

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**EVALUACION DE GIROS DE VEHICULOS UTILIZANDO EL SOFTWARE
VEHICLE TRACKING SOBRE AUTOCAD CIVIL 3D**



TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL

PRESENTADO POR
FABIOLA AMPARO BREÑA SILVERA

LIMA - PERU

2015

AGRADECIMIENTO

*A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional
en toda mi vida, mis queridos padres
Yolanda Silvera La Torre y Luis Breña Turco,
en especial quiero dedicar este título a mi
hermosa hijita Fabiana M. Garfias Breña
por ser mi principal motivación e inspiración
y a mi querido esposo, Ing. Xavier E. Garfias Zúñiga,
por sus conocimientos, sus orientaciones y su motivación
han sido fundamentales para mi formación
como investigadora en este periodo
que ha durado esta tesis de Grado
También, esto no lo hubiera podido lograr sin el apoyo profesional de mi
Excelente Asesor Ing. Vladimir Miñano Suárez.*

Fabiola A. Breña Silvera

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	2
1.1 Tema	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Problematización	5
1.4 Objetivos	5
1.5 Importancia	5
1.6 Justificación	5
1.7 Metodología	5
CAPITULO II: DESARROLLO TEORICO	7
2.1 Calzadas	8
2.2 Curvas	10
2.3 Visibilidad	22
2.4 Peralte	31
2.5 Sobreancho	43
2.6 Distancias	44
2.7 Intersecciones a nivel	45
CAPITULO III. APLICACIONES CON EL SOFTWARE	714
3.1 Aplicaciones con el VEHICLE TRACKING	74
3.1.1 Configuraciones	74
3.1.2 Generación de rutas	98
3.1.3 Edición	105
3.1.4 Colocar	107
3.1.5 Visualización	120
3.1.6 Reportes	132
3.2 Aplicaciones con el AutoCAD Civil 3D	145
3.2.1 Distancia de Visibilidad	145
3.2.2 Animación con AutoCAD Civil 3D	149
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158

CAPITULO V. APENDICES	161
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA	160

Ilustración 1. Calzada	9
Ilustración 2. Bombeo	10
Ilustración 3. Simbología de la curva circular	12
Ilustración 4. Peralte en cruce de áreas urbanas.....	15
Ilustración 5. Curva circular con curva de transición	19
Ilustración 6. Curva de inflexión.....	20
Ilustración 7. Ovoide	20
Ilustración 8. Ovoide doble.....	21
Ilustración 9. Curva de vuelta.....	21
Ilustración 10. Distancia de visibilidad de parada	22
Ilustración 11. Determinación de visibilidad de parada	23
Ilustración 12. Longitud mínima de curva vertical parabólica	24
Ilustración 13. Longitud mínima de curva vertical cóncava	25
Ilustración 14. Visibilidad de paso	26
Ilustración 15. Banqueta de visibilidad.....	27
Ilustración 16. Transición del peralte.....	33
Ilustración 17. Transición de peralte para curva con sentido a la derecha.....	34
Ilustración 18. Desarrollo de peralte en curva de transición	37
Ilustración 19. Transición de peralte para espirales	39
Ilustración 20. Variedad de tipos de intersección a nivel.....	49
Ilustración 21. Triángulos de visibilidad	50
Ilustración 22. Curva compuesta de tres centros.....	53
Ilustración 23. Intersecciones sin canalizar simple	54
Ilustración 24. Ejemplos de ensanches de la sección de los accesos al cruce.....	55
Ilustración 25.	58
Ilustración 26. Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro.....	59
Ilustración 27. Intersecciones canalizadas en ángulos agudos formando una "Y"	60
Ilustración 28. Intersecciones canalizadas para tránsito en todos los sentidos	60
Ilustración 29. Otros casos de intersecciones canalizadas.....	61
Ilustración 30. Intersecciones con importantes giros a la izquierda en un cuadrante....	61
Ilustración 31. Intersección canalizada en cruz.....	62
Ilustración 32. Intersecciones canalizadas en estrella.....	62
Ilustración 33. Ubicación del proyecto.....	64
Ilustración 34. Configuraciones generales.....	74
Ilustración 35. Configuraciones de escala	75
Ilustración 36. Configuraciones de idioma.....	76
Ilustración 37. Barra de herramientas	76
Ilustración 38. Configuraciones de unidades.....	77
Ilustración 39. Configuraciones de unidades avanzadas	77

Ilustración 40. Configuraciones de capas	78
Ilustración 41. Configuraciones avanzadas de capas.....	79
Ilustración 42. Configuraciones de velocidad de diseño.....	81
Ilustración 43. Angulo de dirección.....	82
Ilustración 44. Configuración de articulaciones	83
Ilustración 45. Configuraciones dinámicas	84
Ilustración 46. Configuraciones finales.....	85
Ilustración 47. Creación de librería	85
Ilustración 48. Datos de la librería	86
Ilustración 49. Creación de vehículo	86
Ilustración 50. Configuraciones del vehículo	87
Ilustración 51. Configuraciones avanzadas de vehículo	88
Ilustración 52. Diseño final del vehículo.....	91
Ilustración 53.2 Vehículo B2	93
Ilustración 54.2 Vehículo B3	94
Ilustración 55. Trailer	95
Ilustración 56. Plano del vehículo.....	95
Ilustración 57.2. Vehículo C2 – 2001	96
Ilustración 58.1. Vehículo C3- 2001	97
Ilustración 59. Generar ruta en esquina.....	99
Ilustración 60. Ajustar ruta en esquina.....	100
Ilustración 61. Guiar ruta	102
Ilustración 62. Eliminar sección anterior	105
Ilustración 63. Simulación Av. La Mar con Av. Parque de las leyendas	107
Ilustración 64. Invasión de carril adyacente para poder doblar	108
Ilustración 65. Rotonda Ovalo Gutiérrez.....	109
Ilustración 66. Datos para la isleta central – Rotonda	110
Ilustración 67. Carriles de circulación - Rotonda.....	110
Ilustración 68. Datos de Av. Conquistadores – Rotonda.....	111
Ilustración 69. Datos de Av. Conquistadores (2) – Rotonda.....	111
Ilustración 70. Datos de Av. Conquistadores (3) - Rotonda.....	112
Ilustración 71. Datos de Av. Santa Cruz – Rotonda.....	112
Ilustración 72. Datos de Av. Santa Cruz (2) – Rotonda.....	113
Ilustración 73. Datos de Av. Santa Cruz (3) – Rotonda.....	113
Ilustración 74. Datos de Av. Comandante Espinar- Rotonda.....	114
Ilustración 75. Datos de Av. Comandante Espinar (2) – Rotonda.....	114
Ilustración 76. Datos de Av. Comandante Espinar (3) - Rotonda.....	115
Ilustración 77. Datos de SW- Rotonda.....	115
Ilustración 78. Datos de SW (2)- Rotonda	116
Ilustración 79. Datos de SW (3)- Rotonda	116
Ilustración 80. Datos de Av. Emilio Cavenecia – Rotonda.....	117
Ilustración 81. Datos de Av. Emilio Cavenecia (2) - Rotonda.....	117
Ilustración 82. Datos de Av. Emilio Cavenecia (3) - Rotonda.....	118
Ilustración 83. Corrida de simulación - Rotonda	119
Ilustración 84. Ejecución de animación.....	120

Ilustración 85. Animación	121
Ilustración 86. Animación de B3	122
Ilustración 87. Animación B3 -2001.....	124
Ilustración 88. Animación Trailer	125
Ilustración 89. Animación Trailer – 2001	126
Ilustración 90. Animación B2 – 2013.....	127
Ilustración 91. Animación B3 - 2013.....	128
Ilustración 92. Animación Trailer	130
Ilustración 93. Animacion Trailer - 2013 (salida del carril).....	131
Ilustración 94. Insertar grafico B2 – 2001	132
Ilustración 95. Insertar perfil B3 – 2001	133
Ilustración 96. Insertar grafico B3 – 2001	133
Ilustración 97. Insertar perfil Trailer – 2001	134
Ilustración 98. Insertar grafico Trailer – 2001	135
Ilustración 99. Insertar perfil B2 – 2013	135
Ilustración 100. Insertar grafico B2 – 2013	136
Ilustración 101. Insertar perfil B3 - 2013	136
Ilustración 102. Insertar grafico B3 – 2013	137
Ilustración 103. Insertar perfil Trailer – 2013	137
Ilustración 104. Insertar grafico Trailer - 2013.....	138
Ilustración 105. Plantilla B2 - 2001	139
Ilustración 106. Plantilla B3 - 2001	140
Ilustración 107. Plantilla Trailer - 2001	141
Ilustración 108. Plantilla B2 – 2013	142
Ilustración 109. Plantilla B3 – 2013	143
Ilustración 110. Plantilla Trailer – 2013	144
Ilustración 111. Comando Chequear Distancia de Visibilidad.....	145
Ilustración 112. Sight Distance Check – General.....	146
Ilustración 113. Sight Distance Check – Sight Distance.....	147
Ilustración 114. Sight Distance Check – Results.....	148
Ilustración 115. Selección de Superficie	149
Ilustración 116.1. Copy Punto Base.....	150
Ilustración 116.2 Copy Punto Destino.....	150
Ilustración 117.1. Renombrando la Superficie de Copia.....	151
Ilustración 117.2. Renombrando la Superficie de Copia.....	151
Ilustración 118. Añadiéndole Boundary.....	152
Ilustración 119. Estableciendo el Boundary Tipo Hide.....	152
Ilustración 120. Seleccionando la Superficie para el Boundary.....	153
Ilustración 121. Proyectando la Polilínea a la Rasante.....	154
Ilustración 122. Elevando la Polilínea a la altura del ojo del conductor.....	154
Ilustración 123. Colocación de la cámara.....	155
Ilustración 124. Cámara.....	156
Ilustración 125. Cuadro de Dialogo Motion Path Animation.....	156
Ilustración 126. Creación del video de la Animación.....	157
Ilustración 158. Mal diseño del tramo que recorre el Metropolitano.....	159

Tabla 1. Anchos mínimo de calzadas en tangente	9
Tabla 2. Valores del bombeo de la calzada	10
Tabla 3. Radios mínimos y peraltes máximos para diseños de carretera	13
Tabla 4. Variación de la aceración transversal por unidad de tiempo.....	18
Tabla 5. Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición...	18
Tabla 6. Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase	18
Tabla 7. Relación entre radios consecutivos – grupo 1	28
Tabla 8 1. Relación entre radios consecutivos – grupo 1	29
Tabla 9. Relación de radios consecutivos - grupo 2	30
Tabla 10. Valores de peralte máximo.....	31
Tabla 11. Inclinação de Berma.....	31
Tabla 12. Valores de sobreeanchos en función a "L" del tipo de vehículo de diseño	32
Tabla 13. Peralte mínimo	42
Tabla 14. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte	42
Tabla 15. Longitudes de tramos en tangente	44
Tabla 16. Tipos de intersección a nivel	48
Tabla 17. Radios mínimos en intersecciones sin canalizar	53
Tabla 18. Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas.....	57
Tabla 19. Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables	58
Tabla 20 Ejes de interconexión vial fronteriza Perú - Ecuador	63
Tabla 21. Ubicación, acceso y localización	64
Tabla 22. Principales centros poblados en la ruta	65
Tabla 23. Características técnicas del diseño geométrico vial	66
Tabla 24. Índice medio diario anual	68
Tabla 25. Proyecciones de trafico	69
Tabla 26. Ejes equivalentes	70
Tabla 27. Cuadro de elementos de curvas horizontales - 2013.....	72
Tabla 28. Cuadro de elementos de curvas horizontales - 2001.....	73

INTRODUCCION

La presente tesis tiene por finalidad verificar las condiciones de seguridad en el diseño de curvas horizontales de vía utilizando esta herramienta de vanguardia de **Autodesk: Vehicle Tracking** y **AutoCAD Civil 3D** versión 2015 en la cual se ha utilizado los parámetros de la norma peruana vigente (DG-2013) publicada por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). Este software nos permite simular las maniobras de giro de vehículos en proyectos de ingeniería civil y de transporte. Esencial para un diseño preciso y rentable de intersecciones, glorietas, terminales de transporte y áreas de carga y descarga, es un activo para cualquier proyecto que involucre el diseño de accesos de vehículos, gálibos (Marca o luces que señala las dimensiones máximas permitidas a un vehículo para el paso por un túnel o un puente) y maniobrabilidad.

Para la explicación de esta tesis se han elegido tres casos para las simulaciones uno de ellos consta parte del proyecto ejecutado del Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú – Ecuador cuya ejecución fue prevista en un periodo de 12 años (2000-2009). Entre estos destacan cinco ejes viales binacionales que tienen por objetivos conformar una red de conexión de la zona fronteriza común en este caso se ha elegido el mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Sullana – El Alamor eje vial N°02 de la interconexión vial Perú – Ecuador. El siguiente caso se refiere al Ovalo Gutiérrez también conocido como rotonda, glorieta o redondela es una intersección de carreteras (rutas), avenidas o calles que se confluyen están conectadas entre sí mediante un anillo. Estas minimizan el riesgo de accidente ya que fuerzan a reducir la velocidad

El tercer caso se refiere a las intersecciones urbanas ofrecen un potencial de investigación en diseño geométrico de vías. En los últimos años, la demanda vial ha crecido por el aumento del número de vehículos automotores, se puede decir que la oferta es bastante inferior a la demanda de tránsito. Esto ha traído como consecuencia incrementos en la congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales, bastante mayores que los considerados aceptables.

Contamos con la capacidad, la topografía, los conocimientos, las condiciones de mejorar la vida de la malla vial y también con la necesidad de disponer de un instrumento idóneo para afrontar la solución de la actual problemática.

Finalmente como aporte de la tesis verificaremos si los sobreechamientos según la norma peruana. Si bien es cierto que la velocidad de diseño que es la máxima velocidad que se puede tomar para permitir garantizar seguridad y comodidad el cual va directamente relacionado con el cálculo y elección del radio mínimo utilizando la tabla 302.02 de la DG-2013.(Ministerio de Transportes y. , Agosto, 2014)

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Tema

Evaluación de Giros de Vehículos Utilizando el software **VEHICLE TRACKING** Sobre AutoCAD Civil 3D.

1.2 Antecedentes

Con relación a los tipos de vehículos nuevos que circulan en nuestro país, cuyas dimensiones y centro de gravedad son diferentes a los que existían en el momento en el que salió la última norma es conveniente realizar comprobaciones a fin de que se verifique dichos valores estén acorde. Los principales Softwares pioneros en simulación de giros a continuación.

El **primer programa** de simulación de giro de vehículos y de análisis de áreas de barrido es **AutoTURN®** desarrollada por la empresa **Transolf** de elección para ingenieros, arquitectos y planificadores de todo el mundo. Ahora las últimas características le permiten realizar movimientos complejos de vehículos con resultados de ingeniería fiables. AutoTURN, un programa **basado en CAD** que ahorra **tiempo**, le permite **analizar y evaluar las maniobras** de los vehículos para proyectos como **intersecciones, rotondas, terminales de autobuses, muelles de carga** o cualquier obra dentro o fuera de la vía pública que implique maniobrabilidad, espacio libre y acceso. (Transoft, <http://www.transoftsolutions.es/autoturn/features>, 2015)

Comentarios acerca de AutoTURN en proyectos en Estados Unidos

"The American Association of State Highway and Transportation Officials (**AASHTO**) Comisión Técnica de Transporte de Diseño Geométrico desea expresar nuestro agradecimiento por la asistencia técnica proporcionada por la empresa."

- Mark A. Marek, P.E, Chair, AASHTO Tech. Committee on Geometric Design

"Estamos muy contentos con AutoTURN como nuestra selección de software de análisis de trayectoria de giro. Además de ser fácil de usar como un producto, la administración del software para el Departamento también ha demostrado ser un simple esfuerzo"

- Nebraska Department of Roads

"Las personas que hacen nuestro trabajo de diseño de gestión del tráfico no podían prescindir de él."

- Fay, Spofford and Thorndike Inc., Boston, USA

"AutoTURN es el mejor modelo que tenemos conocimiento de determinar las características desvío de las ruedas de los vehículos en las curvas de diferentes radios y ángulos centrales."

- Caltrans, USA

"AutoTURN es un producto sólido que representa con precisión las trayectorias de giro de los vehículos... muy útil para fines de demostración y propósitos de diseño."

-City of Calgary, Canadá

"Hemos encontrado el programa es un placer trabajar con y utilizar. Lo recomendamos bastante su software a nuestros compañeros". (Transoft, www.transoftsolutions.es/autoturn/clients, 2015)

La siguiente publicación ofrece un programa: "Trayectoria de Giro de vehículos a baja velocidad", para ordenador personal compatible que permite *definir, representar, dibujar, y calcular las coordenadas de puntos significativos de cualquier vehículo rígido o articulado*, a partir de su configuración y de la definición de la trayectoria del centro de su eje

director. Asimismo proporciona información sobre configuraciones de uso frecuente en España. Confiamos que esta modesta herramienta desarrollada por el Ingeniero de Caminos, don Alberto Mendizábal Aracama, mediante un contrato de asistencia técnica con el Área de Tecnología de la Dirección General de Carreteras, permita a los proyectistas y constructores de carreteras sustituir las curvas de tres centros por procedimientos más modernos y ajustados.

Trayectoria de Giro de vehículos a baja velocidad, en el proyecto de intersecciones, calles, aparcamientos y, en general, de todos aquellos elementos de la vía en los que la velocidad a la que son recorridos no resulta determinante para aquello son más bien las dimensiones y capacidad de maniobra de los vehículos. Conducidos a velocidad de maniobra no superior a unos 15km/h. En estas condiciones se pueden describir curvas de muy pequeño radio en las que el espacio barrido por el vehículo resulta notablemente superior al ocupado en trayectorias rectas, sobre todo en el caso de vehículos articulados como consecuencia de ello, los bordes del carril tienen una definición geométrica distinta uno del otro apareciendo un sobreebanco en general variable conocida la trayectoria de un punto director del vehículo de cualquier otro punto del mismo es una tractiz de aquella definida por una ecuación diferencial.

Las actuales recomendaciones para el proyecto de intersecciones, que datan de 1967, soslayan la integración de la tractiz implicándola mediante curvas circulares de 3 centros. Para el estudio de los movimientos de giro de los vehículos a baja velocidad es admisible un enfoque puramente geométrico, *prescindiendo* de consideraciones *cinemáticas* o *dinámicas*. Conocidos son los efectos debidos a la velocidad propia del vehículo, al modo de conducción, a su peso total y su reparto en suspendido y no suspendido, al reparto dinámico de pesos sobre cada eje y neumático, a la geometría de las suspensiones, a los efectos producidos por agrupaciones de ejes y por agrupaciones de neumáticos, a las características de los neumáticos, a las dimensiones y configuración del vehículo y su estado, a la geometría del trazado a la

calidad y textura del pavimento a la interacción neumático-pavimento, a las condiciones ambientales, etc. (Rocci Boccaleri, 1988)

1.3 Problematización

No se verifica en la actualidad con las condiciones actuales de vehículos apropiados al diseño de curvas horizontales de las vías rurales y urbanas.

1.4 Objetivos

Objetivos Generales

Verificar las condiciones de seguridad en el diseño de curvas horizontales de vías con esta herramienta de vanguardia.

Objetivos específicos

Simular los giros de vehículos mediante el uso del software **VEHICLE TRACKING**

Analizar mediante la simulación del recorrido del vehículo y animación en AutoCAD Civil 3D para su adecuada verificación.

1.5 Importancia

Es importante en el diseño de vías rurales y urbanas la verificación de todas las condiciones de seguridad como el sobreebanco, radio, peralte, y visibilidad.

1.6 Justificación

Utilizando el software de **VEHICLE TRACKING** se hará la simulación del giro de los vehículos y se complementarán con la animación realizada en AutoCAD Civil 3D.

1.7 Metodología

Estudiar, analizar los elementos que intervienen en el diseño geométrico de las curvas (velocidad Radio, sobreebanco, Peralte).

Realizar comprobaciones de sus efectos mediante el empleo de simuladores.

En tiempo real se analizaran conflictos de las obstrucciones en el recorrido de los vehículos, generando recorridos nuevos e independientes del trayecto principal realizando Giros de esquina.

Añadiendo vistas de planta realizadas de los vehículos para crear simulaciones y animaciones.

Se realizara ediciones de Giros de vehículos, ajustándose manualmente las desviaciones de rutas y simulaciones adaptadas a la geometría del recorrido que permite realizar ediciones de pinzamiento en el recorrido y ediciones de rutas.

Se comprobara los límites de Visibilidad de paso donde interviene la altura del ojo del conductor y la altura del ojo del vehículo contrario, y se obtendrá las distancias de línea visual.

CAPITULO II: DESARROLLO TEORICO

AutoTURN® es la tecnología avanzada de análisis y modelado de áreas de barrido de vehículos. Simular maniobras de giro hacia delante y marcha atrás es ahora más fácil y rápido con las Herramientas SmartPath de AutoTURN: modos de conducción interactivos que incorporan velocidad, peralte, fricción lateral y algoritmos de radio de giro.

Simulaciones y edición de giros de vehículos: Ajuste manualmente las desviaciones de ruta con solo arrastrar y mover los puntos de agarre mediante la visualización gráfica del radio.

Previsualice el siguiente giro a izquierda o derecha del vehículo basado en las velocidades y el radio mínimo de giro.

Modifique los nodos finales para darles una posición o ángulo de barrido diferentes para la ruta en esquina y de sobreviraje.

Simulaciones de vehículos "adaptadas" al lugar centradas o desplazadas a la izquierda/derecha con opción de transición suave en recorridos dibujados por el usuario a partir de líneas, arcos, polilíneas, cadenas complejas e incluso alineaciones de AutoCAD® Civil 3D®.

Simulación adaptada vinculada a la geometría del recorrido que permite realizar ediciones de pinzamientos en el recorrido.

Función de análisis de conflictos que proporciona información en tiempo real de las obstrucciones en el recorrido del vehículo.

Utilice la función Regenerar simulación en las simulaciones existentes para ver los conflictos que se produzcan después de añadir, eliminar o modificar obstáculos al recorrido.

Realice maniobras de simulación marcha atrás para vehículos de 3 partes hacia cualquier vector.

Continúe generando recorridos nuevos e independientes del trayecto principal.

Realice giros de esquina marcha atrás con un ángulo de barrido de 1° a 160°.

Añada vistas de planta realistas de los vehículos para crear simulaciones y animaciones.

Genere envolventes de áreas de barrido a partir de formas de vehículos con esquinas achaflanadas o radios biselados.

Cree líneas de visión cónicas para evaluar vistas en espejos, puntos ciegos o trayectos de luces delanteras.

Coloque, elimine o recupere vehículos, simulaciones activas y rutas activas.

Agregue y analice cargas y espacios libres de vehículos.

Herramientas de análisis del vehículo

Evalúe la simulación de vehículo en un perfil vertical teniendo en cuenta los puntos de seguimiento, el gálibo y la línea de techo aérea o los obstáculos.

Previsualice el siguiente giro a izquierda o derecha del vehículo basado en las velocidades y el radio mínimo de giro.

Realice el análisis de límite de visibilidad horizontal basado en una polilínea, un intervalo y la distancia de línea visual definida por el usuario.

Compruebe los límites de visibilidad verticales con la altura de la vista del conductor, la altura del objeto, el intervalo y las distancias de línea visual.

Visualice puntos de conflicto para vehículos en otra capa que puede ser activada o desactivada

Bibliotecas de vehículos ampliadas de AutoTURN: ¿No encuentra el camión, autobús o vehículo que necesita entre los vehículos estándar suministrados por AutoTURN para su proyecto de construcción? Hemos creado una Biblioteca de vehículos ampliada que contiene cientos de vehículos especiales para diferentes sectores incluyendo emergencias, construcción, transporte de mercancías y militar. Lista completa de los vehículos disponibles. (Transoft, <http://www.transoftsolutions.es/autoturn/features>, 2015)

2.1 CALZADAS

2.1.1 Ancho de Calzada

Es la parte de la vía destinada al uso de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles como se puede observar en la ilustración 1

Ilustración 1. Calzada



Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304: Sección Transversal, subsección 304.03 – Calzada; debemos tener en cuenta los siguientes datos: clasificación de la carretera según su función, de acuerdo a la demanda, la orografía y la velocidad de diseño para dirigirnos a la tabla 1 “Ancho mínimo de calzadas en tangente”

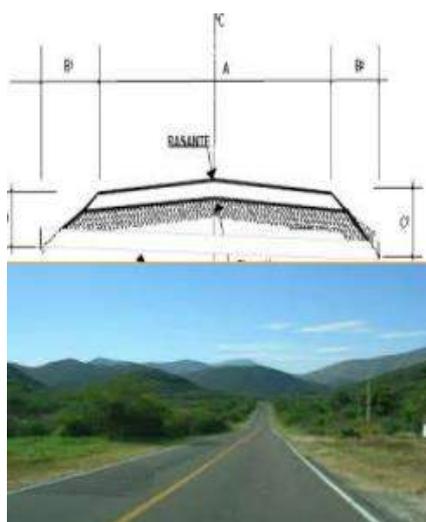
Tabla 1. Anchos mínimo de calzadas en tangente

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																	6,60	6,00	6,00	
40 km/h													6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00
50 km/h									7,20	7,20			7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20		7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60			
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20						
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20									
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20										
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
130 km/h	7,20	7,20																		

2.2.2 Bombeo

Inclinación que se da en ambos lados del trayecto, para drenar la superficie del mismo. Evita que el agua se encharque provocando reblandecimiento y que se generen problemas de erosión podemos observarlo en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Bombeo



Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304: Sección Transversal, subsección 304.04 – Bombeos; de acuerdo a la precipitación (mm/año) y el tipo de superficie del proyecto vemos la tabla 2 “Valores del bombeo de la calzada”

Tabla 2. Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

2.2 CURVAS

2.2.1 Curvas Circulares

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 302: Diseño geométrico en planta, subsección 302.04 – Curvas Circulares; Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

- **Elementos de la curva circular**

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C.: Punto de inicio de la curva

P.I.: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T.: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada media (m)

R: Longitud del radio de la curva (m)

T: Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L: Longitud de la curva (m)

L.C: Longitud de la cuerda (m)

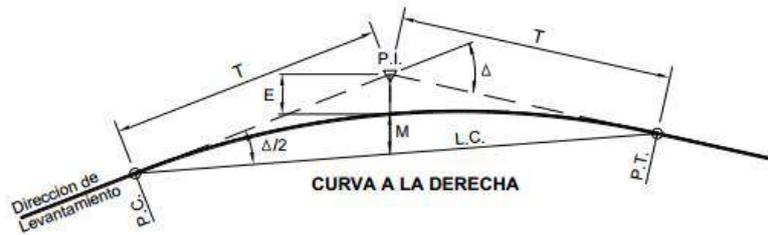
Δ : Angulo de deflexión ($^{\circ}$)

p: Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa: Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales. En la Ilustración 3 se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Ilustración 3. Simbología de la curva circular



P.C. = Punto de Inicio de la Curva	
P.I. = Punto de Intersección	
P.T. = Punto de Tangencia	
E = Distancia a Externa (m.)	$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)	$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)	$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)	$M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$
L = Longitud de la Curva (m.)	$E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)	
Δ = Ángulo de Deflexión	

- **Radios mínimos**

Son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula o ir a la Tabla 3 y Tabla 3.1 “Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carretera”:

$$R_m = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Donde:

- R_m : Radio Mínimo
- V : Velocidad de diseño
- P_{máx} : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).
- f_{máx} : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Tabla 3. Radios mínimos y peraltes máximos para diseños de carretera

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	835,2	495
	110	4,00	0,11	1.108,9	635
	120	4,00	0,19	872,2	875
	130	4,00	0,08	1.108,9	1.110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90
	60	6,00	0,15	135,0	135
	70	6,00	0,14	192,9	195
	80	6,00	0,14	252,9	255
	90	6,00	0,13	437,4	335
	100	6,00	0,12	560,4	440
	110	6,00	0,11	755,9	560
	120	6,00	0,09	950,5	755
	130	6,00	0,08	1.187,2	950

Tabla 3 1. Radios mínimos y peraltes máximos para diseños de carretera

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

Relación del peralte, radio y velocidad específica Ver Ilustración 4, 4.1, 4.2 y 4.3

Ilustración 4. Peralte en cruce de áreas urbanas

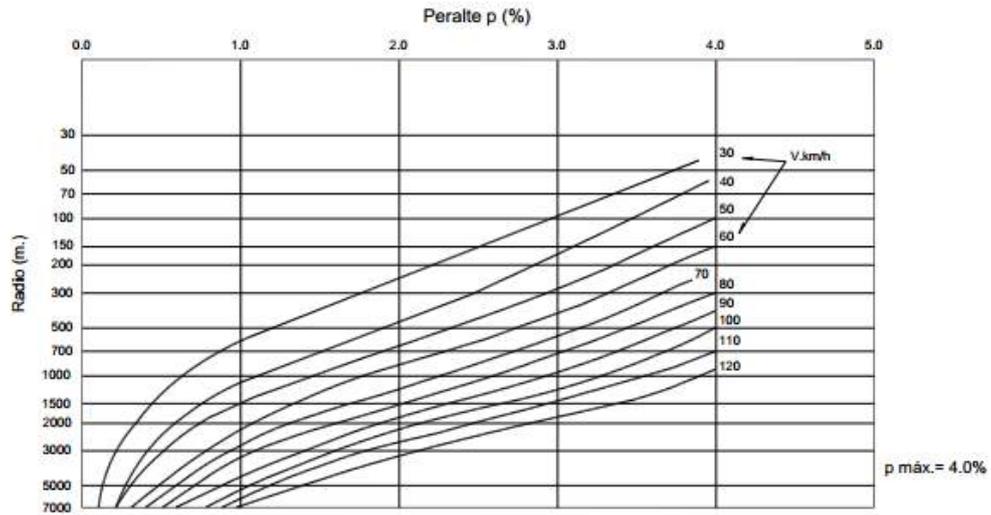


Ilustración 4.1. Peralte en zona rural (Tipo 1,2 ó 3)

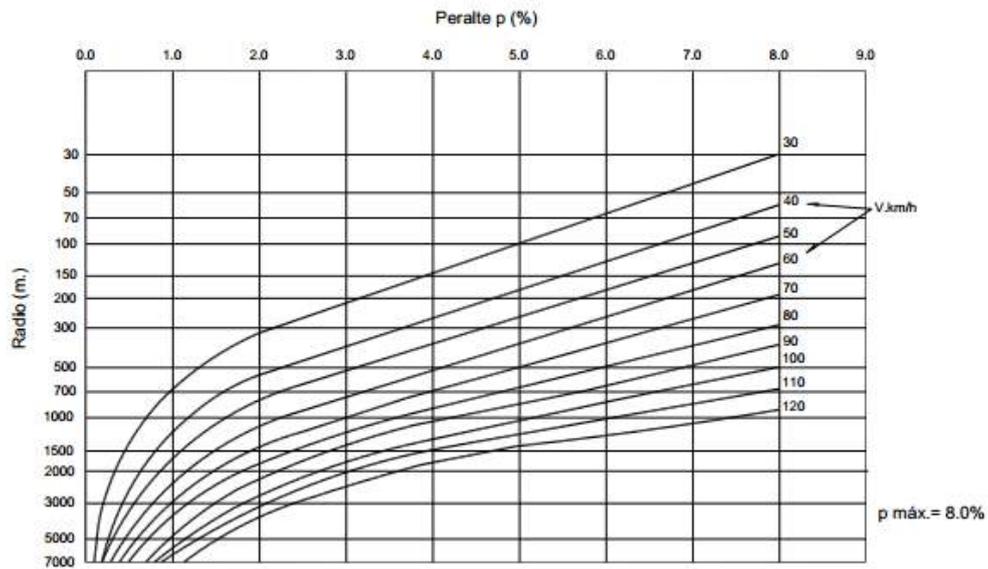


Ilustración 4.2. Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)

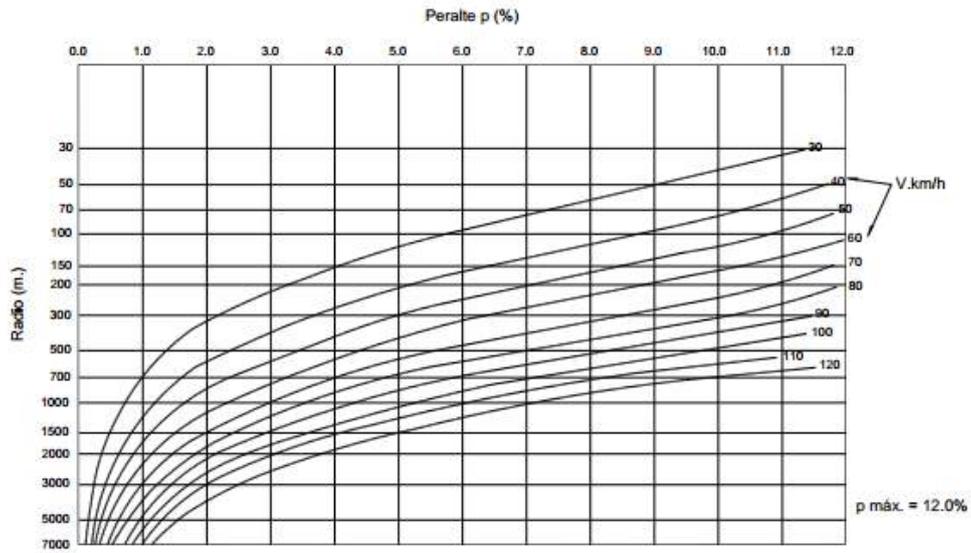
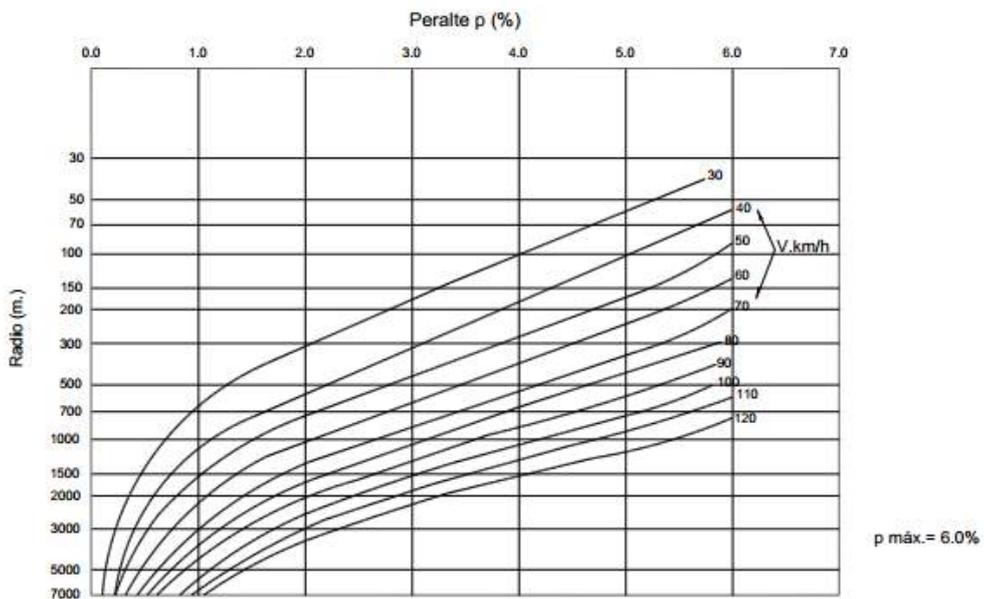


Ilustración 4.3. Peralte en zona con peligro de hielo



2.2.2 Curvas De Transición

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 302: Diseño geométrico en planta, subsección 302.05 – Curvas de Transición; Las curvas de transición, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

La **ecuación de la clotoide** (Euler) está dada por:

$$R L = A^2$$

Dónde:

R: radio de curvatura en un punto cualquiera

L: Longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R

A: Parámetro de la clotoide, característico de la misma

En el punto de origen, cuando $L = 0$, $R = \infty$, y a su vez, cuando $L = \infty$, $R = 0$

Por otro lado: Radianes (rad) = $L^2 / 2 A^2 = 0.5 L / R$

Grados centesimal (g) = $31.831 L / R$

1 rad = 63.662g.

Parámetro de la Clotoide está dado por:

$$A_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{VR}{46656 J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)}$$

Donde:

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio de curvatura (m)

J: Variación uniforme de la aceleración (m/s³)

P: Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptarán para **J** los valores indicados en la Tabla 4.

Para los Radios que sean los valores establecidos en las Tablas 5 y 6 se podrá prescindir de la curva de transición.

Tabla 4. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Tabla 5. Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Tabla 6. Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

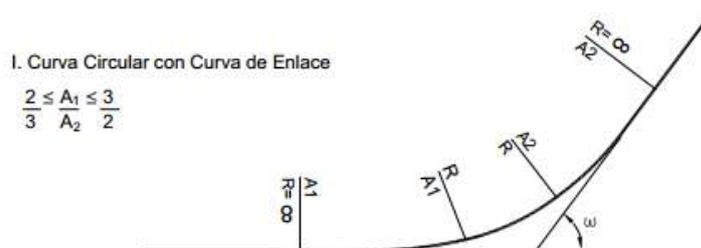
2.2.3 Curvas Compuestas

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 302: Diseño geométrico en planta, subsección 302.06 – Curvas compuestas; Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

- **Curva circular con curva de transición.**

Los parámetros A_1 y A_2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en la Ilustración 5. Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre $A < t_1 + t_2$, no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos w corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio.

Ilustración 5. Curva circular con curva de transición



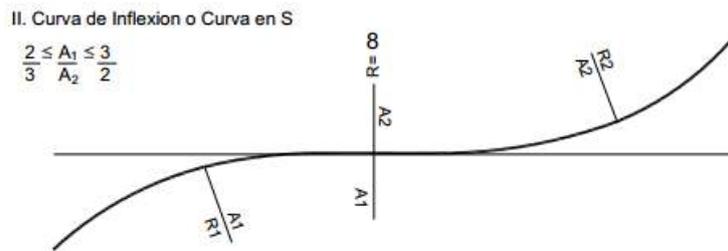
- **Curva de inflexión o curva en “S”**

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A_1 y A_2 , los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la Ilustración 6. A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de

radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Ilustración 6. Curva de inflexión



- **Ovoide**

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la Ilustración 7 La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

Ilustración 7. Ovoide

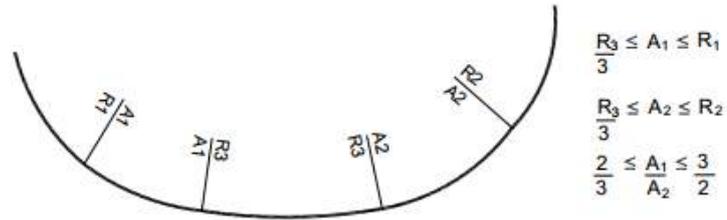


- **Ovoide Doble**

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar "R3", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre el radio y parámetros se indican en la Ilustración 8.

Ilustración 8. Ovoide doble

IV. Ovoide Doble

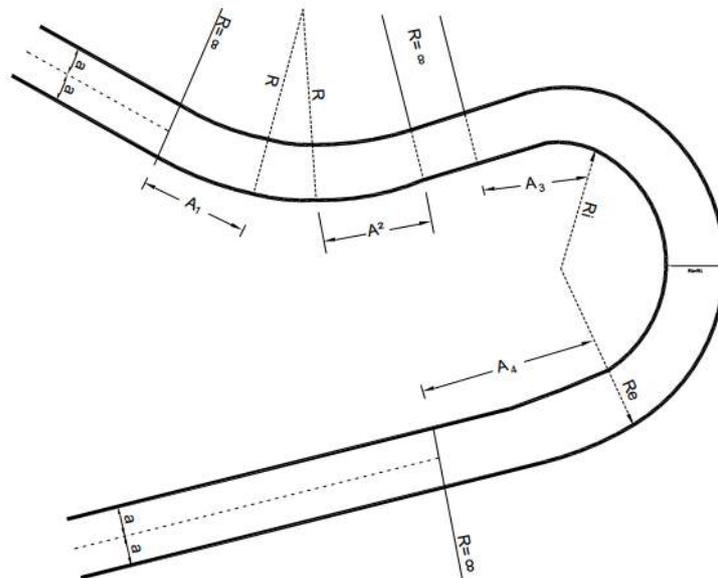


2.2.5 Curvas De Vuelta

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 302: Diseño geométrico en planta, subsección 302.06 – Curvas de vuelta; Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos

Este tipo de curvas no se emplearan en autopistas, en tanto que en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m. el radio interior mínimo. Podemos observar un ejemplo en la Ilustración 9.

