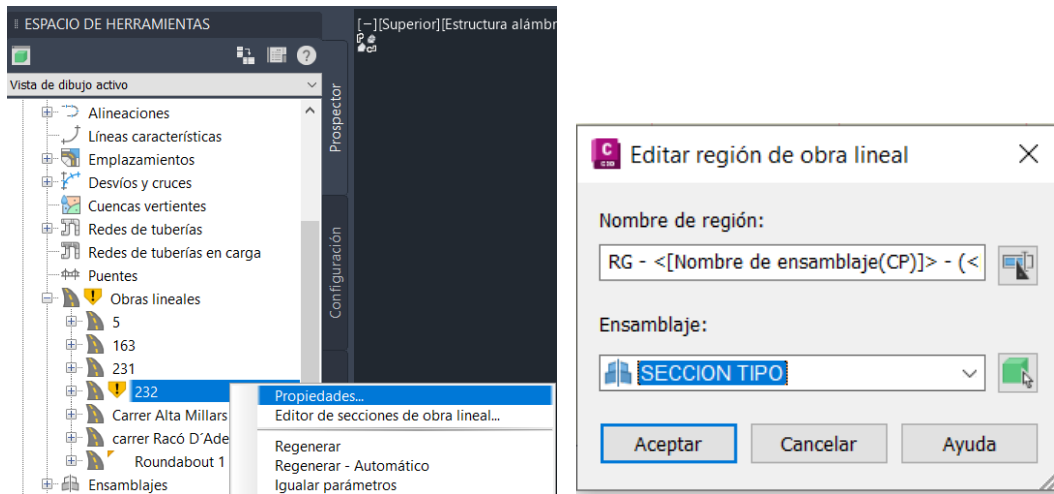


Figura 140. Edición región de obra lineal.

- En la ventana emergente seleccionamos “Regenerar la obra lineal”.

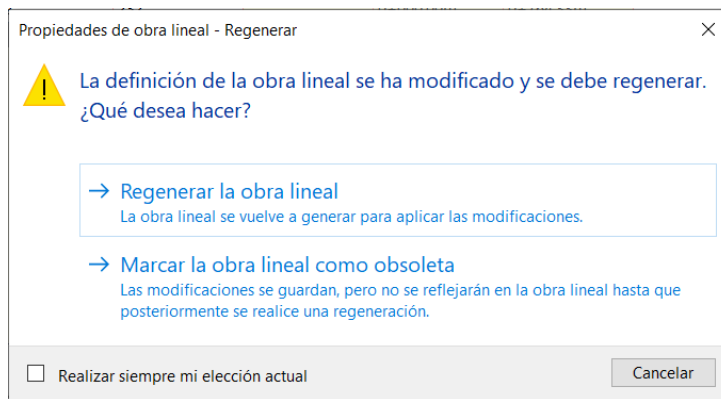


Figura 141. Regeneración de la obra lineal.

Automáticamente se nos regenera toda la carretera, aplicando las modificaciones de ensamblaje que hemos definido. El aspecto resultante de la carretera es el siguiente:



Figura 142. Aspecto carretera tras cambiar el ensamblaje.

Si observamos el trazado en el visor 3D, podemos ver con más claridad las mejoras aplicadas a la carretera.

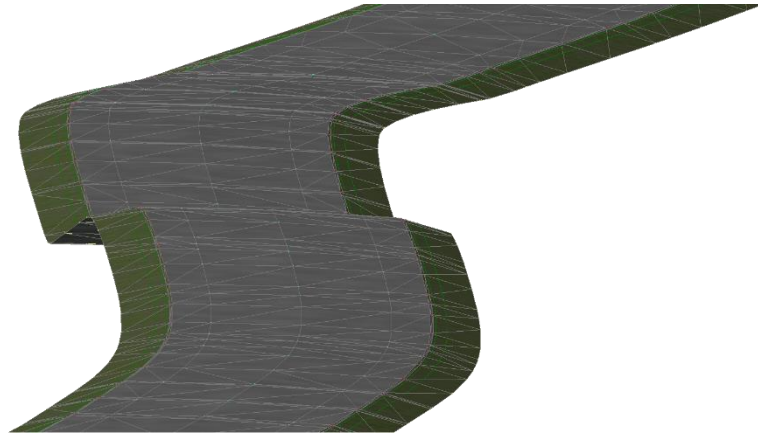


Figura 143. Tipo vista: Realista, en el visor de objetos.

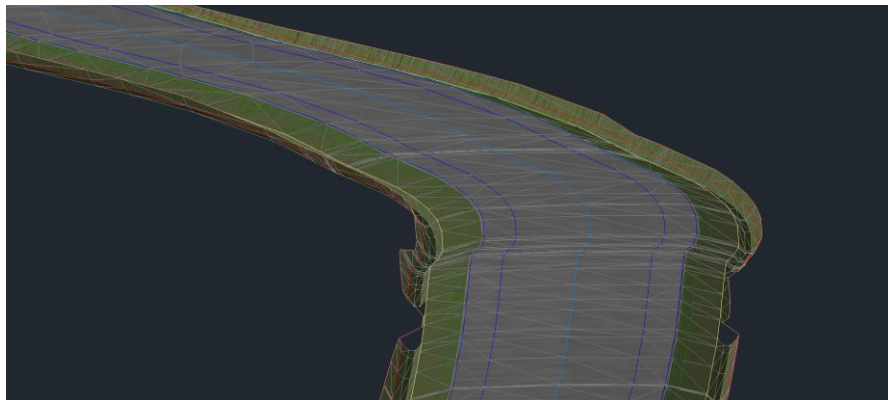


Figura 144. Tipo vista: Realista, en el visor de objetos con talud y desmonte.

Creación de una nueva glorieta.

Optaremos por eliminar la glorieta generada desde InfraWorks y crearemos una nueva desde Civil 3D, esto nos permitirá establecer más fácilmente la normativa para rotondas en España, así como designar los accesos de nuestra glorieta. Para ello, debemos seguir los siguientes pasos:

- En la barra superior de herramientas seleccionamos "Crear glorieta".

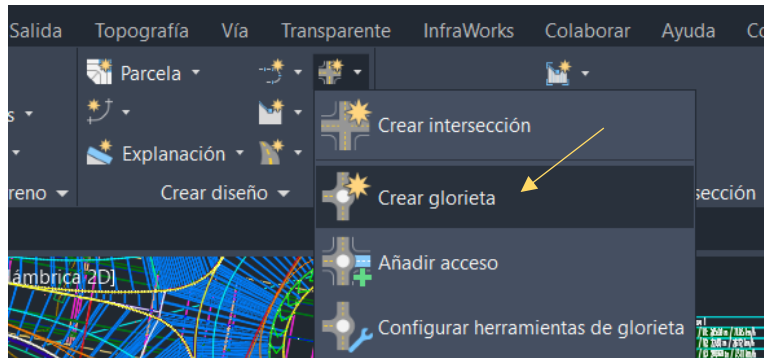


Figura 145. Creación nueva glorieta.

- Se nos abrirá el "Explorador de normas de rotonda" y elegiremos "Rotonda con Doble Carril", la cual se encuentra dentro de la biblioteca de estándares de construcción en España.

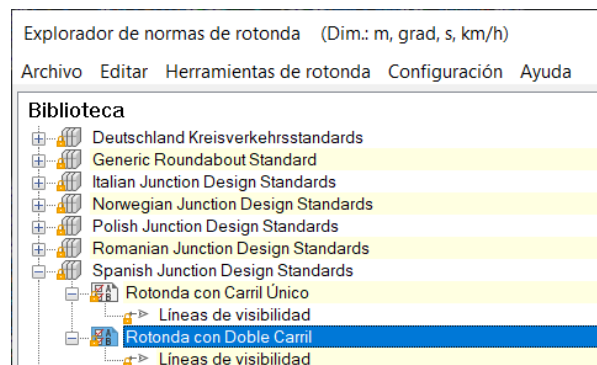


Figura 146. Explorador normas de rotonda.

- Personalizamos los detalles de nuestra rotonda (aunque estos pueden ser modificados fácilmente después) y escogemos la superficie generada a partir de los puntos tomados en campo "Superficie Bétera" y marcamos la casilla de "Proyectar planta en la superficie final".

Detalles de la nueva rotonda

General

Nombre

Descripción

Notas

Calcular niveles

Norma usada

	Min.	Máx.
Diámetro de la circunferencia inscrita (ICD) <input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="28.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Diámetro de la isla central <input type="text" value="24.0"/>	<input type="text" value="4.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Anchura de la plataforma <input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="48.0"/>
Carriles de circulación <input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2"/>

Aspecto

Estilo de dibujo

Superficie

Superficie existente

Superficie final

Proyectar planta en la superficie final

Figura 147. Detalles de la nueva rotonda.

Por último, indicamos el centro de la glorieta, designamos los accesos a esta. Y modificamos los parámetros de visualización o tamaño que consideremos oportunos. En este caso, el resultado ha sido el siguiente:

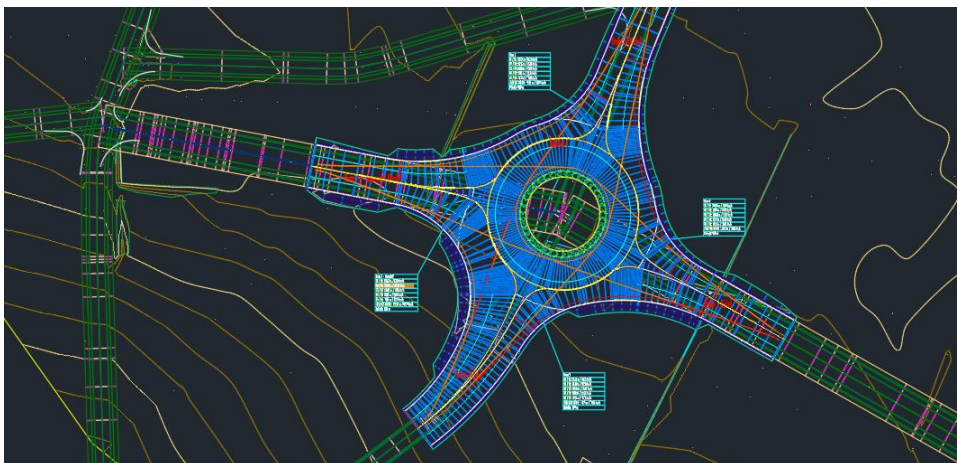


Figura 148. Glorieta generada en Civil 3D.

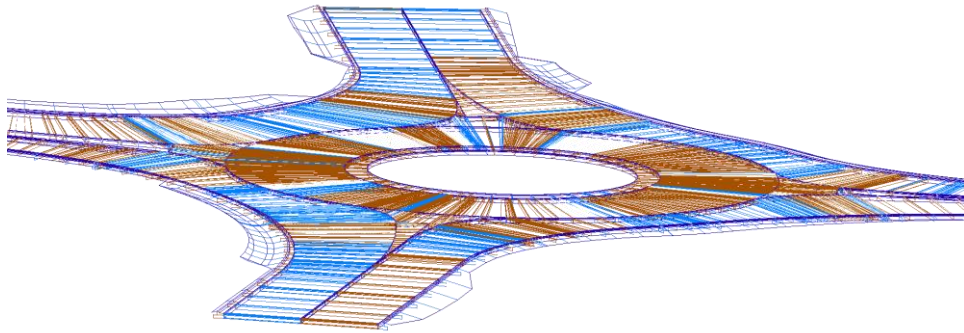


Figura 149. Imagen de la glorieta extraída del visor de objetos.