Ilustración 9. Curva de vuelta

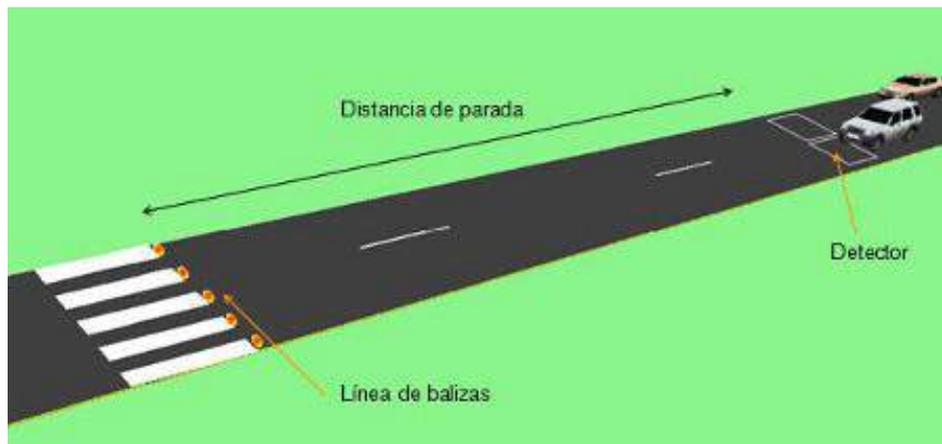


2.3 VISIBILIDAD

2.3.1 Distancia de Visibilidad de Parada

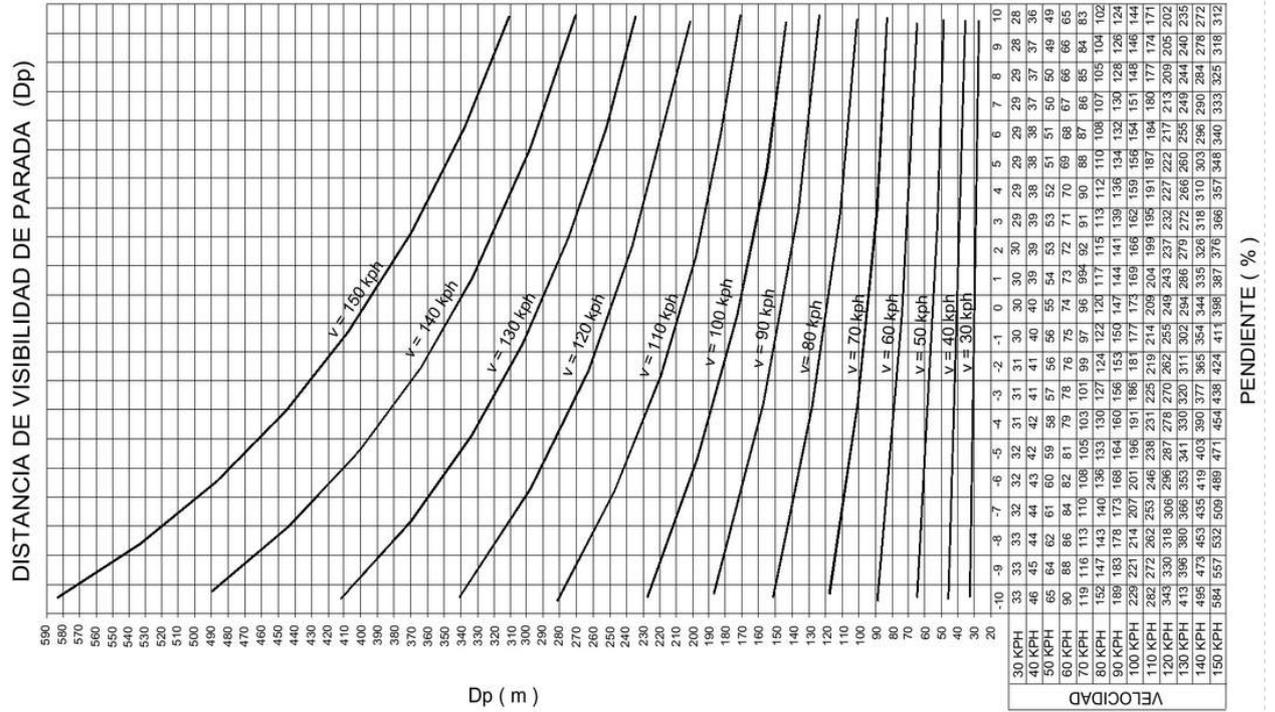
Es la mínima longitud necesaria para que un vehículo que viaja a la velocidad de diseño pueda detenerse a tiempo antes de alcanzar a un objeto inmóvil en su trayectoria como se puede apreciar en la ilustración 10, dicho objeto inmóvil deberá ser mayor a 15 cms.

Ilustración 10. Distancia de visibilidad de parada



La distancia de visibilidad de parada se puede obtener acuerdo a la siguiente ilustración 11 la cual se ha extraído del Manual de diseño geométrico de carreteras.

Ilustración 11. Determinación de visibilidad de parada

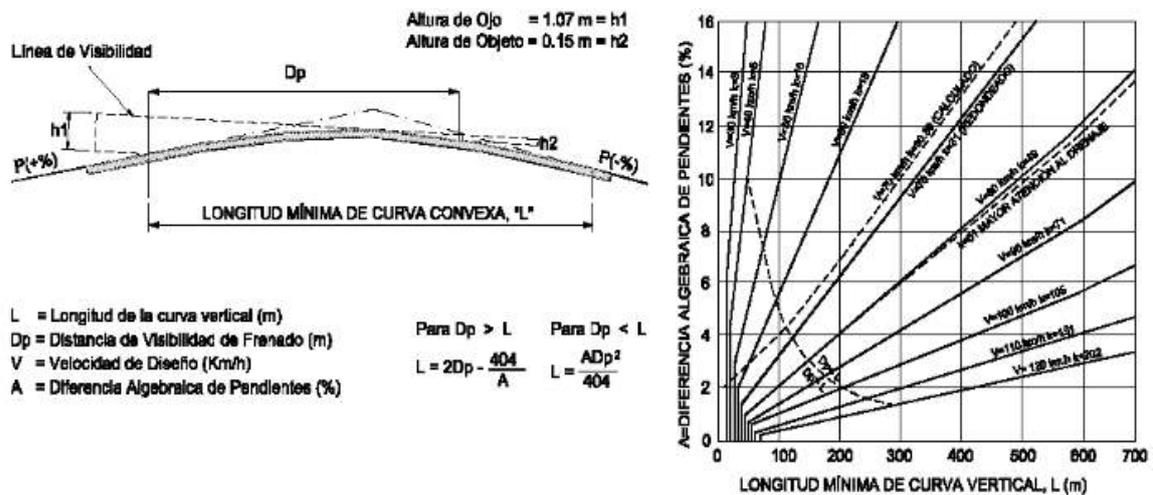


- Longitud mínima de Curva vertical convexa con visibilidad de parada

Para el cálculo de la longitud mínima de curva vertical convexa (con visibilidad de parada) está dada por las expresiones que se muestran en la ilustración 12.

Ilustración 12. Longitud mínima de curva vertical parabólica

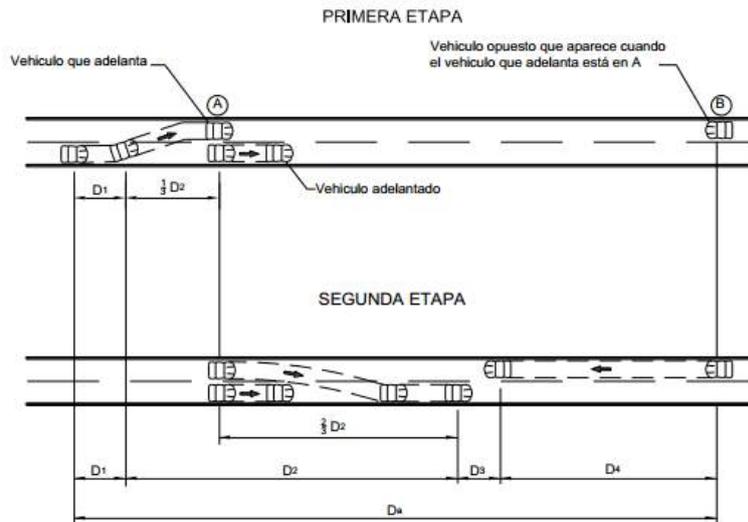
LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL PARABÓLICA
CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA



$D_p < L$, cuando está por encima de la curva roja.

$D_p > L$, cuando está debajo de la curva roja.

Ilustración 14. Visibilidad de paso



La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la Figura 205.02, se determina como la suma de cuatro distancias.

$$\text{Así: } D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Dónde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a sus carril, en metros.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.

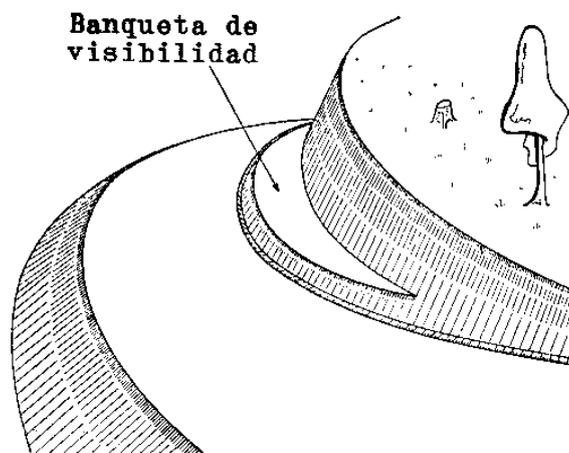
D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en $\frac{2}{3}$ de D_2), en metros.

2.3.3 Banqueta de Visibilidad

En las curvas horizontales deberán asegurarse la visibilidad a la distancia mínima de parada.

El control de este requisito y la determinación del ancho máximo (a máx.) de la banqueta de visibilidad, se definirá luego de verificar si una curva provee o no la distancia de visibilidad requerida. Ver ilustración 15.

Ilustración 15. Banqueta de visibilidad



2.3.4 Coordinación entre Curvas Circulares

Para todo tipo de carretera, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia, así como mediante tangente de longitud menor o igual a 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos. Ver tabla 7, 8 y 9.

Tabla 7. Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628
500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640

Tabla 8. Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488		> 1720	

Tabla 9. Relación de radios consecutivos - grupo 2

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280
270	540	171	590	> 670	282
280	580	176	600	> 670	285
290	623	181	610	> 670	287
300	670	186	620	> 670	289
310	> 670	190	640	> 670	294
320	> 670	195	660	> 670	298
330	> 670	199	680	> 670	302
340	> 670	204	700	> 670	306
350	> 670	208		> 670	

2.4 PERALTE

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304: Sección Transversal, subsección 304.06 – Peralte; debemos tener en cuenta los siguientes factores: condiciones climáticas, orografía, zona (rural y urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento; con estos datos nos vamos a la tabla 10 “Valores de Peralte Máximo” y determinamos el grafico a usar para hallar el peralte.

Tabla 10. Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

2.4.1 Desarrollo del Peralte en Curvas Circulares

Para el dato de inclinación de Berma (%), según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304 – Sección Transversal, subsección 304.04 Bermas, nos fijamos en la tabla 11 “*Inclinación de Bermas*” y escogemos según el tipo de superficie.

Tabla 11. Inclinación de Berma

Superficie de las Bermas	INCLINACIONES TRANSVERSALES MINIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIONES NORMAL (IN)	INCLINACION ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

- 1 La utilización de cualquier valor dentro de este rango depende de la de la zona. Se deben utilizar valores cada vez mayores a medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones.
- 2 Caso especial cuando el peralte de la curva es igual al 8% y la berma es exterior.



El dato del sobreebanco según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 302 – Alineación Horizontal, subsección 302.09 Sobreebanco nos fijamos en la tabla 12 “Valores de Sobreebanco en función a “L” del tipo de vehículo de diseño” y escogemos el valor redondeado según el radio de la curva y la velocidad de diseño, o se puede hacer uso de la formula mostrada.

Tabla 12. Valores de sobreebanco en función a "L" del tipo de vehículo de diseño

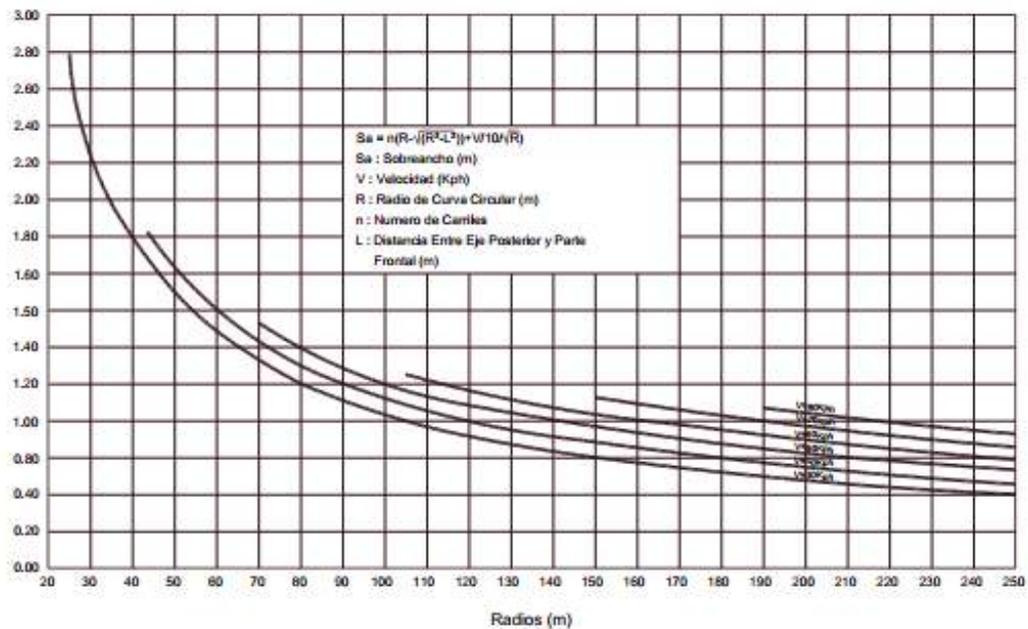
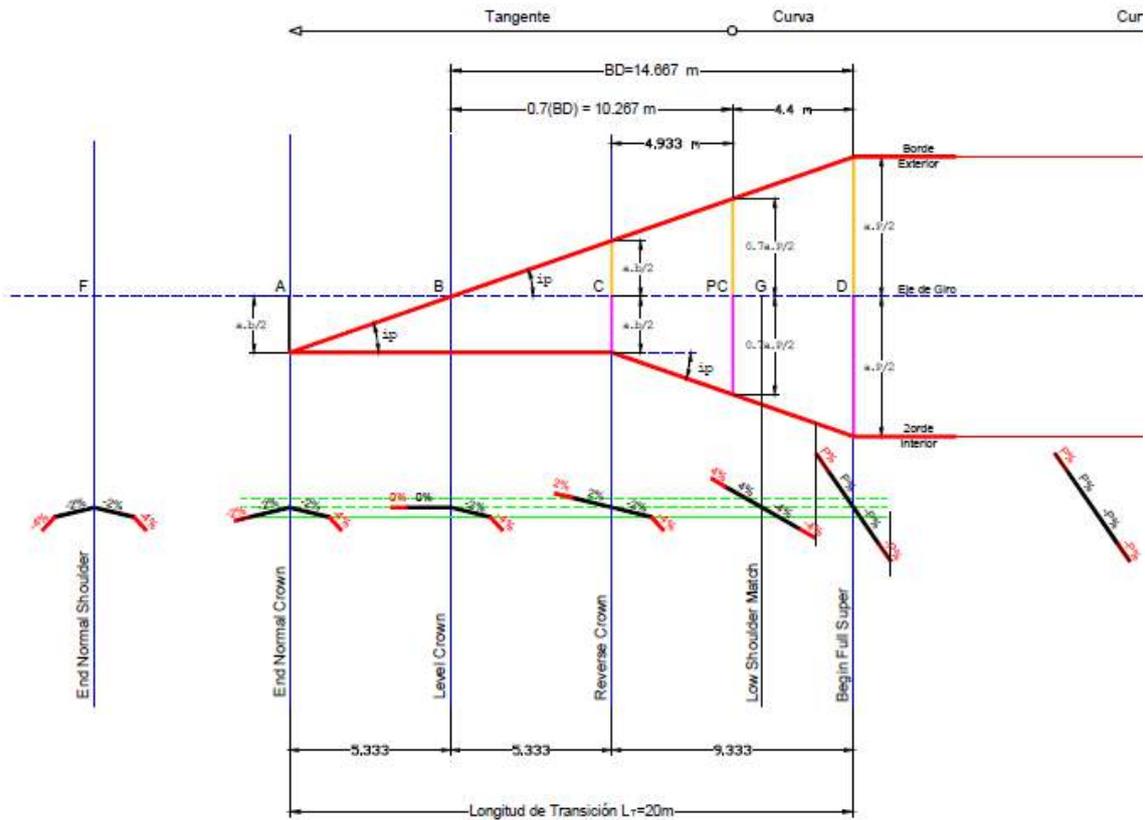


Ilustración 16. Transición del peralte

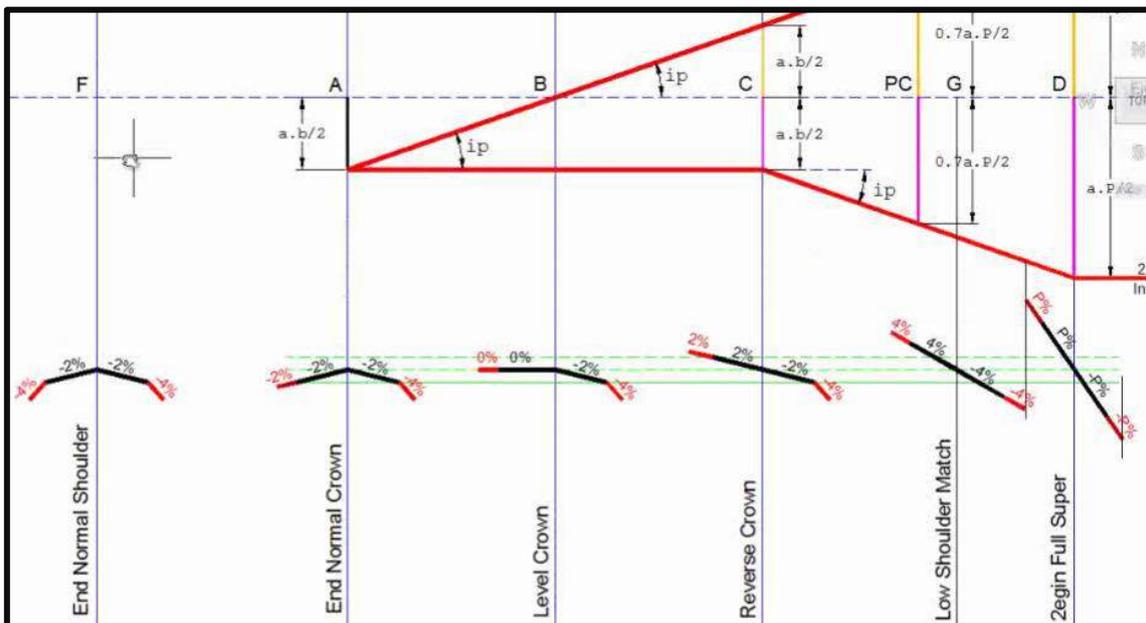


Con ayuda de la Ilustración 16 mostrada procedemos hacer los cálculos:

1. La fórmula para la Longitud de aplanamiento ($L_{apla} = AB$)
2. $L_{apla} = \frac{P_i \times L_{tp_{redondeado}}}{(P_f + P_i)}$
3. Para el valor de BC se toma el valor de AB que es igual a la longitud de aplanamiento
4. Para el valor de CD
 - a. $CD = L_{tp_{redondeada}} - AB - BC$
5. Para el valor de BD
 - a. $BD = L_{tp_{redondeada}} - L_{apla}$
6. Para el valor de $BPC = (\text{Desarrollo del peralte}) \times BD$, (tabla 304.05)

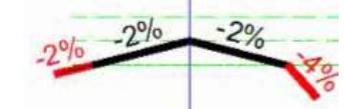
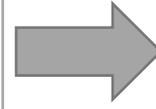
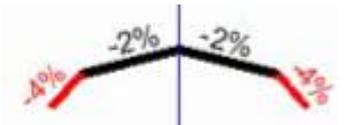
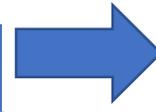
7. El valor de $CP_c = BP_c - BC$
8. El valor de $PcD = (1 - \text{Desarrollo del peralte}) \times BD$
9. El valor de $FA = (N - P_i) \times BD / P_f$
10. El valor de $BG = N \times BD / P_f$
11. Para determinar si la curva es a la derecha o izquierda debemos tener en cuenta lo siguiente.

Ilustración 17. Transición de peralte para curva con sentido a la derecha

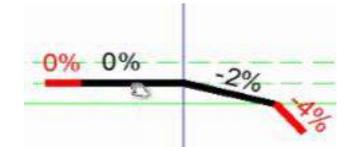
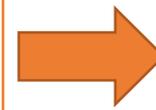


De la ilustración 17 transición de peralte para curvas circulares podemos observar que en la entrada de la curva la parte izquierda (carril exterior) se va elevando quiere decir que es una curva a la derecha; caso contrario será una curva a la izquierda.

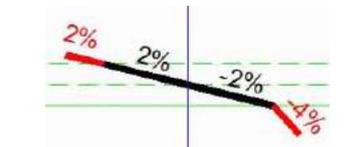
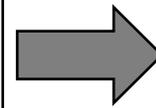
F = End Normal Shoulder (*Fin de la Berma Normal*) = donde la berma exterior empieza a rotar en este caso al A = End Normal Crown (*Fin del Bombeo Normal*) = en este punto se observa que la berma ya empezó a rotar llegando a igualar a la calzada; aquí la berma y la calzada empiezan a rotar hacia la izquierda.



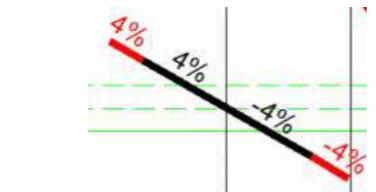
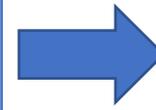
B = Level Crown = en este punto se nivela a 0% lado izquierdo



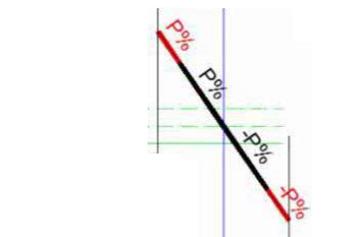
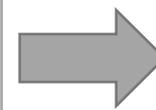
C = Reverse Crown (*Reversa del Bombeo*) = en este punto el carril interior esta con la inclinación contraria, estaba inicialmente con -2% y ahora esta con 2% pero alineado con el carril interior.



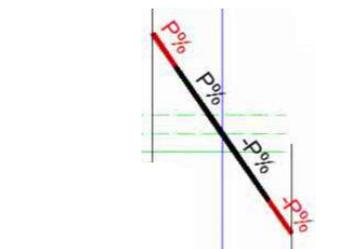
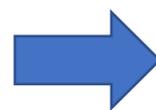
G = Low Shoulder Match (*Igual a la berma baja*) = a igualado al punto mas bajo o inclinación de berma -4% (en este caso derecha)



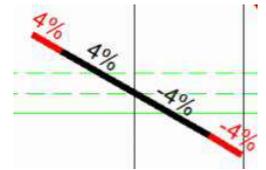
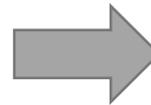
D = Begin Full Super (*Inicio de Peralte Total*) = Una vez igualado toma el valor del peralte máximo indicado para cada curva y se mantiene hasta D' (*para este caso dato de la Figura 304.04*)



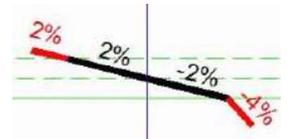
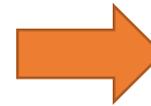
D' = End Full Super (*Final de Peralte total*) = termina el peralte máximo, aquí empezara a regresar en su estado en tangente (retrocede igual como avanzo es como si fuera un espejo)



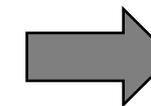
G' = Low Shoulder Match (*Igual a la berma baja*) = a igualado al punto más bajo o inclinación de berma -4%



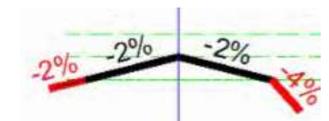
C = Reverse Crown (*Reversa del Bombeo*) = en este punto se alinea al valor del bombeo interior -2% y el bombeo exterior a 2%.



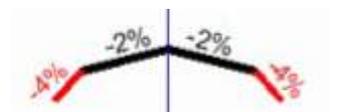
B = Level Crown = en este punto se nivela a 0% lado izquierdo



A = Begin Normal Crown (*Empieza el Bombeo Normal*) = calzada en forma normal



F = Begin Normal Shoulder (*Empieza la Berma Normal*) = la inclinación cuando está en tangente.



2.4.2 Desarrollo de Peraltes en Curvas de Transición

El Diagrama de Desarrollo del peralte es similar al de curva circular, donde la curva de transición empieza cuando el bombeo del carril exterior es 0°, llegando al peralte máximo justo en el término de curva de transición con el inicio de la curva circular, como se muestra en la siguiente ilustración N°18.

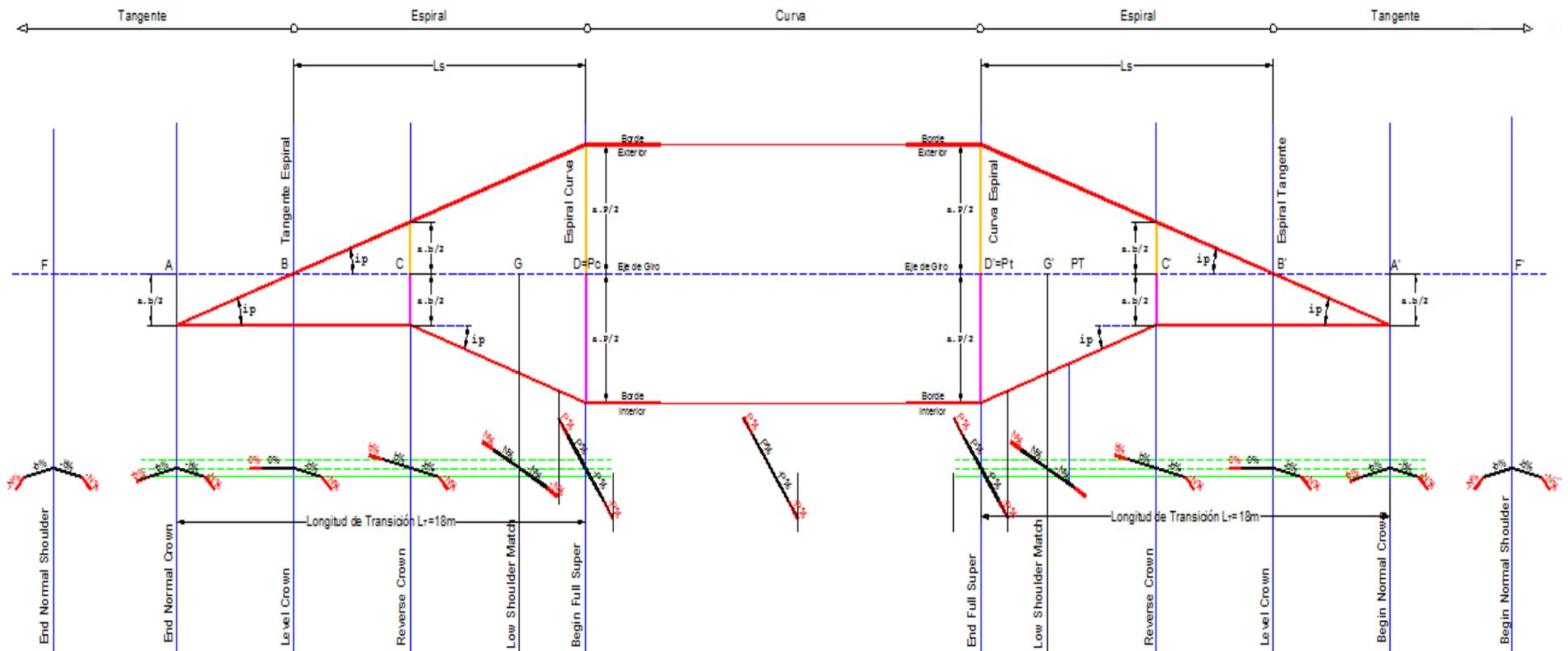


Ilustración 18. Desarrollo de peralte en curva de transición

1. La fórmula para la Longitud de aplanamiento ($L_{apla} = AB$)

$$L_{apla} = \frac{P_i \times L_{s_{diseño}}}{P_f}$$

Longitud de espiral de diseño ($L_{s_{diseño}}$) = 30 m. (Como mínimo será 30 m.)

2. Para el valor de BC se toma el valor de AB que es igual a la longitud de aplanamiento

3. Para el valor de CD

$$CD = L_{s_{diseño}} - BC$$

4. El valor de $AF = (N - P_i) \times L_{s_{diseño}} / P_f$

5. El valor de $BG = N \times L_{s_{diseño}} / P_f$

6. Para determinar si la curva es a la derecha o izquierda debemos tener en cuenta lo siguiente.

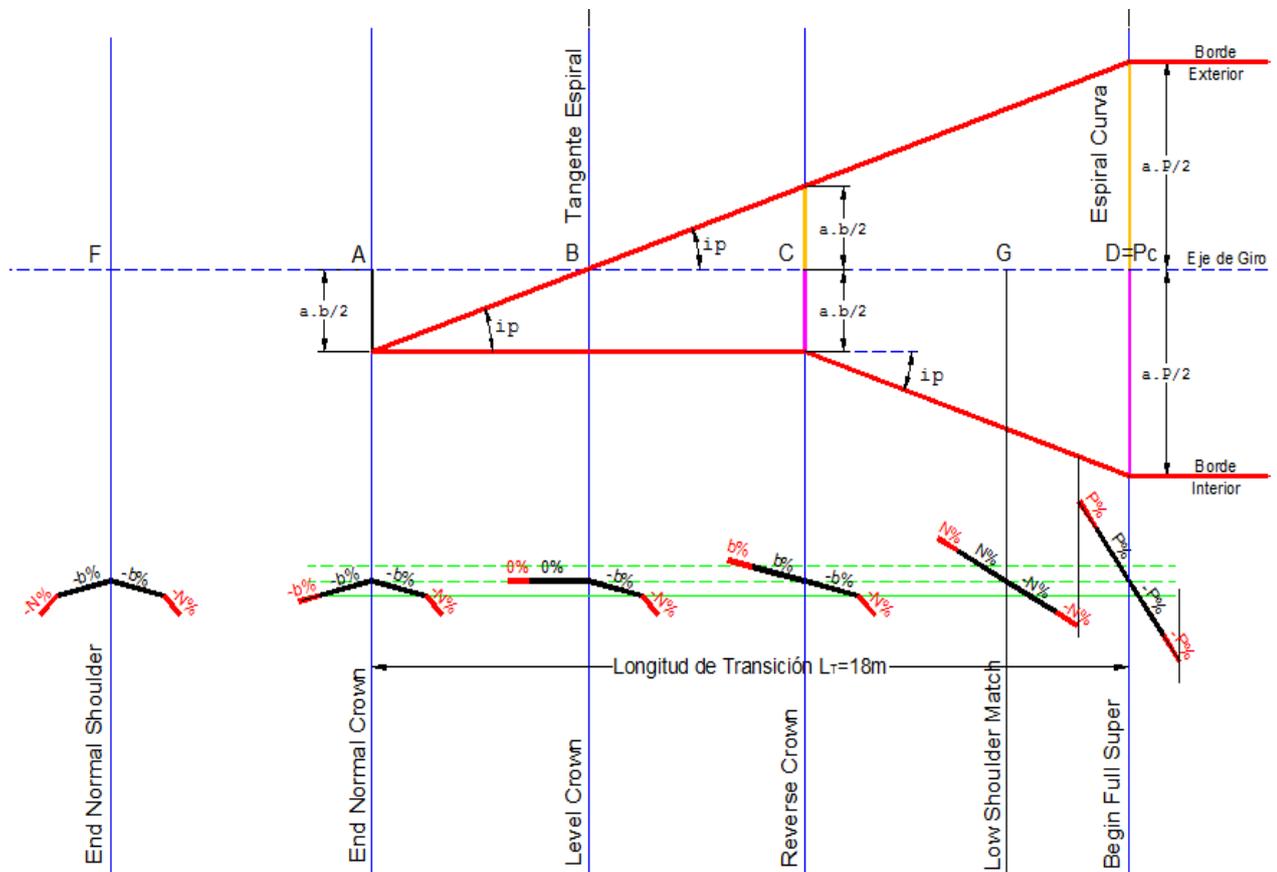
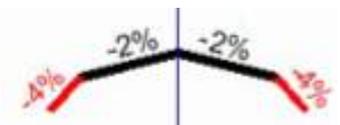
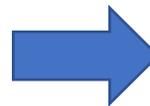


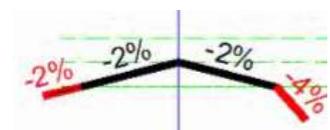
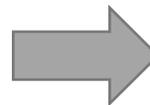
Ilustración 19. Transición de peralte para espirales

De la ilustración 19 transición de peralte para espirales podemos observar que en la entrada de la curva la parte izquierda (carril exterior) se va elevando quiere decir que es una curva a la derecha; caso contrario será una curva a la izquierda.

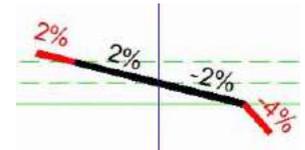
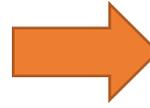
F = End Normal Shoulder (*Fin de la Berma Normal*) = donde la berma exterior ($N\% = 4$) empieza a rotar, en este caso al lado izquierdo. El bombeo es 2% para este caso



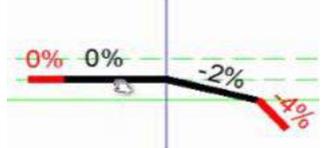
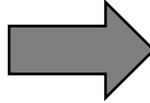
A = End Normal Crown (*Fin del Bombeo Normal*) = en este punto se observa que la berma ya empezó a rotar llegando a igualar al bombeo de la calzada; aquí la berma y la calzada empiezan a rotar lado izquierdo.



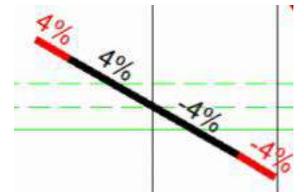
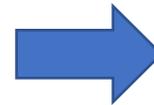
B = Level Crown = en este punto se nivela a 0% lado izquierdo.



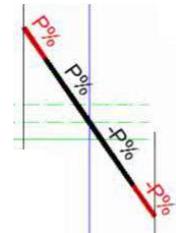
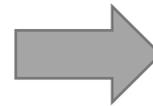
C = Reverse Crown (*Reversa del Bombeo*) = en este punto el carril interior esta con la inclinación contraria, estaba inicialmente con -2% y ahora esta con 2% pero alineado con el carril interior



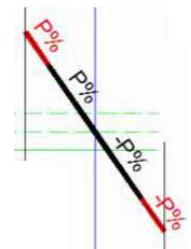
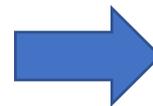
G = Low Shoulder Match (*Igual a la berma baja*) = a igualado al punto mas bajo o inclinación de berma -4% (en este caso al lado derecho)



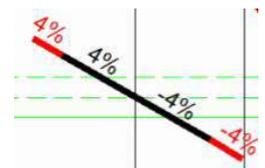
D = Begin Full Super (*Inicio de Peralte Total*) = Una vez igualado toma el valor del peralte máximo indicado para cada curva y se mantiene hasta D' (*valor del peralte para esta curva*)



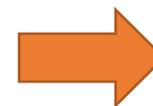
D' = End Full Super (*Final de Peralte total*) = termina el peralte máximo, aquí empezara a regresar en su estado en tangente (retrocede igual como avanzo es como si fuera un espejo)



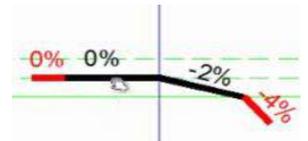
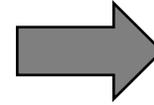
G' = Low Shoulder Match (*Igual a la berma baja*) = a igualado al punto más bajo o inclinación de berma -4%



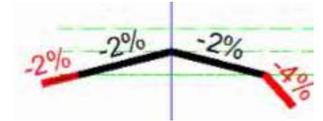
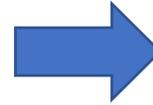
C = Reverse Crown (*Reversa del Bombeo*) = en este punto se alinea al valor del bombeo interior -2% y el bombeo



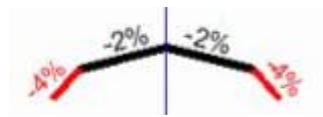
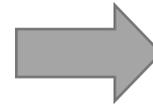
B = Level Crown = en este punto se nivela a 0% lado izquierdo



A = Begin Normal Crown (*Empieza el Bombeo Normal*) = calzada en forma normal



F = Begin Normal Shoulder (*Empieza la Berma Normal*) = la inclinación cuando está en tangente



2.4.3 Valores de Radios con Peralte Mínimo

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304: Sección Transversal, subsección 304.06 – Peralte; El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la Tabla 13.

Tabla 13. Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5.000 \leq R < 7.500$
$40 \leq V < 100$	$2.500 \leq R < 3.500$

2.4.4 Valores de Radio Por encima de los cuáles no es Indispensable Peralte

Tabla 14. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥ 100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

2.5 SOBREANCHO

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

2.5.1 Cálculo del Sobreancho

Previamente calculada su registro de peralte, se necesita saber lo siguiente:

$n = 2$ (número de carriles)

R = radio de la curva

L = longitud del eje posterior a la parte frontal de un camión. Para este ejemplo se utilizara un camión tipo C2.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

2.5.2 Cálculo de la transición del sobreancho

El sobreancho en un punto, antes que llegue al sobreancho máximo.

$$Sn = \frac{Sa}{Lt} x Ln$$

2.5.3 Desarrollo de Sobreancho en Curvas de Transición

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo III en la Sección 304: Sección Transversal, subsección 302.02 – Sobreancho; La longitud normal para desarrollar el sobreancho será de 40m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40m, el inicio de la transición se ubicará 40m, antes del principio de la curva circular.

Si la curva de transición es menor de 40m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

2.6 DISTANCIAS

Distancia Mínima y Máximas entre Curvas

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la Tabla 15.

Tabla 15. Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L min.s (m)	L min.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

2.7 INTERSECCIONES A NIVEL

Para el diseño de una intersección es necesario tomar en cuenta las limitaciones que existen debido al espacio disponible; entonces se debe recurrir al diseño en función de otros elementos como la tangente, puntos obligados, a parte del radio de la curva. Además de las implicaciones matemáticas que pueda generar un problema de diseño a resolver deben tenerse en cuenta los impactos sobre la sociedad, lo que pocas veces ocurre. Esta situación plantea la necesidad de diseñar una infraestructura vial que optimice las exigencias presentadas por la circulación vehicular, teniendo como objetivo principal proporcionar un sistema que brinde eficiencia, y sea a su vez seguro, económico y que esté acorde a los recursos disponibles.

La forma de producción industrial moderna hace que las ciudades se densifiquen y sea crítica la producción de espacio para el transporte. Así viene la preocupación no sólo con la producción de nuevo espacio para proveer más oferta, sino también la preocupación por la mejor utilización del espacio existente. La realización de una intersección vial está sujeta a varios factores que refutan la calidad y eficacia del proyecto, es indiscutible que el ingenio y creación de estas obras estén llevadas el máximo reto.

2.7.1 Criterios de Diseño

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo V en la Sección 502: Intersecciones a nivel, subsección 502.02 – Criterios de diseño; La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

2.7.2 Criterios Generales

Preferencia de los movimientos más importantes. En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

Reducción de las áreas de conflicto. En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

Perpendicularidad de las intersecciones. Las Intersecciones en ángulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que Permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

Separación de los movimientos. Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

Canalización y puntos de giro. Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas marcadas en el pavimento o con sardineles, los cuales ofrecen mayor seguridad.

Visibilidad La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.

2.7.3 Consideraciones de Tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

- **Volúmenes de tránsito**, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.
- **La composición de los flujos por tipo de vehículo**, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.
- Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito. Al proyectar una carretera con un determinado número de intersecciones o acondicionar las existentes, deben evaluarse sus capacidades, a fin de evitar el sub dimensionamiento que puede perjudicar el nivel de servicio.

2.7.4 Demanda y Modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe en los tramos donde la carretera atraviesa zonas urbanas, y su coordinación, si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada. La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

2.7.5 Elección del Tipo de Control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinara el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, acorde a las disposiciones del “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”, vigente. El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

2.7.6 Denominación y Clasificación de Intersecciones

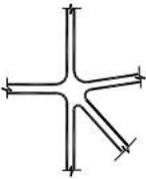
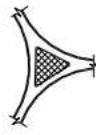
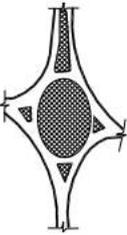
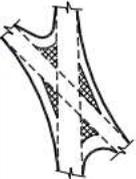
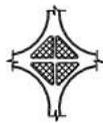
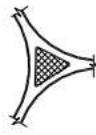
Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo V en la Sección 502: Intersecciones a nivel, subsección 502.01 – Denominación y tipos de intersección a nivel; Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo soluciones de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes. Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la Tabla 16, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel.

Tabla 16. Tipos de intersección a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60° y 120°
En Y	tres	< 60° y >120°
En X	cuatro	< 60°
En +	cuatro	>60°
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

En la ilustración 20 vemos diferentes tipos de Intersecciones a nivel que se dan

Ilustración 20. Variedad de tipos de intersección a nivel

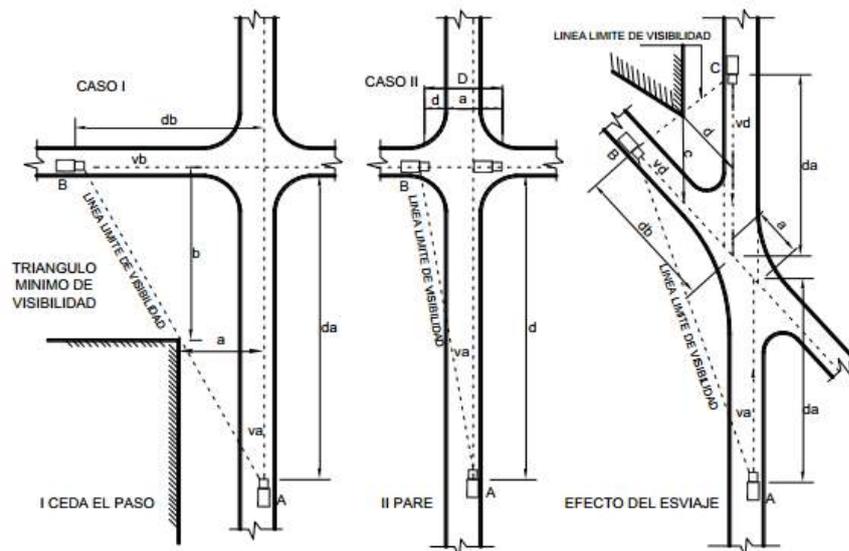
ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES			
	INTERSECCION EN X		INTERSECCION EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T	
								
								
								
								
	<p>EN ESTRELLA</p>							
	<p>VEASE FIGURA 501.01</p>							
	<p>ROTONDA</p>							
	<p>ENSANCHADA</p>		<p>ENSANCHADA</p>		<p>ENSANCHADA</p>		<p>ENSANCHADA</p>	
	<p>CANALIZADA</p>		<p>CANALIZADA</p>		<p>CANALIZADAS</p>		<p>CANALIZADAS</p>	
					<p>SIMPLE</p>		<p>SIMPLE</p>	
					<p>CANALIZADAS</p>		<p>CANALIZADAS</p>	

2.7.7 Visibilidad de Cruce

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo V en la Sección 502: Intersecciones a nivel, subsección 502.03 – Visibilidad de cruce;

- **Triángulo de visibilidad** El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad. La ilustración 21, muestra ejemplos de triángulos de visibilidad.

Ilustración 21. Triángulos de visibilidad



Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad requerida, debe removerse o reducirse a una altura límite, la cual debe establecerse durante el diseño para cada caso. Si el triángulo de visibilidad es imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con la visibilidad existente.

- **Triángulo mínimo de visibilidad** El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada. Cuando no se dispone de una visibilidad adecuada, un conductor puede acelerar, decelerar o detenerse en la intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo – velocidad, indica el triángulo de visibilidad

que se requiere libre de obstáculos, y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación. Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura, a través del área común del cruce. El diseño de la intersección, deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella.

- **Efecto del esviaje del cruce en el triángulo de visibilidad** Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, teniendo a la intersección en ángulo cercano a 90° . Se considerarán inconvenientes los ángulos inferiores a 60° o superiores a su suplemento. Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo inferior a 60° , algunos de los factores que determinan los rangos de visibilidad, resultan modificados. En la intersección esviada de la ilustración 21, se muestra cómo varía la condición de los triángulos de visibilidad para las correspondientes distancias d_a y d_b . En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea límite de visibilidad con la trayectoria del vehículo es pequeño, lo que permite al conductor, la total visibilidad a través del triángulo, con un pequeño movimiento de cabeza. Por el contrario en el cuadrante que presente ángulo agudo, el conductor debe hacer un esfuerzo considerable para dominar la totalidad de la zona.

2.7.8 Intersecciones sin Canalizar

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo V en la Sección 502: Intersecciones a nivel, subsección 502.05 – intersecciones sin canalizar; Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido. En casos justificados en que sea necesario utilizar trazados mínimos, podrán utilizarse los valores indicados en la Tabla 17 o valores similares, siempre que se consideren carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales), para poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/h que permite el ramal de giro, (y viceversa). Los radios mínimos que se indican en dicha Tabla, están referidos al borde interior del pavimento en la curva y están diseñados para las siguientes condiciones de operación:

- Velocidad de giro hasta 15 Km/h.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento (0,30 m), a lo largo de la trayectoria.

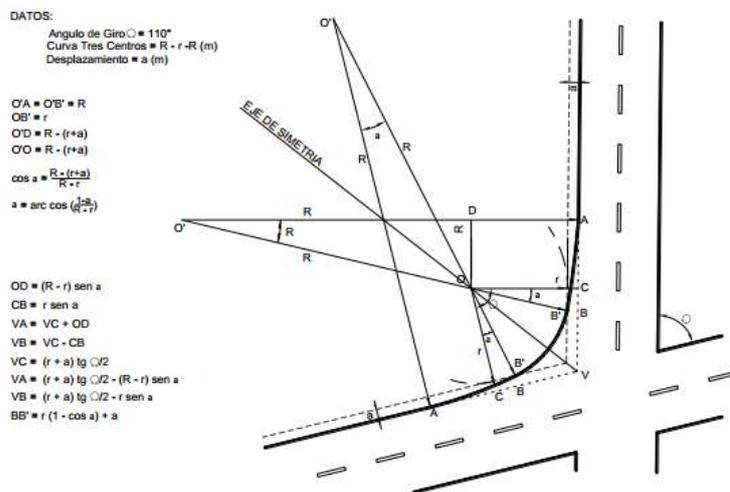
Tabla 17. Radios mínimos en intersecciones sin canalizar

Vehículo tipo	Ángulo de Giro (°)	Curva Circular	Curva compuesta de tres centros simétrica (Figura 502.03)	
		Radios (m)	Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18,00 30,00 60,00	----- ----- -----	----- ----- -----
VL VP VA	45	15,00 22,50 50,00	60,0 ---- 30 ---- 60,0	0,90
VL VP VA	60	12,00 18,00 -----	----- ----- 60,0 ---- 22,5 ---- 60,0	----- ----- 1,65
VL VP VA	75	10,50 16,50 -----	30,0 ---- 7,5 ---- 30,0 36,0 ---- 13,5 ---- 36,0 45,0 ---- 15,0 ---- 45,0	0,60 0,60 1,80
VL VP VA	90	9,00 15,00 -----	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 36,0 ---- 12,0 ---- 36,0 55,0 ---- 18,0 ---- 55,0	0,75 0,60 1,80
VL VP VA	105	----- ----- -----	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 10,5 ---- 30,0 55,0 ---- 13,5 ---- 55,0	0,75 0,90 2,40
VL VP VA	120	----- ----- -----	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 55,0 ---- 12,0 ---- 55,0	0,60 0,90 2,55
VL VP VA	135	----- ----- -----	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	0,45 1,20 2,70
VL VP VA	150	----- ----- -----	22,5 ---- 5,4 ---- 22,5 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	0,60 1,20 2,10
VL VP VA	180	----- ----- -----	15,0 ---- 4,5 ---- 15,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 40,0 ---- 7,5 ---- 40,0	0,15 0,45 2,85

(*) Radios mínimos al borde interior del pavimento en la curva.

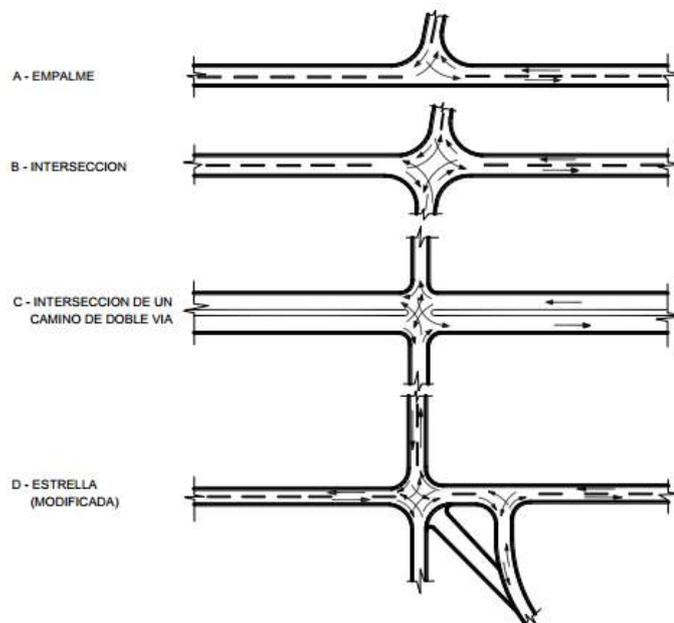
En la siguiente ilustración 22, la curva de una intersección que formado por 3 radios

Ilustración 22. Curva compuesta de tres centros



- **Intersección sin canalizar simple** En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito. Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. La ilustración 23, ilustra empalmes y cruzamientos simples. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de los rangos (60° a 120°) sin variar el concepto.

Ilustración 23. Intersecciones sin canalizar simple

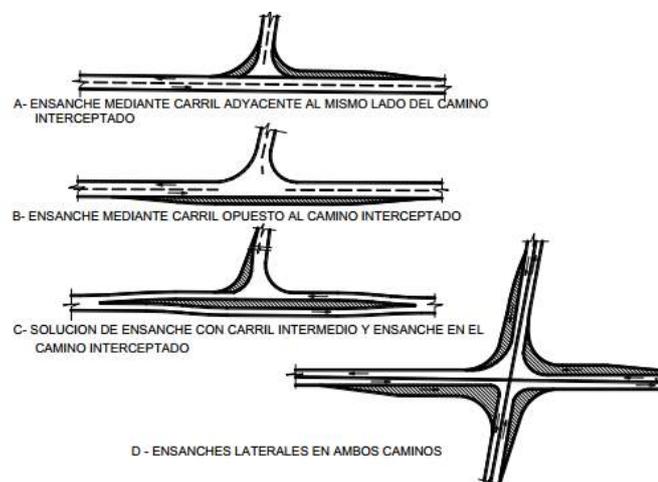


- **Ensanches de la sección de los accesos** al cruce Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una Intersección Canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño, produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo. La Figura 24, ilustra los distintos tipos de ensanches, según la necesidad de las necesidades del cruzamiento, en la cual se presentan los siguientes ejemplos.

- Se adopta carriles de deceleración en los sectores de llegada o salida al empalme, cuando existan volúmenes importantes de giro a la derecha, desde la carretera principal a la que empalma o viceversa. Ilustración 24 A.
- Se adopta de un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan volúmenes importantes. Ilustración 24 B.
- Con criterio de solución similar al anterior, en este caso se adopta un carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos, cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal, representan volúmenes importantes, al igual que los del camino interceptado hacia la izquierda. Ilustración 24 C.
- Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se adopta por ensanchar los accesos a la intersección como se indica en la Ilustración 24 D. Esto da a la Intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Ilustración 24. Ejemplos de ensanches de la sección de los accesos al cruce



2.7.9 Intersecciones Canalizadas

Según el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DG-2013 en el Capítulo V en la Sección 502: Intersecciones a nivel, subsección 502.06 – intersecciones canalizadas; Las intersecciones con islas de canalización, se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar. Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar. Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño, posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar. Las islas de canalización, deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

Cuando sea necesario diseñar islas de canalización con velocidades de giro mayores a 15 Km/h, se deberá tener en consideración, en las curvas de las intersecciones, coeficientes de fricción lateral mayor que los usuales en el diseño normal de carreteras, lo cual es válido para velocidades de diseño de hasta 65 km/h. Para velocidades mayores, se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de la carretera. La Tabla 18, presenta los valores a usar en giros mínimos canalizados. Las islas resultantes consideran dichos valores, dejando 0,60 m como mínimo entre sus bordes y los bordes del pavimento. Los anchos de los ramales que

aparecen, permiten que las ruedas del vehículo tipo, se inscriban con una holgura de 0,60 m, respecto de los bordes del pavimento.

Por tratarse de giros mínimos, estas soluciones no incluyen el ensanche de las carreteras que acceden a la intersección. Por tanto, el tipo de islas que incluyen los valores de las Tabla 18 y 19, se refieren a islas triangulares, ubicadas en los ángulos que forma la prolongación de los bordes del pavimento, de las vías que se cruzan. Cuando sea posible ensanchar las vías que acceden al cruce, este tipo de islas pueden reemplazarse o combinarse con islas centrales en el camino subordinado

Diseños mayores a los indicados, deben ser estudiados para cada caso, de acuerdo con la disponibilidad de espacio y la importancia de los giros en la intersección.

Tabla 18. Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m ²)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22,5---45	1,05	4,20	5,50
VP		45---22,5---45	1,50	5,40	4,50
VA		54---27,0---54	1,05	6,00	4,50
VL	90	45---15,0---45	0,90	4,20	4,50
VP		45---15,0---45	1,50	5,40	7,50
VA		54---19,5---54	1,80	6,00	11,50
VL	105	36---12,0---36	0,60	4,50	6,50
VP		30---10,5---30	1,50	6,60	4,50
VA		54---13,5---54	2,40	9,00	5,50
VL	120	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	11,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,20	8,40
VA		54---12,0---54	2,55	10,40	20,40
VL	135	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	43,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,90	34,50
VA		48---10,5---48	2,70	10,70	60,00
VL	150	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	130,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,80	9,00	110,00
VA		48---10,5---48	2,15	11,60	160,00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

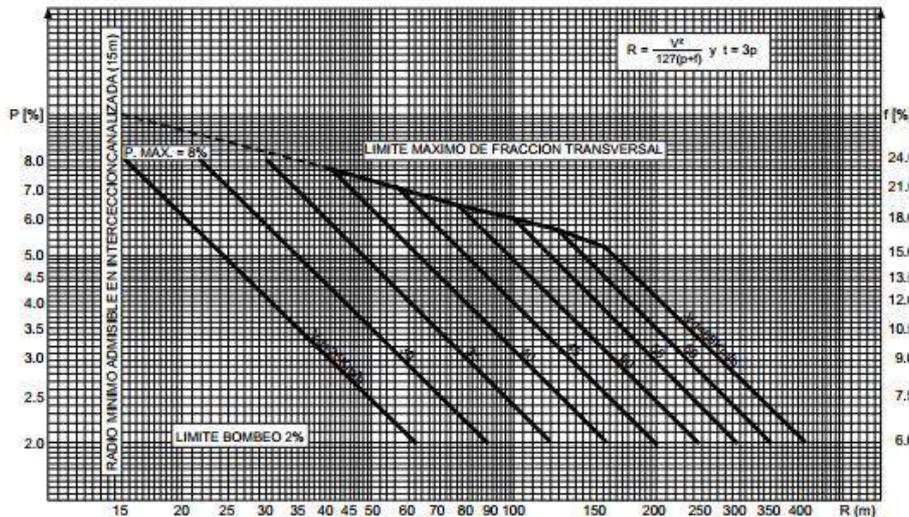
Tabla 19. Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

V (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
f máximo	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
Radio mínimo (m) (p=0%)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
Radio mínimo (m) (p=8%)	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en curvas de tres centros.

En la siguiente ilustración N° 25 se muestra los valores de Radios y Peraltes en Intersecciones Canalizadas cuando no existen limitantes.

Ilustración 25.



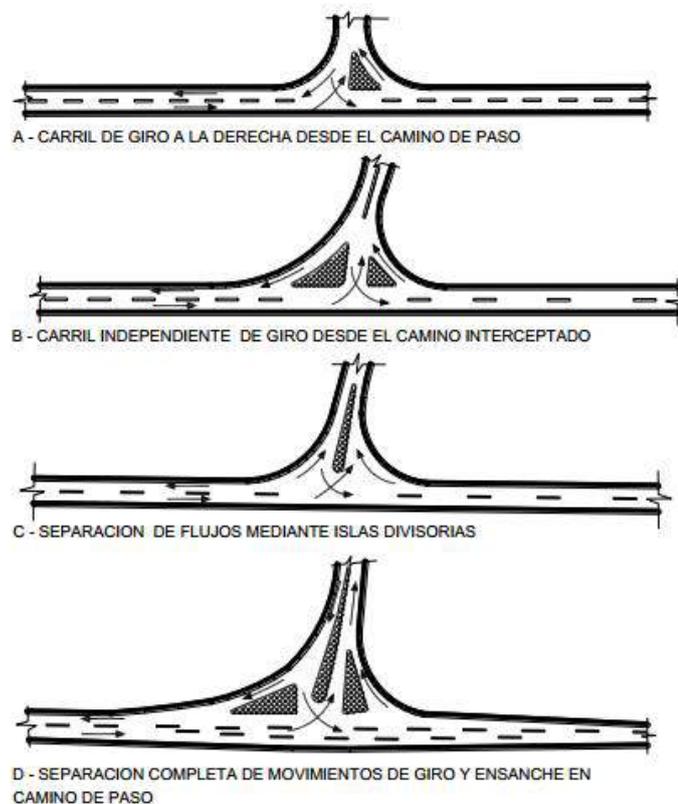
- Casos de intersecciones canalizadas

Por lo general en las intersecciones canalizadas, las islas divisorias y los carriles de giro, se diseñan en las vías secundarias de las intersecciones importantes, o bien, en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los casos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se debe diseñar vías independientes de giro a la derecha. A continuación se presentan algunos casos de intersecciones canalizadas:

a) En la Ilustración 26, se muestran cuatro casos (A, B, C y D). El primero, Figura 26-A muestra el caso de un carril de giro a la derecha, desde la vía secundaria, obtenido mediante el diseño de una isla triangular. El segundo, Figura 26-B muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos. El tercero, indica

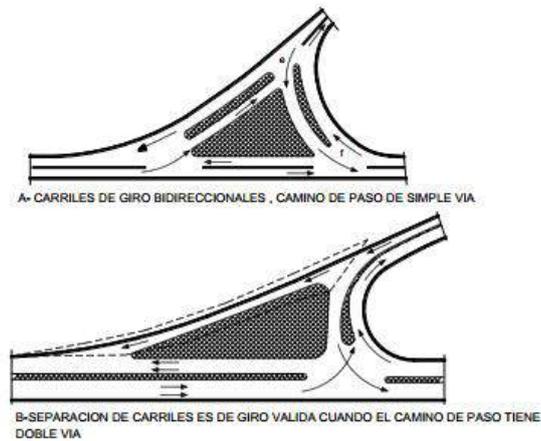
que la canalización en el camino interceptado, es mediante una isla divisoria, Figura 26-C, en la cual el espacio necesario para la ubicación de la isla, se obtiene ensanchando gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha. Finalmente, para el caso de carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada uno de las corrientes importantes, Figura 26-D, donde se muestra el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo.

Ilustración 26. Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro



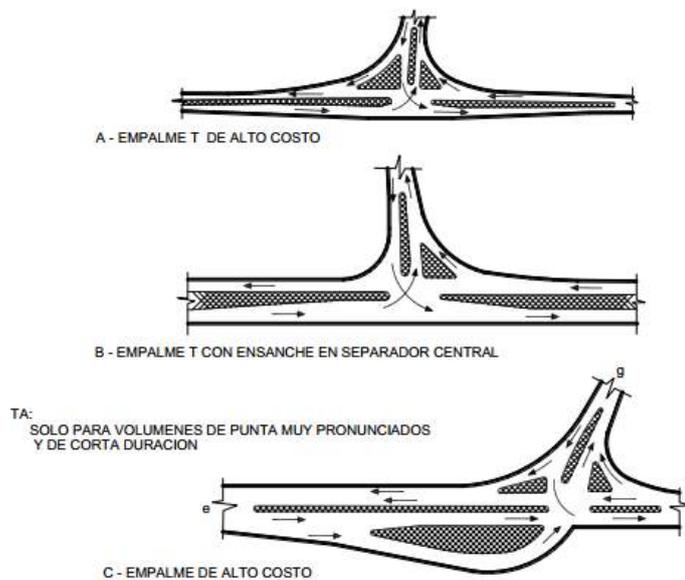
b) En la Ilustración 27, se muestran dos casos (A y B), de intersecciones en ángulos agudos formando una Y, con canalizaciones que permiten disminuir el riesgo de encuentro frontal de los vehículos, modificando las trayectorias, para que el cruce se produzca en ángulo aproximadamente recto.

Ilustración 27. Intersecciones canalizadas en ángulos agudos formando una "Y"



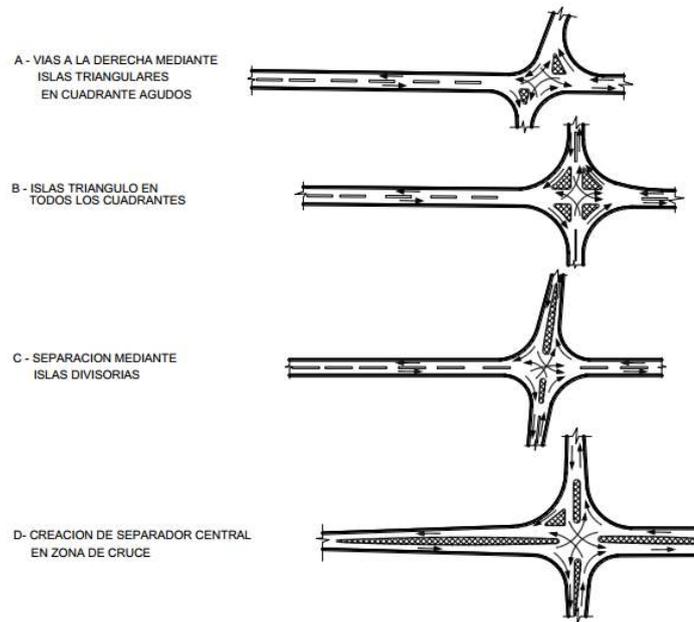
c) En la Ilustración 28, se muestran tres casos (A, B y C) de intersecciones canalizadas de diseño más complejo, que se justifican en carreteras con altos volúmenes de tránsito en todos los sentidos

Ilustración 28. Intersecciones canalizadas para tránsito en todos los sentidos



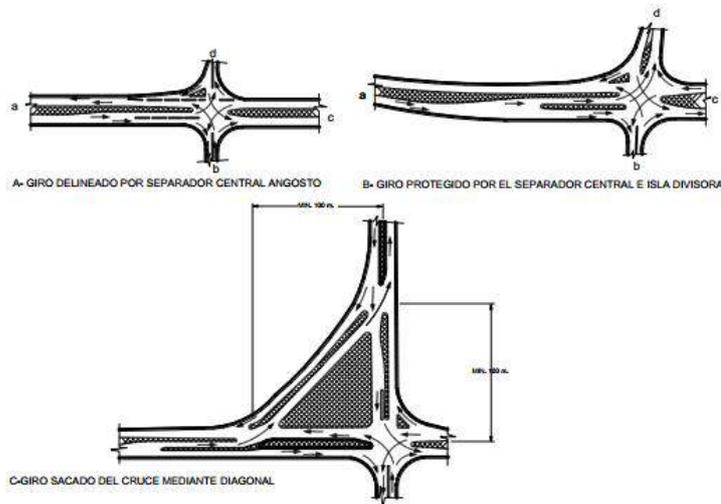
d) En la Ilustración 29, se muestran cuatro casos (A, B, C, y D). El primer caso (A), se refiere a intersecciones donde se prevén carriles independientes para los giros a la derecha. El segundo caso (B), está referido a la disposición de islas triangulo en todos los cuadrantes, con la finalidad de separar los flujos de tránsito de paso. El tercero (C), está referido a la separación mediante islas divisorias. El último caso (D), trata de la creación de separadores centrales en las zonas de cruce.

Ilustración 29. Otros casos de intersecciones canalizadas



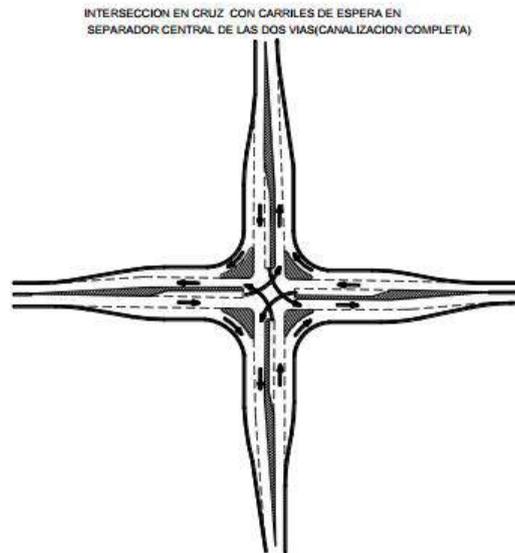
e) La Ilustración 30, muestran tres casos de intersecciones canalizadas con importantes giros a la izquierda en un cuadrante.

Ilustración 30. Intersecciones con importantes giros a la izquierda en un cuadrante



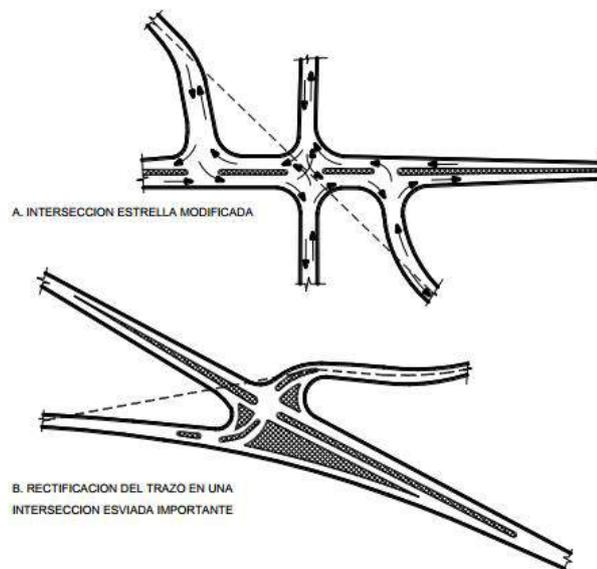
f) En la Ilustración 31, se muestra una intersección en cruz, con canalización completa con ensanche para los giros a la derecha e izquierda, usado cuando la intensidad de los giros lo exige.

Ilustración 31. Intersección canalizada en cruz



g) En la Ilustración 32, muestra dos casos de intersecciones canalizadas en estrella, que por lo general deben evitarse por razones de seguridad vial.

Ilustración 32. Intersecciones canalizadas en estrella



2.8 RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO ELEGIDO

2.8.1 ANTECEDENTES

El Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú – Ecuador, estrategia de desarrollo diseñada por ambos países para elevar el nivel de vida de las poblaciones del norte y nor oriente del Perú y del sur y oriente del Ecuador, mediante actividades y proyectos que permitan integrar económicamente la región, acelerar su desarrollo productivo y social, y superar la situación de atraso respecto al resto de los territorios de estos países. La ejecución del Plan Binacional está prevista en un período de 12 años (2000 - 2009).

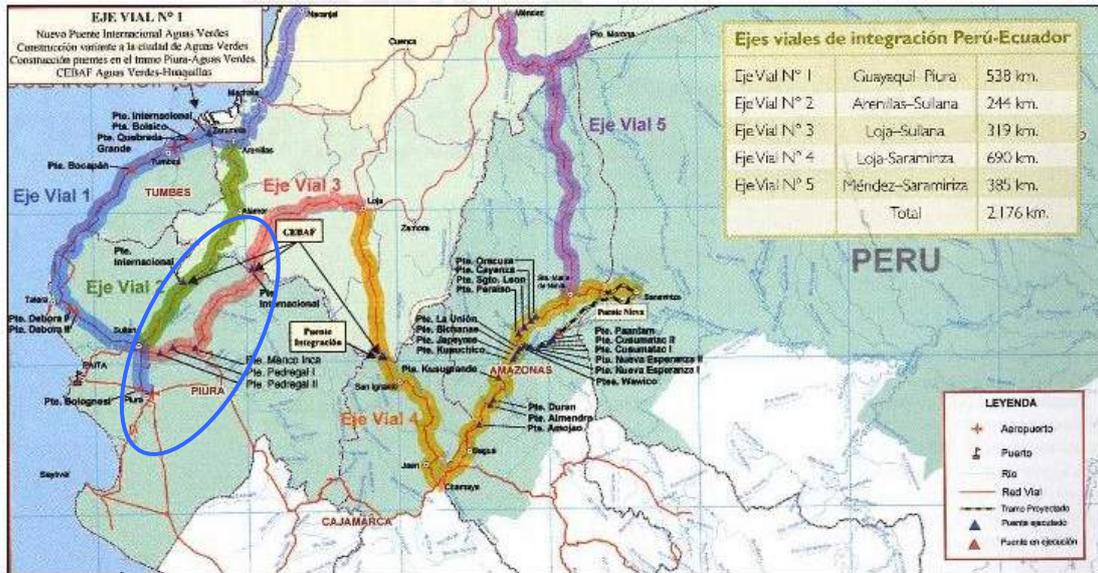
Componente importante del Plan Binacional es la implementación de proyectos de infraestructura de transporte que fortalezcan la integración física y sirva de soporte al desarrollo del área fronteriza. Entre estos destacan cinco ejes viales binacionales que tienen por objetivo conformar una red de conexión de la zona fronteriza común. Tales ejes viales son:

EJES DE INTERCONEXION VIAL FRONTERIZA PERU - ECUADOR

Tabla 20 Ejes de interconexión vial fronteriza Perú - Ecuador

EJE VIAL Nº	LOCALIDAD DE		LONGITUD KM.		TOTAL LONGITUD
	INICIO	TERMINO	EN PERU	EN EL ECUADOR	
1	PIURA	GUAYAQUIL	309	229	538
2	SULLANA	ARENILLAS	66	178	244
3	SULLANA	LOJA	130	189	319
4	SARAMIRIZA	LOJA	486	204	690
5	SARAMIRIZA	MENDEZ	230	155	385
TOTAL (Km.)			1,221	955	2,176

Ilustración 33. Ubicación del proyecto



2.8.2 OBJETIVO

Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Sullana – El Alamor, Eje Vial N° 02 de la Interconexión Vial Perú-Ecuador.

2.8.3 UBICACIÓN, ACCESO Y LOCALIZACION

Tabla 21. Ubicación, acceso y localización

PUNTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		OBSERVACIONES
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD SUR	
Inicio (Km. 0+000)	533,801.986	9'460,298.671	74° 41' 42"	4° 52' 58"	Dv. Tambogrande
Término (km. 66+20831)	567,931.340	9'504,815.890	74° 23' 16"	4° 28' 47"	El Alamor

Fuente: Elaboración Consultor.

2.8.4 PRINCIPALES CENTROS POBLADOS EN LA RUTA

El cuadro que sigue presenta los centros poblados de mayor relevancia en la ruta:

Tabla 22. Principales centros poblados en la ruta

PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	PROGRESIVA	CATEGORIA
SULLANA	Tramo I			
	MARCAVELICA	Marcavelica	Pueblo urbano	Km. 0+ 500
	SALITRAL	Salitral	Pueblo urbano	Km. 4+500
	QUERECOTILLO	Querecotillo	Pueblo urbano	Km. 8+500
		Los Serranos	Pueblo urbano	Km. 16+000
		Chocan	Pueblo urbano	Km. 24+000
		Santa Victoria	Caserío rural	Km. 27+800
	Tramo II			
	LANCONES	Nueva Esperanza	Caserío rural	Km. 33+700
		Lancones	Pueblo urbano	Km. 37+000
		Venados	Caserío rural	Km. 51+800
		Solana	Caserío rural	Km. 59+000
		El Alamor	Caserío rural	Km. 64+300

Fuente: Elaboración Consultor

2.8.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL

Tabla 23. Características técnicas del diseño geométrico vial

Descripción	Tramo I Km.-2001	Tramo I Km. - 2013
	Km. 0+000 - Km. 31+780	Km. 0+000 - Km. 31+780
Clasificación de la Vía	Segunda Clase	Segunda Clase
Clasificación Orográfica	Tipo 1	Tipo 1
Velocidad directriz	50 Km./h	60 km/h
Ancho de superficie de rodadura	6.60 m	7.2 m
Bermas Laterales	1.20 m	2.0m
Cunetas	Triangulares 1.00 x 0.5 m	Triangulares 1.00 x 0.5 m
Radio Mínimo	85 m	135 m
Radio Mínimo Excepcional (zona urbana)	40 m	20 m
Pendiente Máxima	6.02%	6%
Pendiente Mínima	-0.01%	-0.01%
Bombeo	2.0%	2.0%
Peralte	Según: DG-2001	Según: DG-2013
Sobreechancho	Según: DG-2001	Según: DG-2013
Cuervas Verticales	Según: DG-2001	Según: DG-2013
Número de Carriles	2	2

2.8.6 DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL TRAMO EN EL ESTUDIO Km. 4+000 al 5+000:

El sector atraviesa la zona urbana denominada poblado de Salitral.

El trazo coincide con el eje de la carretera actual, comprobándose que no origina expropiaciones a pesar que las construcciones se desarrollan a ambos lados de la vía actual.

Respecto a la rasante se ha mantenido la rasante actual.

Km. 5+000 al 7+500:

En este sector la ampliación se ha realizado hacia el lado derecho, debido a que existe una serie de postes de electrificación ubicados a lado izquierdo de la vía actual, siendo esta la única razón ya que la topografía es similar a ambos lado, es decir se presenta llana. Respecto a la rasante se ha mantenido la rasante actual.

Km. 7+500 al 10+000:

Este sector atraviesa el poblado de Querocotillo, poblado importante de la zona con edificaciones de buen nivel y alto comercio. La vía actual se desarrolla por el lado izquierdo de este pueblo (tipo vía de Evitamiento) lo que hace tener como característica que las edificaciones cercanas a la vía se encuentren a lado derecho, por tanto la ampliación considerada se ha realizado hacia el lado izquierdo. Respecto a la rasante se ha mantenido la rasante actual.

2.8.7 ESTUDIO DE TRÁFICO

En las Tablas 24 y 25 se muestran los cuadros correspondientes al estudio de tráfico.

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR SENTIDO Y TIPO DE VEHICULO, A MEDIADOS MES DE JULIO DE 2005

CARRETERA : SULLANA - ALAMOR
 ESTACION : SALITRAL
 TRAMO HOMOGENEO : SULLANA - QUEROCOTILLO

SULLANA	SALITRAL
←	→

DIA	SENTI DO	AUTO	CAMTA	CAM. RU	MICRO	BUS		CAMION			SEMI-TRAYLERS				TRAYLERS				LIGEROS	MICRO B 2E, 3E	CAMION 2E,3E Y 4E	ARTICU- LADOS	TOTAL
						2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
MARTES 12/07/2005	E	1,013	137	144	9	6	0	157	19	9	1	0	5	7	0	0	2	0	1,294	15	185	15	1,509
	S	1,043	180	143	11	7	0	168	32	6	2	0	4	8	0	0	0	0	1,366	18	206	14	1,604
	E+S	2,056	317	287	20	13	0	325	51	15	3	0	9	15	0	0	2	0	2,660	33	391	29	3,113
MIERCOLES 13/07/2005	E	926	133	139	13	2	0	113	28	8	1	0	4	8	0	0	1	2	1,198	15	149	16	1,378
	S	955	138	136	10	2	1	112	26	10	1	0	2	8	0	0	2	2	1,229	13	148	15	1,405
	E+S	1,881	271	275	23	4	1	225	54	18	2	0	6	16	0	0	3	4	2,427	28	297	31	2,783
JUEVES 14/07/2005	E	863	143	131	8	3	0	106	27	18	0	0	1	9	0	0	1	0	1,137	11	151	11	1,310
	S	852	145	124	8	12	0	106	27	15	0	0	1	8	0	0	0	0	1,121	20	148	9	1,298
	E+S	1,715	288	255	16	15	0	212	54	33	0	0	2	17	0	0	1	0	2,258	31	299	20	2,608
VIERNES 15/07/2005	E	918	146	134	7	8	0	111	25	13	0	0	1	3	0	0	3	0	1,198	15	149	7	1,369
	S	898	147	138	12	3	0	116	23	14	0	0	1	3	0	0	3	1	1,183	15	153	8	1,359
	E+S	1,816	293	272	19	11	0	227	48	27	0	0	2	6	0	0	6	1	2,381	30	302	15	2,728
SABADO 16/07/2005	E	997	137	126	4	10	0	113	31	18	0	0	3	4	0	0	6	0	1,260	14	162	13	1,449
	S	1,009	140	130	6	6	0	107	30	17	0	0	5	4	0	0	2	0	1,279	12	154	11	1,456
	E+S	2,006	277	256	10	16	0	220	61	35	0	0	8	8	0	0	8	0	2,539	26	316	24	2,905
DOMINGO 17/07/2005	E	857	84	100	7	5	0	76	18	9	1	0	5	0	0	0	0	0	1,041	12	103	6	1,162
	S	821	90	105	10	1	0	76	15	8	0	0	3	1	0	0	1	1	1,016	11	99	6	1,132
	E+S	1,678	174	205	17	6	0	152	33	17	1	0	8	1	0	0	1	1	2,057	23	202	12	2,294
LUNES 18/07/2005	E	1,055	131	151	9	4	0	104	22	6	0	0	4	5	0	0	5	0	1,337	13	132	14	1,496
	S	978	131	144	5	9	0	113	21	5	0	0	5	7	0	0	7	2	1,253	14	139	21	1,427
	E+S	2,033	262	295	14	13	0	217	43	11	0	0	9	12	0	0	12	2	2,590	27	271	35	2,923
IMD	E	947	130	132	8	5	0	111	24	12	0	0	3	5	0	0	3	0	1,209	14	147	12	1,382
	S	937	139	131	9	6	0	114	25	11	0	0	3	6	0	0	2	1	1,207	15	150	12	1,383
	E+S	1,884	269	264	17	11	0	225	49	22	1	0	6	11	0	0	5	1	2,416	28	297	24	2,765
FCE		1.013																					
IMDA	E	959	132	134	8	5	0	113	25	12	0	0	3	5	0	0	3	0	1,225	14	149	12	1,400
	S	949	141	133	9	6	0	115	25	11	0	0	3	6	0	0	2	1	1,222	15	152	12	1,401
	E+S	1,908	272	267	17	11	0	228	50	23	1	0	6	11	0	0	5	1	2,447	29	301	24	2,801
% DEL I.M.D.A.		68.13%	9.72%	9.53%	0.61%	0.40%	0.01%	8.15%	1.78%	0.81%	0.03%	0.00%	0.23%	0.39%	0.00%	0.00%	0.17%	0.04%	87.38%	1.02%	10.77%	0.83%	100.00%

Tabla 24. Índice medio diario anual

PROYECCIONES

PROYECCIONES DE TRAFICO

CARRETERA : SULLANA-EL ALAMOR
 ESTACION : SALITRAL
 TRAMO HOMOGENEO : SULLANA - QUEROCOTILLO

TRAFICO NORMAL (IMD Anual)

TAS. CREC.	TIPO VEHIC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3%	AUTOS	1,908	1,965	2,024	2,085	2,148	2,212	2,278	2,347	2,417	2,490	2,564	2,641	2,720	2,802	2,886	2,973	3,062	3,154	3,248	3,346	3,446
3%	CAMIONETAS	272	281	289	298	307	316	325	335	345	355	366	377	388	400	412	424	437	450	464	478	492
3%	COMBI	267	275	283	292	301	310	319	328	338	348	359	370	381	392	404	416	428	441	455	468	482
3%	MICROBUS	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31
3%	BUS 2E	11	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	19	20	20
3%	BUS 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3%	CAMION 2E	228	235	242	250	257	265	273	281	289	298	307	316	326	335	345	356	366	377	389	400	412
3%	CAMION 3E	50	51	53	54	56	58	59	61	63	65	67	69	71	73	75	78	80	82	85	87	90
3%	CAMION 4E	23	23	24	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41
3%	ARTICULADO	24	25	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43
	TOTAL	2,801	2,885	2,971	3,061	3,152	3,247	3,344	3,445	3,548	3,654	3,764	3,877	3,993	4,113	4,236	4,364	4,494	4,629	4,768	4,911	5,059

TRAFICO INTERNACIONAL ECUADOR(IMDA) 3%

TAS. CREC.	TIPO VEHIC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3%	AUTOS				72	74	76	79	81	83	86	89	91	94	97	100	103	106	109	112	116	119
3%	CAMIONETAS				38	39	40	42	43	44	45	47	48	50	51	53	54	56	57	59	61	63
3%	COMBI					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3%	MICROBUS					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3%	BUS 2E				2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3%	BUS 3E					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3%	CAMION 2E				8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13
3%	CAMION 3E				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
3%	CAMION 4E				2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3%	ARTICULADO				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	TOTAL				124	128	132	135	140	144	148	153	157	162	167	172	177	182	188	193	199	205

TRAFICO PROYECTADO

TIPO VEHIC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AUTOS	1,908	1,965	2,024	2,157	2,222	2,288	2,357	2,428	2,501	2,576	2,653	2,732	2,814	2,899	2,986	3,075	3,168	3,263	3,361	3,461	3,565
CAMIONETAS	272	281	289	336	346	356	367	378	389	401	413	425	438	451	465	478	493	508	523	539	555
COMBI	267	275	283	292	301	310	319	328	338	348	359	370	381	392	404	416	428	441	455	468	482
MICROBUS	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31
BUS 2E	11	12	12	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	24
BUS 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION 2E	228	235	242	258	265	273	281	290	299	308	317	326	336	346	356	367	378	390	401	413	426
CAMION 3E	50	51	53	55	57	59	61	62	64	66	68	70	72	74	77	79	81	84	86	89	92
CAMION 4E	23	23	24	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44
ARTICULADO	24	25	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	44	45
TOTAL	2,801	2,885	2,971	3,185	3,280	3,378	3,480	3,584	3,692	3,802	3,917	4,034	4,155	4,280	4,408	4,540	4,677	4,817	4,961	5,110	5,264

Tabla 25. Proyecciones de tráfico

2.8.8 EJES EQUIVALENTES (EAL)

El cuadro que sigue muestra los resultados del cálculo de los Ejes equivalentes:

ESTACION	PERIODO	EJES EQUIVALENTES PARA SOBRECARGA DE VEHÍCULOS (SIN CONTROL)	
		MÁXIMO	MÍNIMO
E-1 (SALITRAL)	2008- 2028	4.16E+06	3.77E+06
E-2 (SANTA CRUZ)	2008- 2028	1.56E+06	1.41E+06
E-3 (LANCONES)	2008- 2028	6.79E+04	6.14E+04
E-4 (SOLANA C.)	2008- 2028	4.22E+04	3.82E+04

Tabla 26. Ejes equivalentes

Fuente: Elaboración de Consultor.