Perfil longitudinal.

A continuación, nos disponemos a crear un perfil de superficie en Autodesk Civil 3D para la carretera que se ha diseñado. La creación del perfil es imprescindible en el proceso de diseño de infraestructuras viales, ya que este no permite representar gráficamente cómo la carretera se elevará o descenderá a lo largo de su longitud en relación con el terreno circundante, controlando así que las pendientes establecidas cumplan con la inclinación máxima establecida para cada tipo de carretera, en nuestro caso, una pendiente máxima del 5% (C-80). Además, este debe figurar en la documentación de diseño, es decir, en los planos, para el cumplimiento de la Norma 3.1-IC.

Para ello, se debe hacer clic en la opción "Perfil" ubicada en la pestaña "Inicio" de Civil 3D y seleccionar "Crear perfil de superficie".

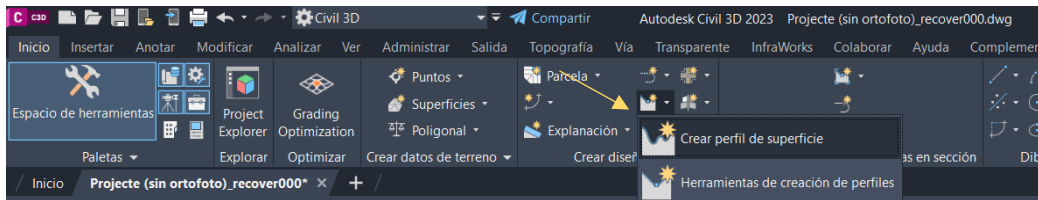


Figura 150. Crear perfil de superficie.

Esto abrirá un menú en el que se deberá especificar la alineación y la superficie que se deseen utilizar.

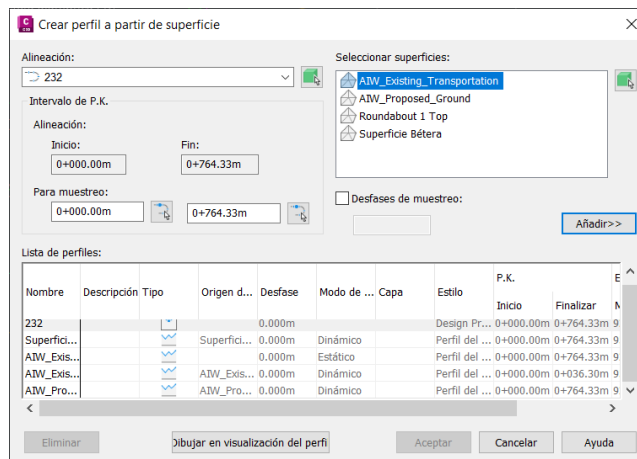


Figura 151. Configuración alineación y superficie deseados.

Al agregar el conjunto y hacer clic en "Dibujar en visualización de perfil", se abrirá una ventana que permitirá la edición de diversas características, como sombreados o curvas, que podrán ajustarse más adelante según sea necesario.

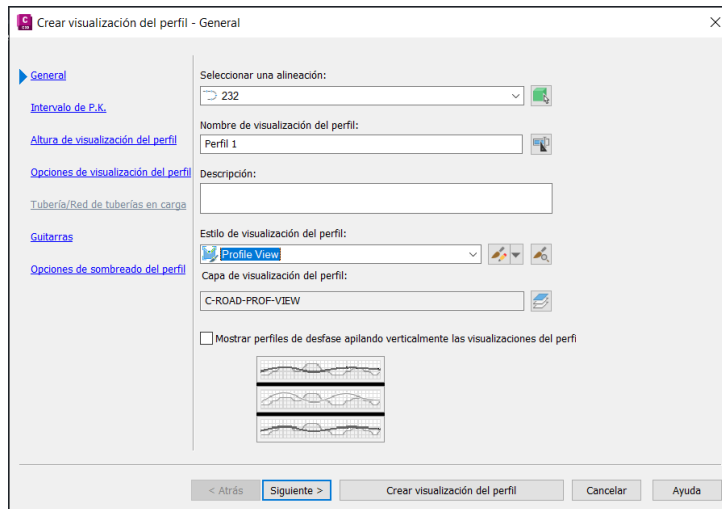


Figura 152. Configuración visualización del perfil.

Por último, solo resta definir la ubicación del perfil en la pantalla de dibujo.

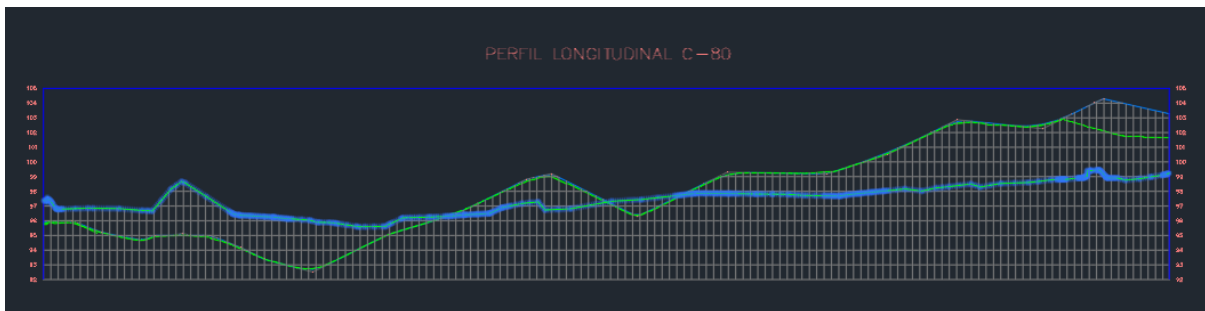


Figura 153. Perfil longitudinal (comparación superficies).

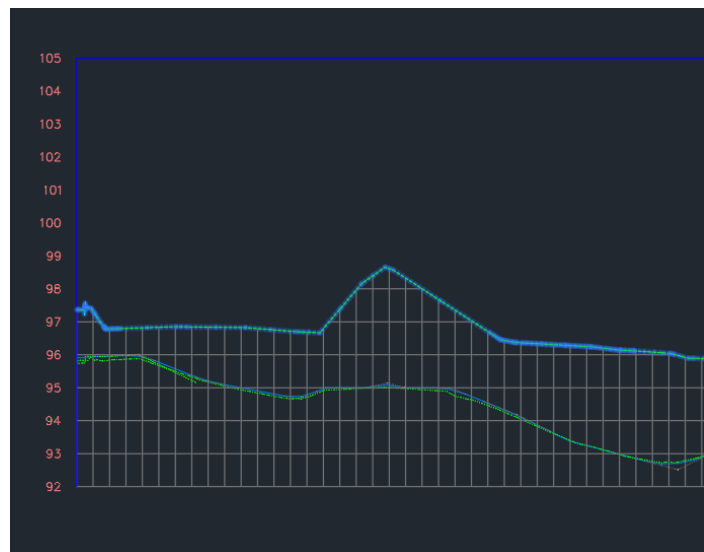


Figura 154. Eje izquierdo del perfil longitudinal (comparación superficies).

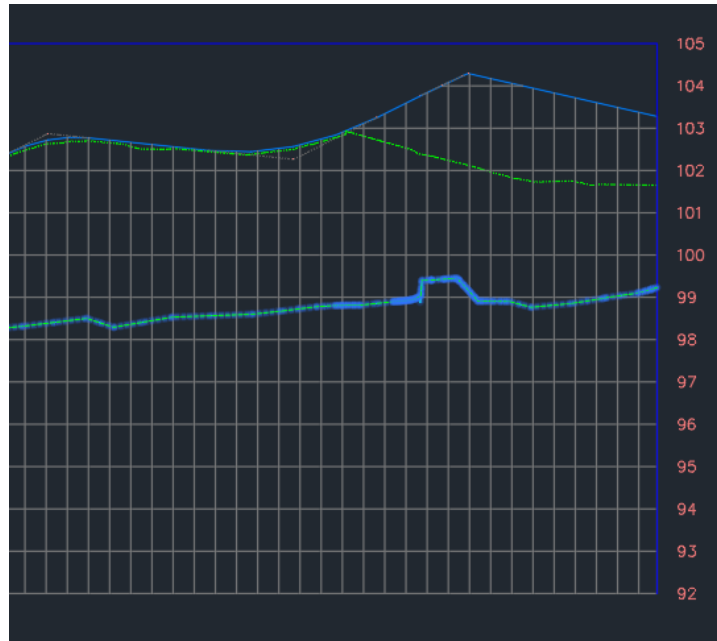


Figura 155. Eje derecho del perfil longitudinal (comparación superficies).

Se ha añadido tanto la ‘Superficie Bétera’ a la que se pretende ajustar la rasante (línea que aparece seleccionada en la imagen del perfil), como la generada por InfraWorks (línea verde con desniveles más pronunciados), superficie a la cual habíamos ajustado la carretera previamente en dicho software, la finalidad ha sido comparar el desfase que existe entre ambas superficies, pudiendo ver como la diferencia es considerable.

Nos quedamos solo con la “Superficie Bétera” que es a la que nos interesa ajustar la rasante.

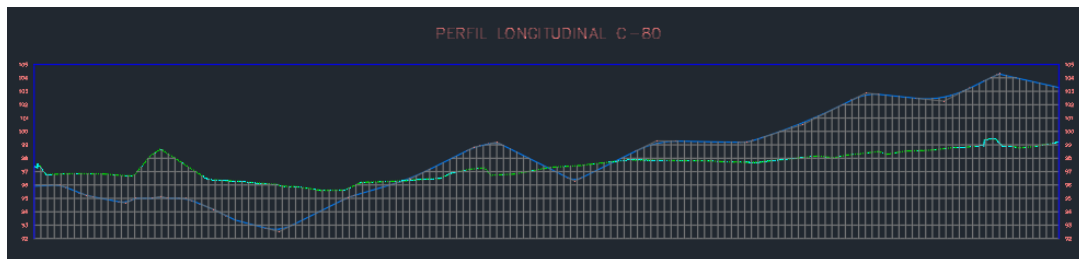


Figura 156. Perfil longitudinal antes del ajuste de la rasante.

Seleccionamos cualquier parte del alineamiento vertical y vamos a “editar etiquetas de perfil”, podremos configurar así la visualización de las pendientes de cada tramo de la carretera, lo que nos será de ayuda para llevar un control de las pendientes de la carretera y no sobrepasar el límite del 5%.

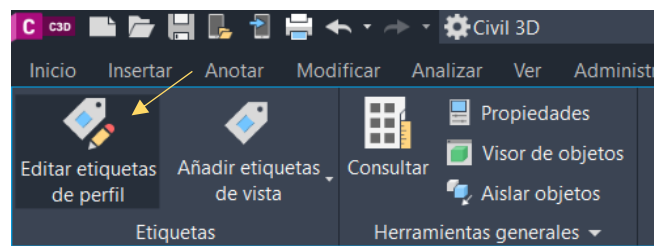


Figura 157. Editar etiquetas de perfil.