2.8.9 TABLAS DE ELEMENTOS DE CURVAS

Mostramos a continuación

Tablas de Elementos de Curvas con Sobreancho calculados correctamente según Manual DG – 2013. Ver Tabla 27

Tablas de Elementos de Curvas con Sobreancho calculados erróneamente según Manual DG – 2001. Ver Tabla 28

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES SEGÚN MANUAL DG-2013

N° PI	S	S			R	PC	PI	PT	LC	T	E	P%	Sa	Lt	Pi	
		G	M	S											Este	Norte
17	I	11	1	16	400	4+448.72	4+487.31	4+525.67	76.94	38.59	1.857	4.50	0.7	16.00	535753.389	9463578.292
18	D	4	41	26	1000	4+738.30	4+779.25	4+820.16	81.87	40.96	0.838	2.50	0.4	12.00	535967.580	9463777.013
19	I	37	34	1	120	5+025.54	5+066.35	5+104.22	78.68	40.81	6.75	7.50	1.9	24.00	536193.346	9463954.443
20	D	16	33	51	550	5+285.05	5+365.11	5+444.05	159.01	80.06	5.796	3.00	0.6	13.00	536267.708	9464246.835
21	D	13	1	30	400	5+548.89	5+594.55	5+639.82	90.93	45.66	2.60	4.50	0.7	16.00	536385.880	9464444.808
22	D	24	4	20	280	5+729.52	5+789.22	5+847.15	117.64	59.70	6.29	5.50	0.9	19.00	536521.033	9464585.457
23	D	26	6	2	190	5+942.32	5+986.36	6+028.87	86.55	44.04	5.04	6.00	1.3	20.00	536705.363	9464660.191
24	I	14	28	22	300	6+564.57	6+602.66	6+640.35	75.78	38.09	2.41	5.00	0.9	18.00	537321.667	9464616.759
25	I	19	20	20	200	6+906.35	6+940.42	6+973.85	67.51	34.08	2.88	6.00	1.2	20.00	537654.234	9464678.047
26	I	6	5	51	500	7+130.96	7+157.59	7+184.17	53.21	26.63	0.71	3.50	0.6	14.00	537843.286	9464786.233
27	D	37	55	20	135	7+381.30	7+427.68	7+470.65	89.35	46.38	7.75	7.00	1.7	22.00	538062.170	9464944.551
28	I	8	51	40	200	7+529.46	7+544.95	7+560.39	30.93	15.50	0.60	6.00	1.2	20.00	538182.777	9464940.246
29	D	5	3	34	500	7+727.09	7+749.18	7+771.24	44.15	22.09	0.49	3.50	0.6	14.00	538385.622	9464964.494
30	I	16	57	35	120	8+006.31	8+024.20	8+041.83	35.52	17.89	1.33	7.50	1.9	24.00	538660.542	9464972.929
31	I	36	51	49	50	8+072.14	8+088.80	8+104.31	32.17	16.66	2.70	8.00	4.1	22.00	538721.971	9464993.742
32	I	15	34	34	300	8+267.61	8+308.64	8+349.17	81.56	41.03	2.79	5.00	0.9	18.00	538846.890	9465176.050
33	D	15	47	46	200	8+445.66	8+473.40	8+500.80	55.14	27.75	1.92	6.00	1.2	20.00	538900.268	9465332.460

Tabla 27. Cuadro de elementos de curvas horizontales - 2013

CUADRO DE EMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES SEGÚN MANUAL DG-2001

N° PI	S	S			R	PC	PI	PT	LC	T	E	P%	Sa	Lt	Pi	
		G	M	S											Este	Norte
17	I	11	1	16	400	4+448.72	4+487.31	4+525.67	76.94	38.59	1.857	4.50	0.40	16.00	535753.389	9463578.292
18	D	4	41	26	1000	4+738.30	4+779.25	4+820.16	81.87	40.96	0.838	2.50	---	12.00	535967.580	9463777.013
19	I	37	34	1	120	5+025.54	5+066.35	5+104.22	78.68	40.81	6.75	7.50	0.90	24.00	536193.346	9463954.443
20	D	16	33	51	550	5+285.05	5+365.11	5+444.05	159.01	80.06	5.796	3.00	---	13.00	536267.708	9464246.835
21	D	13	1	30	400	5+548.89	5+594.55	5+639.82	90.93	45.66	2.60	4.50	0.40	16.00	536385.880	9464444.808
22	D	24	4	20	280	5+729.52	5+789.22	5+847.15	117.64	59.70	6.29	5.50	0.50	19.00	536521.033	9464585.457
23	D	26	6	2	190	5+942.32	5+986.36	6+028.87	86.55	44.04	5.04	6.00	0.60	20.00	536705.363	9464660.191
24	I	14	28	22	300	6+564.57	6+602.66	6+640.35	75.78	38.09	2.41	5.00	0.50	18.00	537321.667	9464616.759
25	I	19	20	20	200	6+906.35	6+940.42	6+973.85	67.51	34.08	2.88	6.00	0.60	20.00	537654.234	9464678.047
26	I	6	5	51	500	7+130.96	7+157.59	7+184.17	53.21	26.63	0.71	3.50	0.30	14.00	537843.286	9464786.233
27	D	37	55	20	135	7+381.30	7+427.68	7+470.65	89.35	46.38	7.75	7.00	0.80	22.00	538062.170	9464944.551
28	I	8	51	40	200	7+529.46	7+544.95	7+560.39	30.93	15.50	0.60	6.00	0.60	20.00	538182.777	9464940.246
29	D	5	3	34	500	7+727.09	7+749.18	7+771.24	44.15	22.09	0.49	3.50	0.30	14.00	538385.622	9464964.494
30	I	16	57	35	120	8+006.31	8+024.20	8+041.83	35.52	17.89	1.33	7.50	0.90	24.00	538660.542	9464972.929
31	I	36	51	49	50	8+072.14	8+088.80	8+104.31	32.17	16.66	2.70	8.00	1.80	22.00	538721.971	9464993.742
32	I	15	34	34	300	8+267.61	8+308.64	8+349.17	81.56	41.03	2.79	5.00	0.50	18.00	538846.890	9465176.050
33	D	15	47	46	200	8+445.66	8+473.40	8+500.80	55.14	27.75	1.92	6.00	0.60	20.00	538900.268	9465332.460

Tabla 28. Cuadro de elementos de curvas horizontales - 2001

CAPITULO III. APLICACIONES CON EL SOFTWARE

El Vehicle Tracking es un software integrado de transporte el cual permite el seguimiento de vehículo para el análisis de trayectoria recorrida que permite evaluar los movimientos previsibles del vehículo. Este software nos ayuda a optimizar el rendimiento del proyecto y evitar el REHACER del trabajo.

Casos aplicativos del software VEHICLE TRACKING:

En el proyecto **Huacho - Pativilca** ejecutado por **JJC y GMI** lo aplicaron en rotondas, ramales, intercambios viales, intersecciones viales, también en el ovalo intercambio vial Huaura y para intercambio vial Barranca.

3.1 APLICACIONES CON EL VEHICLE TRACKING

3.1.1 Configuraciones generales de programa

Al abrir el civil 3d nos aparecerá la barra de herramientas como se da en la Ilustración 34.

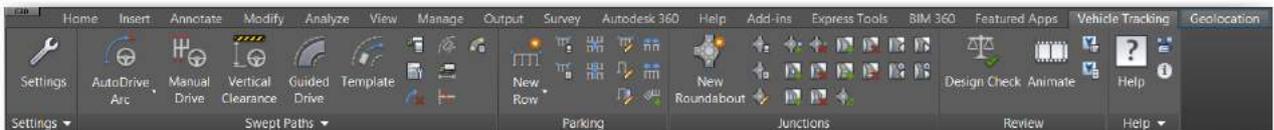


Ilustración 34. Configuraciones generales

Abriremos un nuevo proyecto en el Civil 3d nos iremos a la pestaña del vehicle tracking después nos vamos al panel de configuraciones. Ver Ilustración 34.2.

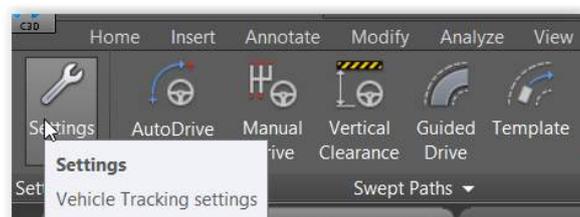


Ilustración 34 1. Configuraciones generales

A darle clic nos aparecerá la siguiente ventana. Como se da en la Ilustración 35.

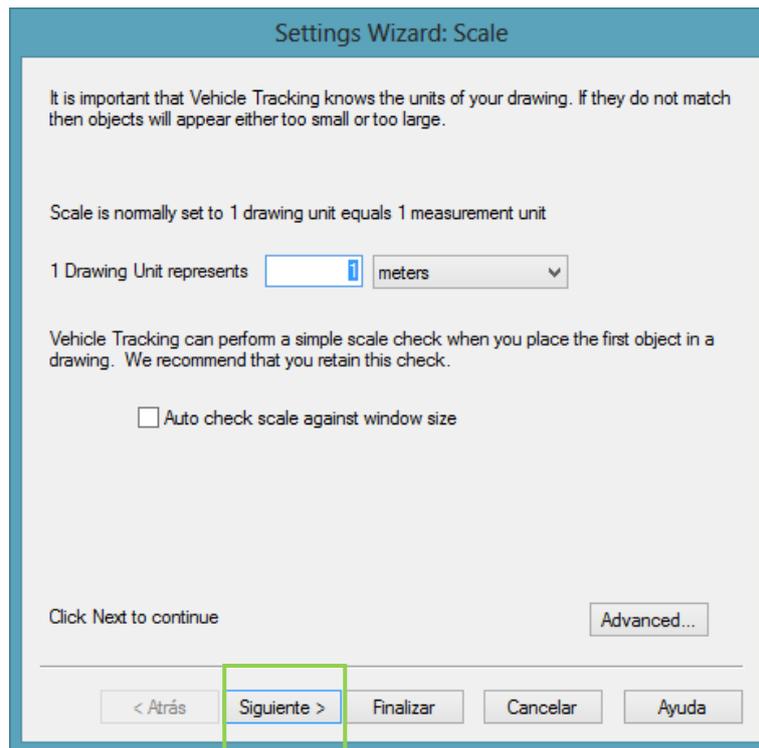


Ilustración 35. Configuraciones de escala

- **SCALE**

Aquí tendremos que cambiar las unidades para nuestro caso sería 1 unidad de dibujo representa 1 metro.

Damos clic en opciones advanced para poder hacer el cambio de idioma.

- **CAMBIO DE IDIOMA**

Por defecto en nuestra paleta de herramientas nos aparecerán todo en español por si queremos configurarlo al inglés se ira a configuraciones en la parte de avanzadas en idiomas y cambiarlo a inglés (americano). Como podemos ver en Ilustración 36.

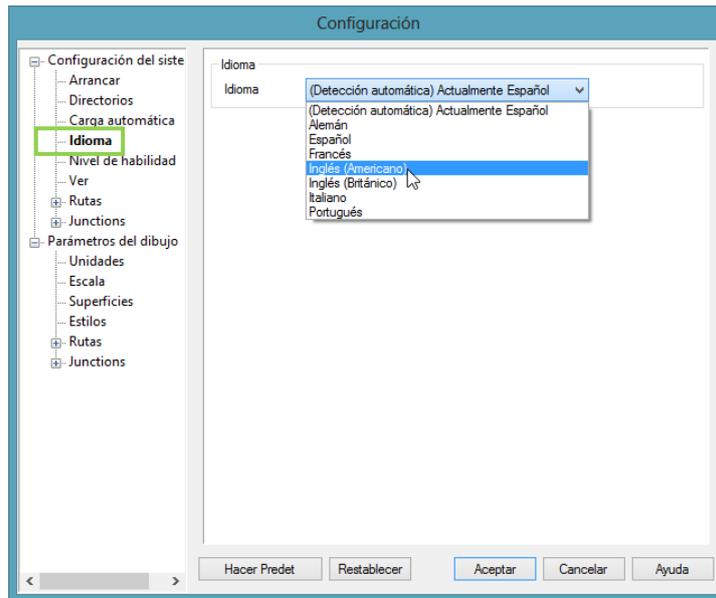


Ilustración 36. Configuraciones de idioma

Le daremos Aceptar y pasaremos a la siguiente configuración, mostrándose la barra según la Ilustración 37.



Ilustración 37. Barra de herramientas

- VEHICLE EDITING UNITS

En esta otra parte de configuraciones tendremos que poner que las unidades de distancia se darán en metros; las de velocidad, se darán en km/h y las unidades angulares en grados. Ver Ilustración 38.

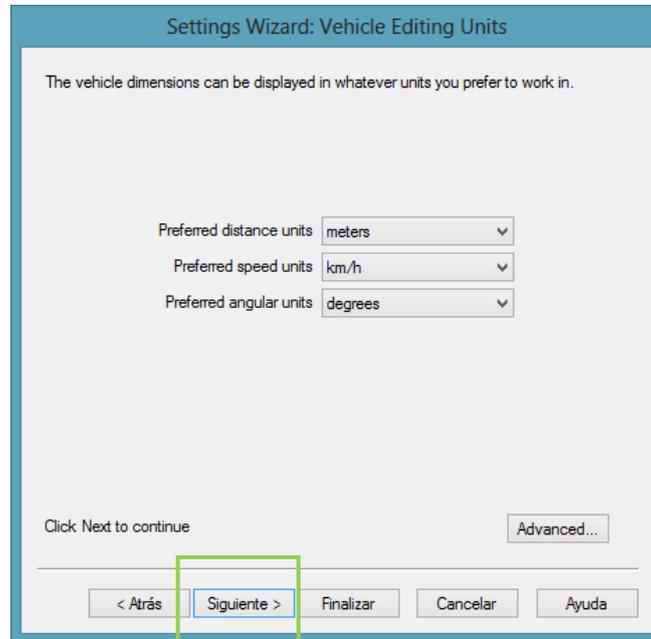


Ilustración 38. Configuraciones de unidades

Aquí también entraremos en Advanced. Ver Ilustración 39

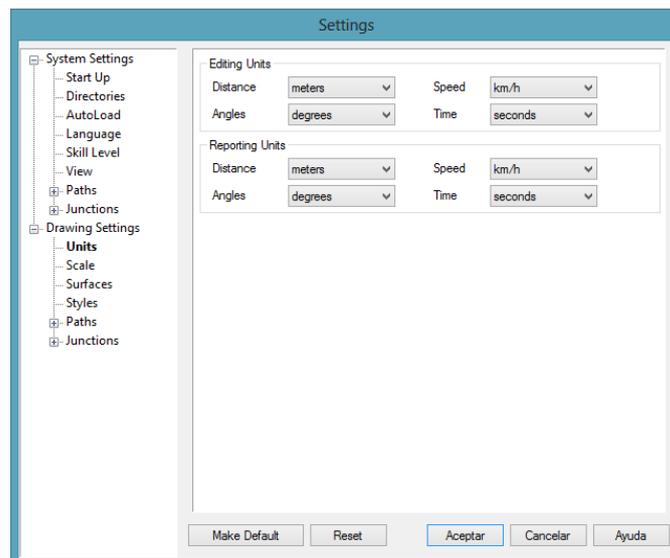


Ilustración 39. Configuraciones de unidades avanzadas

Notamos que se pueden utilizar diferentes unidades para la edición de vehículo y visualización y para la presentación de informes. Le damos Aceptar.

- LAYERS

Al ir a layer nos aparecerá la siguiente ventana. Ver Ilustración 40.

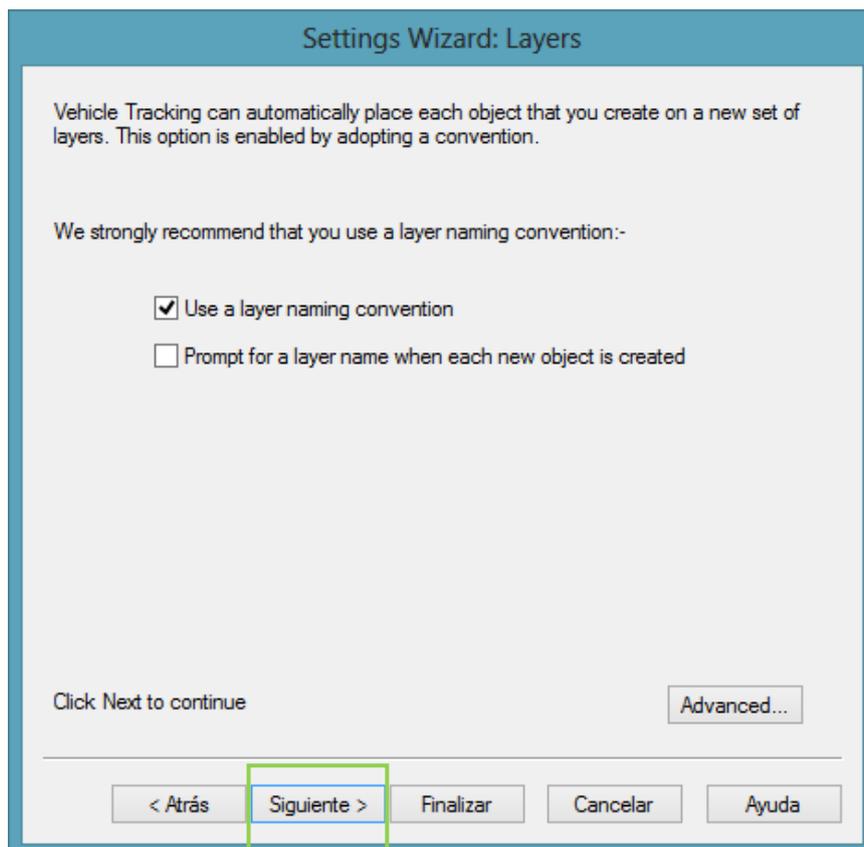


Ilustración 40. Configuraciones de capas

Se recomienda usar una capa de convención de nomenclatura para que los objetos que cree se coloquen en capas separadas. Sin embargo el asistente establecerá la convención de nomenclatura básica. Si queremos establecer nuestra propia convención iremos a opciones avanzadas. Ilustración 41.

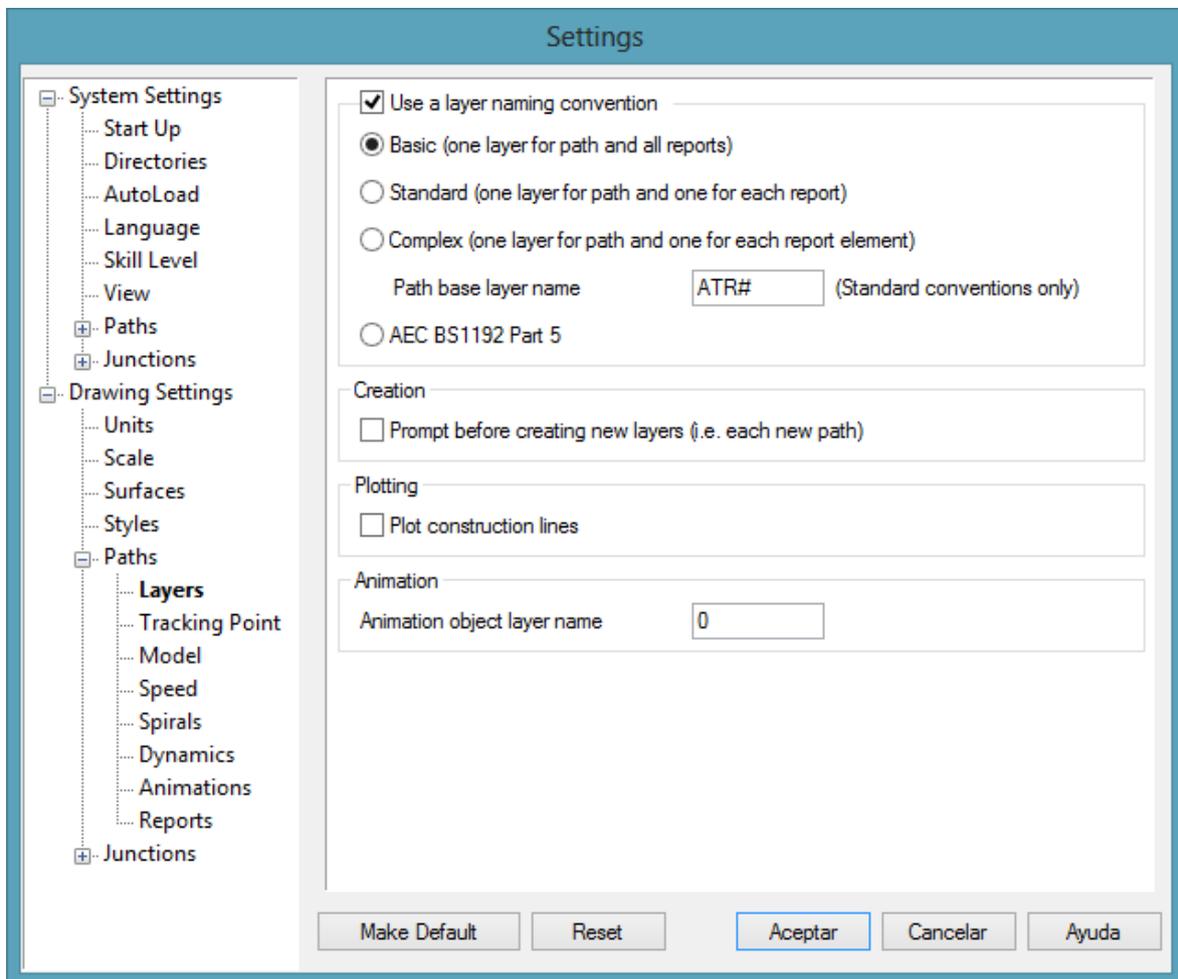


Ilustración 41. Configuraciones avanzadas de capas

Aquí podremos elegir entre usar un criterio para capas básico, estándar o complejo.

También podremos cambiarle el nombre de la capa base. Sin embargo la adopción de una convención de nomenclatura no impedirá cambiar el nombre de una capa (nivel) más tarde.

Le damos aceptar

- **TURN SPIRALS**

Al ir a layer nos aparecerá la siguiente ventana. Ver Ilustración 41.2.

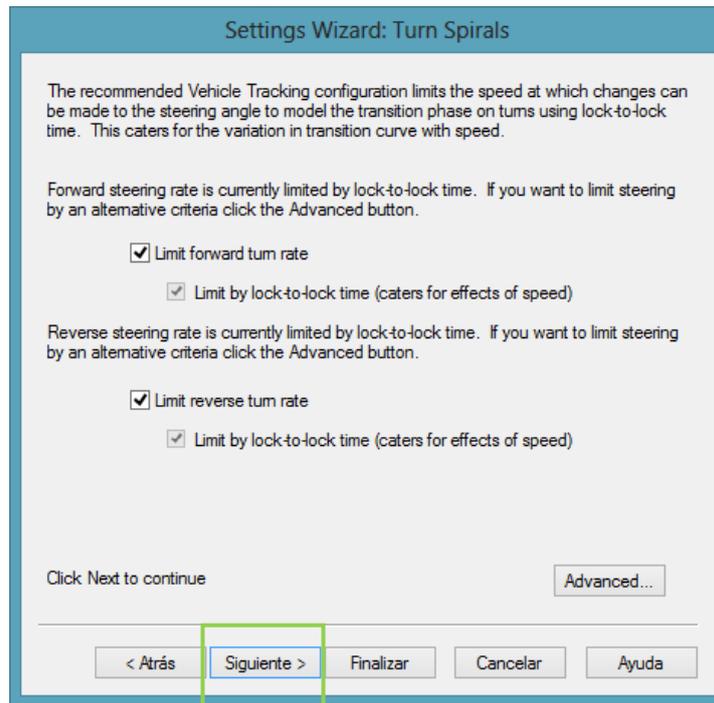


Ilustración 41 1. Turn spirals

La velocidad de conducción ya sea hacia adelante o marcha atrás está limitada por el tiempo entre ángulos de giros (Lock to Lock time).

Lock to Lock time

- Es el tiempo que se necesita para que el vehículo pueda cambiar de dirección. Consejos de diversas fuentes sugiere que un valor entre tres y seis segundo es razonable para la mayoría de los vehículos convencionales.

- DESIGN SPEED

Al pasar a la siguiente configuración que es la de velocidad de diseño podremos cambiar y ponerle la velocidad por la cual hemos diseñado nuestro proyecto. Ver Ilustración 42.

Settings Wizard: Design Speed

Depending upon the selected turn spiral criteria, the design speed may affect how tightly the vehicle can turn. It will always affect the real-time animation.

You have chosen to limit turning by lock-to-lock time in one or both directions. The design speed therefore affects how tightly the vehicle can turn. The lower the speed the tighter the vehicle can turn.

Forward design speed km/h

Reverse design speed km/h

Click Next to continue Advanced...

< Atrás **Siguiente >** Finalizar Cancelar Ayuda

Ilustración 42. Configuraciones de velocidad de diseño

Se puede especificar distintos valores para la velocidad de diseño de avance y retroceso velocidad de diseño. Se debe de tener en cuenta que el movimiento del vehículo siempre se puede modelar a la velocidad de diseño, independientemente de la velocidad a la que se elija para animar la maniobra en la pantalla.

- **STEERING LIMITS**

La siguiente opción de configuración corresponde a límites de dirección. Ver Ilustración 43.

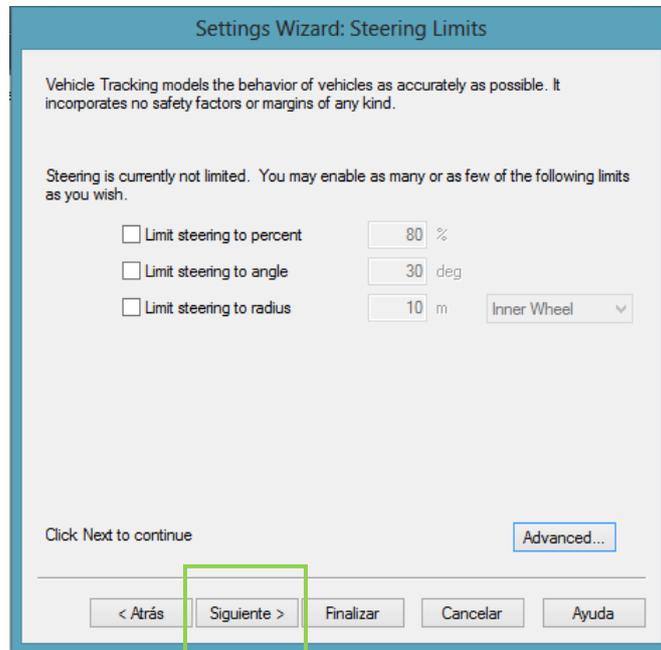


Ilustración 43 Angulo de dirección

Limit Steering To Percentage

Limitar el ángulo de dirección, se refiere al ángulo formado entre la vertical de giro de la dirección con la horizontal del suelo, en porcentaje al ángulo de dirección máximo real

Select Limit Steering To Angle

Establecerá un nuevo ángulo de giro máximo que no es más ni menos que el giro que necesita un vehículo para cambiar de dirección completamente

Select Limit Steering To Radius

Para especificar el ángulo de giro máximo en términos de un radio equivalente. El radio puede ser en el interior de las ruedas interiores, la parte exterior de las ruedas exteriores, o la línea central del eje conducido.

Limit Steering Turn Rate

Para especificar el límite de velocidad máxima a la que la dirección se puede aplicar como un porcentaje de la velocidad máxima real.

- ARTICULATION LIMITS

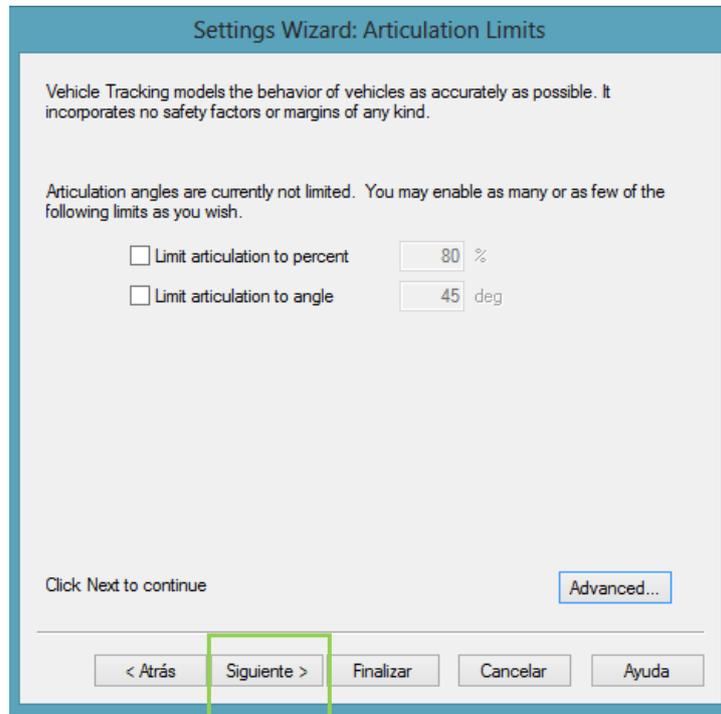


Ilustración 44. Configuración de articulaciones

La opción de configuración de límites de articulación. Aquí se podrá limitar los ángulos de articulación de dos maneras. Ir a Ilustración 44.

Limit Articulation To Percentage

Limitar el ángulo de articulación en porcentaje al ángulo de articulación máxima real

Limit Articulation To Angle

Para establecer un nuevo máximo ángulo de articulación.

- DYNAMICS

Es para modelar giros con velocidad sobre 15kph ya que los efectos dinámicos se vuelven significativos entonces nos basaremos en un manual el

cual nos brindara las limitaciones correspondientes como el ángulo de giro, la velocidad mínima. Ver Ilustración 45.

Settings Wizard: Dynamics

Your current design speed is low enough that dynamic effects will have little or no effect on the limiting turn radius.

At the current design speed you may safely disable dynamic effects if you wish. However there is no harm in leaving them enabled.

Limit tuning for dynamic effects

Use recommendations from: AASHTO Handbook 2011

Design context: Min. radius for limiting values of e & f (Exhibit 3-0)

Click Next to continue

Advanced...

< Atrás Siguiete > Finalizar Cancelar Ayuda

Ilustración 45. Configuraciones dinámicas

- **FINISH**

Para esta última parte se elegirá si es que siempre se va a querer trabajar con las configuraciones previas si no es así marcar la segunda opción y dar clic en finalizar. Ver Ilustración 46.

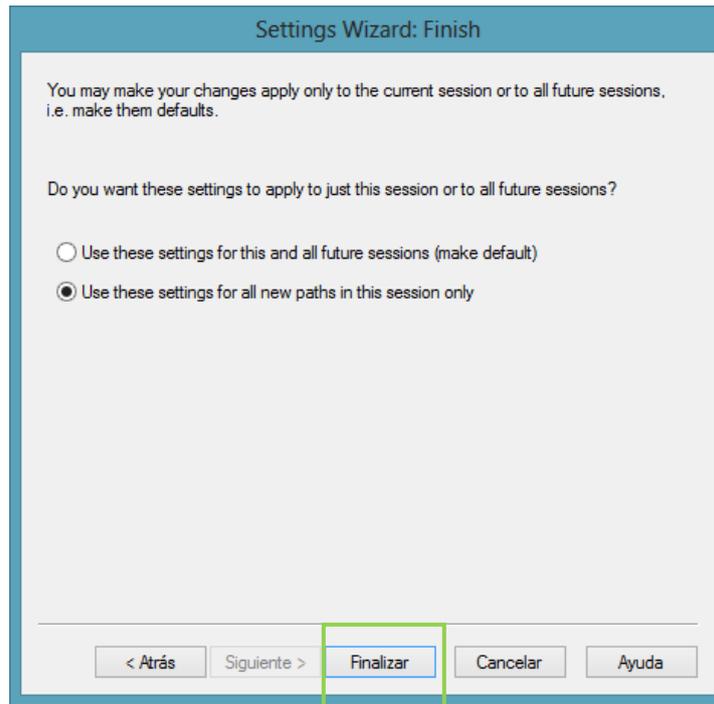


Ilustración 46. Configuraciones finales

3.1.2 Tipos de Vehículo

Si se desea personalizar o crear un vehículo. En esta misma ventana nos vamos a file luego a new library. Ver Ilustración 47.

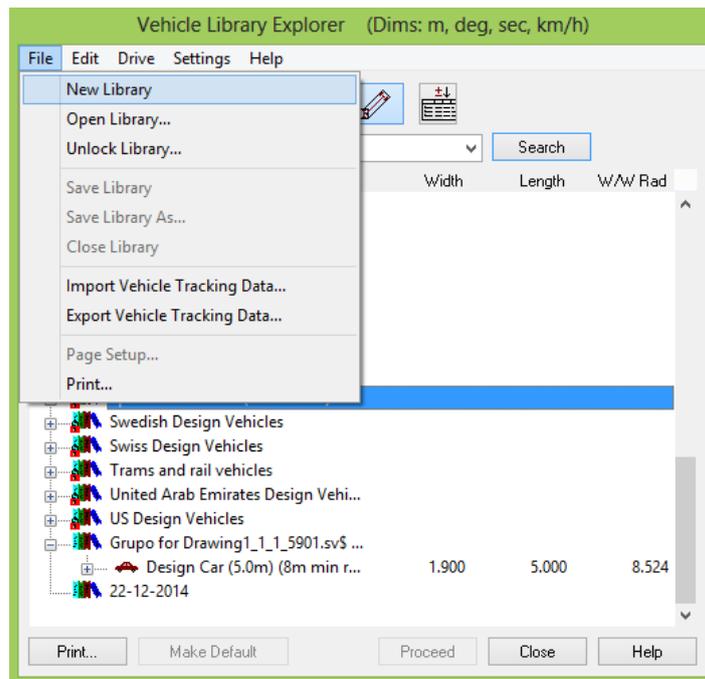


Ilustración 47. Creación de librería

En la Ilustración 48 se mostrara la siguiente ventana en donde pondremos los datos de nuestra nueva librería.

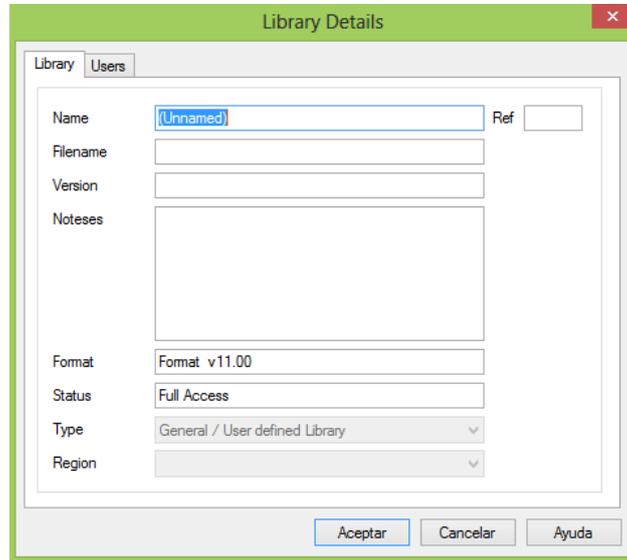


Ilustración 48. Datos de la librería

Una vez creada en nuestra nueva librería le daremos clic derecho y elegiremos new vehicle. Ver Ilustración 49.

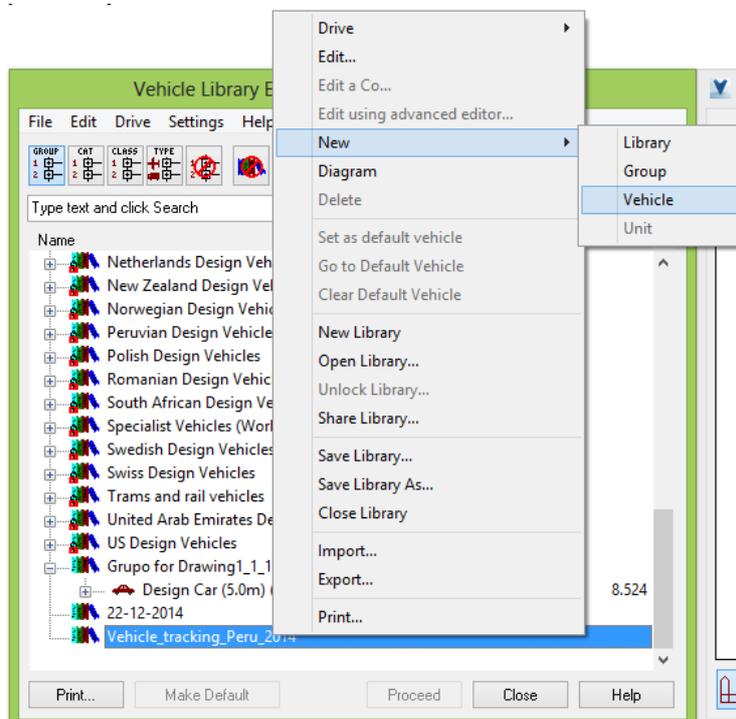


Ilustración 49. Creación de vehículo

En esta ventana podremos configurar nuestro vehículo. Ver Ilustración 49.2.

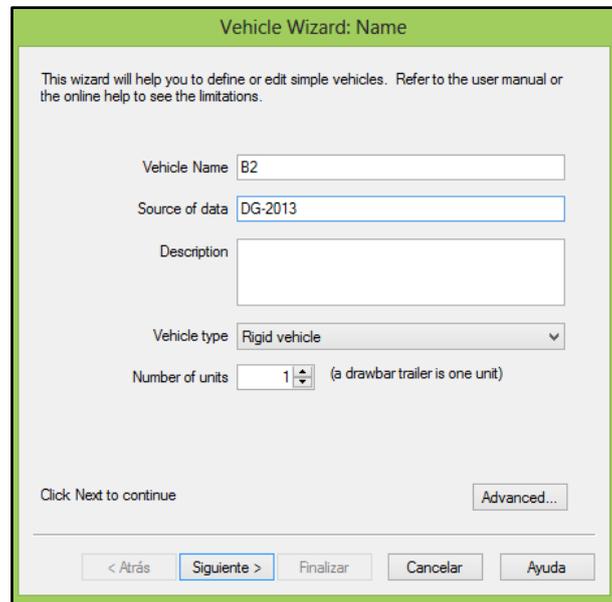


Ilustración 49 1 Configuraciones del vehículo

En la Ilustración 50 podemos observar cómo se le adicionan los ejes, ruedas y ancho del vehículo.

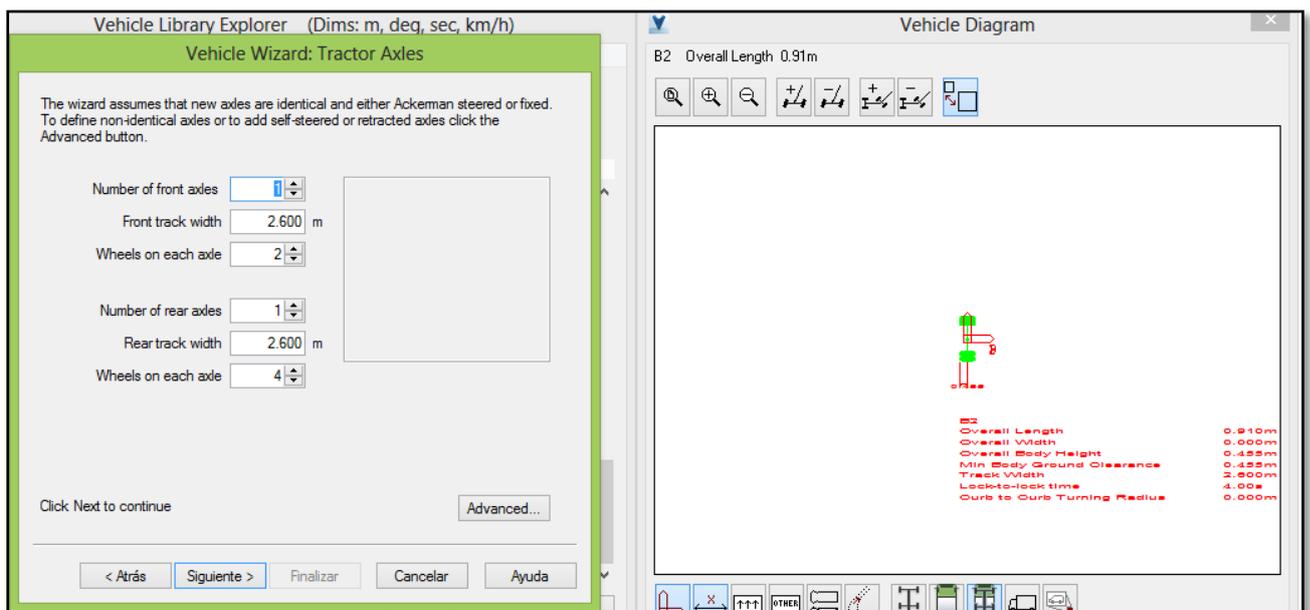


Ilustración 50. Configuraciones del vehículo

Si le damos clic en advanced podremos seguir configurando nuestro vehículo.
Ver Ilustración 51.