Las herramientas que más utilizaremos durante el ajuste de rasante serán: Insertar VAV, Suprimir VAV y Desplazar VAV.

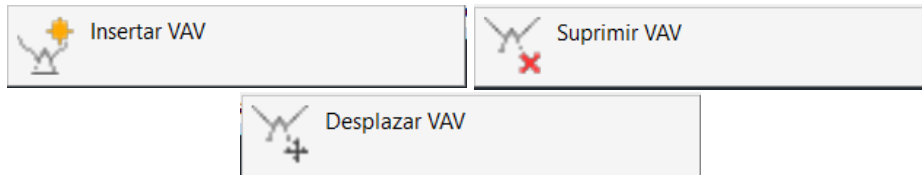


Figura 158. Funcionalidades VAV.

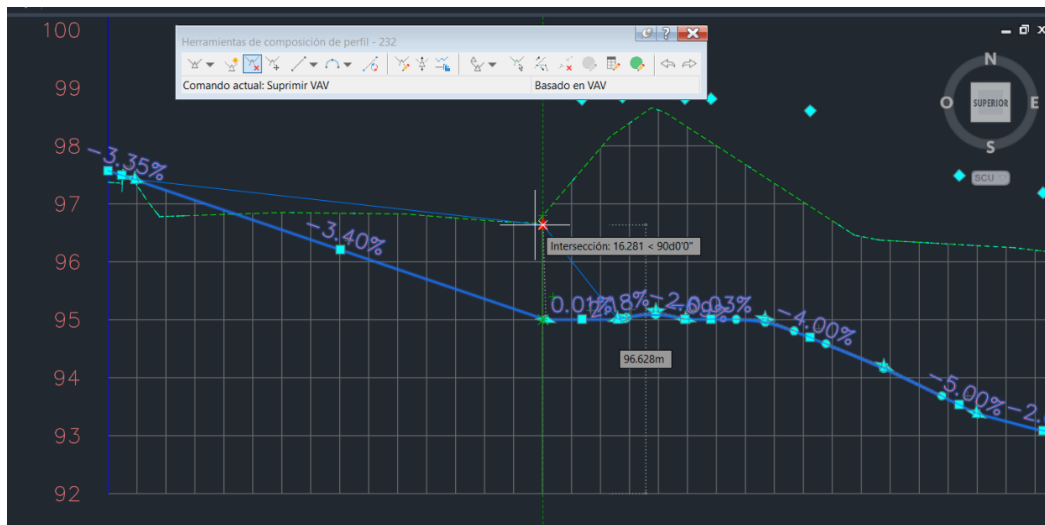


Figura 159. Proceso de ajuste de rasante.

Deberemos añadir también parábolas en los puntos que lo requieran. Las parábolas permiten una transición suave entre pendientes en el perfil longitudinal. Esto es crucial para asegurar que las carreteras cumplan con las normativas de diseño, proporcionando una experiencia de conducción segura y cómoda para los usuarios.

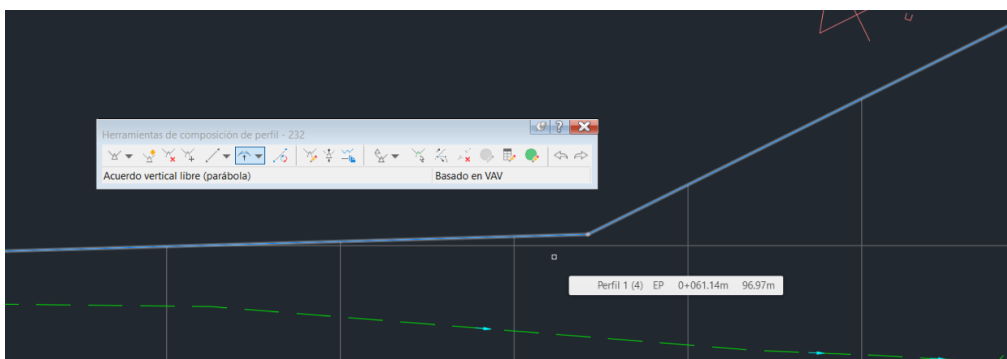


Figura 160. Punto que requiere añadir un acuerdo vertical libre (parábola).

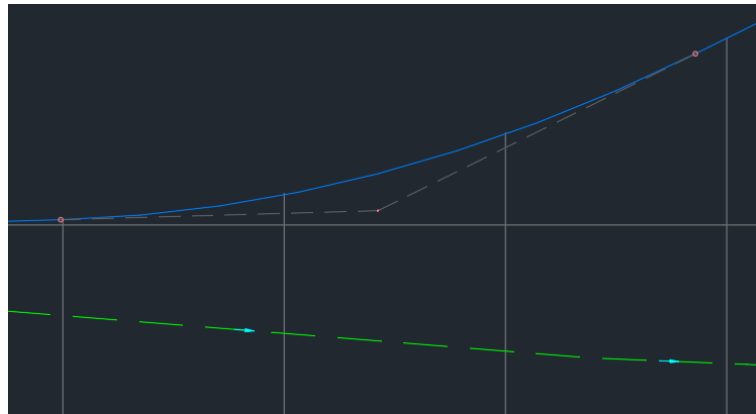


Figura 161. Acuerdo vertical libre (parábola) añadido.

Finalmente, la rasante ha sido ajustada a la superficie del terreno cumpliendo la normativa.



Figura 162. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno.

A continuación, se muestran dos recortes por ejes en los que se puede apreciar con mayor detalle el ajuste y los valores de las pendientes, las cuales, en ningún caso superan el 5%.

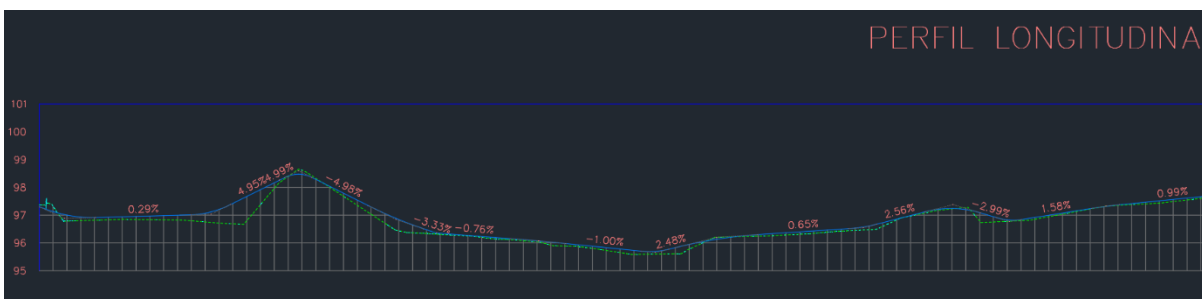


Figura 163. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno (eje izquierdo).

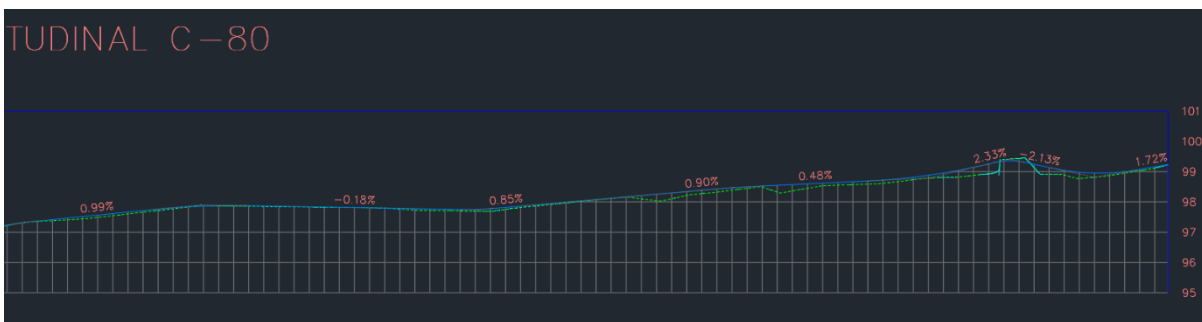


Figura 164. Perfil longitudinal con rasante ajustada al terreno (eje derecho).

Ahora es importante definir un conjunto de guitarras que describan la información necesaria asociada a nuestro perfil. En este caso las guitarras añadidas con sus respectivos estilos han sido las siguientes:

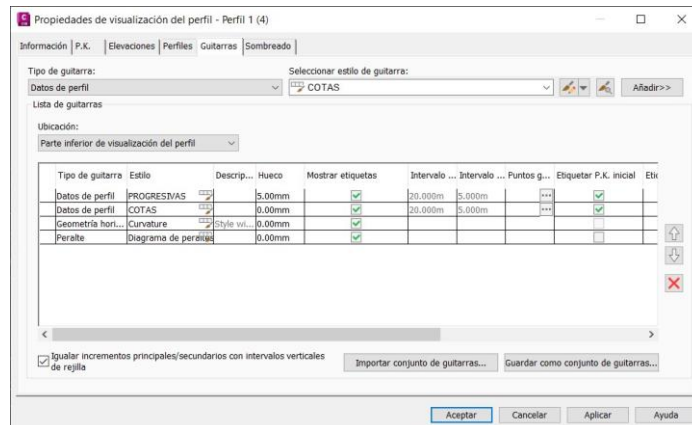


Figura 165. Guitarras definidas para el perfil longitudinal.

Cálculo de peraltes.

Utilizamos las funciones de peralte de Autodesk Civil 3D en el diseño de nuestra carretera para calcular los **taludes transversales** en una curva. En el diseño de ferrocarriles, las funciones de peralte de ferrocarriles se utilizan para calcular la cantidad que se elevarán o bajarán los raíles en una curva.

- Seleccionamos la alineación y en la barra superior de herramientas, clicamos la opción "Calcular/editar peralte".

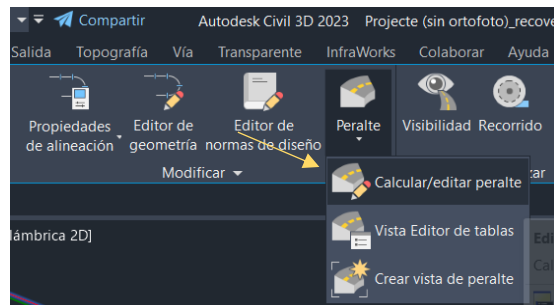


Figura 166. Guitarras definidas para el perfil longitudinal.

- En la ventana emergente elegimos "Calcular peralte ahora".

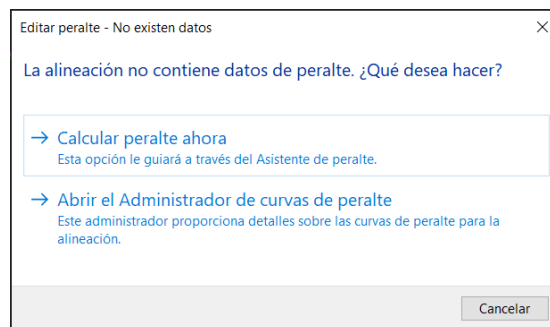


Figura 167. Calcular peralte.

Se abrirá una ventana en la que deberá elegir las distintas características del cálculo. Esto incluye el tipo de carretera, carriles, arcenes y la definición del peralte.

Elegimos la opción de "calzada única con bombeo" y el "método de giro centrado en la línea base". Configuramos la carretera como simétrica, con un carril de 3,5 metros a cada lado y una pendiente transversal del 2%. Y, además, establecemos un arcén de 1,5 metros con una pendiente del 2%.



Figura 168. Configuración cálculo peralte.

Por último, seleccionamos el archivo de normas de diseño correspondiente a la Norma 3.1-IC de 2016, procedente del Country Kit de España 2023 de Autodesk Civil 3D. Todos estos parámetros deben ajustarse de acuerdo con las directrices de la Instrucción de Carreteras, que en este caso requiere un peralte máximo del 7%. Damos clic en "Finalizar" y el programa nos realizará el cálculo de peraltes.

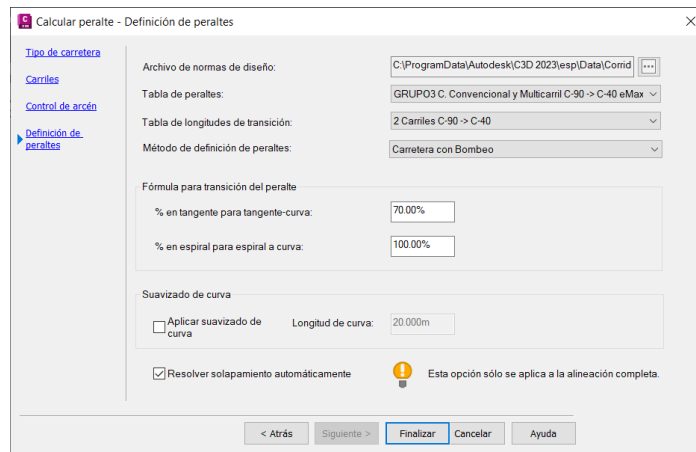


Figura 169. Definición de peraltes.

Los resultados obtenidos del cálculo de peraltes han sido los siguientes:

Curva de peralte	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Solapa...	Arcén exterior izqui...	Carril exterior izquie...	Carril exterior derec...	Arcén exterior derec...
Curva.1								
Región de entrada de tran...	0+073.76m	0+169.47...	95.705m					
Desvanecimiento del ...	0+073.76m	0+095.97...	22.205m					
Finalizar arcén nor...	0+073.76m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Finalizar bombeo ...	0+073.76m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Bombeo desvaneci...	0+095.97m				-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Escorrenčia	0+095.97m	0+169.47...	73.500m					
Bombeo desvaneci...	0+095.97m				-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Coincidencia de ar...	0+118.17m				-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Bombeo invertido	0+118.17m				-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Iniciar sección per...	0+169.47m				-6.62%	-6.62%	6.62%	6.62%
Inicio de curva	0+169.47m							
Región de salida de transi...	0+273.34m	0+369.04...	95.705m					
Escorrenčia	0+273.34m	0+346.84...	73.500m					
Finalizar sección p...	0+273.34m				-6.62%	-6.62%	6.62%	6.62%
Fin de curva	0+273.34m							
Coincidencia de ar...	0+324.63m				-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Bombeo invertido	0+324.63m				-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Bombeo desvaneci...	0+346.84m				-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Desvanecimiento del ...	0+346.84m	0+369.04...	22.205m					
Bombeo desvaneci...	0+346.84m				-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Iniciar bombeo no...	0+369.04m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Iniciar arcén normal	0+369.04m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%

Curva de peralte	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Solapa...	Arcén exterior izqui...	Carril exterior izquie...	Carril exterior derec...	Arcén exterior derec...
Curva.1								
Curva.2								
Región de entrada de tran...	0+369.35m	0+472.43...	103.072m					
Desvanecimiento del ...	0+369.35m	0+395.03...	25.672m					
Finalizar arcén nor...	0+369.35m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Finalizar bombeo ...	0+369.35m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Bombeo desvaneci...	0+395.03m				0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Escorrenčia	0+395.03m	0+472.43...	77.400m					
Bombeo desvaneci...	0+395.03m				0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Coincidencia de ar...	0+420.70m				2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Bombeo invertido	0+420.70m				2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Iniciar sección per...	0+472.43m				6.03%	6.03%	-6.03%	-6.03%
Inicio de curva	0+472.43m							
Región de salida de transi...	0+529.58m	0+632.65...	103.072m					
Escorrenčia	0+529.58m	0+606.98...	77.400m					
Finalizar sección p...	0+529.58m				6.03%	6.03%	-6.03%	-6.03%
Fin de curva	0+529.58m							
Coincidencia de ar...	0+581.31m				2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Bombeo invertido	0+581.31m				2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Bombeo desvaneci...	0+606.98m				0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Desvanecimiento del ...	0+606.98m	0+632.65...	25.672m					
Bombeo desvaneci...	0+606.98m				0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Iniciar bombeo no...	0+632.65m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Iniciar arcén normal	0+632.65m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%

Figura 170. Resultados del cálculo de peralte.

Podemos observar cómo en ningún caso el peralte alcanzado supera el 7% (valor máximo permitido para carreteras de este tipo).

Creación de las vistas de secciones transversales.

Vamos a crear las vistas de secciones transversales, las finalidades de las cuales son las siguientes:

- **Visualización Detallada:** Proporciona una representación visual detallada de cómo se verá la infraestructura en cortes transversales a lo largo de su longitud.
- **Evaluación de Diseño:** Permite evaluar la geometría y la alineación de la infraestructura en diferentes ubicaciones, identificando problemas y oportunidades de mejora.
- **Detección de Obstáculos:** Ayuda a detectar obstáculos en la ruta, como edificios o cuerpos de agua, lo que es crucial para el diseño y la planificación.
- **Cálculos de Volumen:** Facilita el cálculo preciso de volúmenes de movimiento de tierras, esencial para la gestión de recursos y presupuestos.

- **Documentación Técnica:** Sirve como base para la creación de planos y documentos técnicos que comunican el diseño a todas las partes involucradas en el proyecto.
- **Optimización del Diseño:** Permite realizar ajustes para minimizar cortes y rellenos excesivos, optimizando costos y minimizando impactos ambientales.
- **Cumplimiento Normativo:** Asegura que el diseño cumple con los estándares y regulaciones locales y nacionales.

Pasamos pues a la creación de las secciones:

En primer lugar, debemos crear las líneas de muestreo, las cuales definen la franja que nosotros necesitamos. Debemos seleccionar nuestra alineación y la superficie con la que queremos trabajar, dejamos las anchuras de franja ambas en 15 metros y los incrementos de muestreo todos en 20 metros y, además, seleccionamos un control de muestreo adicional al inicio de la vía.

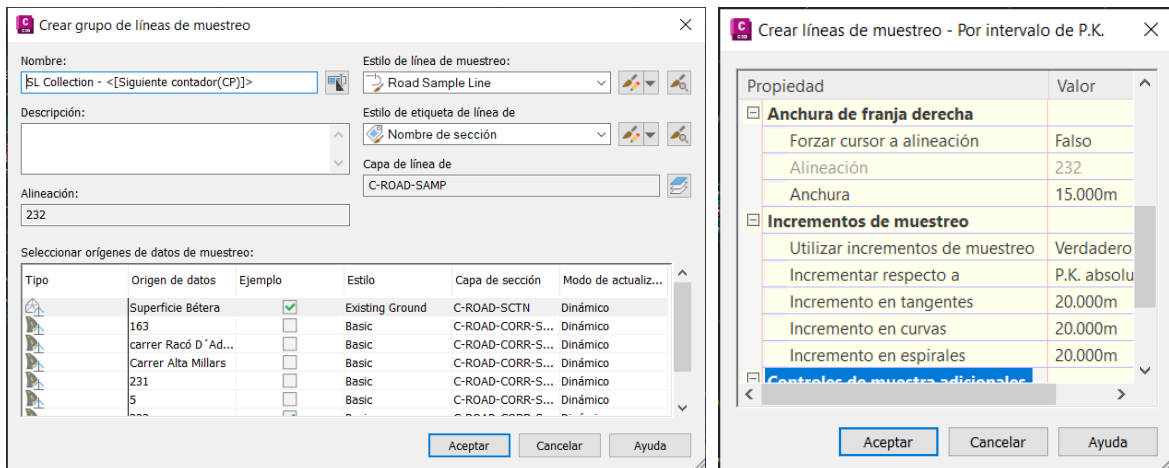


Figura 171. Creación líneas de muestreo.



Figura 172. Líneas de muestreo generadas.

Una vez definidas las líneas de muestreo ya podemos crear las vistas en sección. Para ello, vamos a "Crear varias vistas" y en la pestaña de configuración, definimos los parámetros que convengamos:

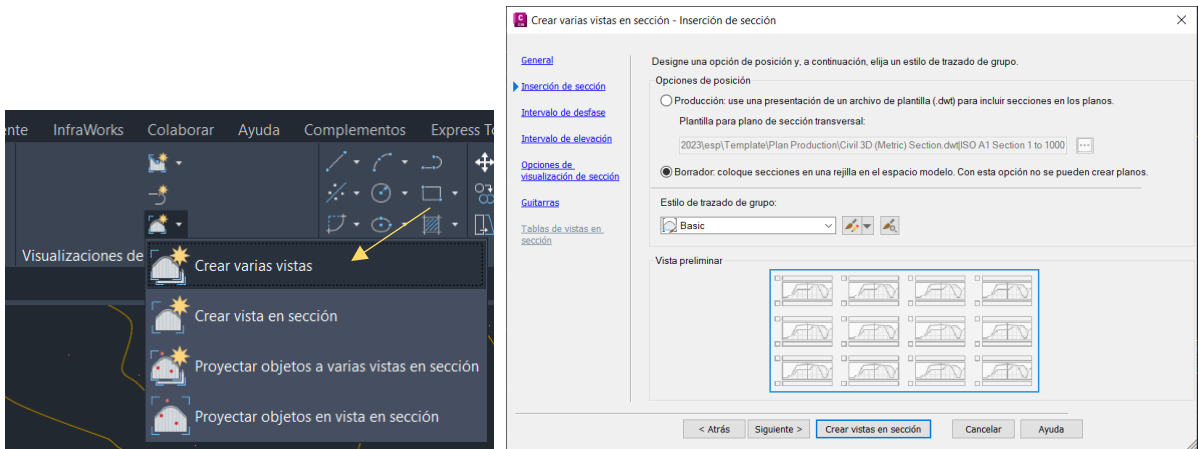


Figura 173. Proceso de creación de las vistas en sección.

En este caso, hemos seleccionado en la opción de posición el modelo "Borrador".