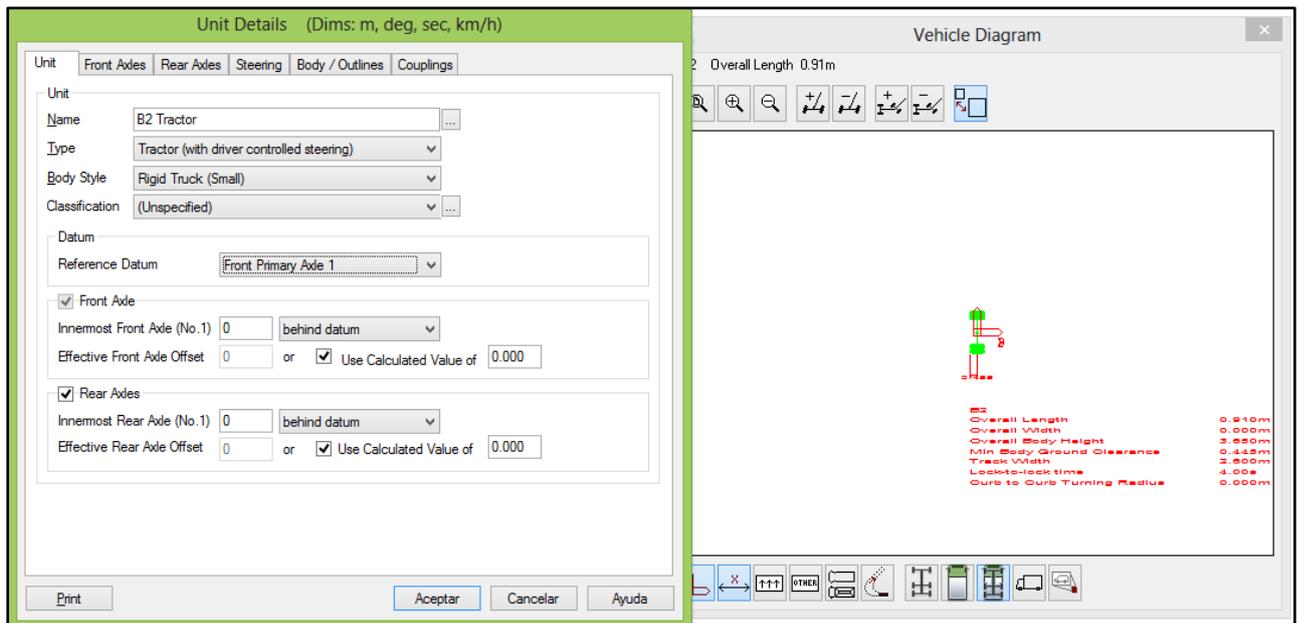


Ilustración 51. Configuraciones avanzadas de vehículo

Le daremos clic en aceptar y volveremos a la ventana anterior y aquí le damos siguiente para ponerle el ancho entre ejes de las ruedas que tiene nuestro vehículo, considerando el ratio lock to lock time como lo vemos en la ilustración 51.2, 51.3 y 51.4

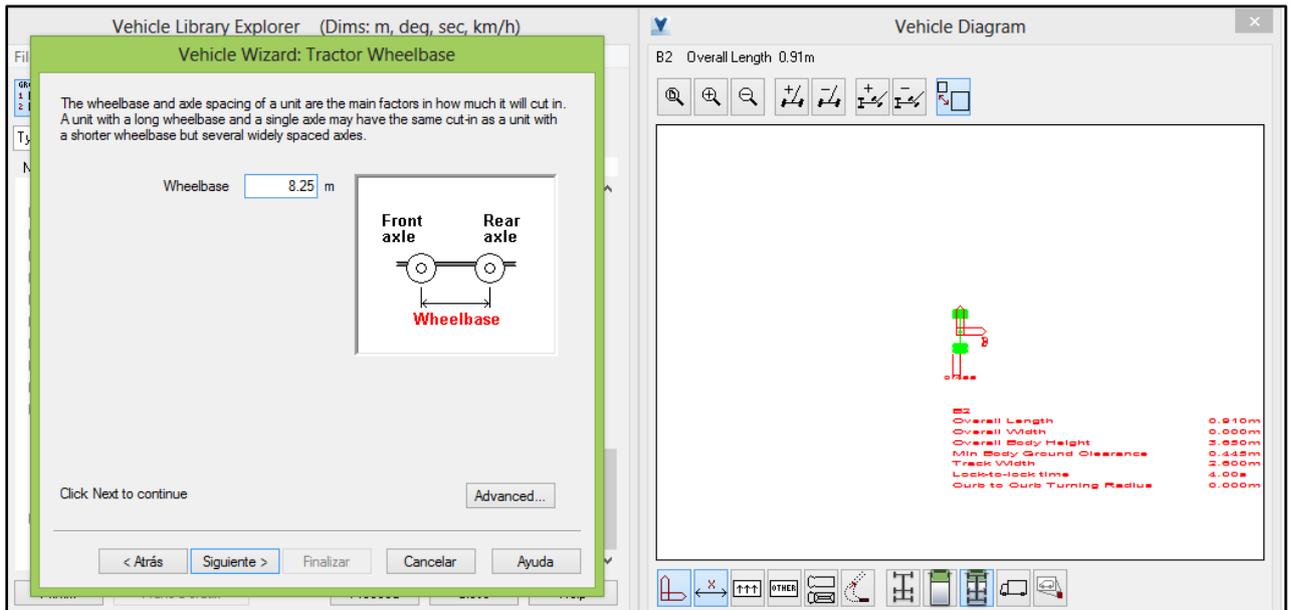


Ilustración 51.2 Configuraciones avanzadas del vehículo

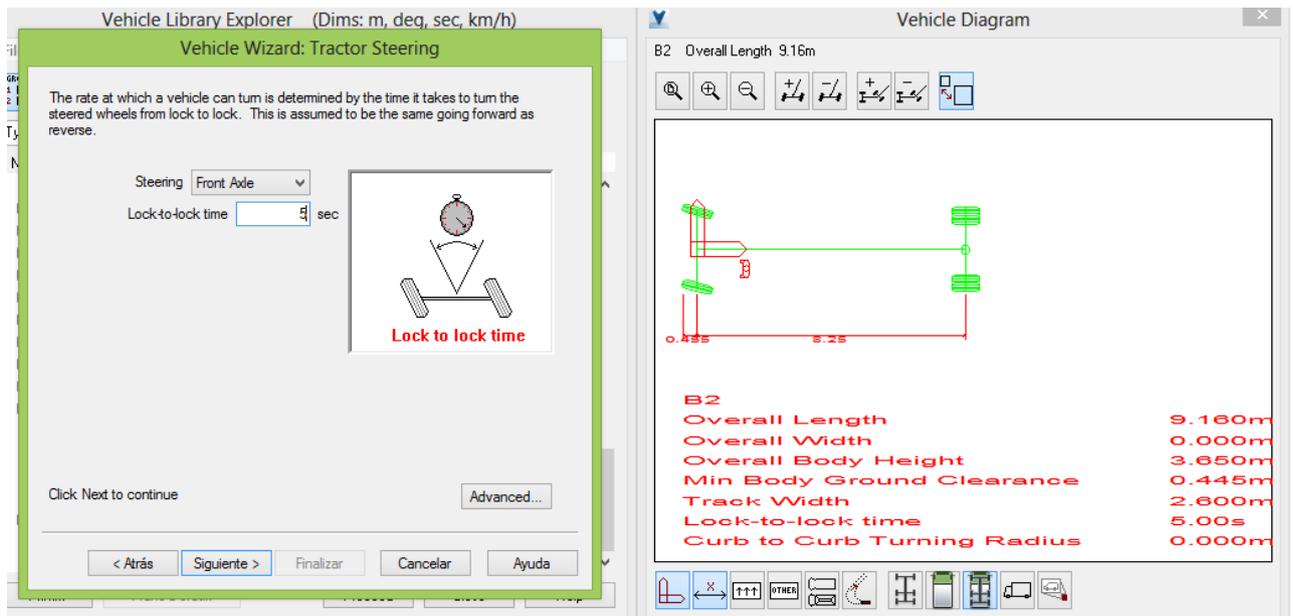


Ilustración 51.3 Configuraciones avanzadas del vehículo

Aquí el radio mínimo de la rueda exterior será de 12.8m

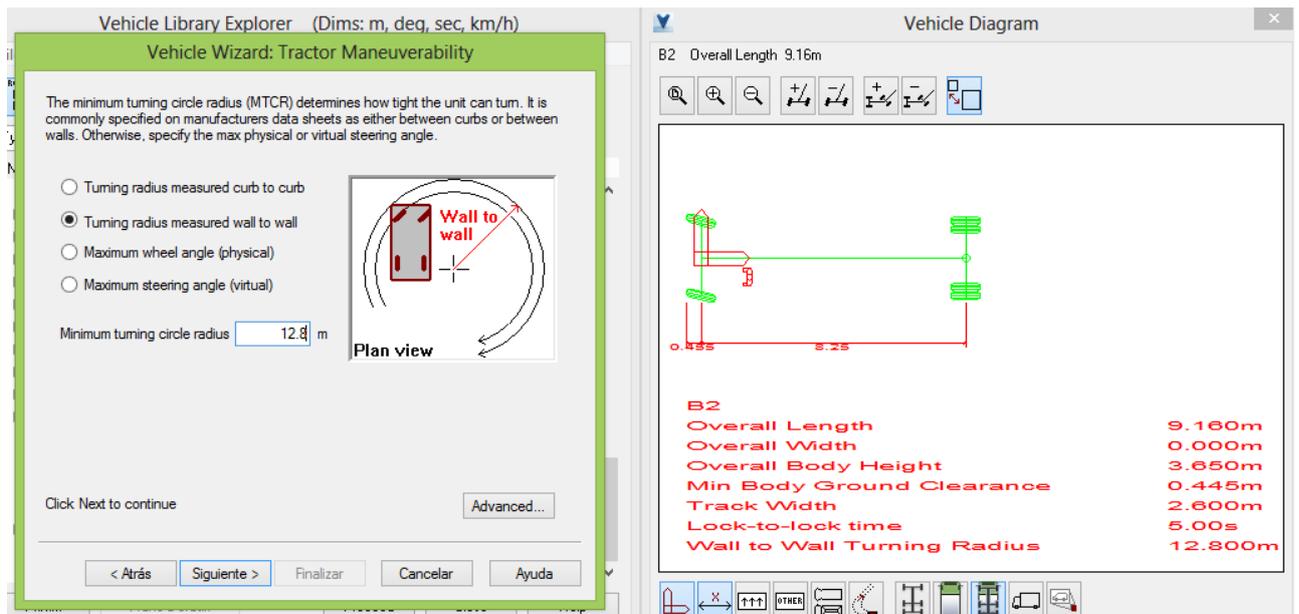


Ilustración 51.4 Configuraciones avanzadas del vehículo

Aquí desbloquearemos ambas condiciones. Ver Ilustración 51.5.

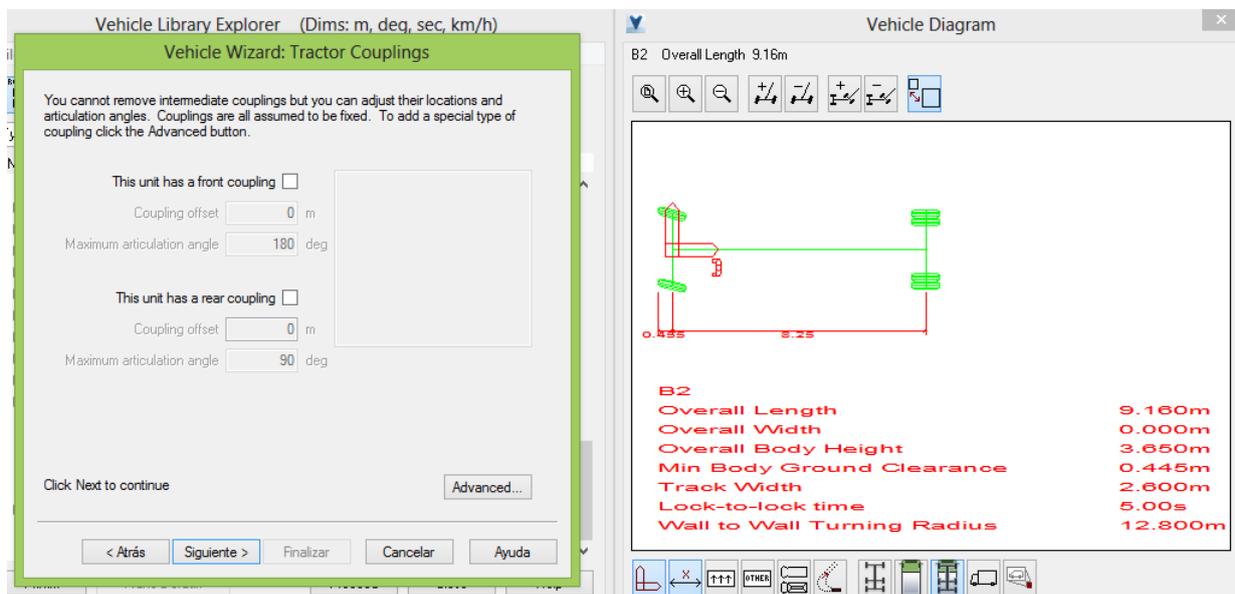


Ilustración 51.5 Configuraciones avanzadas del vehículo

En la ilustración 51.6 esta parte le daremos la longitud total, el ancho total, y la distancia del eje de la rueda posterior hasta la parte final del vehículo

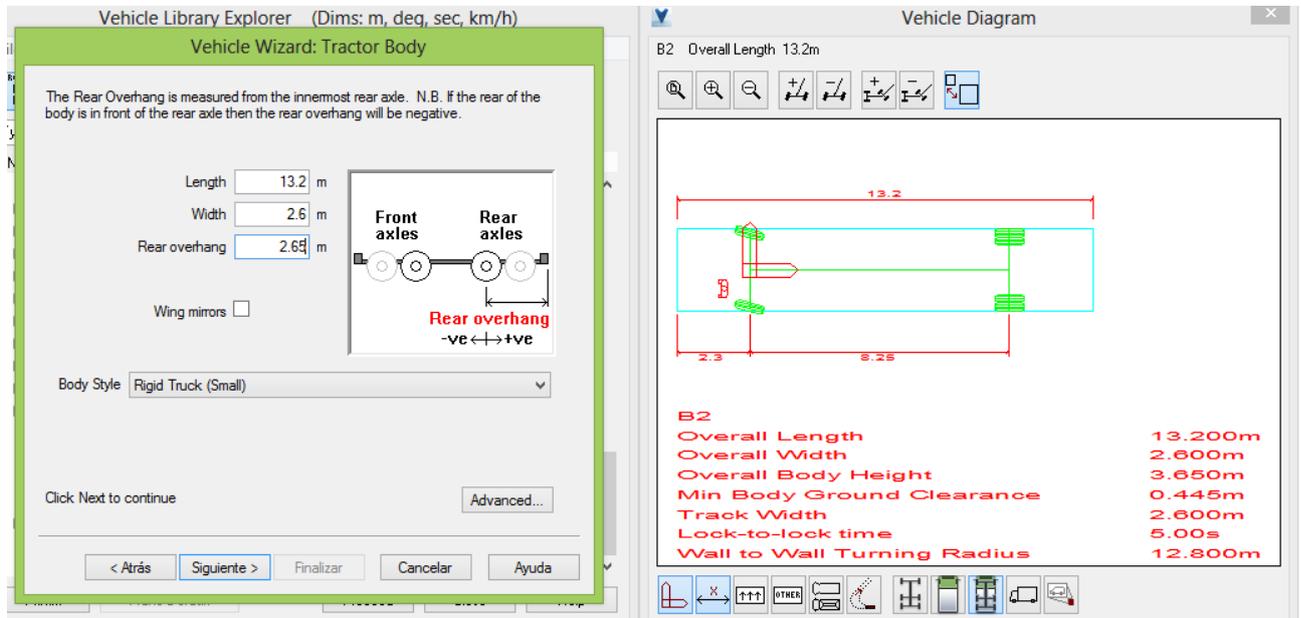


Ilustración 51.6 Configuraciones avanzadas del vehículo

En la Ilustración 52 finalmente con nuestro vehículo diseñado le daremos finalizar.

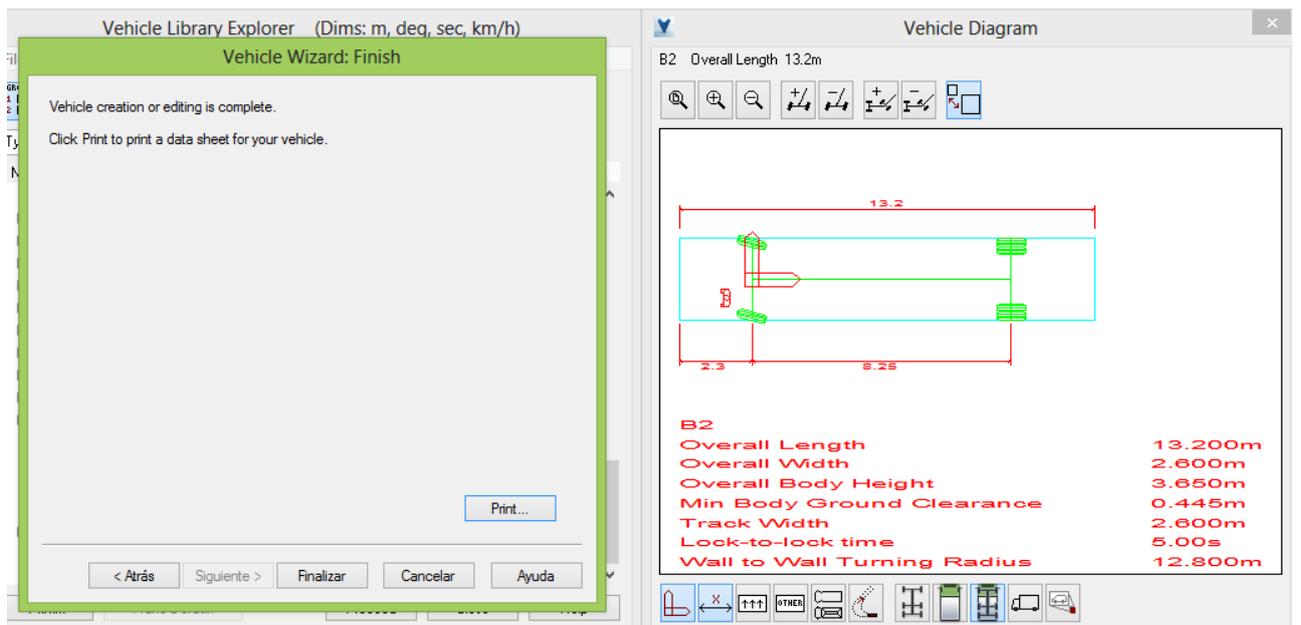


Ilustración 52. Diseño final del vehículo

Seguendo con el Autodrive Arc elegiremos nuestro vehículo diseñado y le daremos proced. Ver Ilustración 52.2.

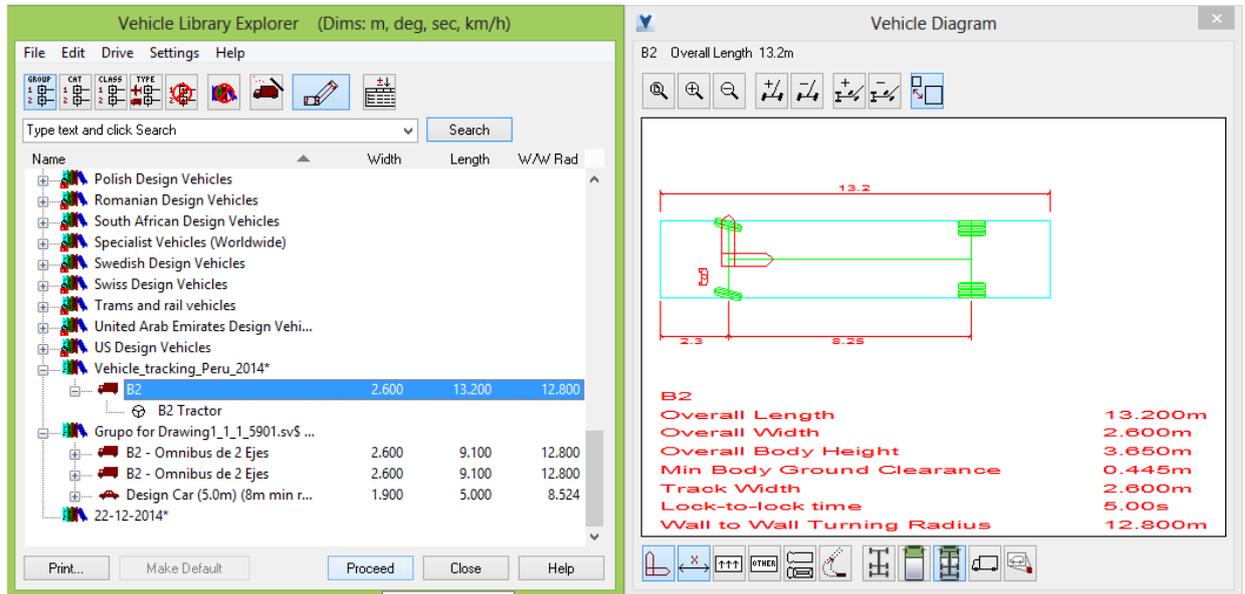


Ilustración 52.1 Diseño final del vehículo

Tipos de vehículos una vez colocados en el software

Vehículos 2013 En la Ilustración 53 vemos el diseño del vehículo B2

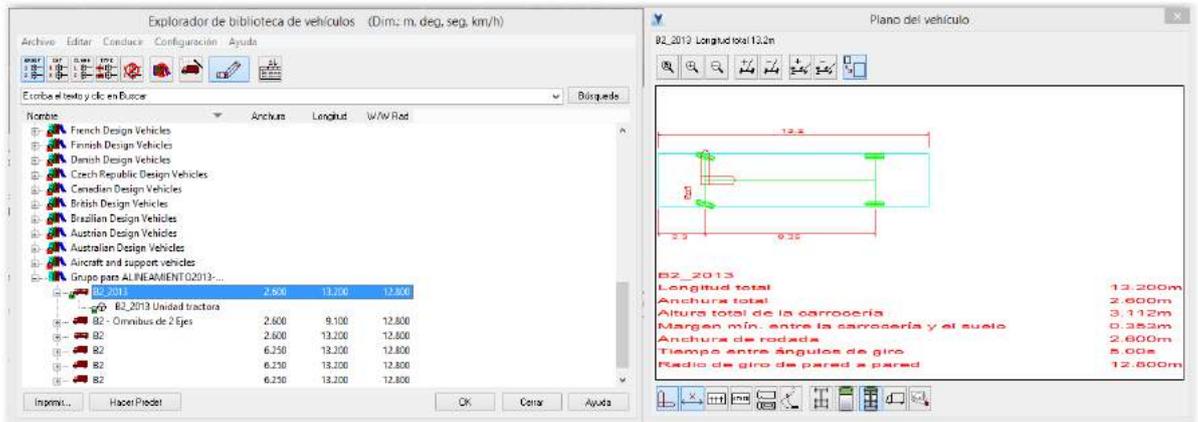


Ilustración 53 Vehículo B2

En la Ilustración 53.2. Vemos el perfil del vehículo B2.

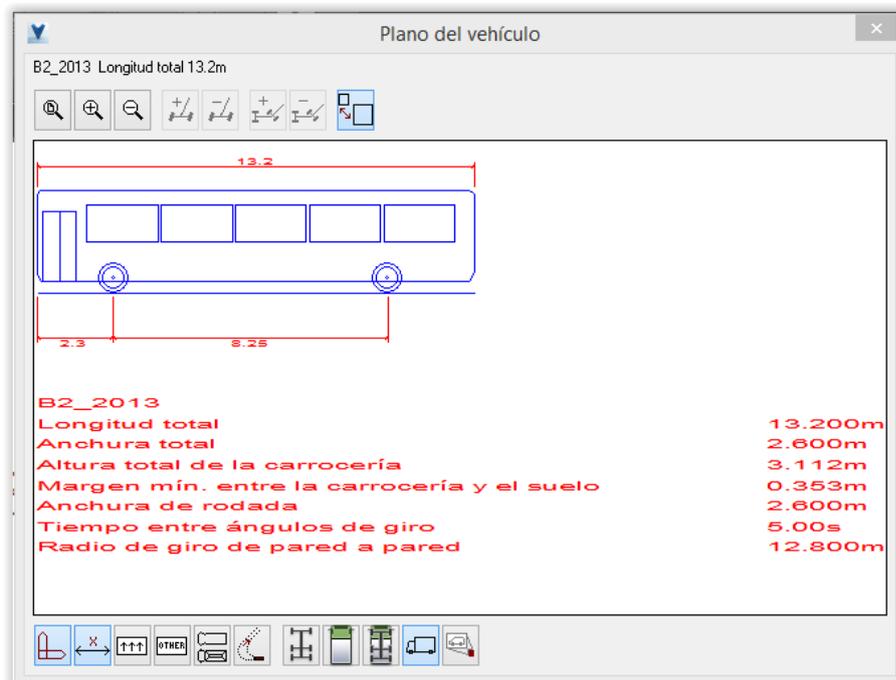


Ilustración 53.2 Vehículo B2

En la Ilustración 54 vemos el diseño del vehículo B3.

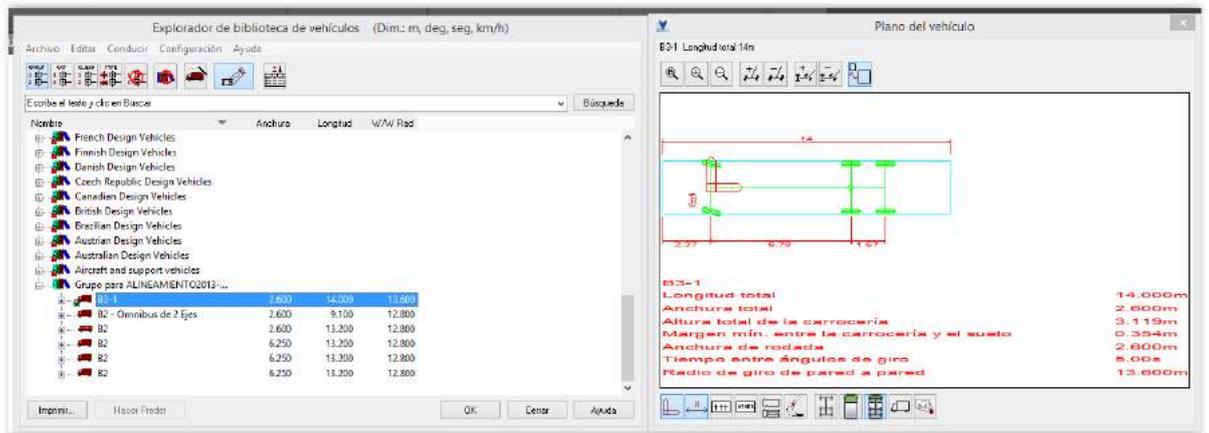


Ilustración 54. Vehículo B3

En la Ilustración 54.2. Vemos el perfil del vehículo B3.

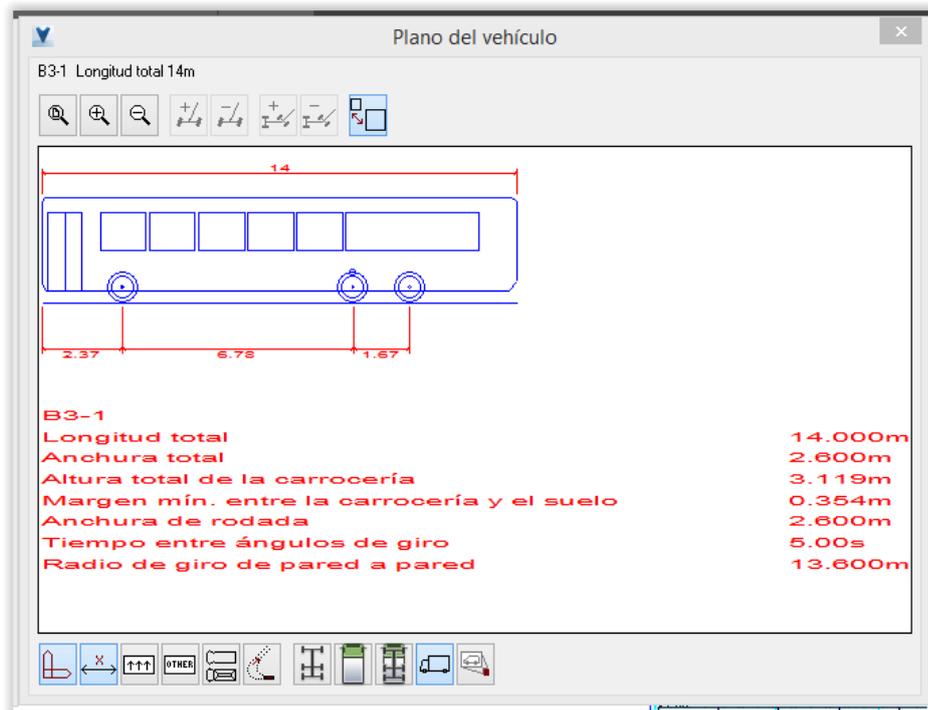


Ilustración 54.2 Vehículo B3

En la Ilustración 55 vemos el perfil del Trailer.

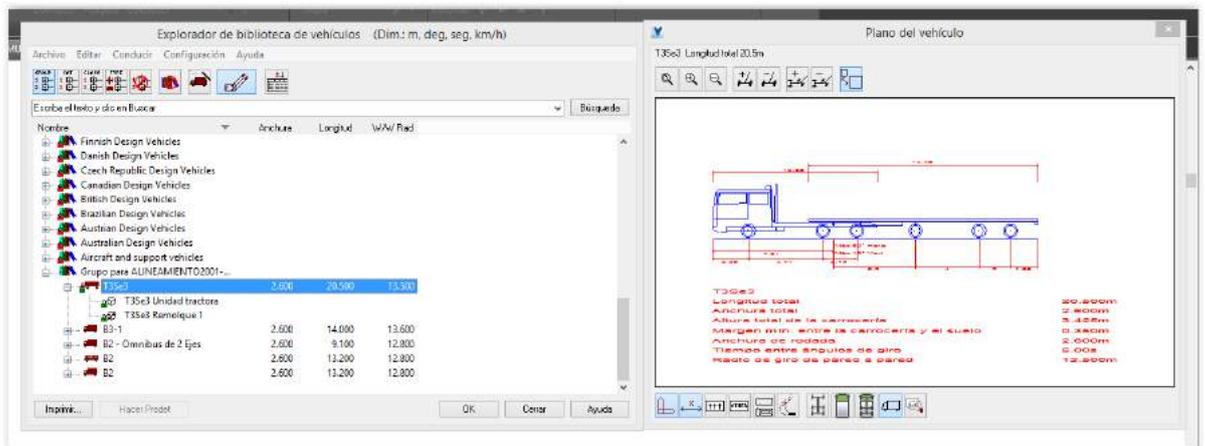


Ilustración 55. Trailer

En la Ilustración 56 vemos el perfil del Trailer.

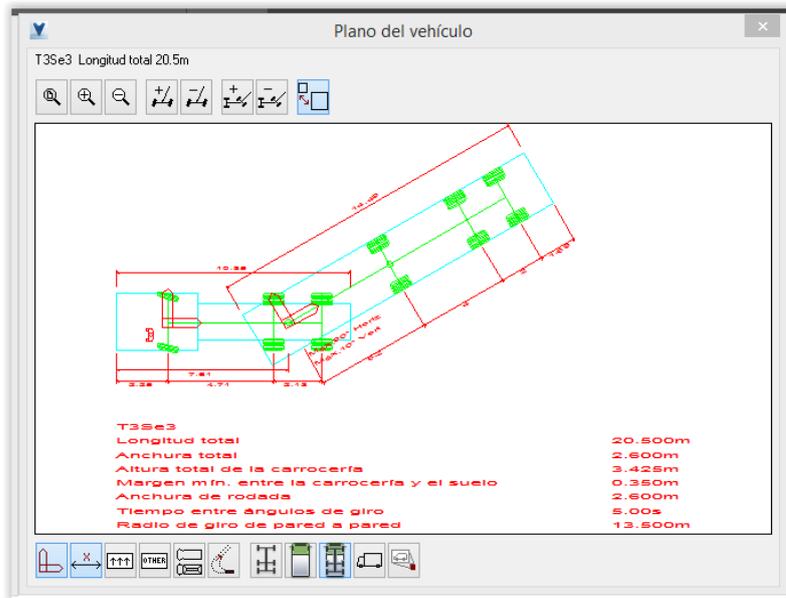


Ilustración 56. Plano del vehículo

Vehículos 2001, Estos vehículos que vienen en la librería del software según datos del Manual DG-2001

En la Ilustración 57 vemos el diseño del vehículo C2.

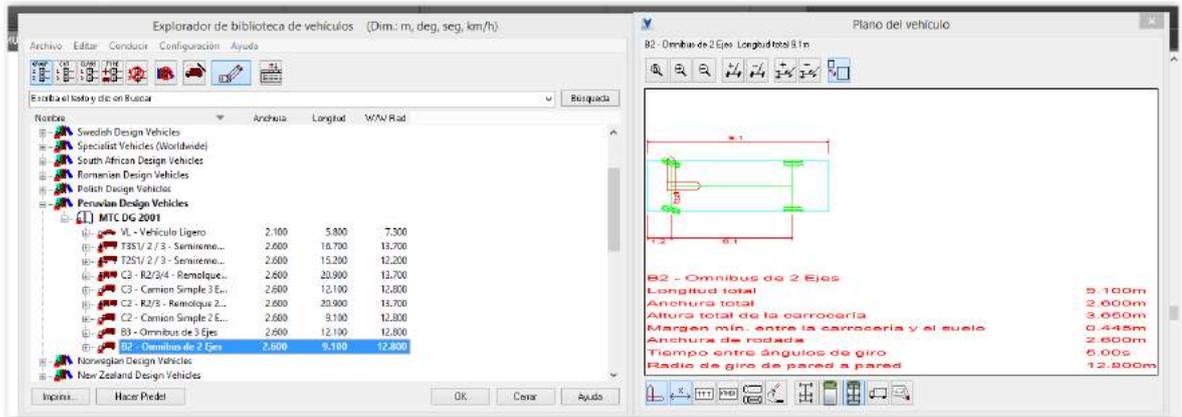


Ilustración 57 Vehículo B2 – 2001

En la Ilustración 57 vemos el perfil del vehículo C2.

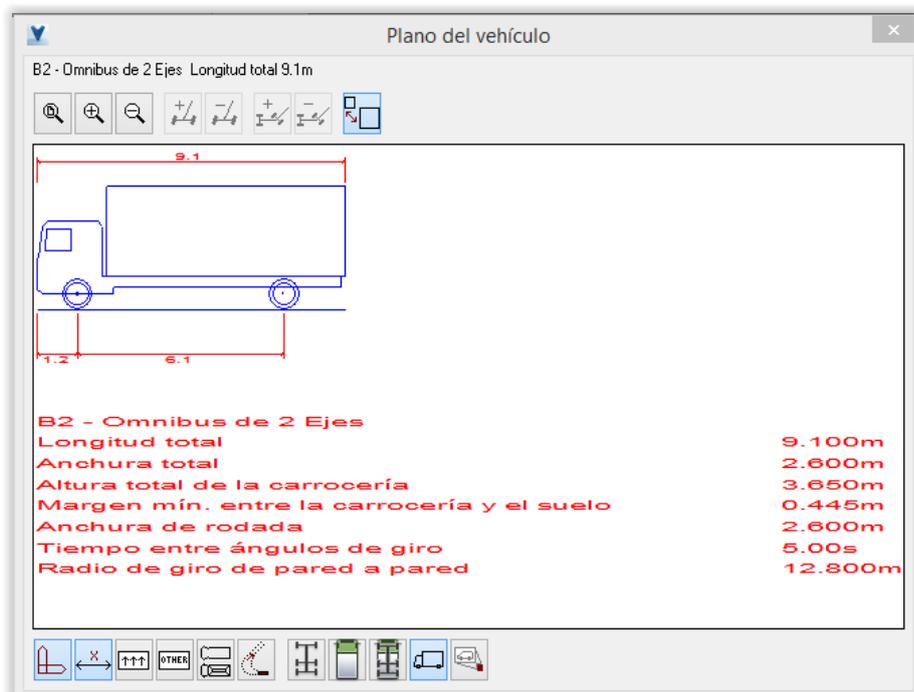


Ilustración 57.2. Vehículo C2 – 2001

En la Ilustración 58 vemos el diseño del vehículo C3

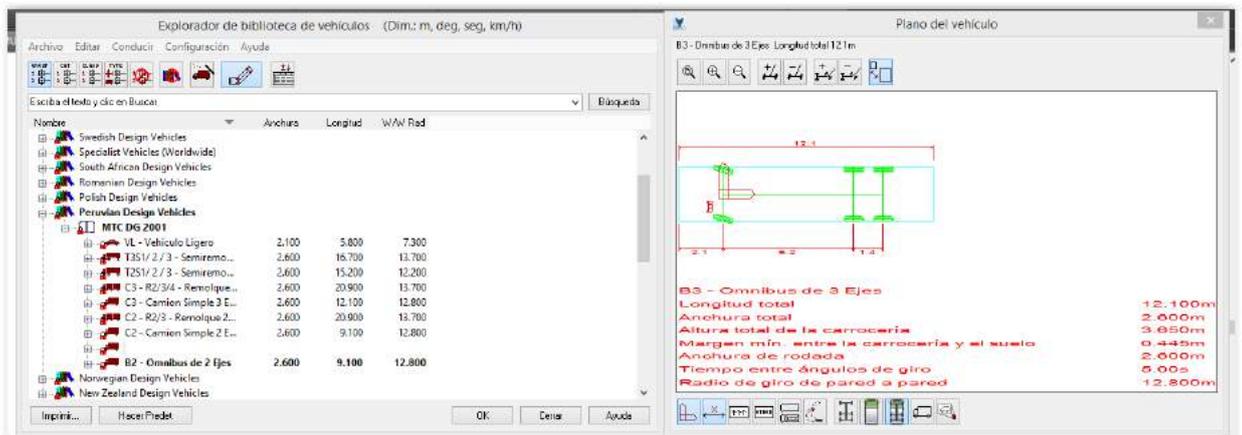


Ilustración 58. Vehículo B3- 2001

En la Ilustración 58.1 vemos el perfil del vehículo C3.

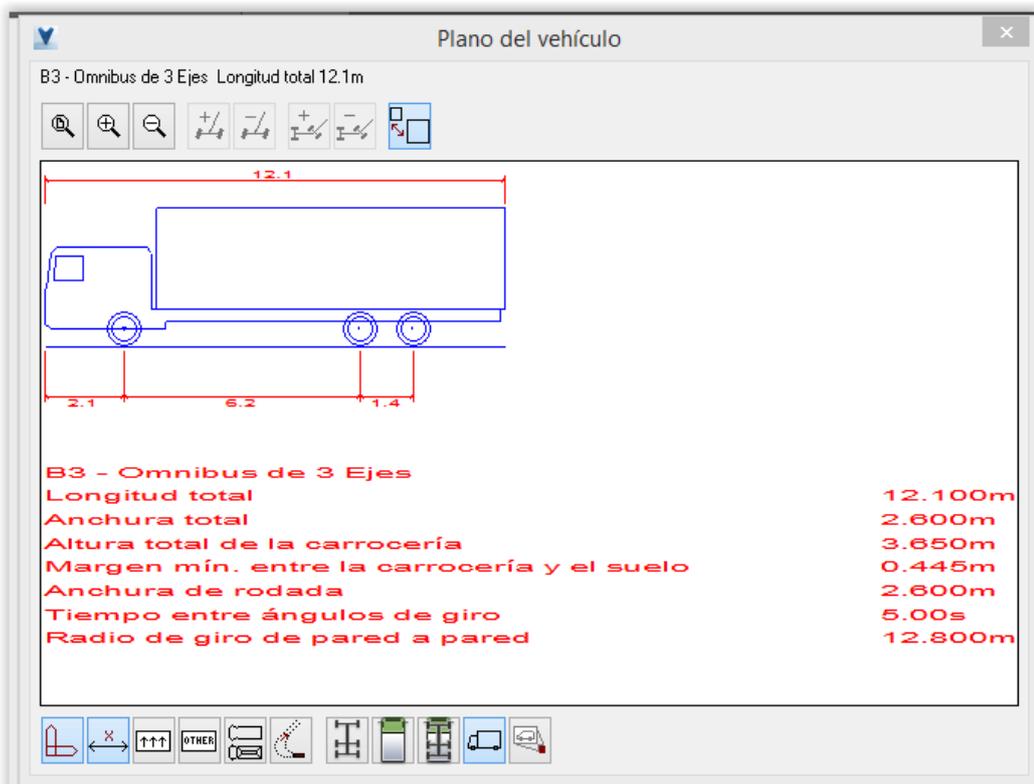


Ilustración 58.1. Vehículo C3- 2001

3.1.2 Generación de rutas

Cada uno puede acceder ya sea directamente desde la barra de herramientas o en el menú desplegable. A modo de avance más le permite insertar los vehículos estacionados.

Se tiene los siguientes comandos.

AutoDrive

Manual Drive

Follow

Script

Guided Drive

Vertical Clearance

Park a Vehicle

Selecting a vehicle to drive

Changing your vehicle

Positioning a vehicle interactively

Positioning a vehicle (Position Vehicle dialog) (6000)

Adjusting the view (View toolbar)

Donde podemos ver en la Ilustración 59

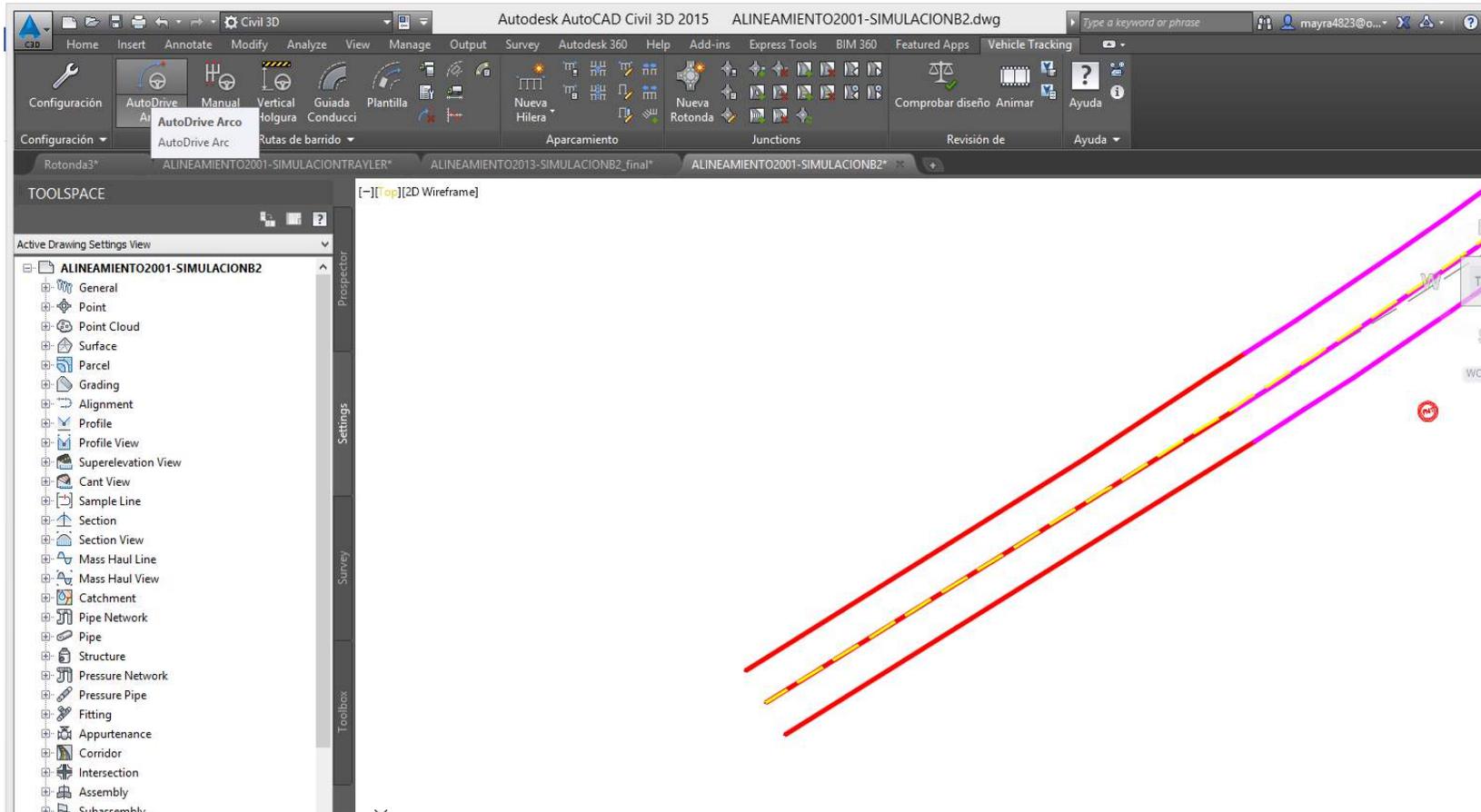


Ilustración 59. Generar ruta en esquina

La Ilustración 59 corresponde al inicio de la generación de la ruta en cual previamente hemos creado lo que es la Línea Amarilla (delimita los carriles). Aquí nos vamos a AutoDrive Arco.

AJUSTAR RUTA EN ESQUINA

En la Ilustración 60 podremos posicionar el vehículo en este caso nuestros vehículos de estudio son el bus B2, B3 y el tráiler. Al haber dado clic en AutoDrive Arco aparece la ventana de posicionar vehículo en donde de frente podemos irnos a



la parte de orientación del vehículo . En las siguientes imágenes se mostrara el mismo proceso para los demás vehículos

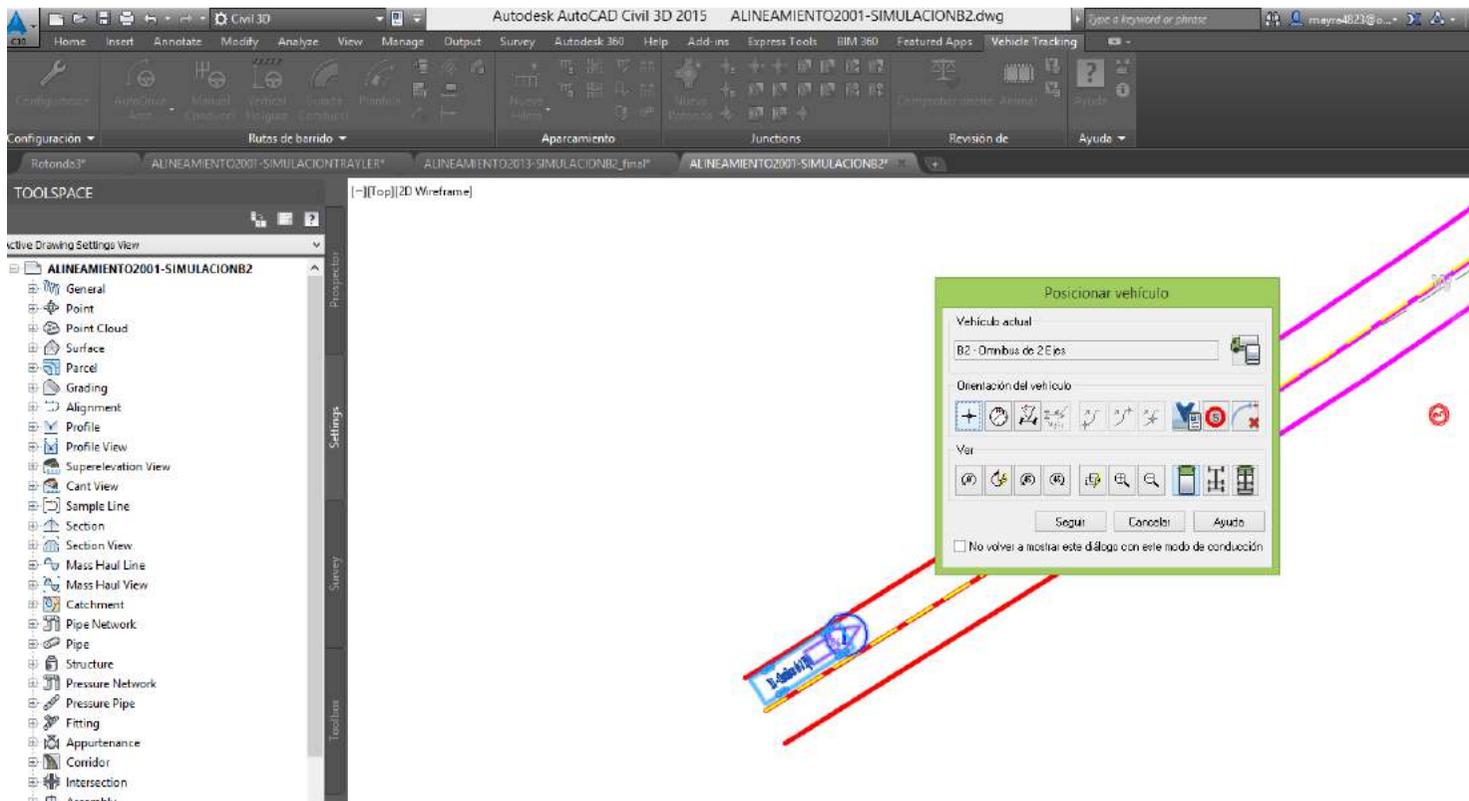


Ilustración 60. Ajustar ruta en esquina

En la Ilustración 60.2 posicionaremos el vehículo B3

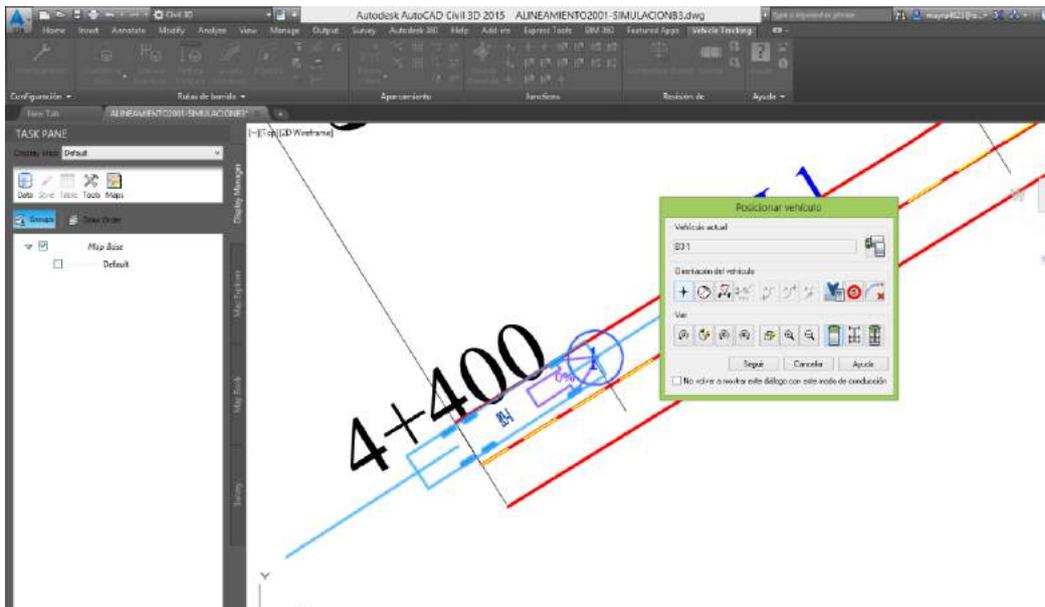


Ilustración 60 1 Ajustar ruta en esquina

En la Ilustración 60.3 posicionaremos el Trailer

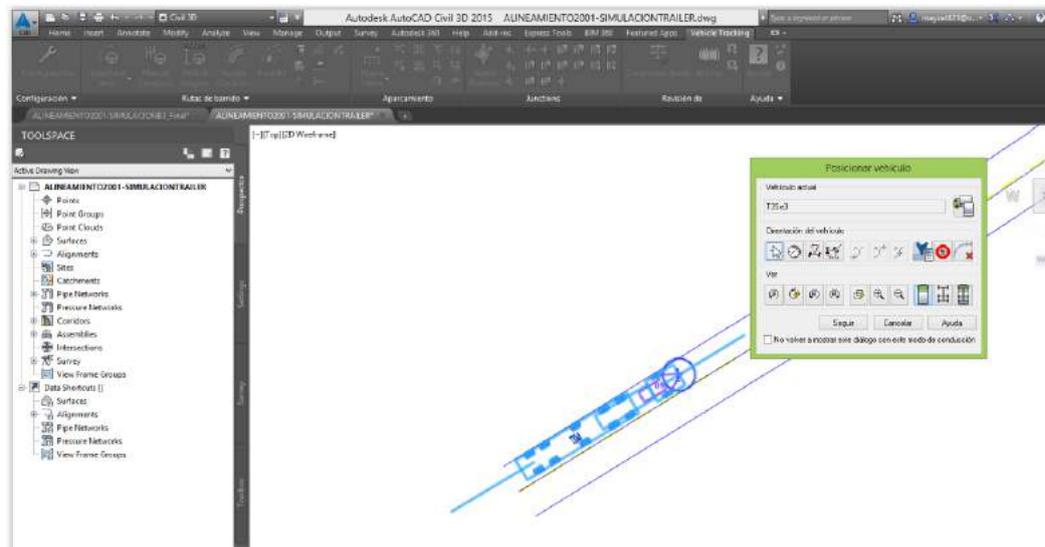


Ilustración 60 2 Ajustar ruta en esquina

GUIAR RUTA

Utilizando vehículos DG-2001 y DG-2013

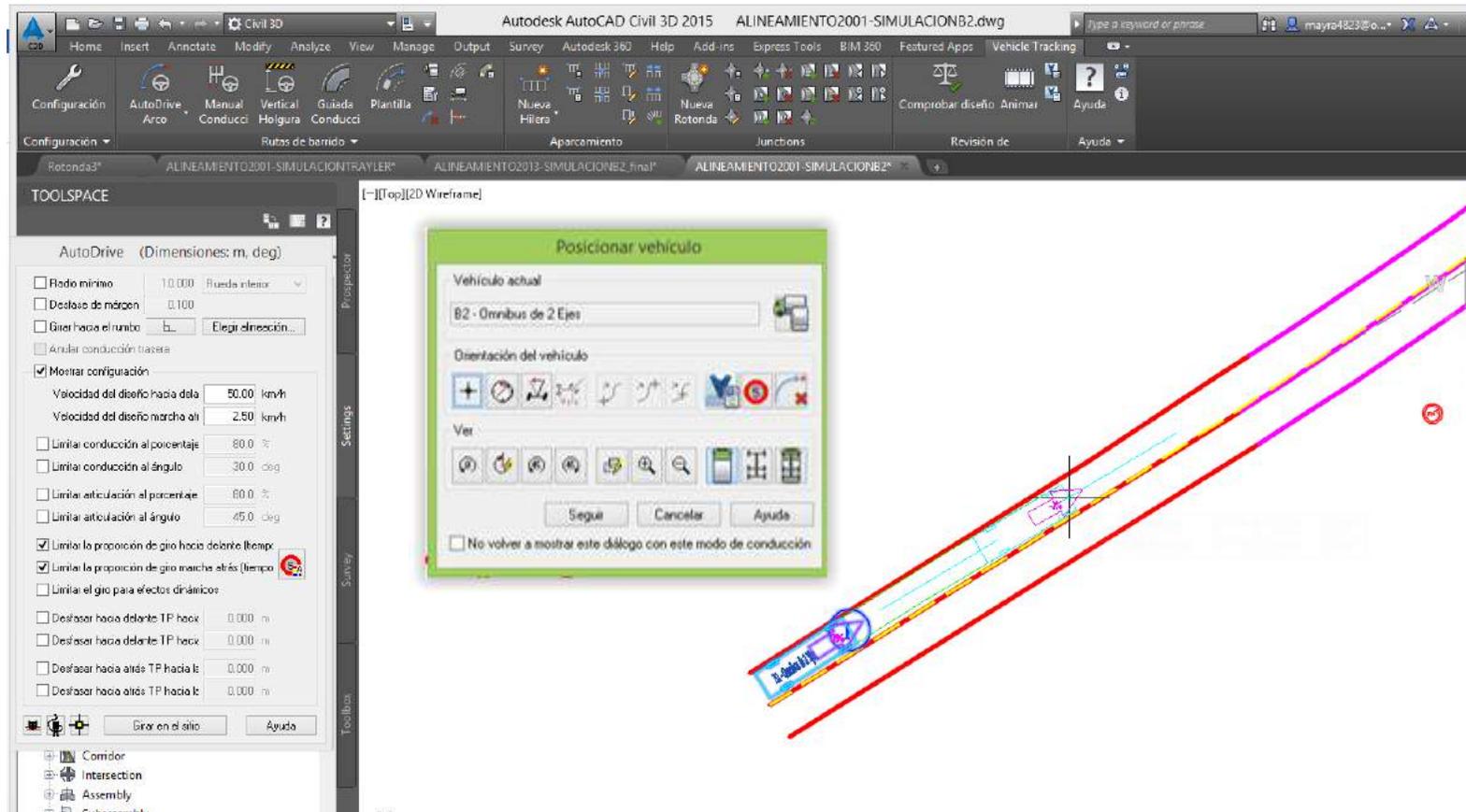


Ilustración 61. Guiar ruta

Una vez el vehículo orientado y puesto en posición daremos pase a guiar la ruta por la cual lo haremos dando clic al botón de seguir y veremos cómo unas líneas color turquesa se van formando y una flecha por delante que dirige o guía al vehículo. Ver Ilustración 61.

En la Ilustración 61.2 se verá cómo se guía la ruta para el vehículo B3

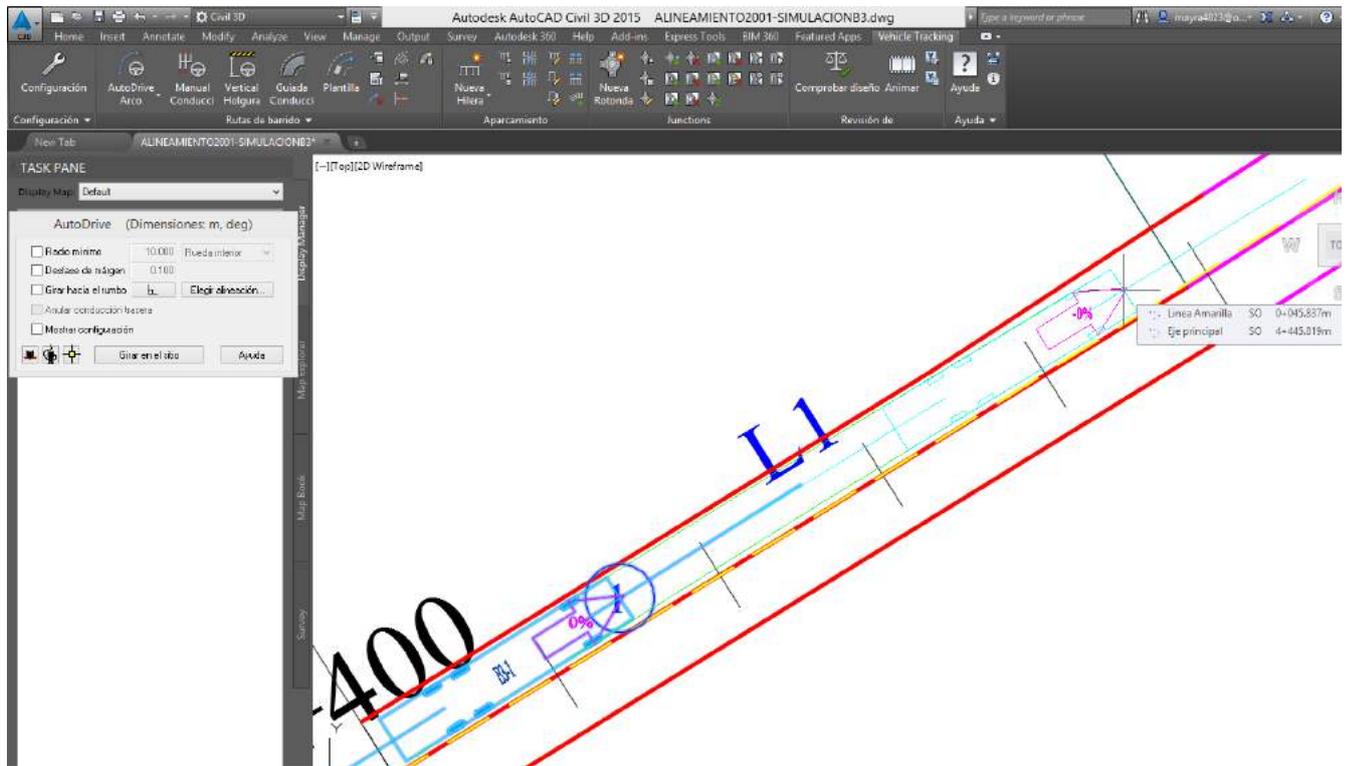


Ilustración 61 1 Guiar ruta

En la Ilustración 61.3 se verá como se guía la ruta para el Trailer.

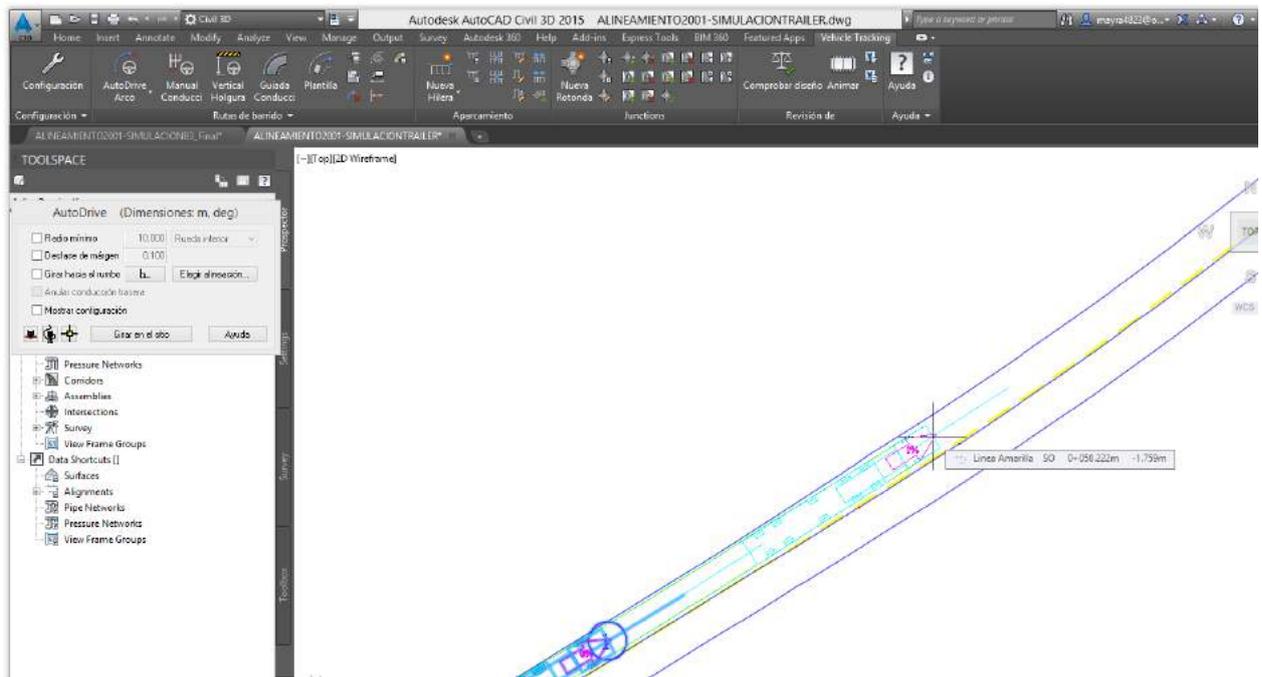


Ilustración 61 2 Guiar ruta

3.1.3 Edición

Eliminar Sección Anterior

Utilizando vehículos DG-2001 y DG-2013

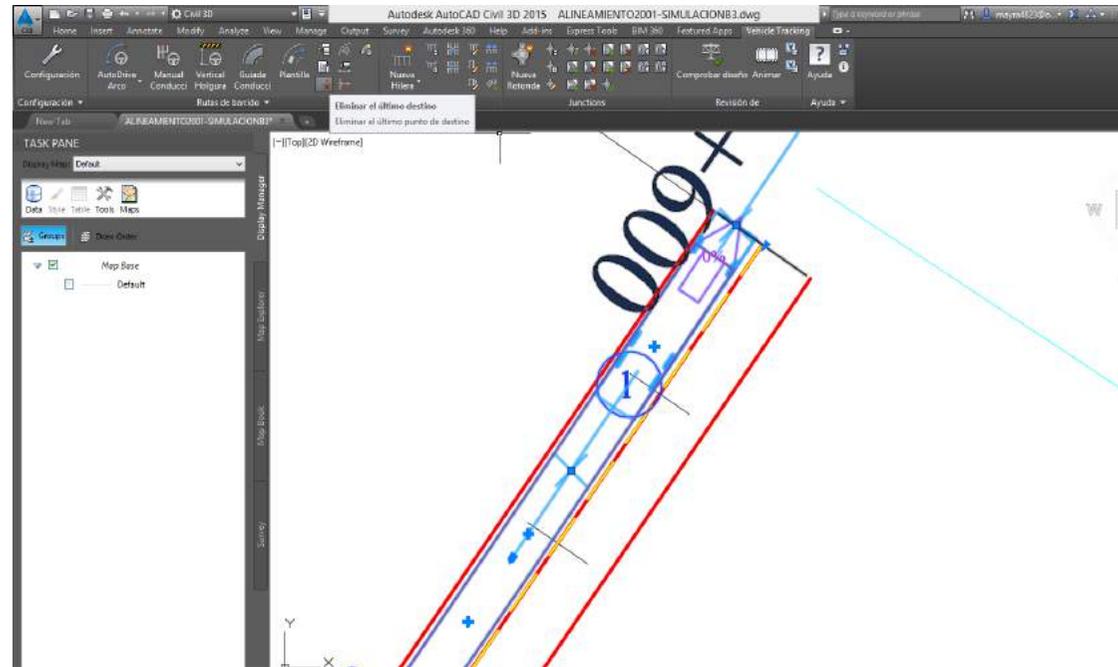


Ilustración 62. Eliminar sección anterior

Para este caso de eliminar la sección se seleccionara primera la ruta, paso seguido se ira a rutas de barrido y dentro de las nos vamos a eliminar el último destino y vemos como el último tramo se borrara. Ver Ilustración 62.

En la Ilustración 62.2 vemos como se elimina la sección anterior utilizando un Trailer.

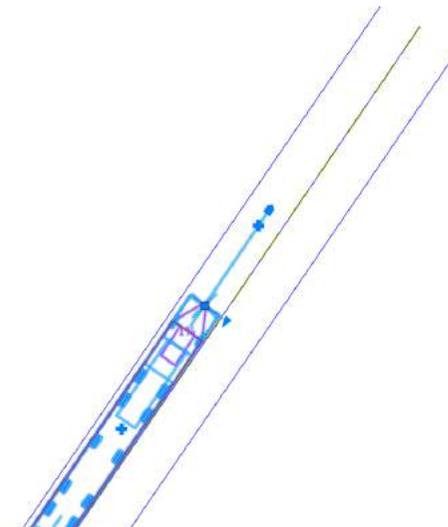
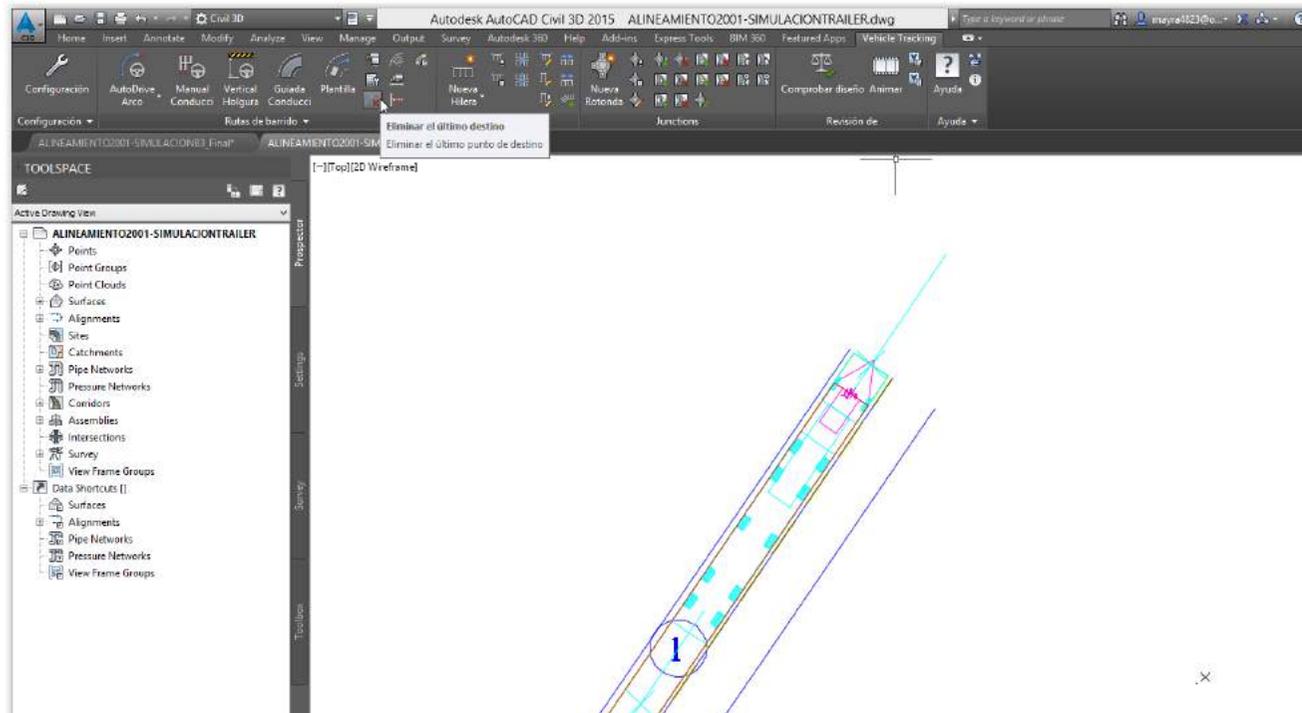


Ilustración 62 1 Eliminar sección anterior

3.1.4 Colocar

Colocar una Simulación

Cruce de la Av. La Mar con Av. Parque de las leyendas

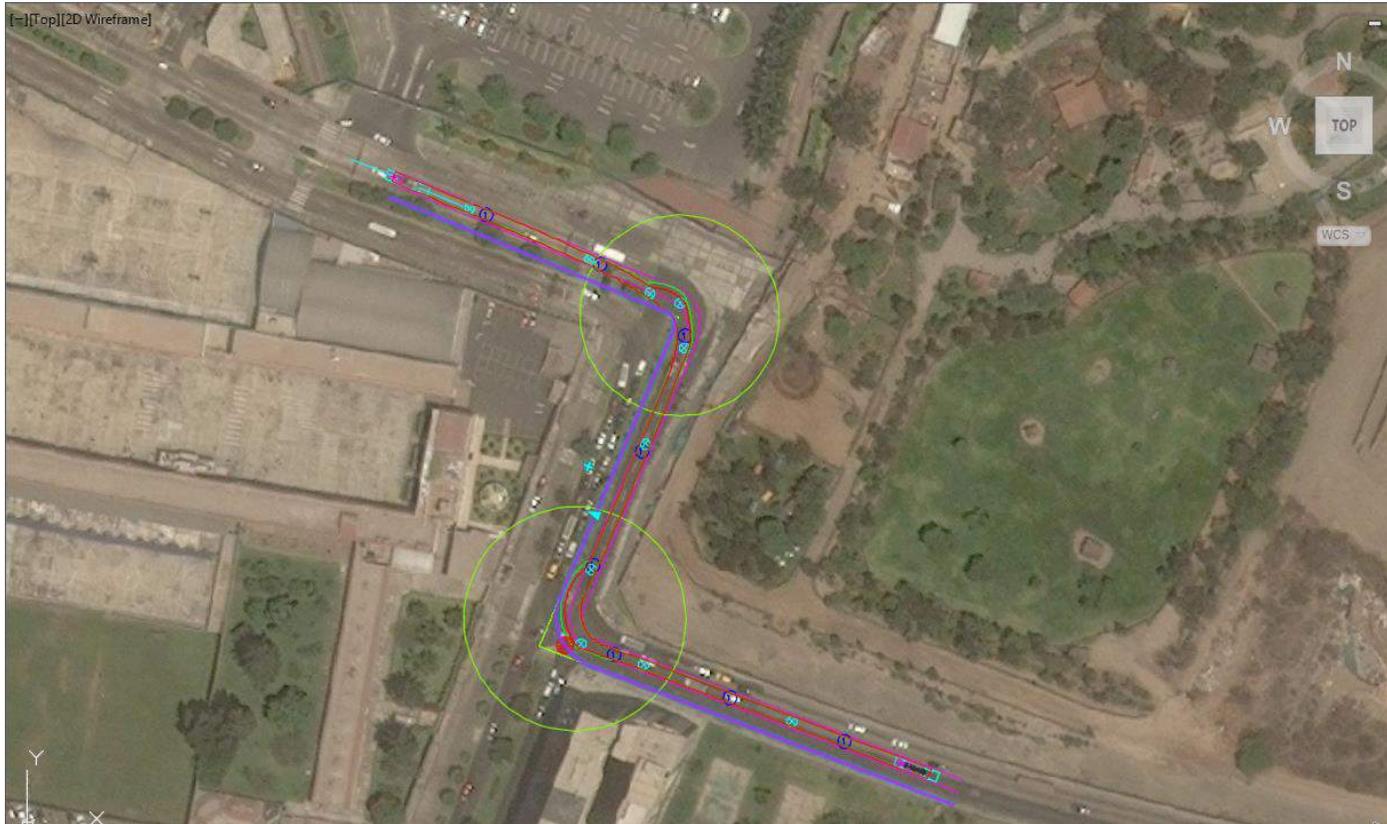


Ilustración 63. Simulación Av. La Mar con Av. Parque de las leyendas

En la Ilustración 63 notamos el recorrido de un Ómnibus con 12 m de longitud que tiene que invadir el carril contrario para poder doblar ya que el espacio no es lo suficientemente eficiente



Ilustración 64. Invasión de carril adyacente para poder doblar

En las Ilustraciones 64 y 64.2 observamos con mayor precisión donde es que ocurre esta falta espacio para doblar

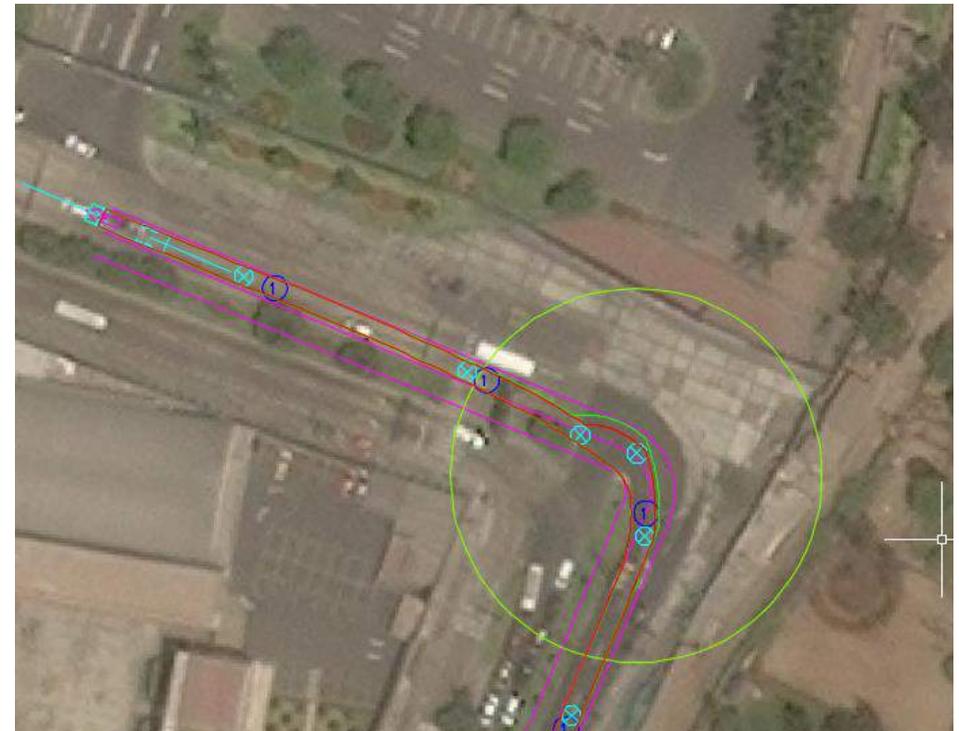


Ilustración 64 1 Invasión de carril adyacente para poder doblar

Ovalo Gutiérrez

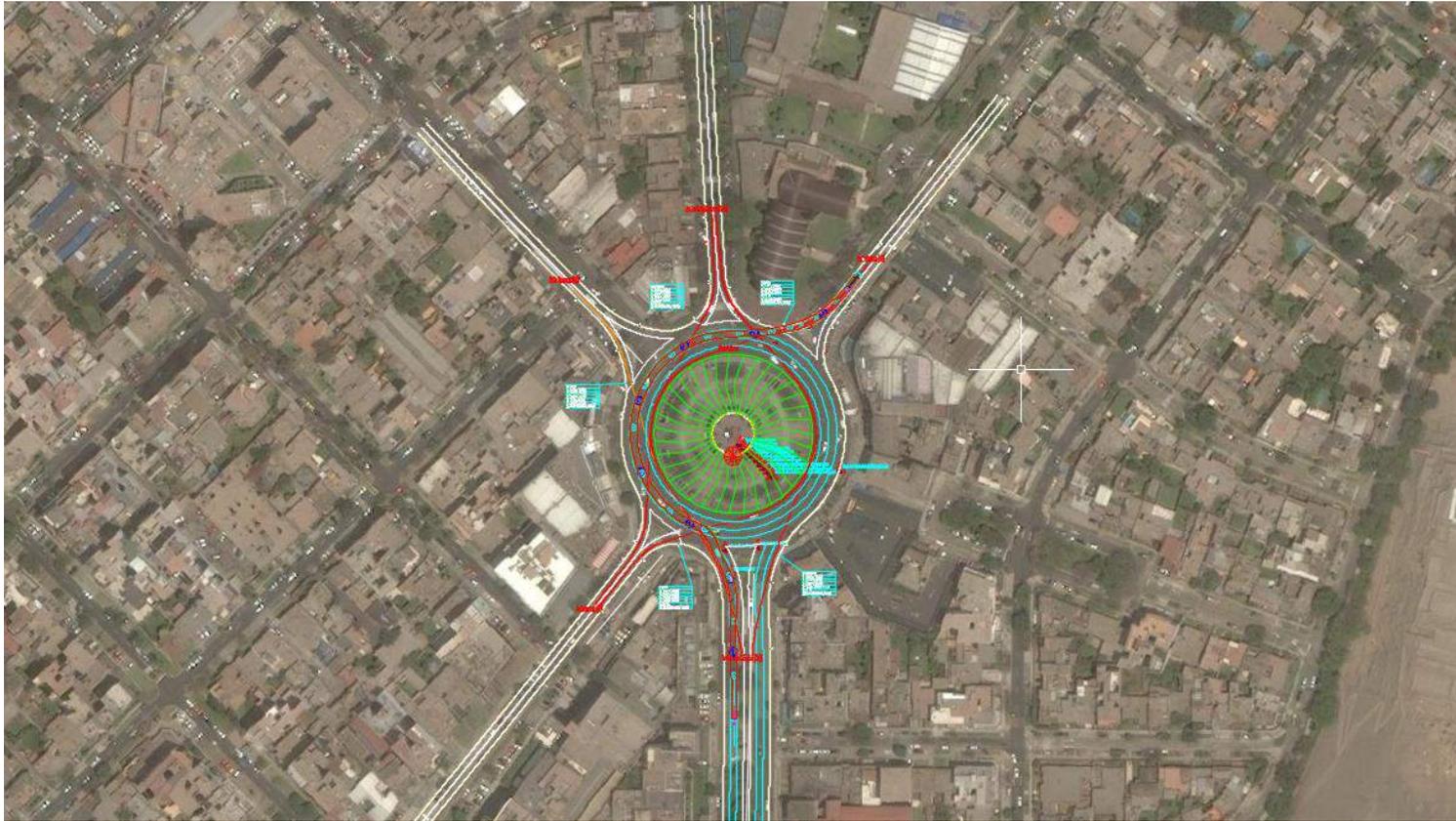


Ilustración 65. Rotonda Ovalo Gutiérrez

El Ovalo Gutiérrez presente en esta imagen ha sido realizado con la aplicación del software Vehicle Tracking llamado Rotondas. A continuación se presentaran los datos usados para la elaboración del ovalo. Ver Ilustración 65

En la Ilustración 66 se notan los datos para la Isleta Central.

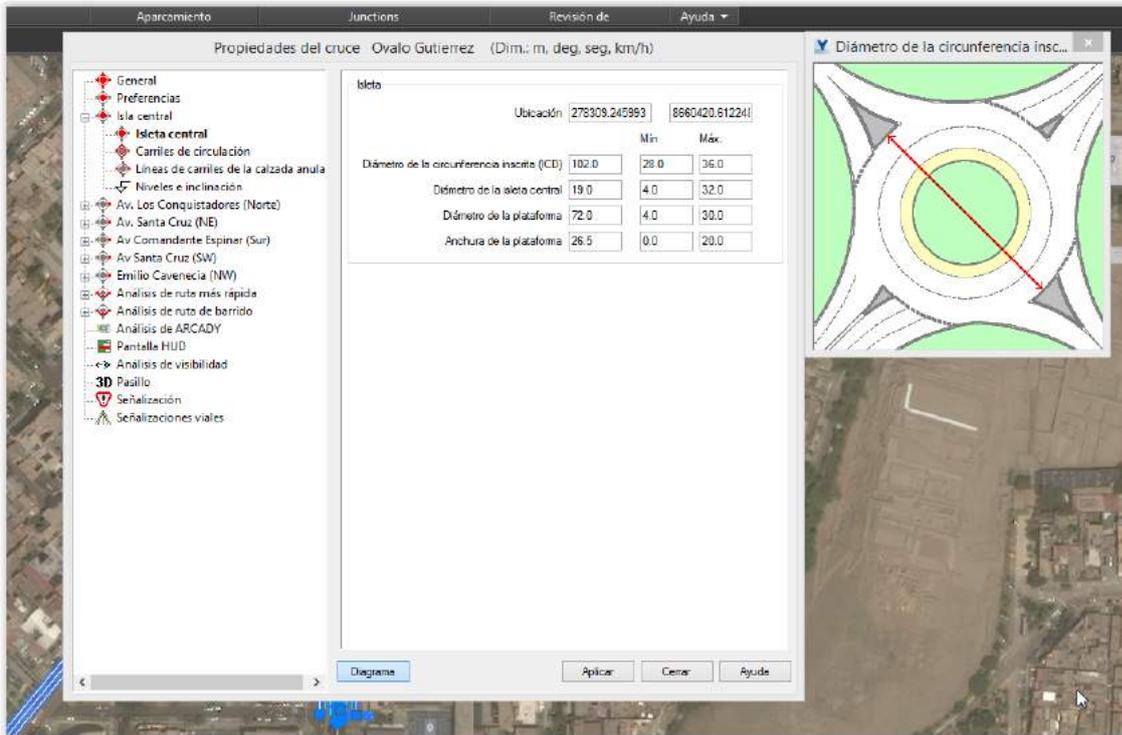


Ilustración 66. Datos para la isleta central – Rotonda

En la Ilustración 67 se notan los datos de los carriles de circulación.

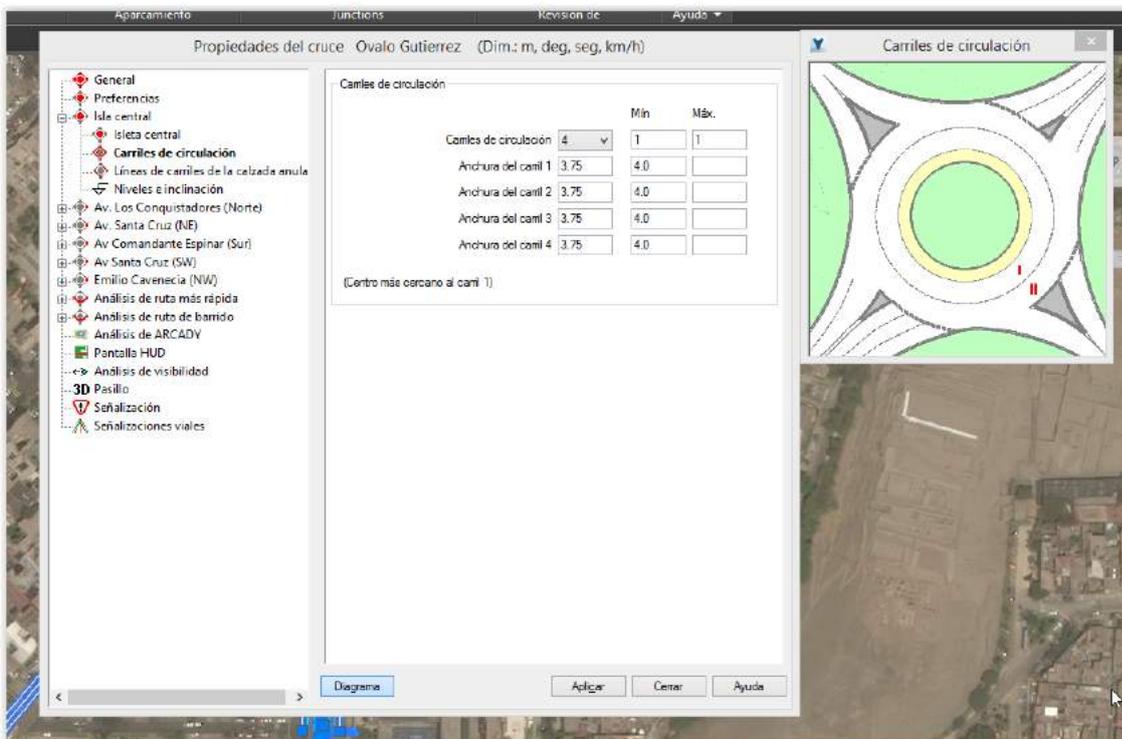


Ilustración 67. Carriles de circulación - Rotonda

En la Ilustración 68 se notan los datos de la Av. Conquistadores.