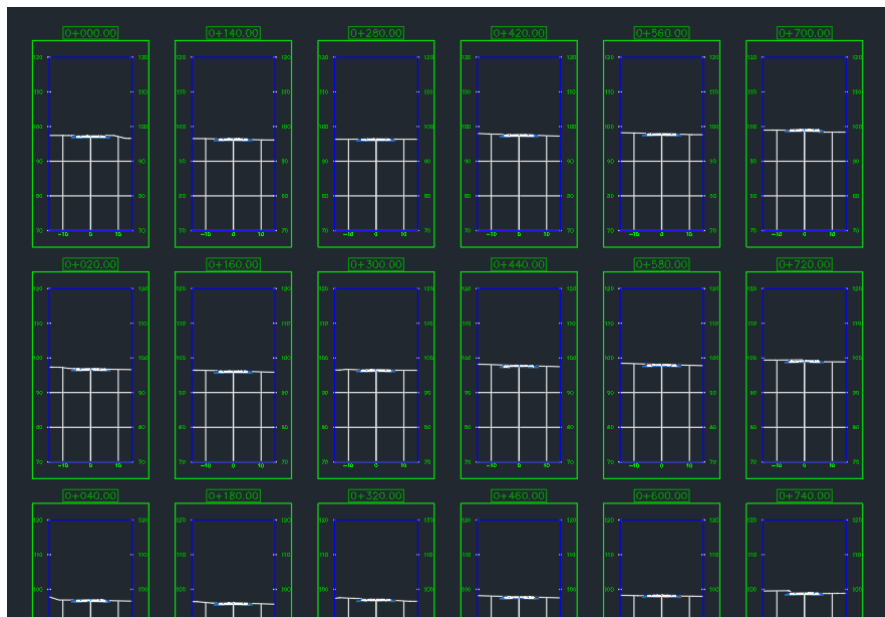


Figura 174. Vistas en sección generadas.

4.3.10. Maquetación planos.

Los planos desempeñan un papel esencial en los proyectos, ya que no solo proporcionan una representación gráfica de todos los elementos del proyecto y su proceso de construcción, sino que también son parte integral de la documentación contractual. Estos planos detallan con precisión el diseño, la ubicación, las dimensiones y las relaciones entre elementos, y justifican gráficamente los criterios y condiciones del proyecto. Además, son fundamentales para la medición de la obra.

La importancia de los planos radica en que todo el trabajo de modelización realizado conduce a la representación gráfica, sin la cual no se pueden llevar a cabo las conclusiones derivadas de los cálculos y los criterios de diseño. En resumen, sin planos, la construcción no es factible. A pesar de que los planos pueden ocultar la magnitud del trabajo de diseño, son la interfaz efectiva a través de la cual el modelo se comunica con quienes llevarán a cabo el proyecto.

En Civil 3D, se emplean funcionalidades específicas para organizar la creación de planos, incluyendo plano de situación geográfica, planos de planta y perfil longitudinal y plano de perfiles y secciones transversales.

En este caso, agilizaremos considerablemente el proceso de maquetación mediante una aplicación desarrollada por el ingeniero Fernando Aguilar, la cual nos permite insertar un plato con un cajetín automatizado, según tamaño, orientación y escala. En la bibliografía queda constancia del enlace de descarga.

Una vez descargada la aplicación la ubicamos en la carpeta "Autodesk", ubicada en el Disco local (C:).

A continuación, en Civil 3D escribimos el comando "APPLOAD", el cual nos permitirá cargar la aplicación deseada "PLATO.fas".

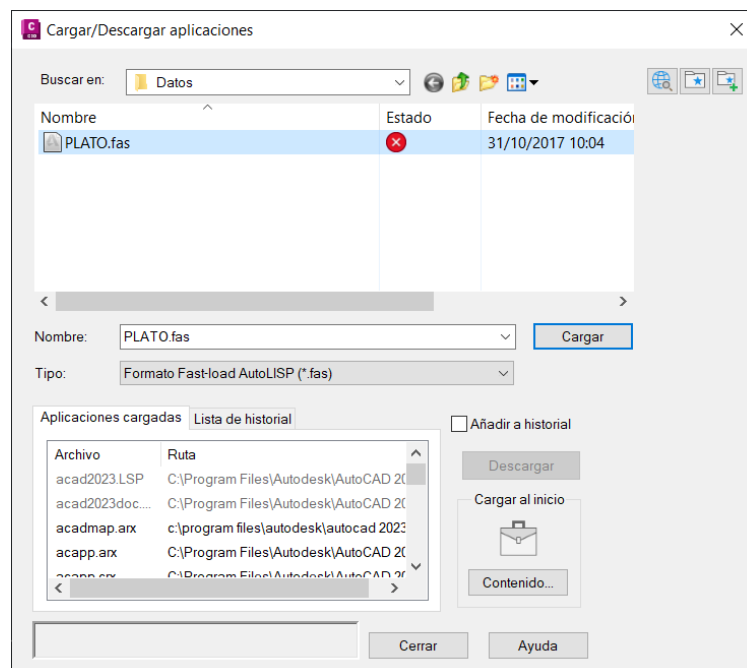


Figura 175. Cargado aplicación PLATO.fas.

Escribimos ahora el comando "PLATO" y vemos como Civil 3D nos brinda esta nueva funcionalidad, seleccionamos el trazado que queremos que abarque el plato a insertar, seguidamente nos pide que definamos un "Prefijo del vértice", en este caso lo nombramos como "PI", definimos también un "Sufijo del vértice", en este caso "SV", y acto seguido, debemos definir el tamaño de la hoja (ISO A1), la orientación (Horizontal) y la escala (1:2000).

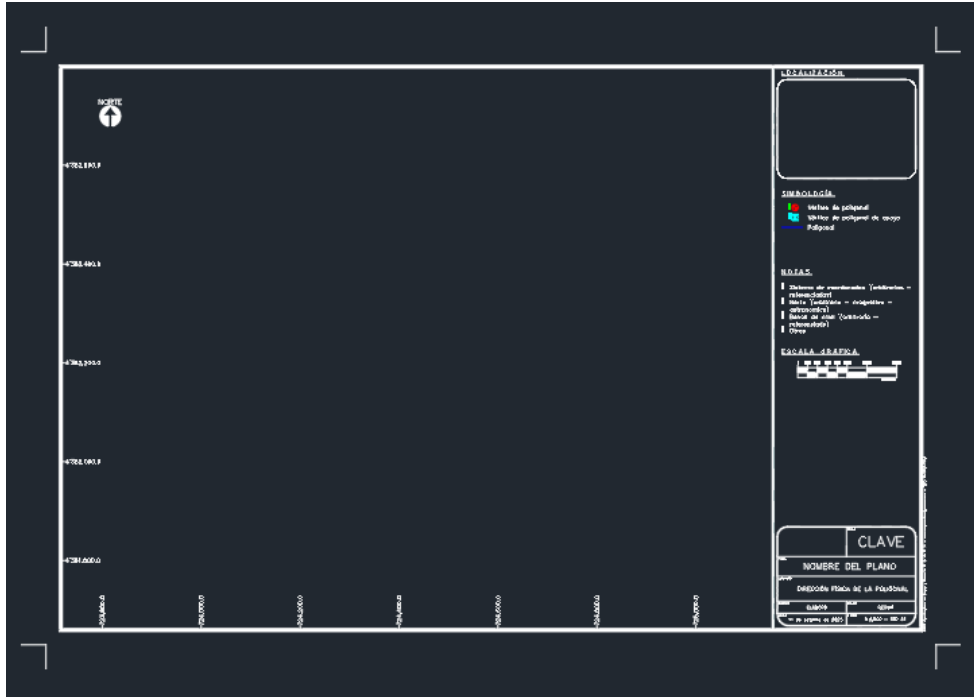


Figura 176. Plato generado automáticamente.

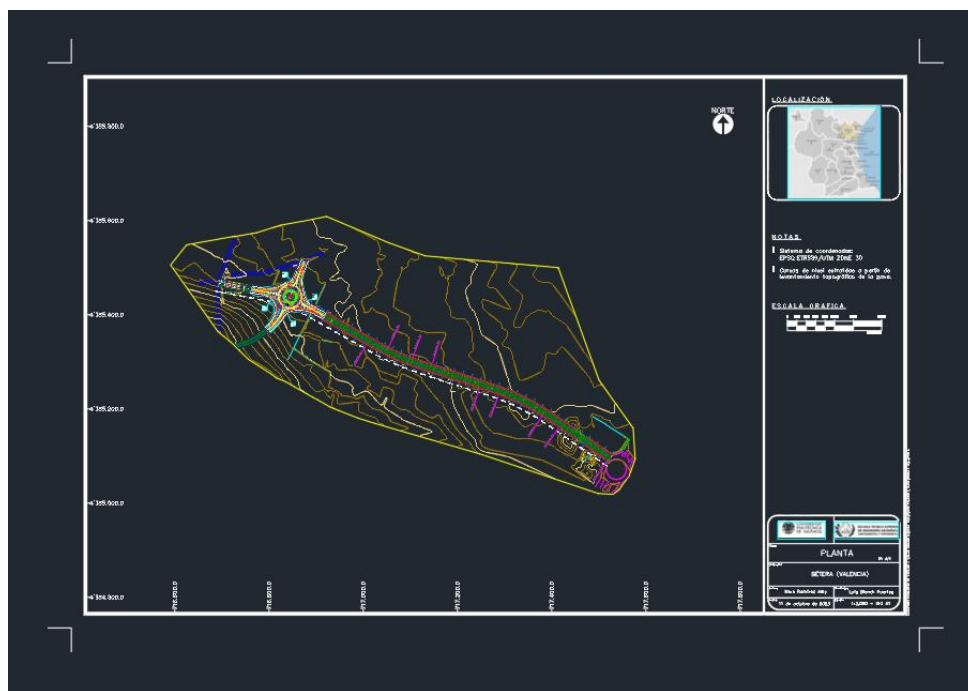


Figura 177. Plato sobre dibujo y cajetín modificado.

Una vez personalizado el cajetín, clicamos **Ctrl+P** para abrir la configuración de impresión, seleccionamos **DWG to PDF**, el tamaño de papel **ISO full bleed A1 (594.00 x 841.00 mm)**, **trazado de ventana** e indicamos las esquinas deseadas, en desfase de trazado marcamos **Centrar trazado** y la **Escala de trazado hasta ajustar**.

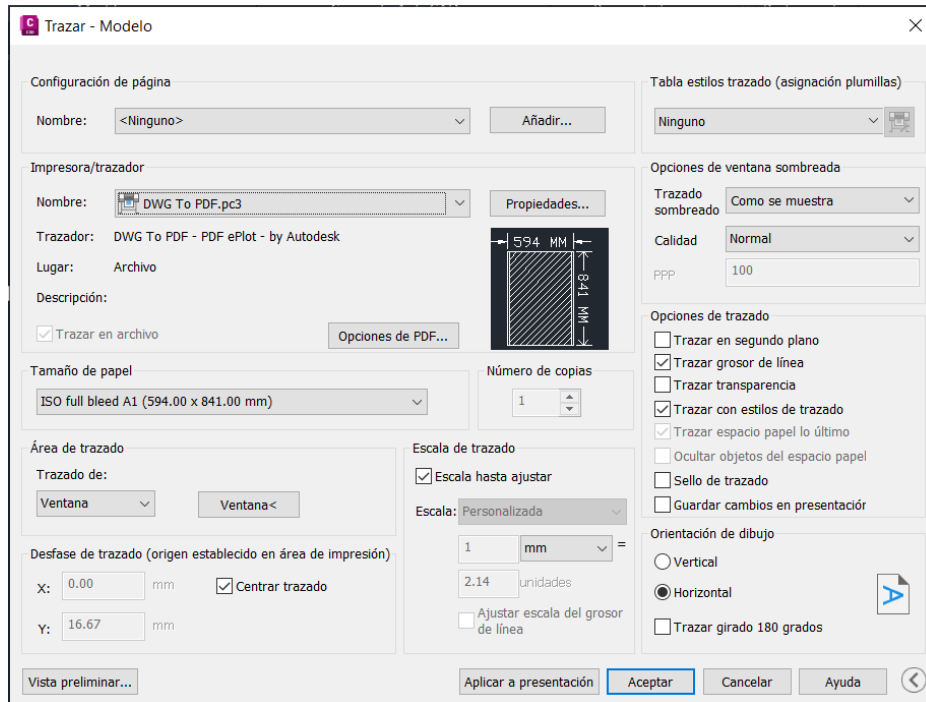


Figura 178. Configuración de impresión

La vista preliminar es la siguiente:

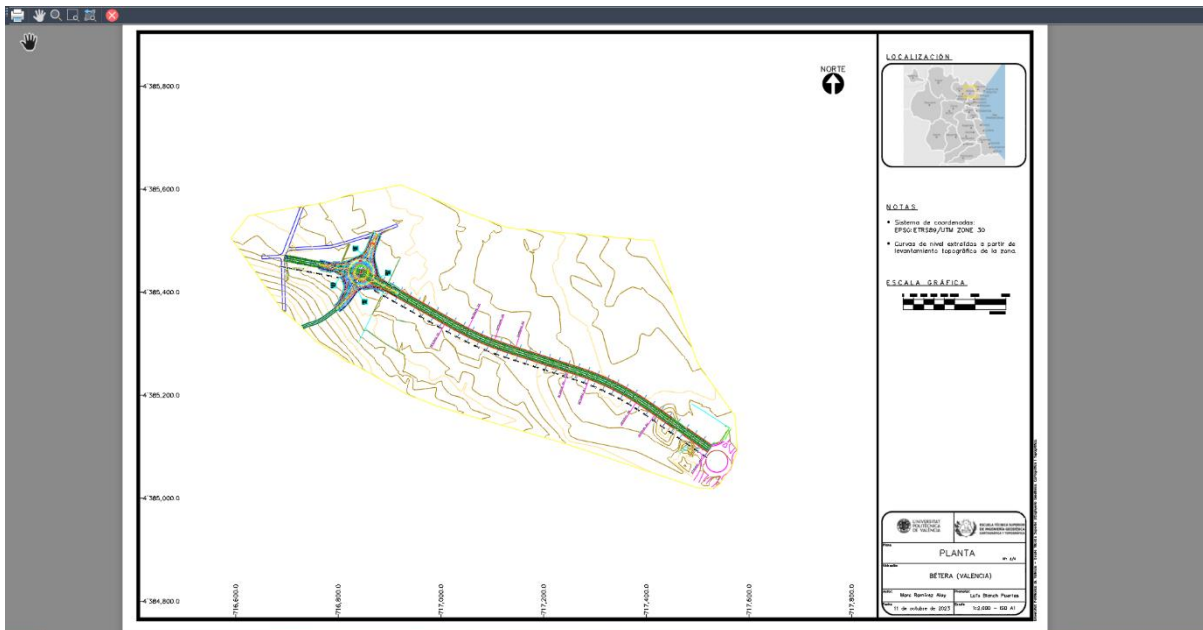


Figura 179. Vista preliminar ejemplo "Plano Planta".

5. PRESUPUESTO

En este presupuesto, se han estimado minuciosamente tanto los costos directos como los indirectos que una empresa incurriría al llevar a cabo este proyecto.

En primer lugar, se ha consultado la tabla salarial más reciente (2023) correspondiente al convenio nacional de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos.

Año 2023

Nivel salarial	Tabla salarial art. 33		Plus Convenio según art. 38 Convenio	Total anual
	Mes x 14	Anual		
1	1.827,30	25.582,20	2.444,61.	28.026,81
2	1.377,65	19.287,10	2.444,61.	21.731,71
3	1.328,44	18.598,16	2.444,61.	21.042,77
4	1.217,93	17.051,02	2.444,61.	19.495,63
5	1.088,23	15.235,22	2.444,61.	17.679,83
6	937,58	13.126,12	2.444,61.	15.570,73
7	906,12	12.685,68	2.444,61.	15.130,29
8	905,39	12.675,46	2.444,61.	15.120,07
9	905,39	12.675,46	2.444,61.	15.120,07

Tabla 1. Tabla salarial y plus convenio (2023).

Mediante un análisis detenido de dicha tabla, se ha calculado el salario diario y por hora, como se detalla en la tabla siguiente:

SUELDO							
Convenio ODD 2023	Sueldo mensual	Sueldo anual (14 pagas)	Plus convenio	Seguridad Social (40%)	Total anual	Día	Hora
Titulado medio o diplomado	1377,65	19287,1	2444,61	7714,84	29446,55	116,851	14,606

Tabla 2. Tabla sueldo.

Posteriormente, para determinar los costos directos totales, se han evaluado las horas empleadas en diversas actividades, así como los gastos relacionados con materiales y combustible utilizados exclusivamente para el proyecto en cuestión.

COSTES DIRECTOS	
TAREA	DURACIÓN (horas)
Búsqueda y descarga de la información	48
Búsqueda de información	10
Búsqueda de software	8
Descarga y aprendizaje de software	30
Toma de datos en campo	40
Levantamiento topográfico	40
Trabajo de gabinete	240
Gestión de la información	20
Prediseño en Infracworks	40
Realización de cálculos	10
Diseño obra lineal en Autodesk Civil 3D	60
Maquetación planos	20
Análisis de los datos y resultados	10
Creación de un proyecto escrito	80

Tabla 3. Tabla costes directos.

MATERIALES	UNIDADES	PRECIO	PRECIO TOTAL
Gasto en material específico			3,75
Gasolina/km	15	0,25	3,75

Tabla 4. Tabla gastos materiales.

Una vez calculadas las horas totales, se han extrapolado los días, semanas y meses invertidos en el proyecto, para su posterior inclusión en los cálculos.

TOTAL HORAS	328
Total meses	1,95
Total semanas	8,2
Total días	41

Tabla 5. Tabla horas totales.

A continuación, se han calculado los costos relacionados con los Recursos Humanos, basándose en las horas dedicadas a cada actividad:

COSTE RRHH	
Actividad	Precio
Búsqueda y descarga de información	701,088
Toma de datos en campo	584,24
Trabajo de gabinete	3505,44
Total	4790,768

Tabla 6. Tabla coste recursos humanos.

Con todos los datos anteriores, se ha determinado que los costos directos totales ascienden a un total de 4794,518 €.

MATERIALES	3,75
COSTE RRHH	4790,768
Total	4794,518

Tabla 7. Tabla costes directos totales.

Por otro lado, se han identificado los costos indirectos asociados a la empresa y su repercusión en el proyecto.

COSTES INDIRECTOS			
RECURSO	AÑO	MES	COSTE PROYECTO
Alquiler oficina	€ 12.000,00	€ 1.000,00	€ 2.000,00
Limpieza	€ 3.000,00	€ 250,00	€ 500,00
Servicio de agua y luz	€ 1.200,00	€ 100,00	€ 200,00
Servicio telefónico e internet	€ 480,00	€ 40,00	€ 80,00
Amortización equipo informático	€ 720,00	€ 60,00	€ 120,00
Alquiler equipo topográfico (GPS ZENO FLX 100)	€ 6.960,00	€ 580,00	€ 1.160,00
Visados del colegio	€ 1.020,00	€ 85,00	€ 170,00
Licencias y softwares	€ 8.436,00	€ 703,00	€ 1.406,00
Asesoría y gestoría	€ 1.800,00	€ 150,00	€ 300,00
Riesgo por impagos	€ 2.760,00	€ 230,00	€ 460,00
Seguro multiriesgo oficina	€ 420,00	€ 35,00	€ 70,00
Seguro responsabilidad civil	€ 1.020,00	€ 85,00	€ 170,00
Financiación	€ 960,00	€ 80,00	€ 160,00
TOTAL	€ 40.776,00	€ 3.398,00	€ 6.796,00

Tabla 8. Tabla costes indirectos.

Por último, se ha tenido en cuenta un margen de beneficio industrial del 10% y un IVA del 21%.

PRESUPUESTO DESGLOSADO	PRECIO
PEM (CD+CI)	€ 11.590,52
PGC (PEM+BI)	€ 12.749,57
BENEFICIO INDUSTRIAL (%)	€ 10,00
IVA (%)	€ 21,00
TOTAL ANTES DE IMPUESTOS	€ 12.749,57
IMPUESTOS	€ 2.677,41
TOTAL (IVA INC)	€ 15.426,98

Tabla 9. Tabla costes totales proyecto.

6. CONCLUSIONES

La culminación de este proyecto resulta de la aplicación de la tecnología y metodologías avanzadas en el campo de la ingeniería vial y topografía. A través de la cuidadosa integración de herramientas como InfraWorks y Civil 3D, se ha logrado un diseño geométrico de la carretera C-80 en la localidad de Bétera, Valencia, que cumple rigurosamente con los estándares y requisitos establecidos por la Norma 3.1-IC de 2016, que rige las infraestructuras viales en España.

El proceso comenzó con un levantamiento topográfico de alta precisión, donde se utilizó tecnología GPS para adquirir datos detallados sobre el terreno en la zona 'Camí la Pobla'. Estos datos sirvieron como la base sólida para la generación de un modelo BIM en InfraWorks, lo que permitió un prediseño minucioso de la carretera. A través de InfraWorks, se logró ajustar parámetros geométricos, establecer acuerdos verticales y exportar el modelo en un formato altamente compatible (.imx).

La sinergia con Civil 3D fue fundamental para llevar a cabo el diseño geométrico detallado. La importación de puntos topográficos, la creación de estilos de etiqueta y capas, y la generación de elementos como polilíneas 3D, curvas de nivel y líneas de rotura se realizaron con precisión y eficiencia. La interoperabilidad entre InfraWorks y Civil 3D permitió una transición fluida entre las etapas del proyecto y garantizó la coherencia de los datos y la calidad del diseño.

En resumen, este proyecto representa un enfoque integral y tecnológicamente avanzado para el diseño de infraestructuras viales, destacando la importancia de la topografía de alta precisión, la modelización BIM, y el uso eficaz de herramientas de diseño como InfraWorks y Civil 3D. El resultado es una carretera C-80 que no solo cumple con los estándares más exigentes, sino que también ejemplifica la capacidad de la ingeniería y la tecnología para transformar conceptos en realidades concretas y seguras para la movilidad de la sociedad.

AUTODESK. Autodesk Community - International Forums *NORMATIVA 3.1 IC ESPAÑA*.