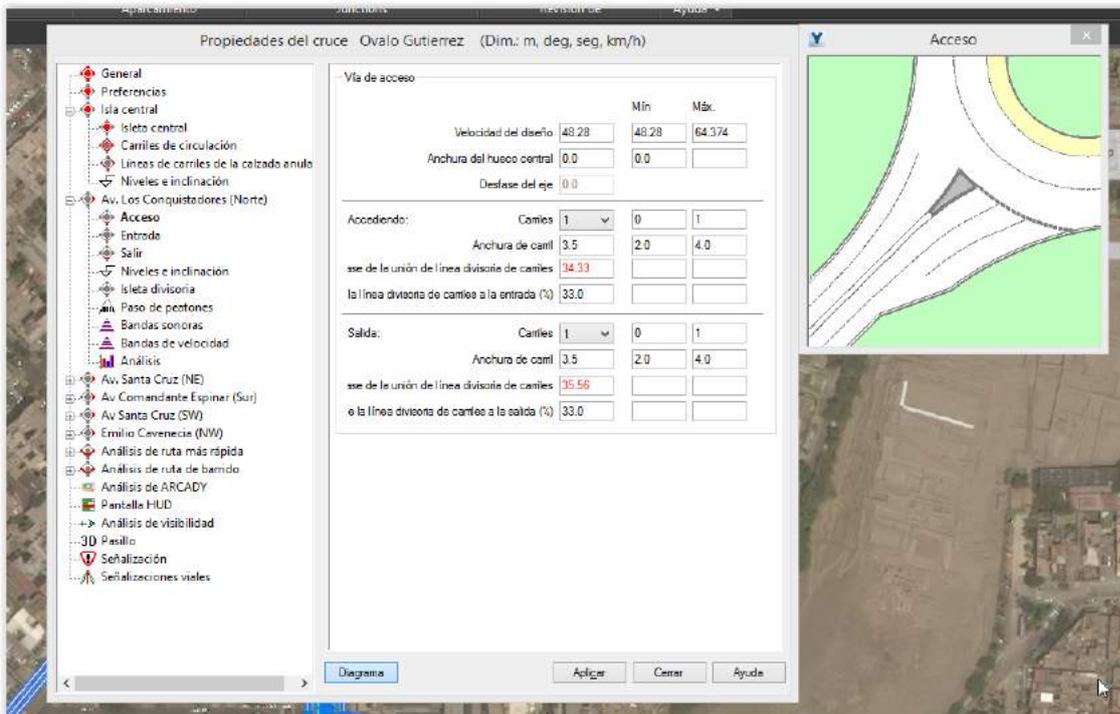


Ilustración 68. Datos de Av. Conquistadores – Rotonda

En la Ilustración 69 se notan los datos de la Av. Conquistadores.

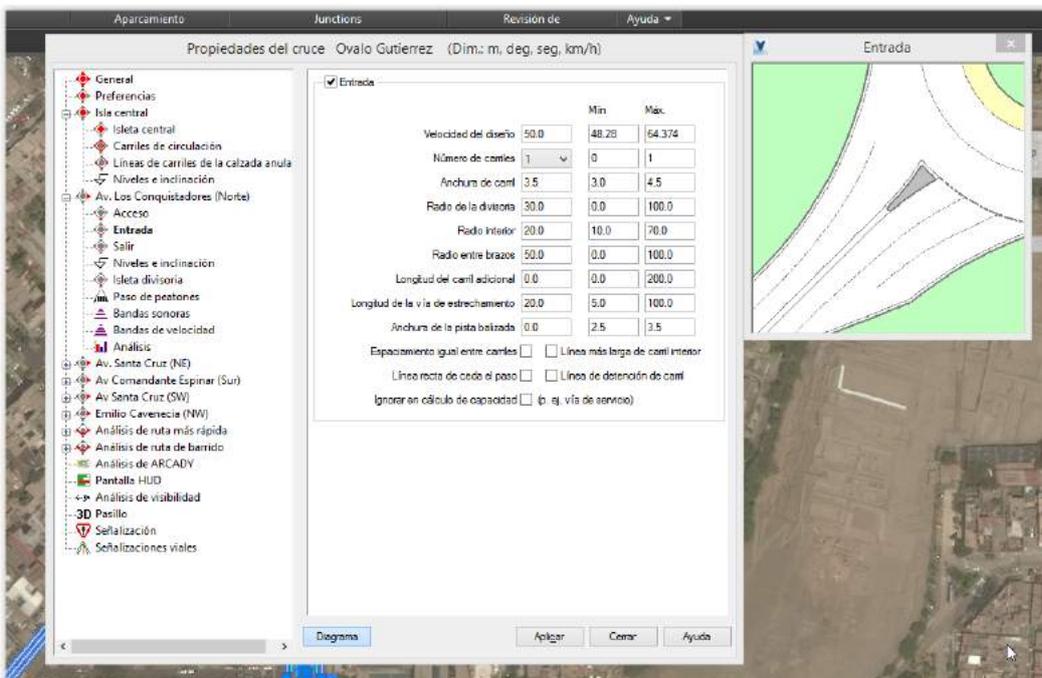


Ilustración 69. Datos de Av. Conquistadores (2) – Rotonda

En la Ilustración 70 se notan los datos de la Av. Conquistadores.

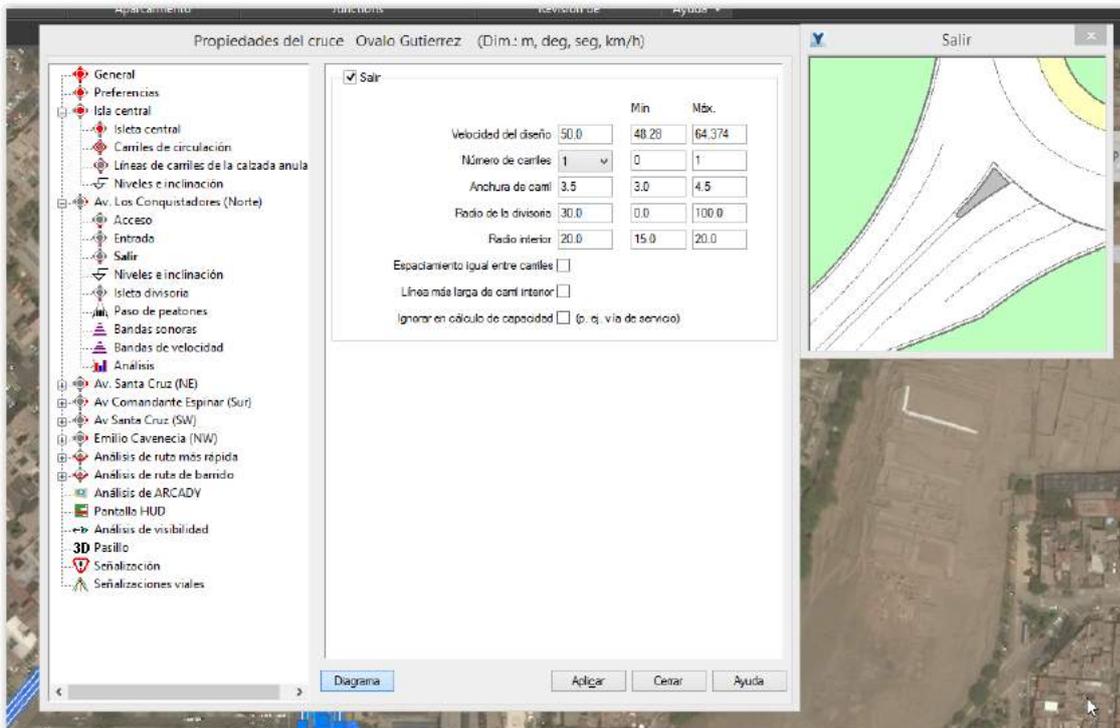


Ilustración 70. Datos de Av. Conquistadores (3) - Rotonda

En la Ilustración 71 se notan los datos de la Av. Santa Cruz (NE).

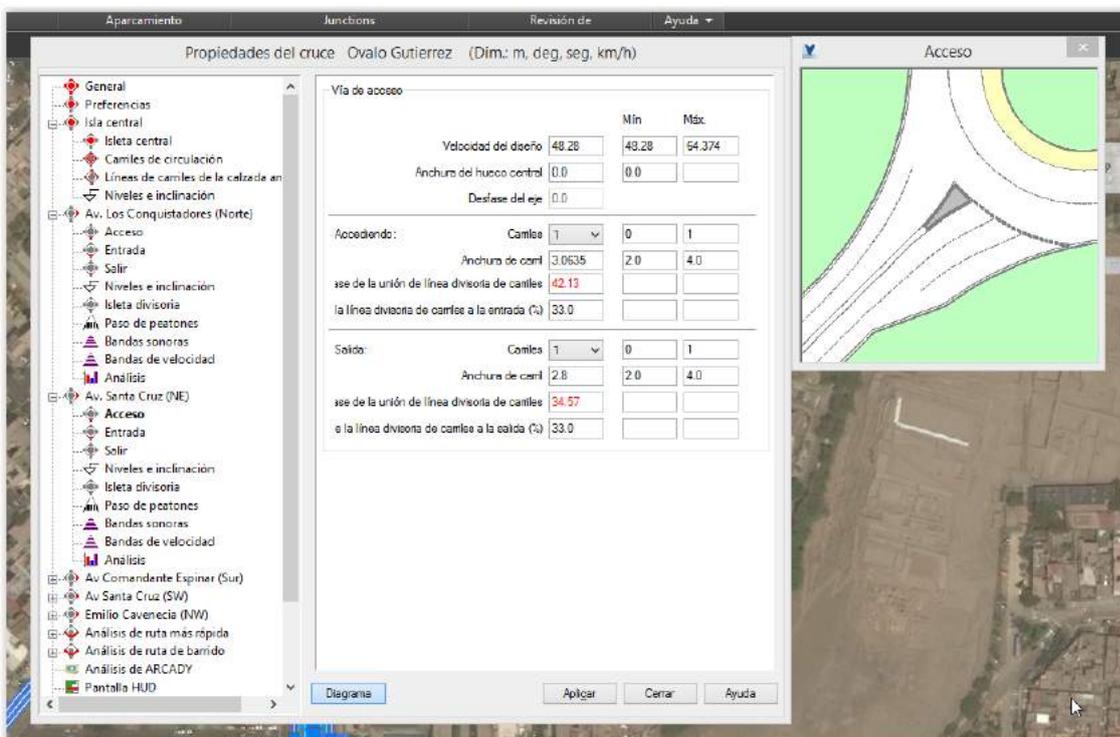


Ilustración 71. Datos de Av. Santa Cruz – Rotonda

En la Ilustración 72 se notan los datos de la Av. Santa Cruz (NE).

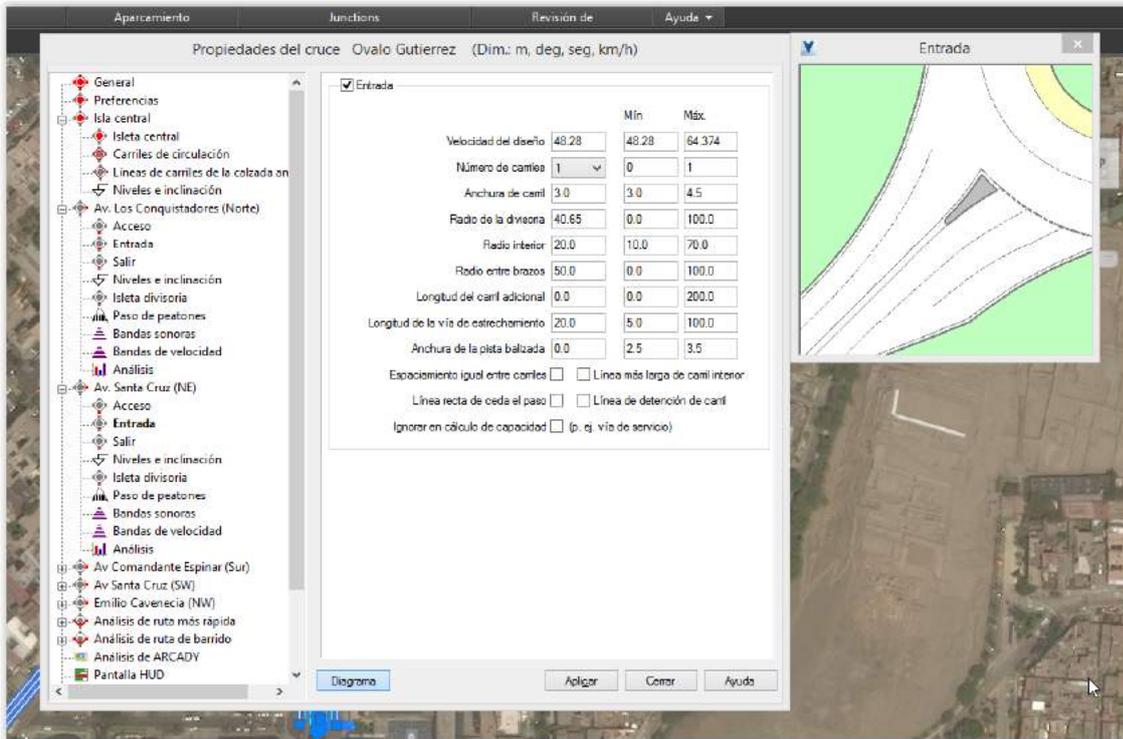


Ilustración 72. Datos de Av. Santa Cruz (2) – Rotonda

En la Ilustración 73 se notan los datos de la Av. Santa Cruz (NE).

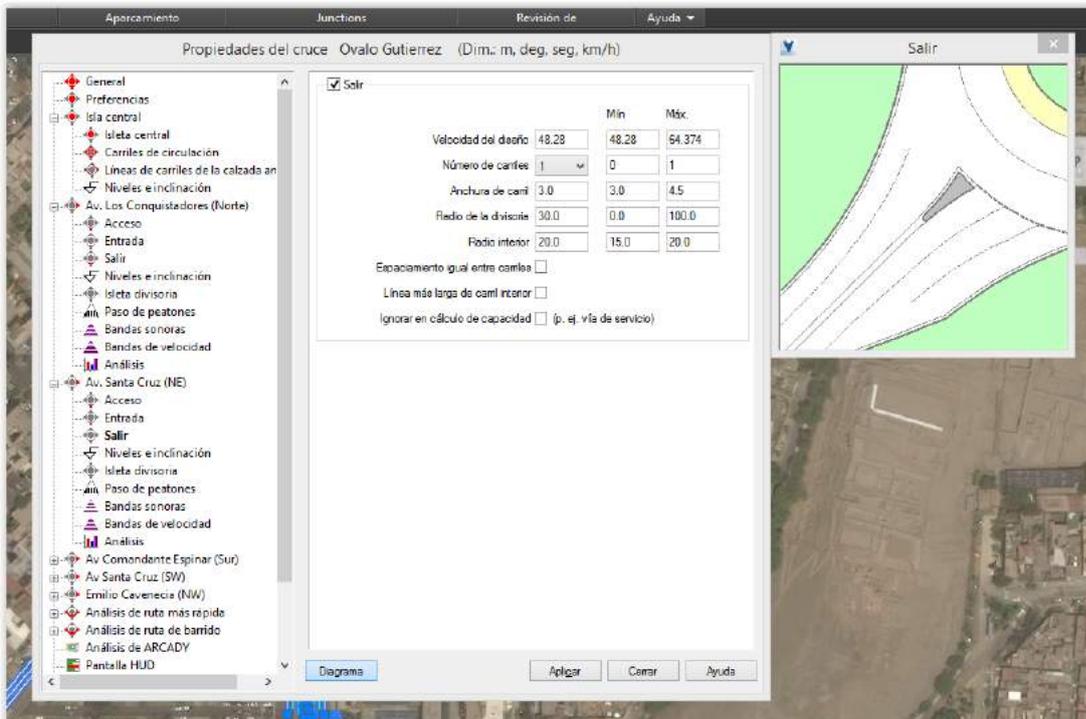


Ilustración 73. Datos de Av. Santa Cruz (3) – Rotonda

En la Ilustración 74 se notan los datos para la Av. Comandante Espinar.

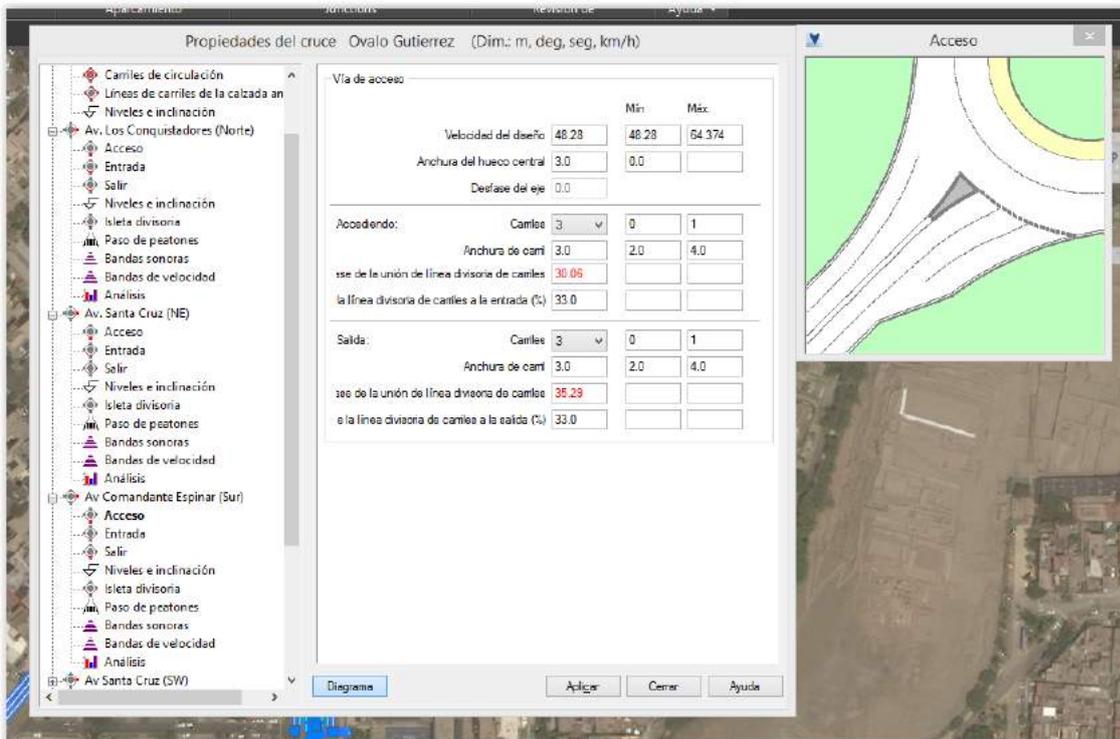


Ilustración 74. Datos de Av. Comandante Espinar- Rotonda

En la Ilustración 75 se notan los datos para la Av. Comandante Espinar.

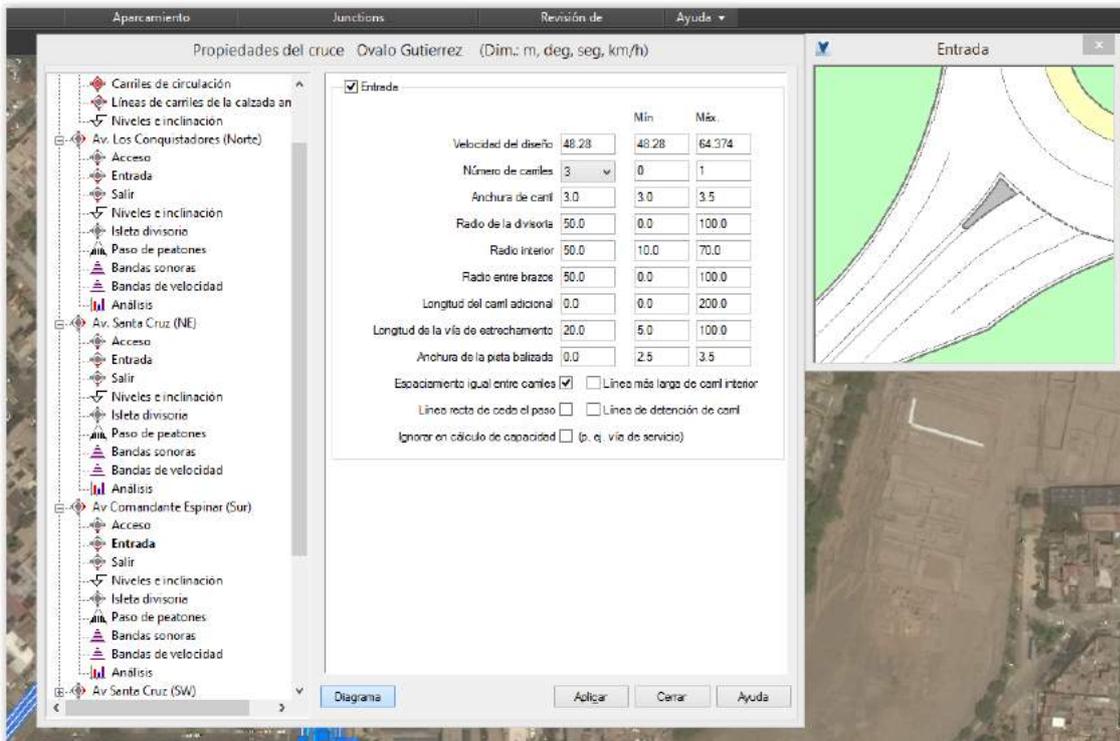


Ilustración 75. Datos de Av. Comandante Espinar (2) – Rotonda

En la Ilustración 76 se notan los datos para la Av. Comandante Espinar.

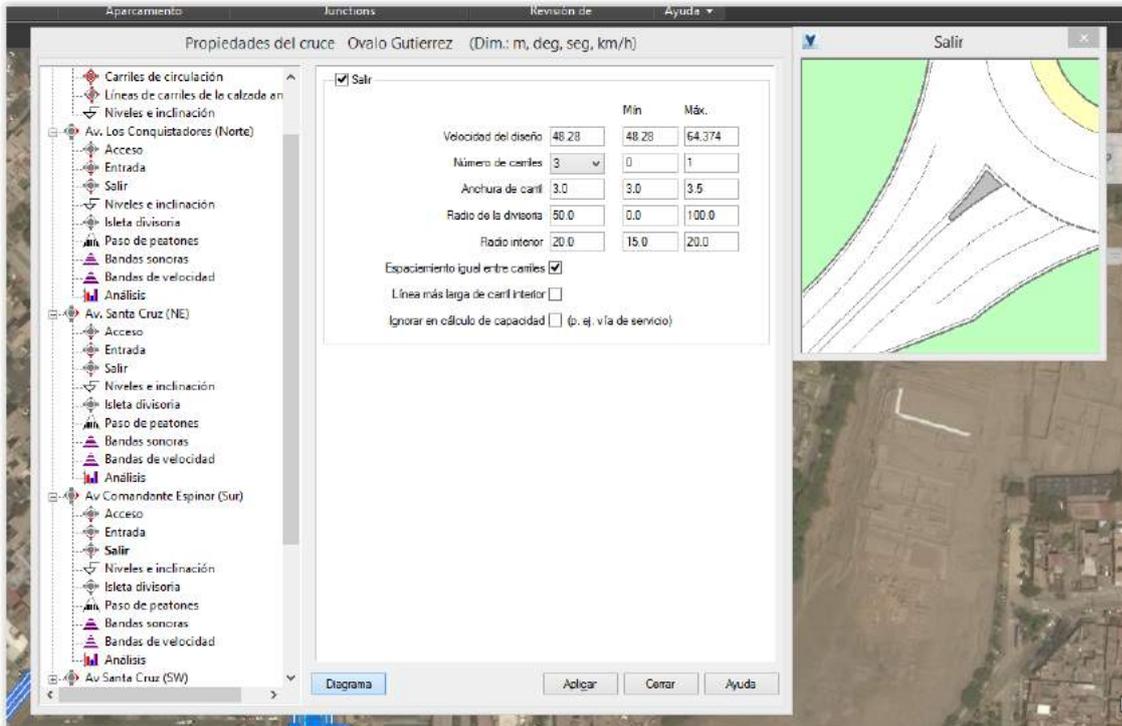


Ilustración 76. Datos de Av. Comandante Espinar (3) - Rotonda

En la Ilustración 77 se notan los datos para la Av. Santa Cruz (SW).

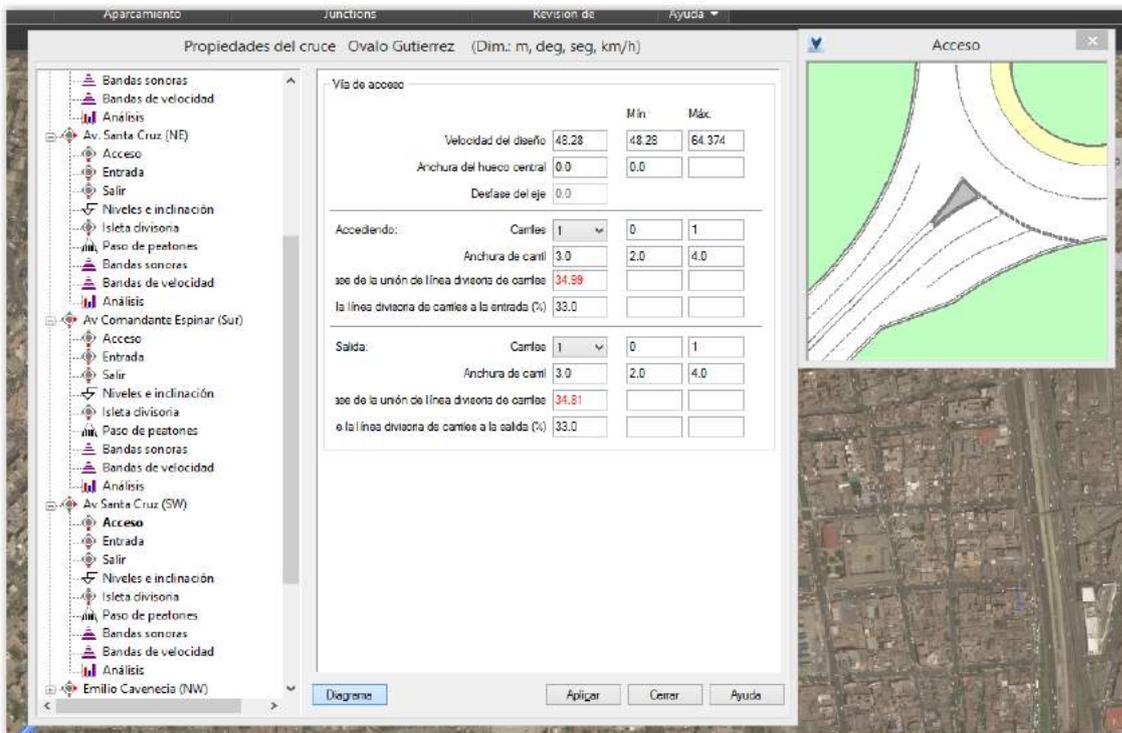


Ilustración 77. Datos de SW- Rotonda

En la Ilustración 78 se notan los datos para la Av. Santa Cruz (SW).

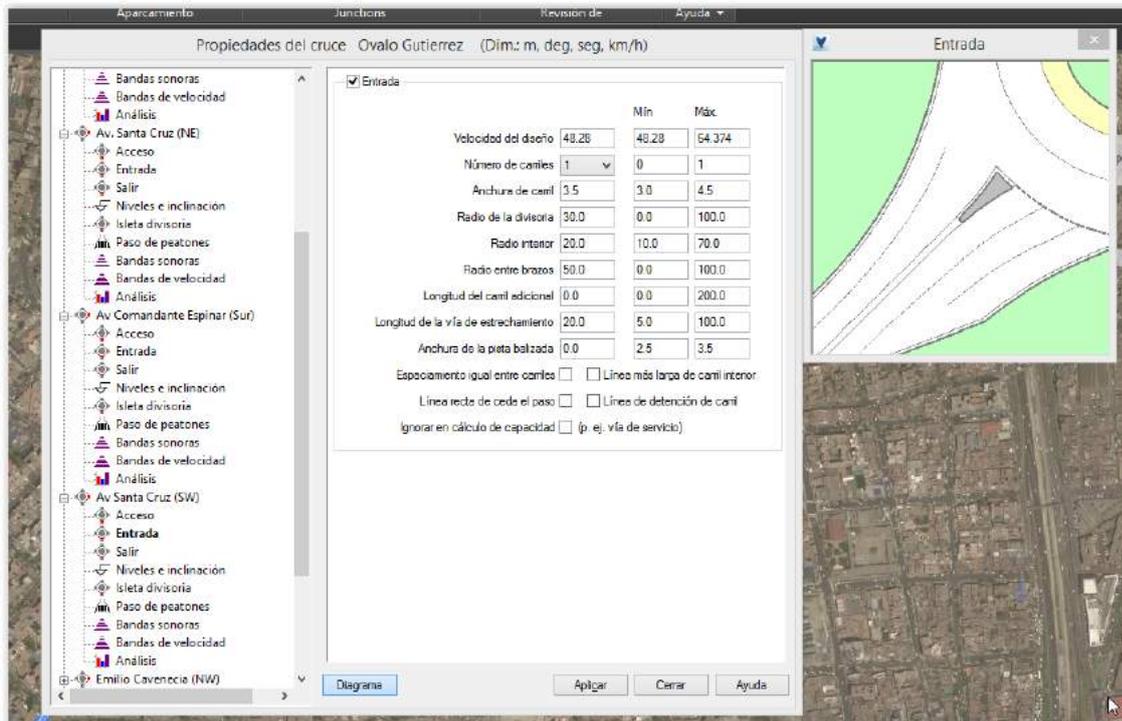


Ilustración 78. Datos de SW (2)- Rotonda

En la Ilustración 79 se notan los datos para la Av. Santa Cruz (SW).

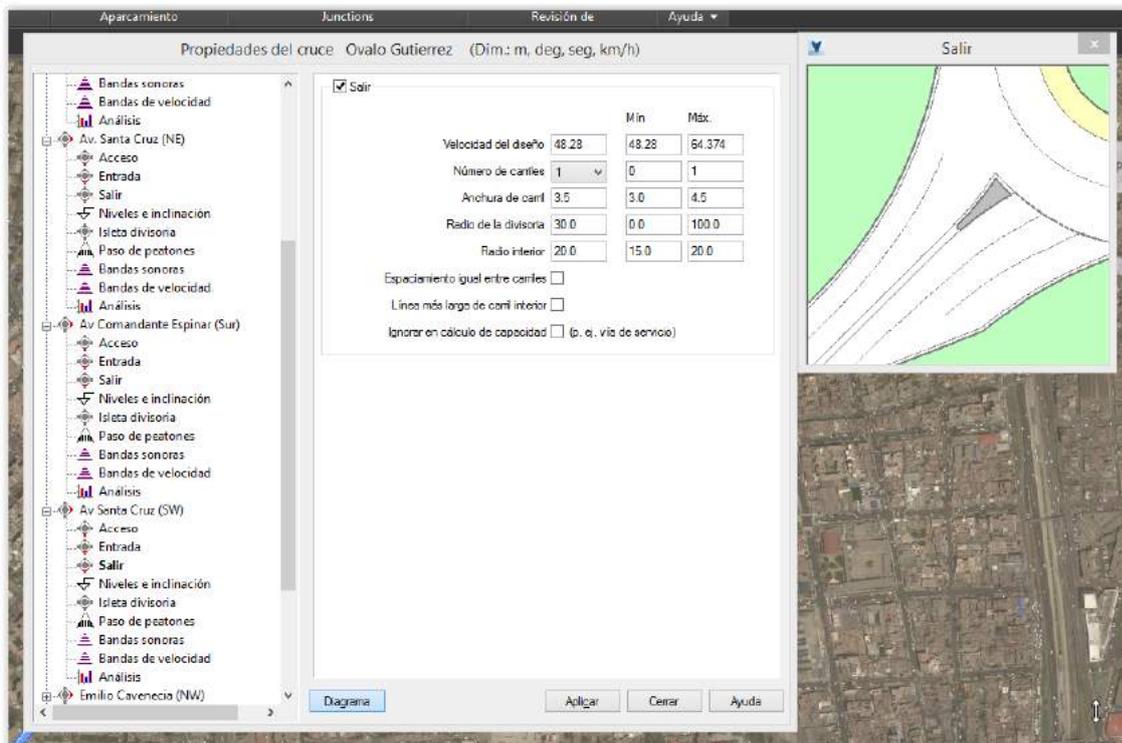


Ilustración 79. Datos de SW (3)- Rotonda

En la Ilustración 80 se notan los datos para la Av. Emilio Cavenevia.

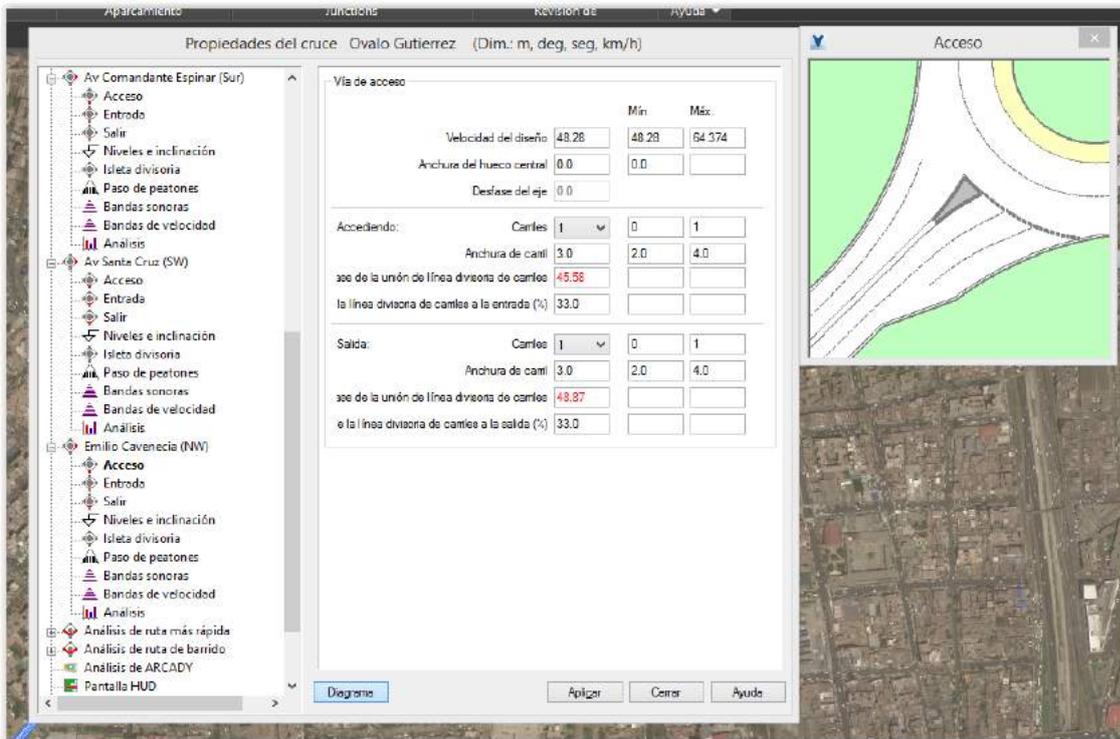


Ilustración 80. Datos de Av. Emilio Cavenevia – Rotonda

En la Ilustración 81 se notan los datos para la Av. Emilio Cavenevia.

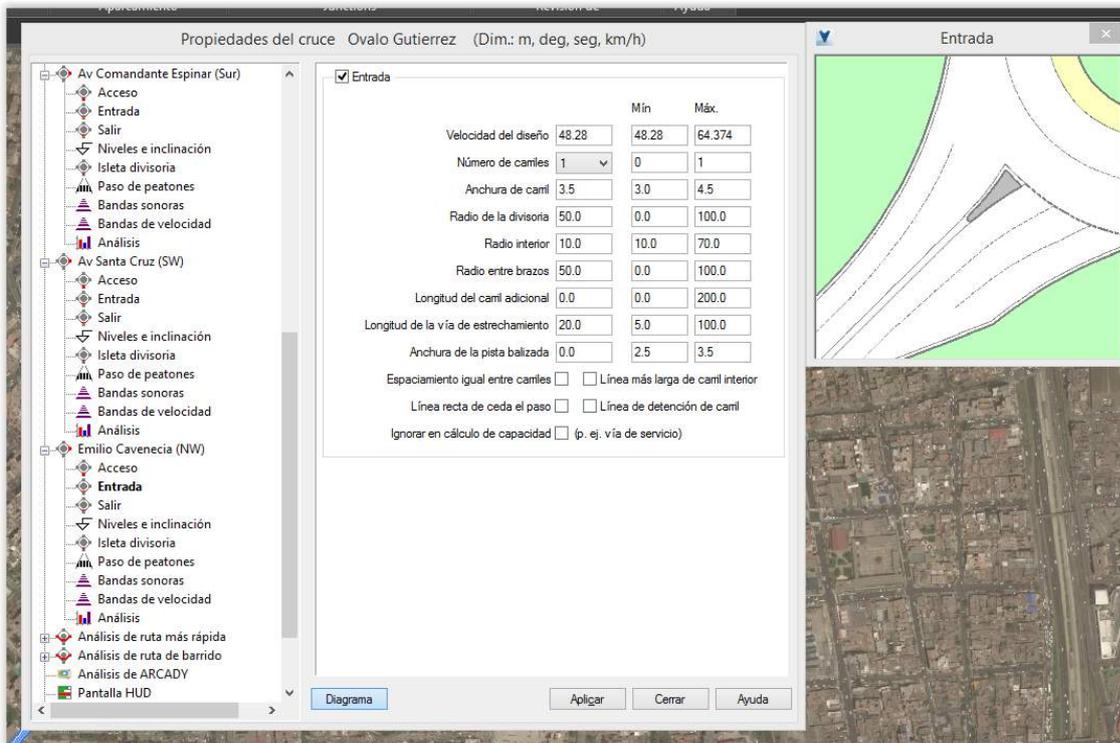


Ilustración 81. Datos de Av. Emilio Cavenevia (2) - Rotonda

En la Ilustración 82 se notan los datos para la Av. Emilio Cavenecia.

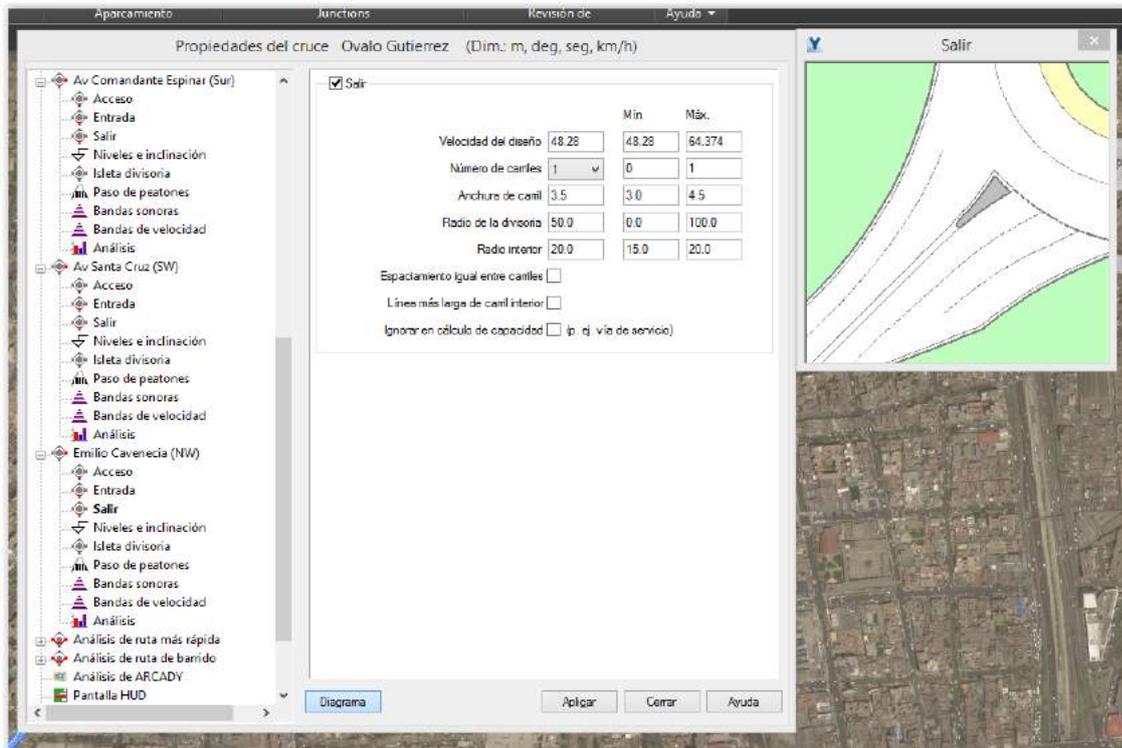


Ilustración 82. Datos de Av. Emilio Cavenecia (3) - Rotonda

En la Ilustración 83 podremos notar lo que forma parte de la simulación de la Rotonda.