<<https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-espanol/normativa-3-1-ic-espana/td-p/7834584>>

[Consulta 9 de marzo de 2023]

EDWARD MIÑANO TRAVEZAÑO. *Etiquetas de alineamiento en Civil 3D*.

<[ETIQUETAS DE ALINEAMIENTO EN CIVIL 3D \[2023\] CAP. 24 !\[\]\(830769b31eeeaca920791081939ff8ba_img.jpg\)](#)>

[Consulta 20 de marzo de 2023]

DR. SERGIO NAVARRO HUDIEL. *Curvas de nivel*.

<<https://sinavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>>

[Consulta 7 de abril de 2023]

ARTURO POLANCO. *Diseño de glorieta en Civil 3D*.

<<https://www.youtube.com/watch?v=ncJMx3rap7Q>>

[Consulta 16 de mayo de 2023]

INGENIERÍA 10D. *Crear perfil longitudinal en Civil 3D*.

<<https://www.youtube.com/watch?v=1s-NuQ8hko>>

[Consulta 18 de mayo de 2023]

WILLIAM CHAVES. *Cálculo de peraltes en Civil 3D*.

<<https://www.youtube.com/watch?v=SpTq3vFaVdg>>

[Consulta 8 de junio de 2023]

EL PODER DEL CÓMPUTO. *Creación plano en Autocad y Civil 3D*.

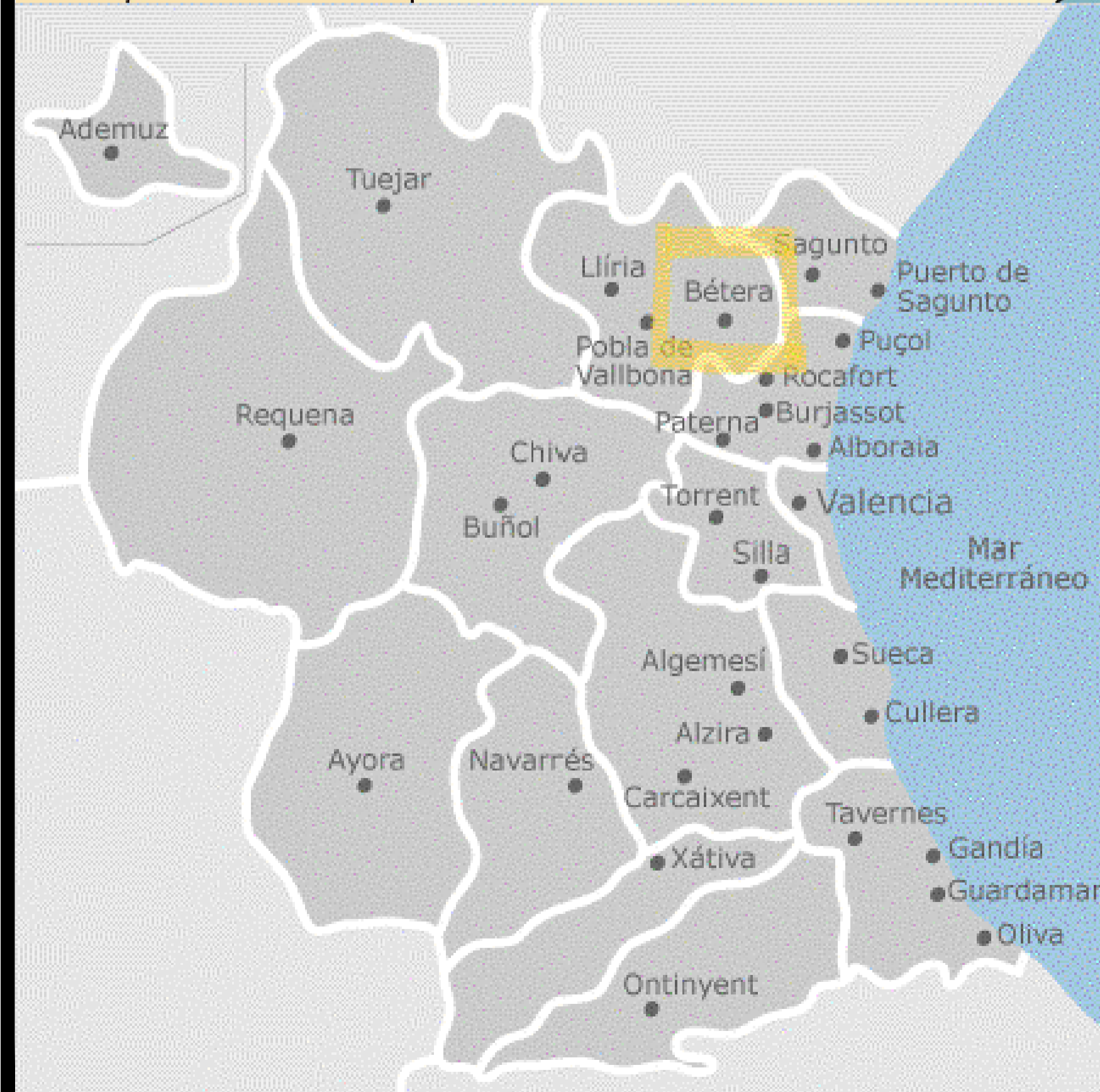
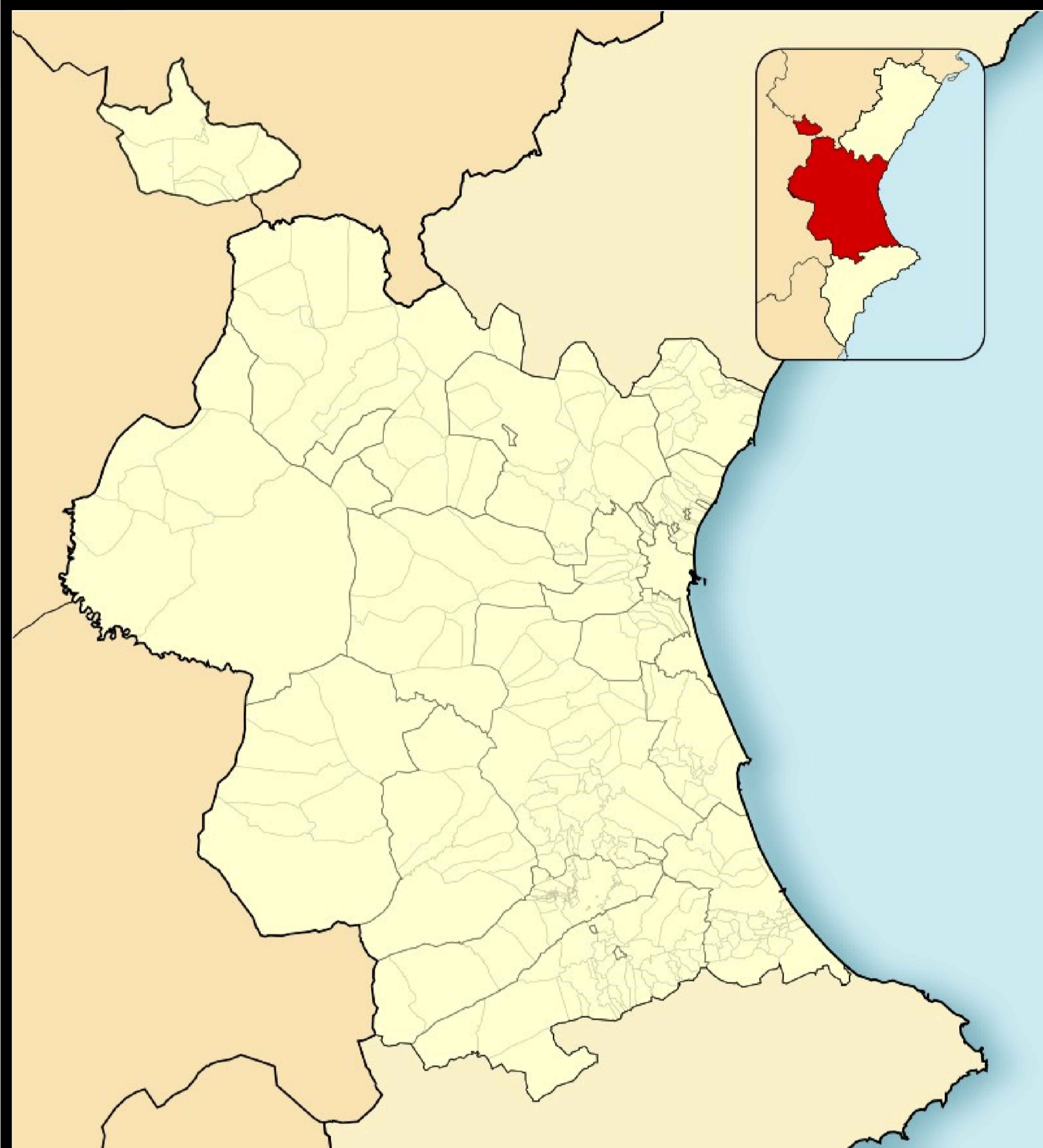
<<https://www.youtube.com/watch?v=AoVYv8zTtZY>>

[Consulta 14 de julio de 2023]



8. PLANOS

- 1. SITUACIÓN GENERAL
- 2. PLANTA
- 3. PERFIL LONGITUDINAL
- 4. PERFILES/SECCIONES TRANSVERSALES



INFORMACIÓN VALENCIA

- Valencia (en valenciano: València) es una provincia del este de España, situada en el centro de la Comunidad Valenciana. Tiene una extensión de 10.763 km² y una población de 2.589.312 habitantes (INE 2021) con 266 municipios, siendo así la tercera provincia más poblada de España.

Limita con el mar Mediterráneo al este y con las provincias de Castellón y Teruel al norte, Cuenca y Albacete al oeste y Alicante al sur.

INFORMACIÓN BÉTERA

- Bètera es un municipio de la Comunidad Valenciana (España) perteneciente a la provincia de Valencia, situado al este de la comarca del Camp de Túria, siendo su segundo municipio más poblado con 26.289 habitantes. (Instituto Nacional de Estadística 2022). Pertenece a la segunda corona metropolitana de Valencia y es la cabecera de servicios de la subcomarca del Alto Carraixet, que la engloba junto a Nàquera, Serra, Olocau, Marines y Gátova.

 	
SITUACIÓN	
Nº: 1/4	
BÉTERA (VALENCIA)	
Autor:	Promotor:
Marc Ramírez Aloy	Luís Blanch Puertes
Fecha:	Tamaño:
11 de octubre de 2023	ISO A1

4' 385,800.0

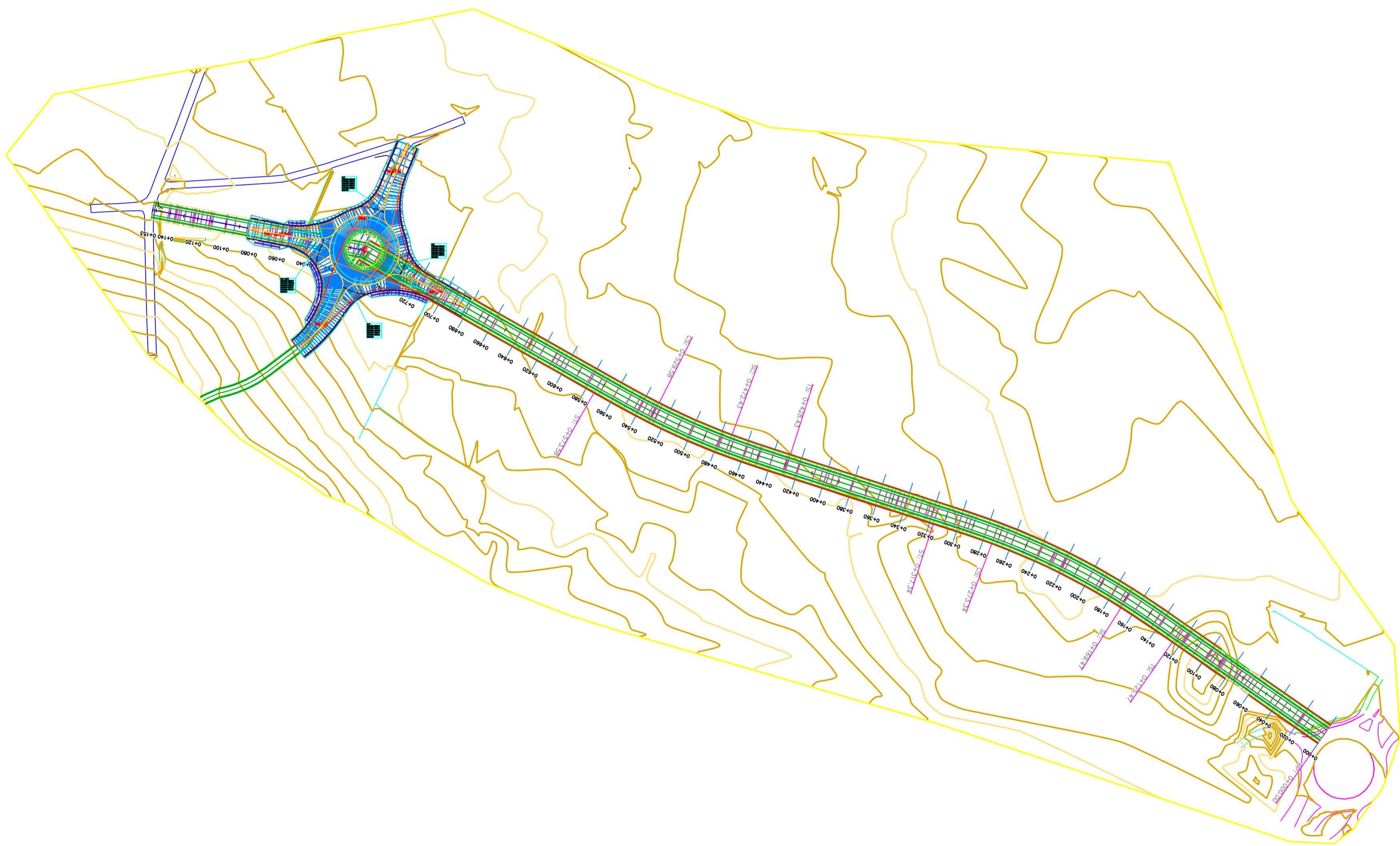
4' 385,600.0

4' 385,400.0

4' 385,200.0

4' 385,000.0

4' 384,800.0



-716,600.0

-716,800.0

-717,000.0

-717,200.0

-717,400.0

-717,600.0

-717,800.0



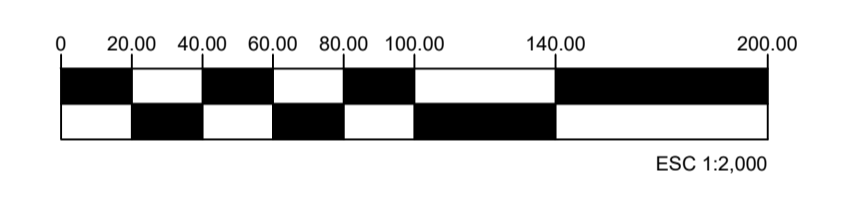
LOCALIZACIÓN



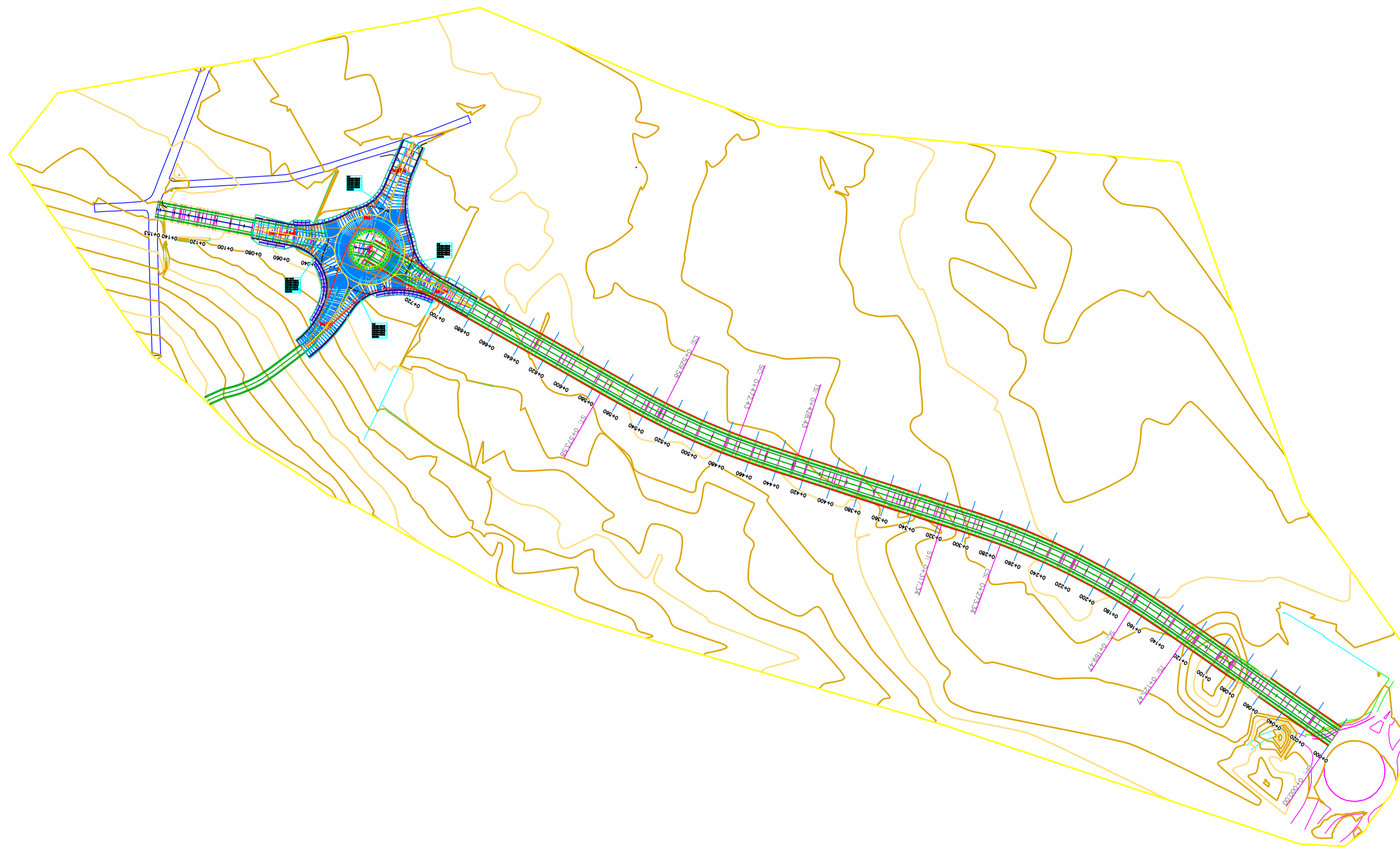
NOTAS

- Sistema de coordenadas:
EPSG: ETRS89/UTM ZONE 30
- Curvas de nivel extraídas a partir de levantamiento topográfico de la zona.

ESCALA GRÁFICA



Plano		PLANTA	
		Nº: 2/4	
Ubicación			
BÉTERA (VALENCIA)			
Autor:		Promotor:	
Marc Ramírez Aloy		Luis Blanch Puertes	
Fecha		Escala	
11 de octubre de 2023		1:2,000 – ISO A1	



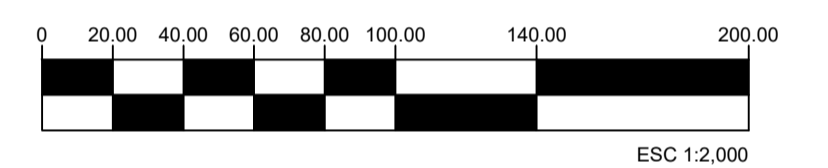
LOCALIZACIÓN



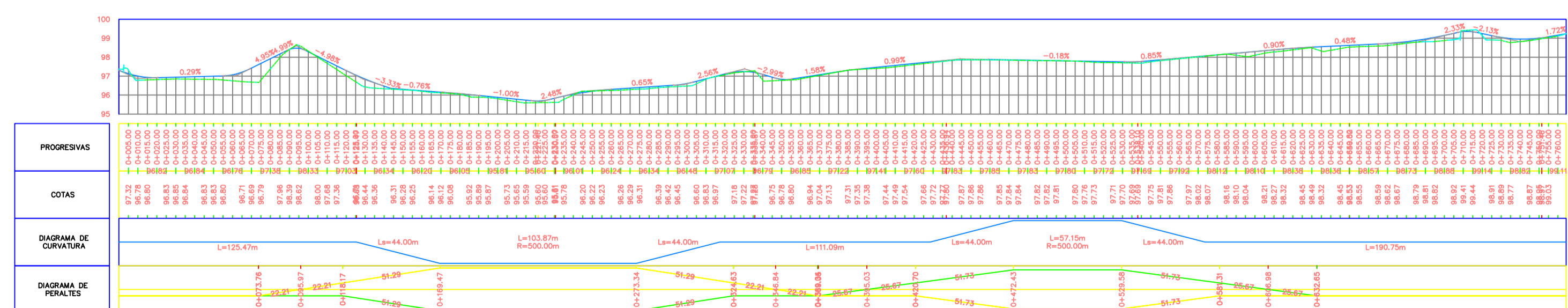
NOTAS

- Sistema de coordenadas:
EPSG: ETRS89/UTM ZONE 30
- Curvas de nivel extraídas a partir de levantamiento topográfico de la zona.

ESCALA GRÁFICA



PERFIL LONGITUDINAL C-80



<p>Plano</p> <h2>LONGITUDINAL</h2> <p>Nº: 3/4</p>			
<p>Ubicación</p> <h3>BÉTERA (VALENCIA)</h3>			
<p>Autor:</p> <p>Marc Ramírez Aloy</p>		<p>Promotor:</p> <p>Luis Blanch Puertes</p>	
<p>Fecha</p> <p>11 de octubre de 2023</p>		<p>Escala horizontal:</p> <p>1:2,000</p>	<p>Escala vertical:</p> <p>1:200</p>