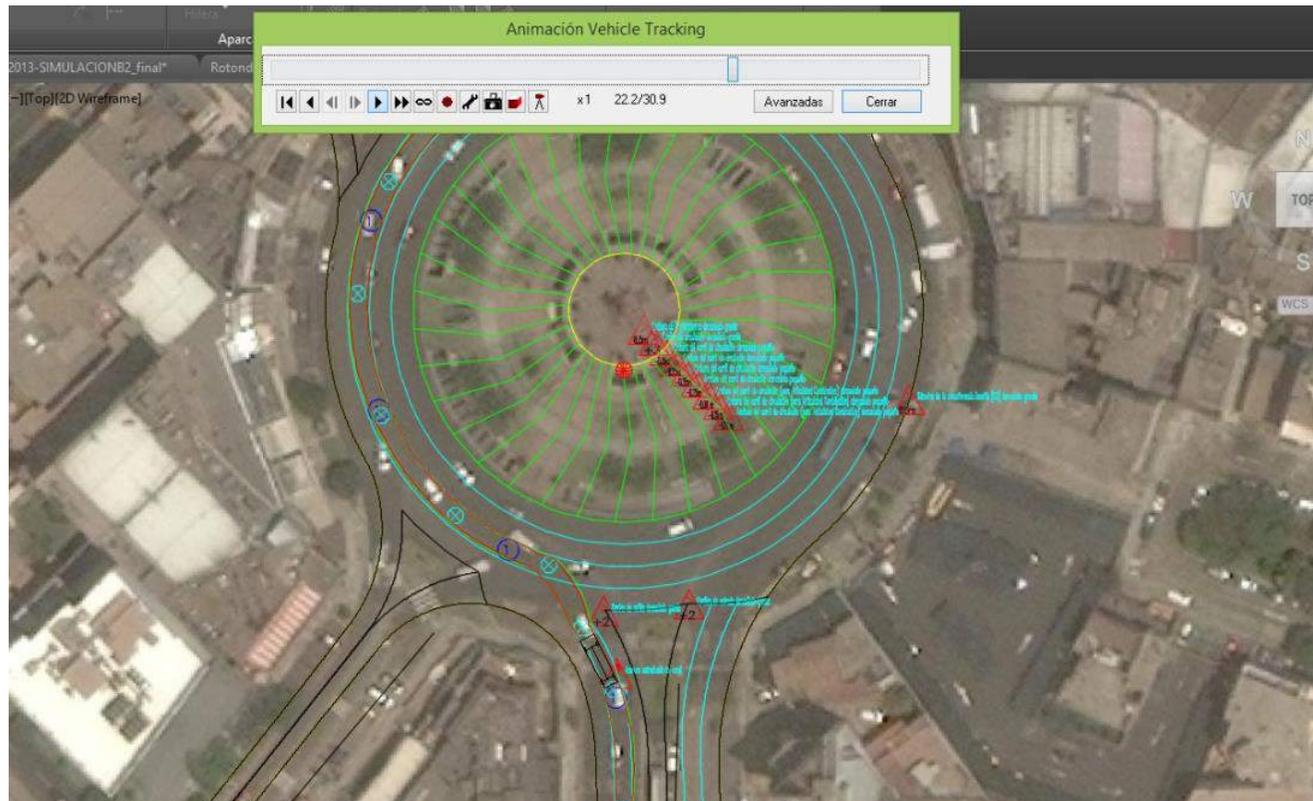


Ilustración 83. Corrida de simulación - Rotonda

3.1.5 Visualización

Ejecutar Animación

a) Utilizando vehículos DG-2001 y DG-2013

- Para vehículo B2 la ejecución de la animación se nota en la Ilustración 84.

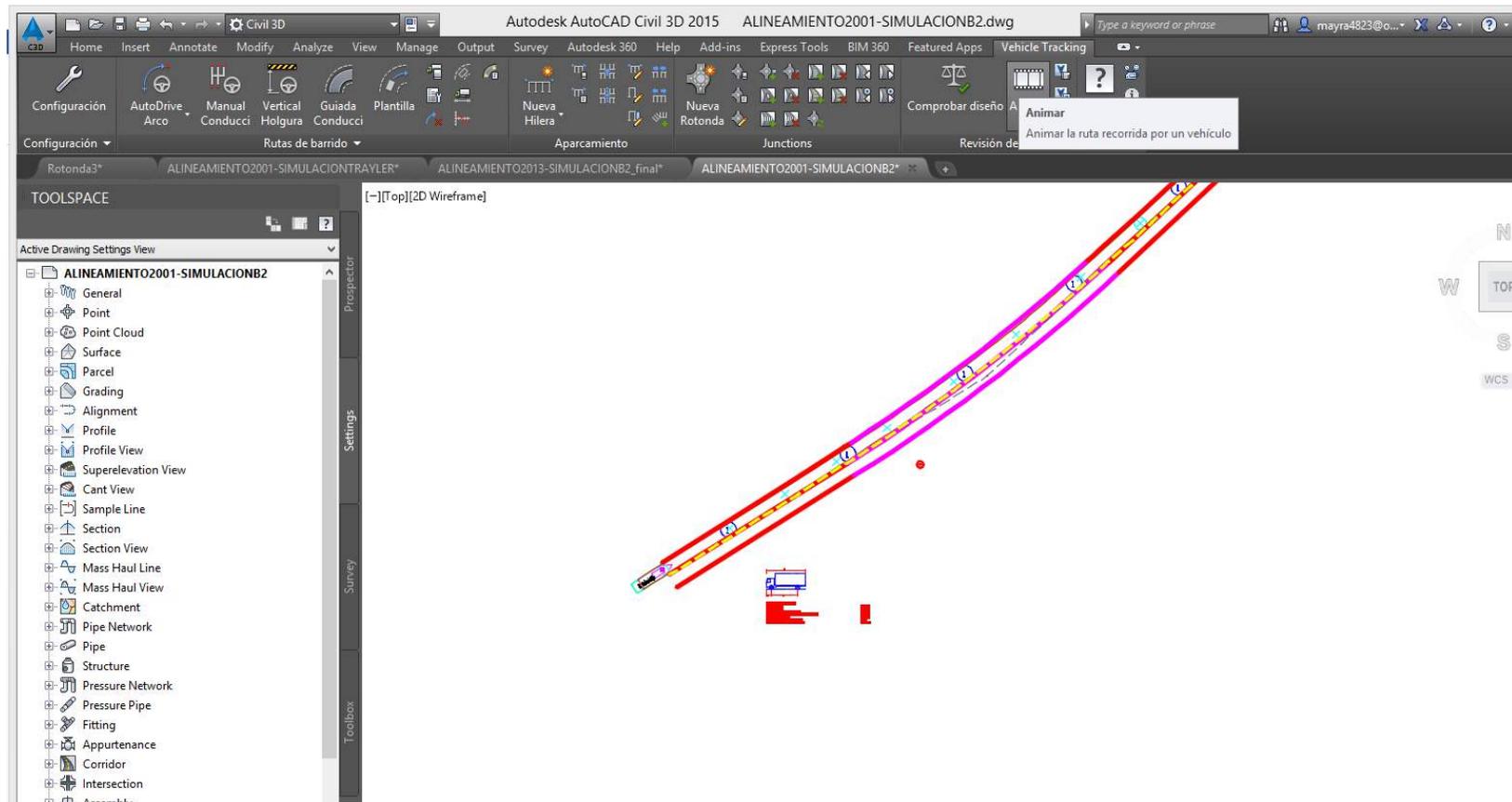


Ilustración 84. Ejecución de animación

En la Ilustración 85 se observa el inicio de la animación con el icono animar.

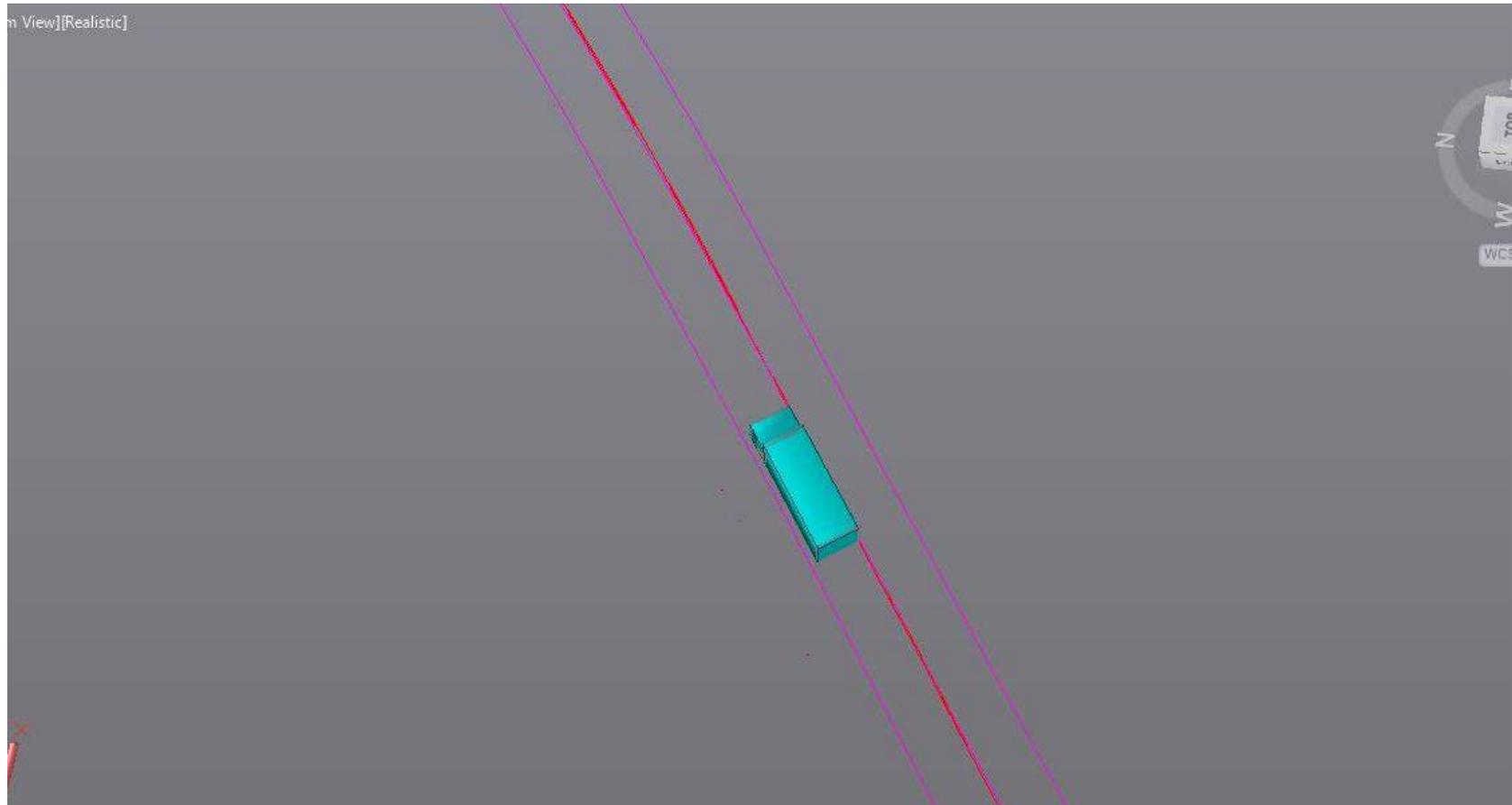


Ilustración 85. Animación

- En la Ilustración 86 se nota la animación para el vehículo B3.

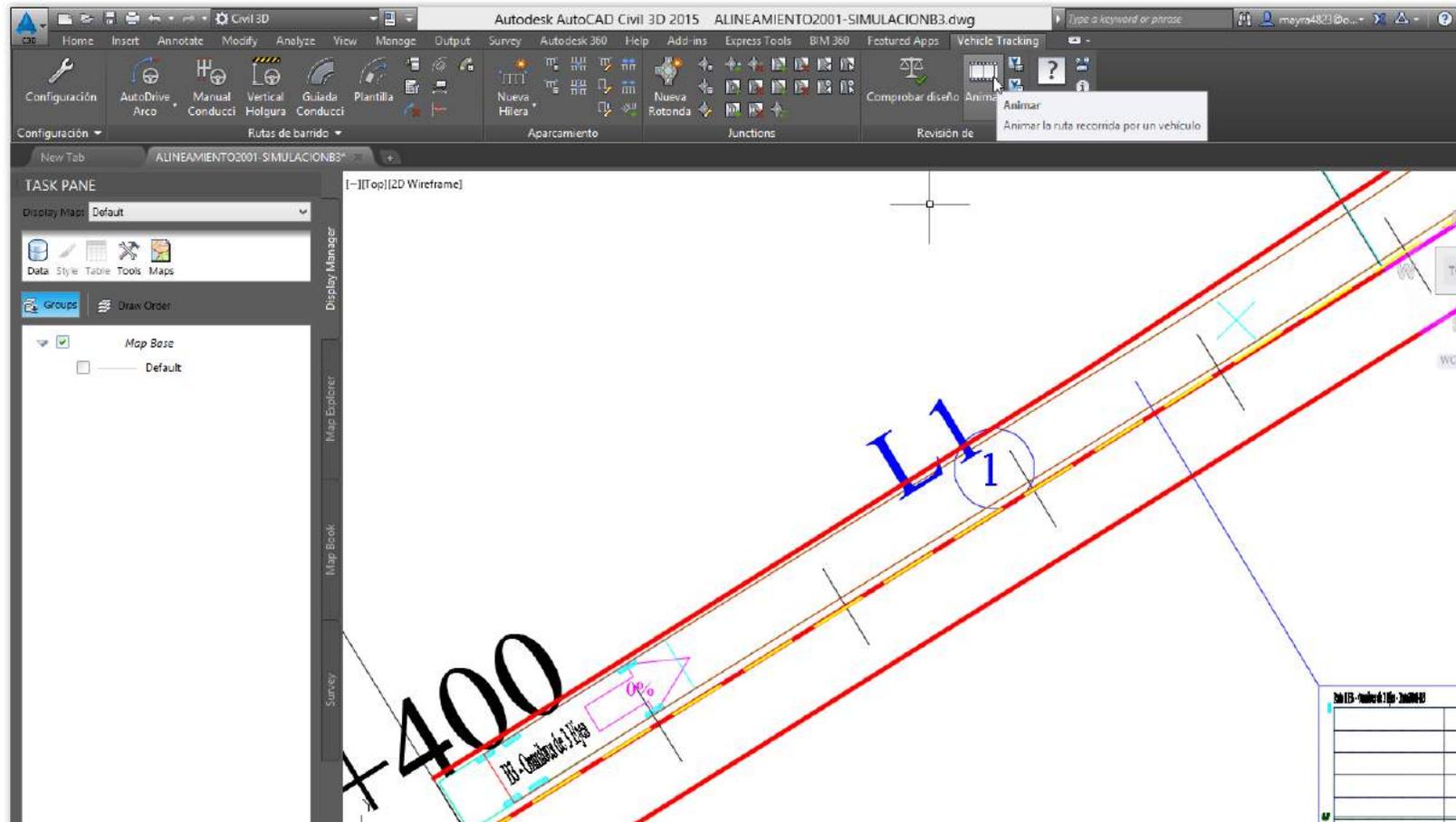


Ilustración 86. Animación de B3

- En la Ilustración 86.2 se nota la continuación de la animación para el vehículo B3.

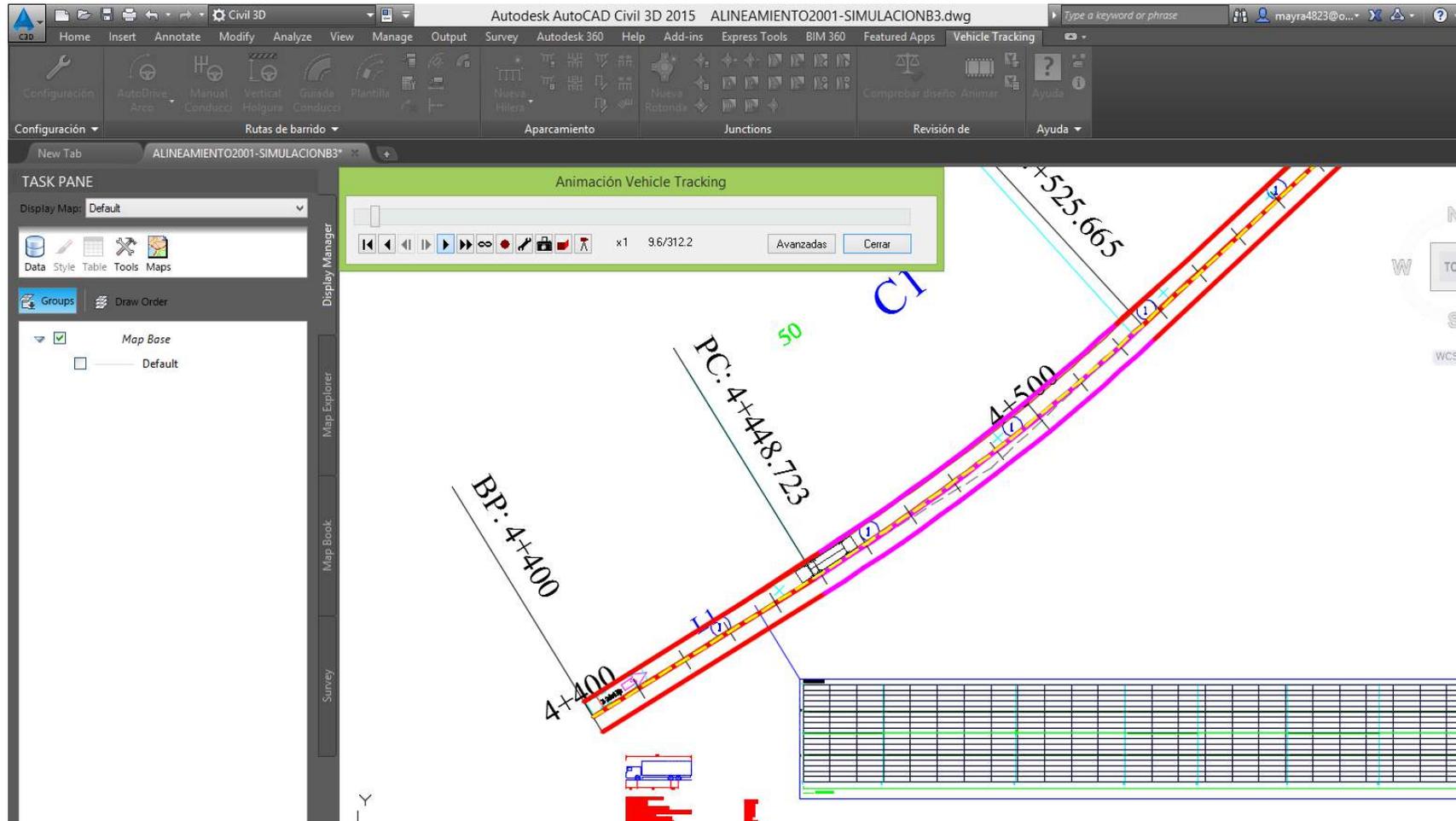


Ilustración 86 1 Animación de B3

- En la Ilustración 87 se nota la animación para el vehículo B3-2001.

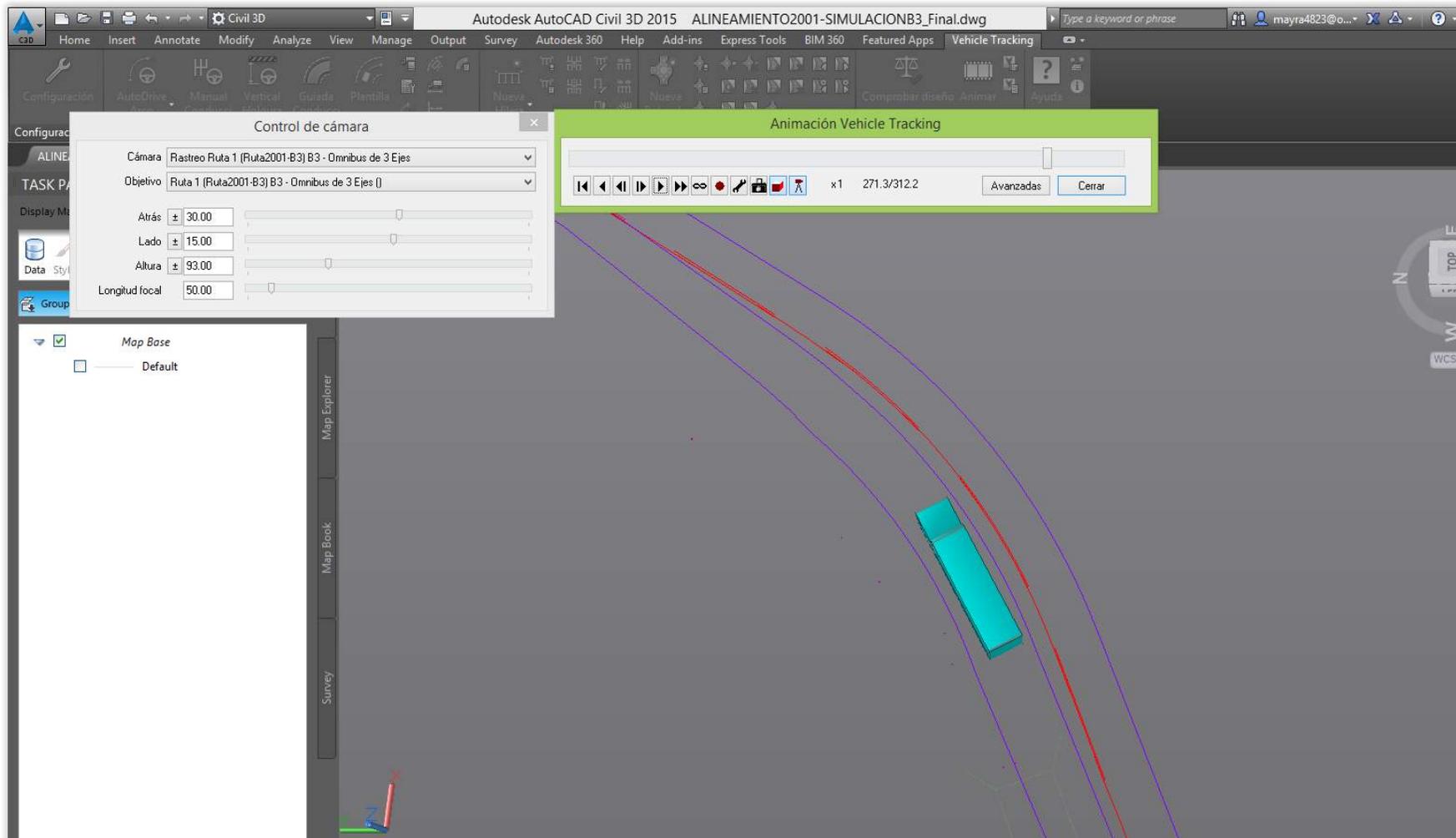


Ilustración 87. Animación B3 -2001

- En la Ilustración 88 se nota la animación del Trailer.

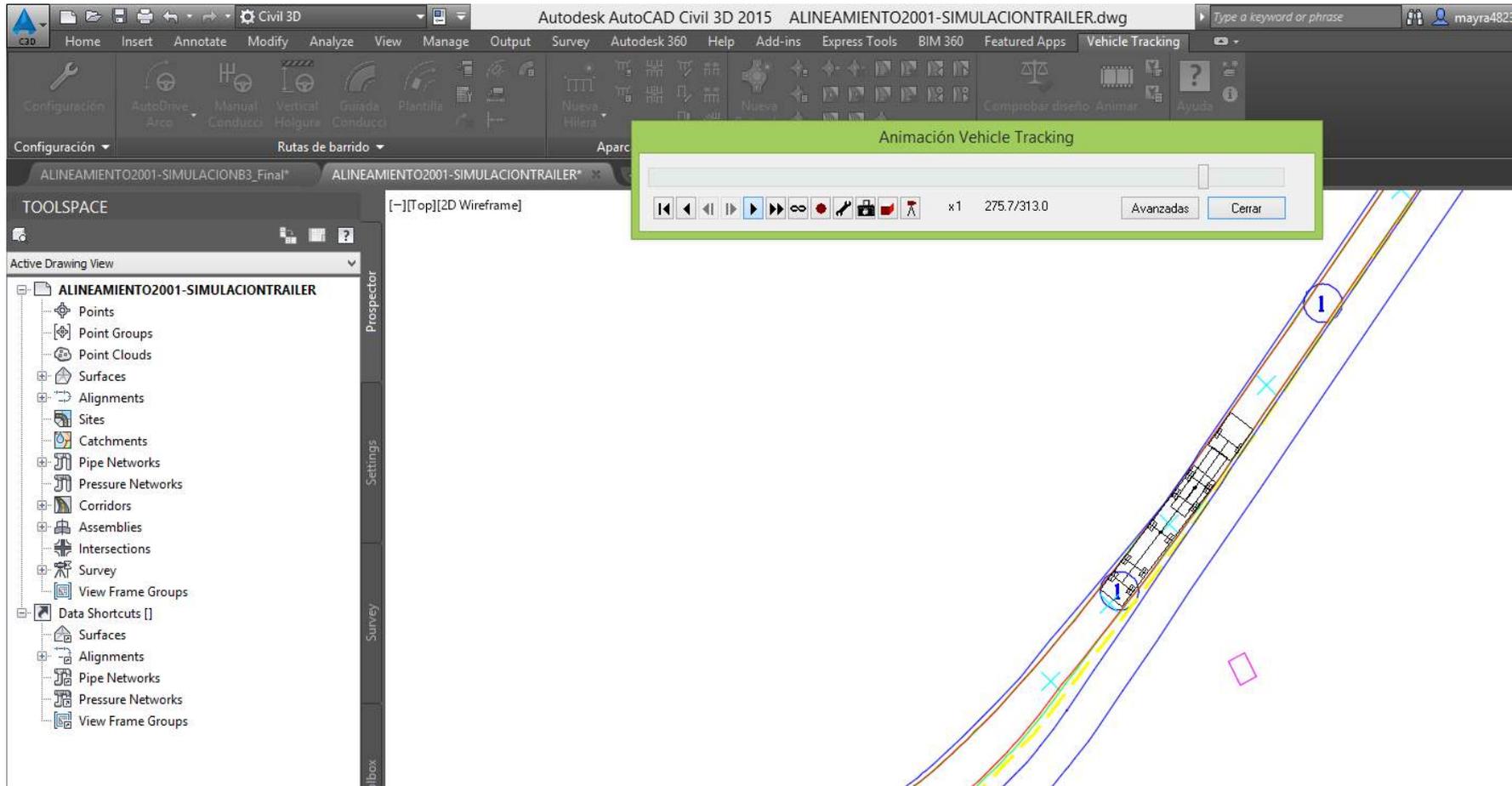


Ilustración 88. Animación Trailer

- En la Ilustración 89 se nota la animación del Trailer-2001

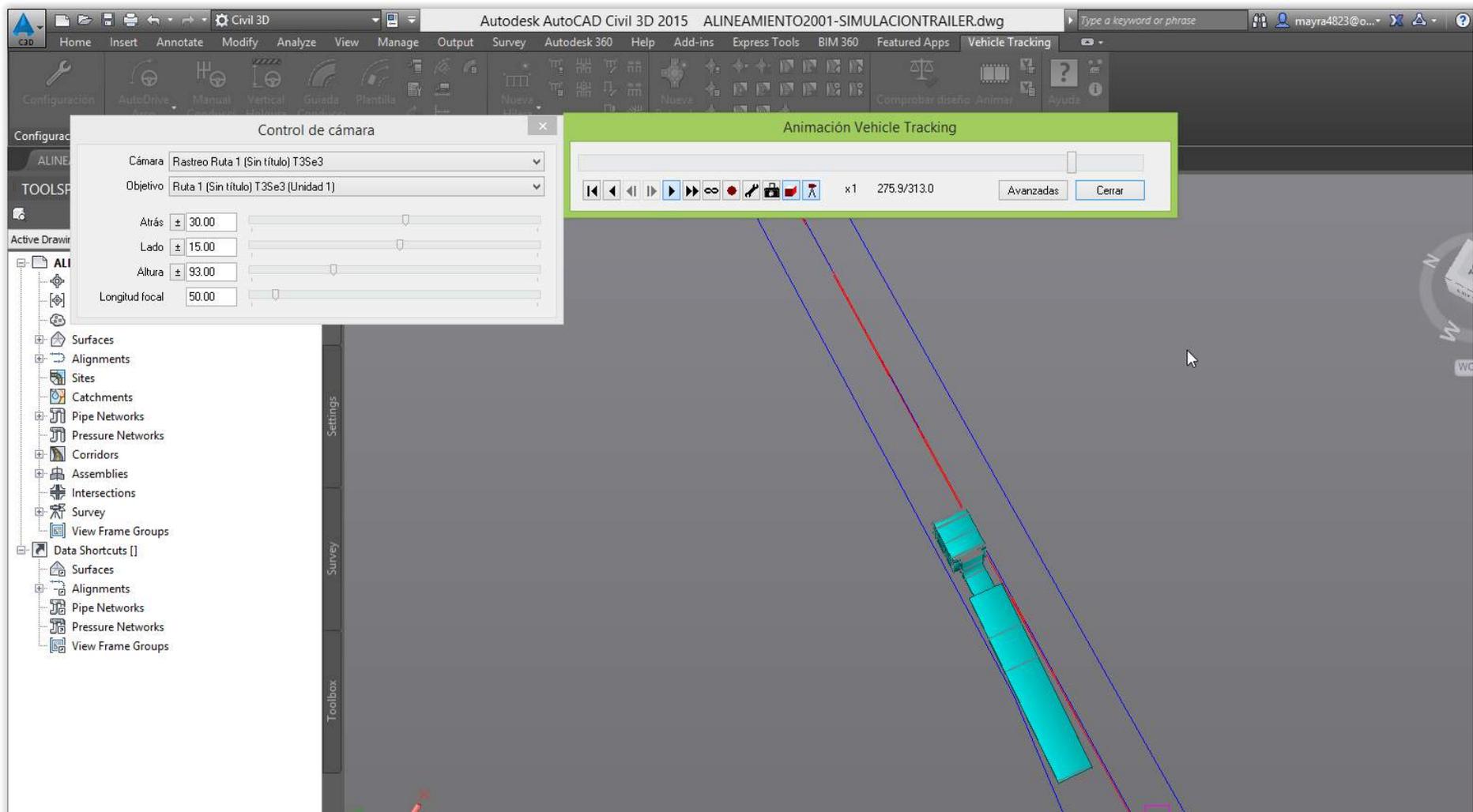


Ilustración 89. Animación Trailer – 2001

b) Utilizando DG-2013

- En la Ilustración 90 se nota la animación para vehículo B2.

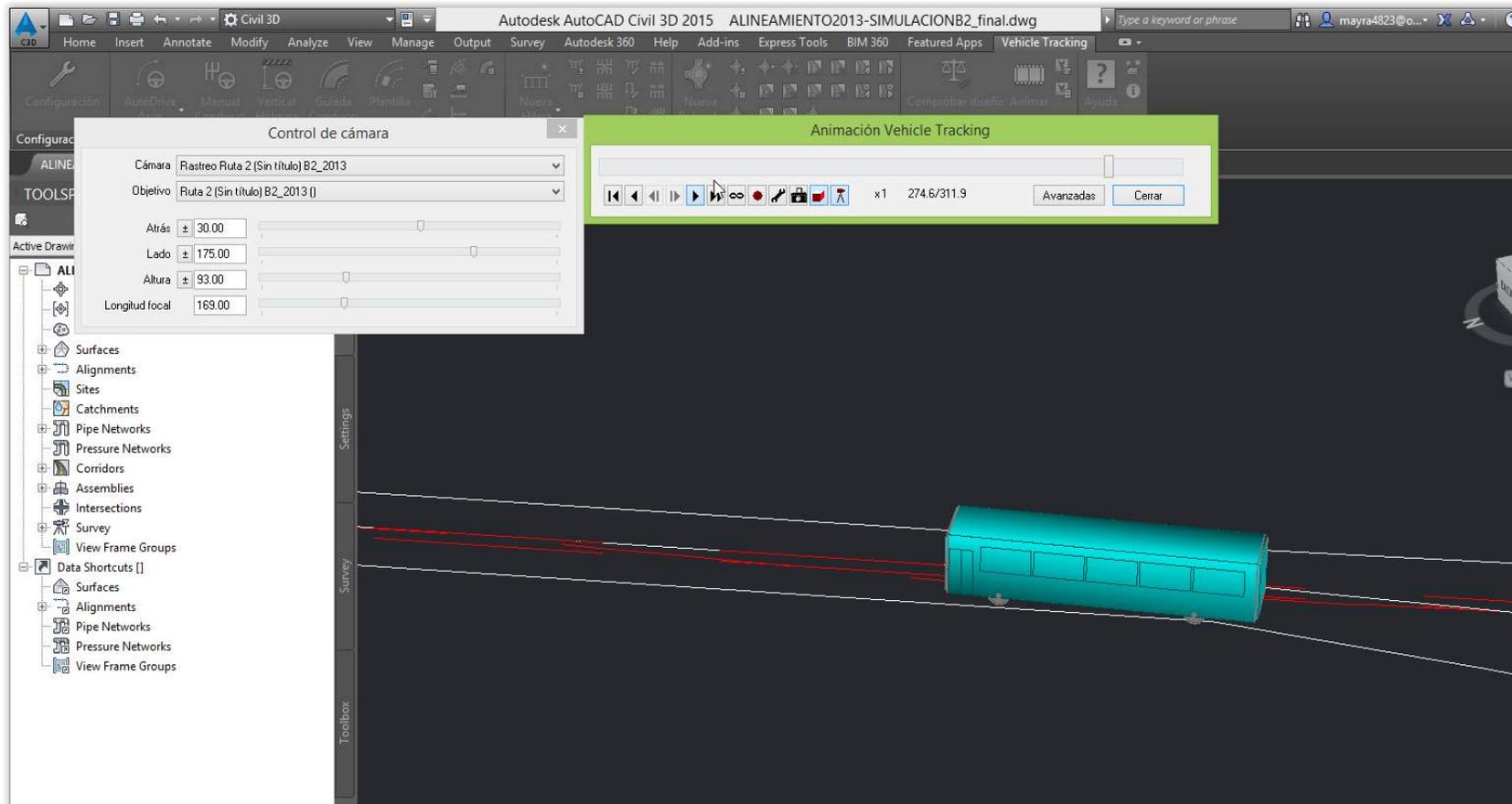


Ilustración 90. Animación B2 – 2013

- En la Ilustración 91 se nota la animación para vehículo B3-2013

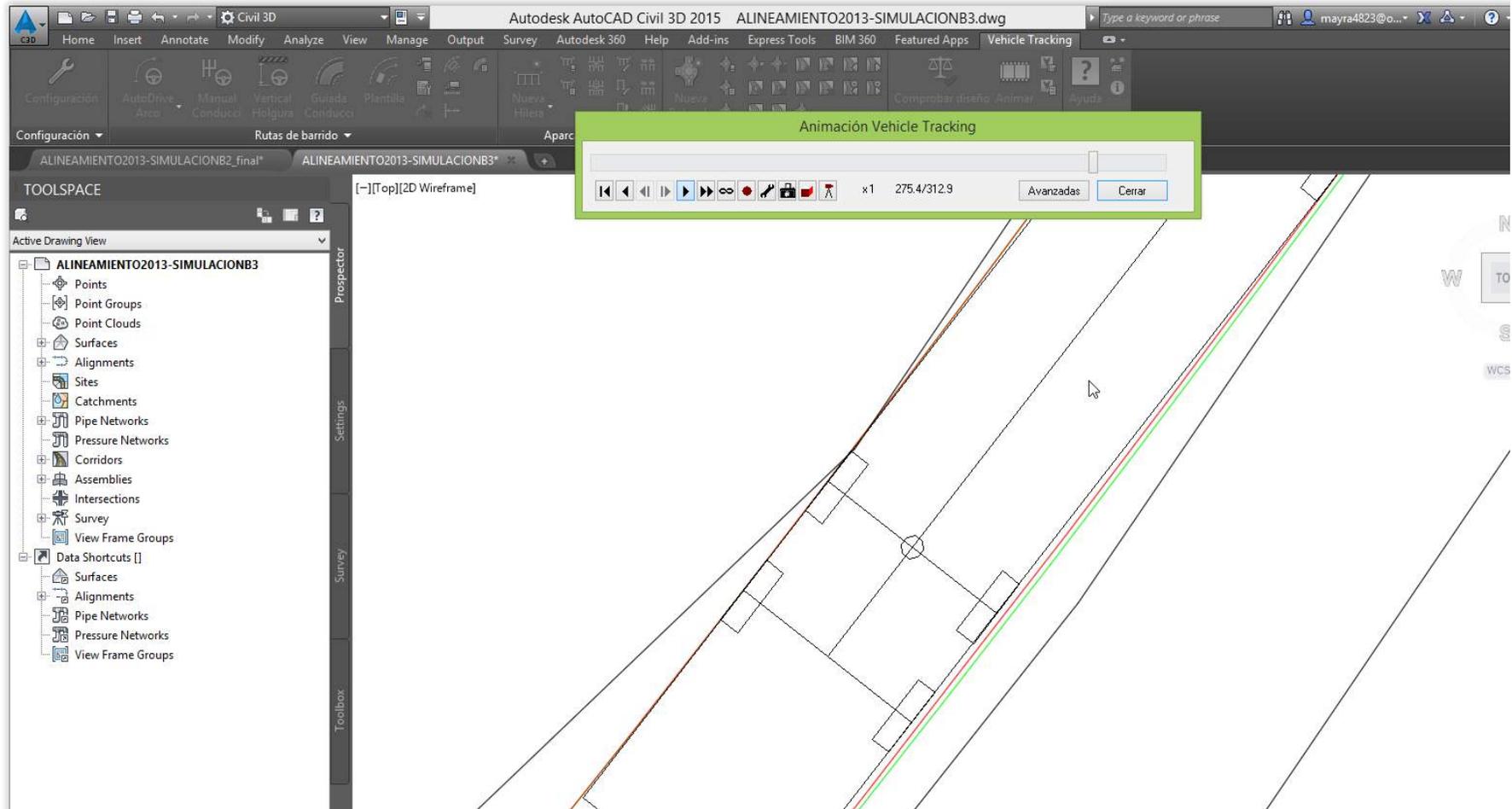


Ilustración 91. Animación B3 - 2013

- En la Ilustración 91.2 se nota la animación para vehículo B3-2013

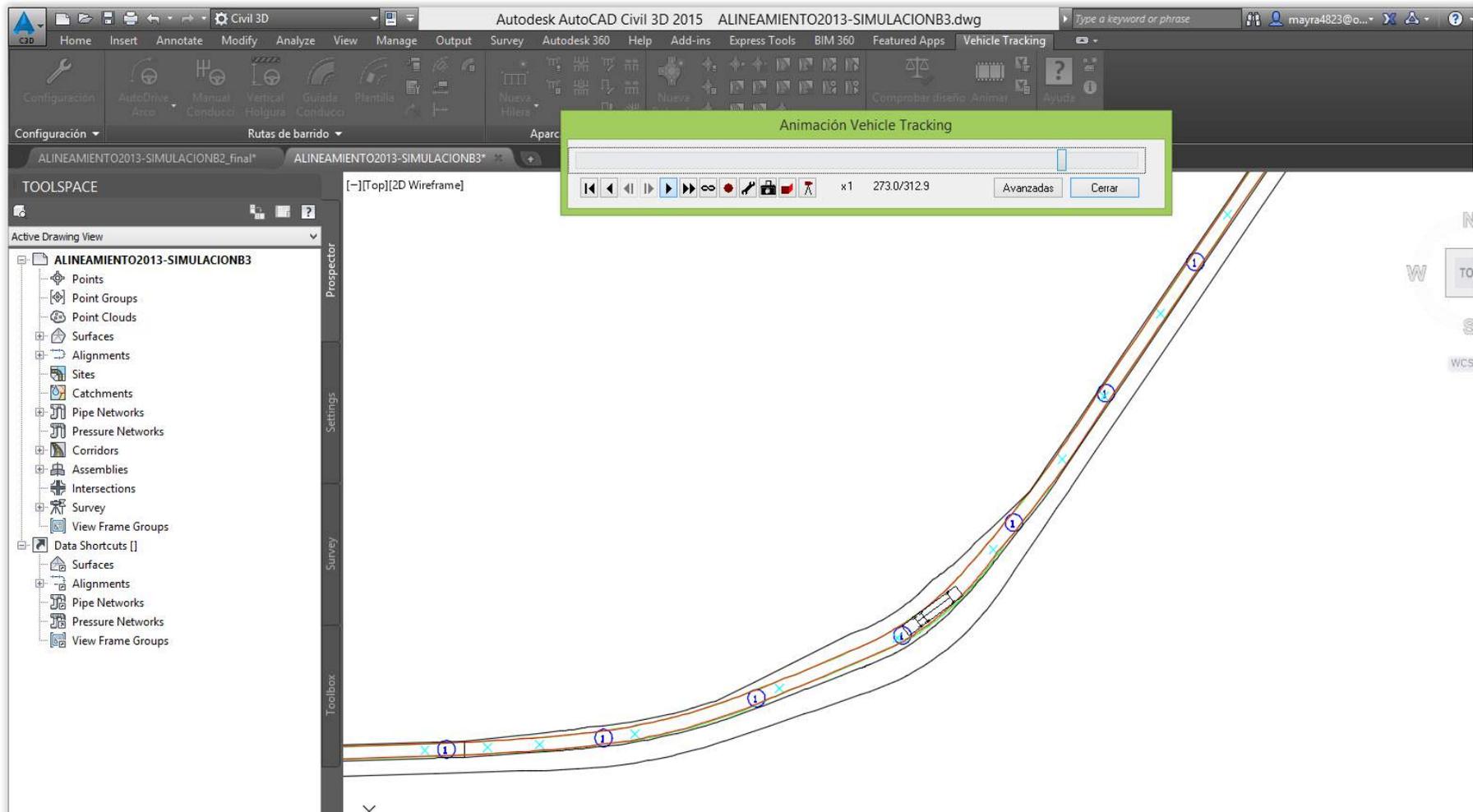


Ilustración 91 1 Animación B3 - 2013

- En la Ilustración 92 se nota la animación para el Trailer.

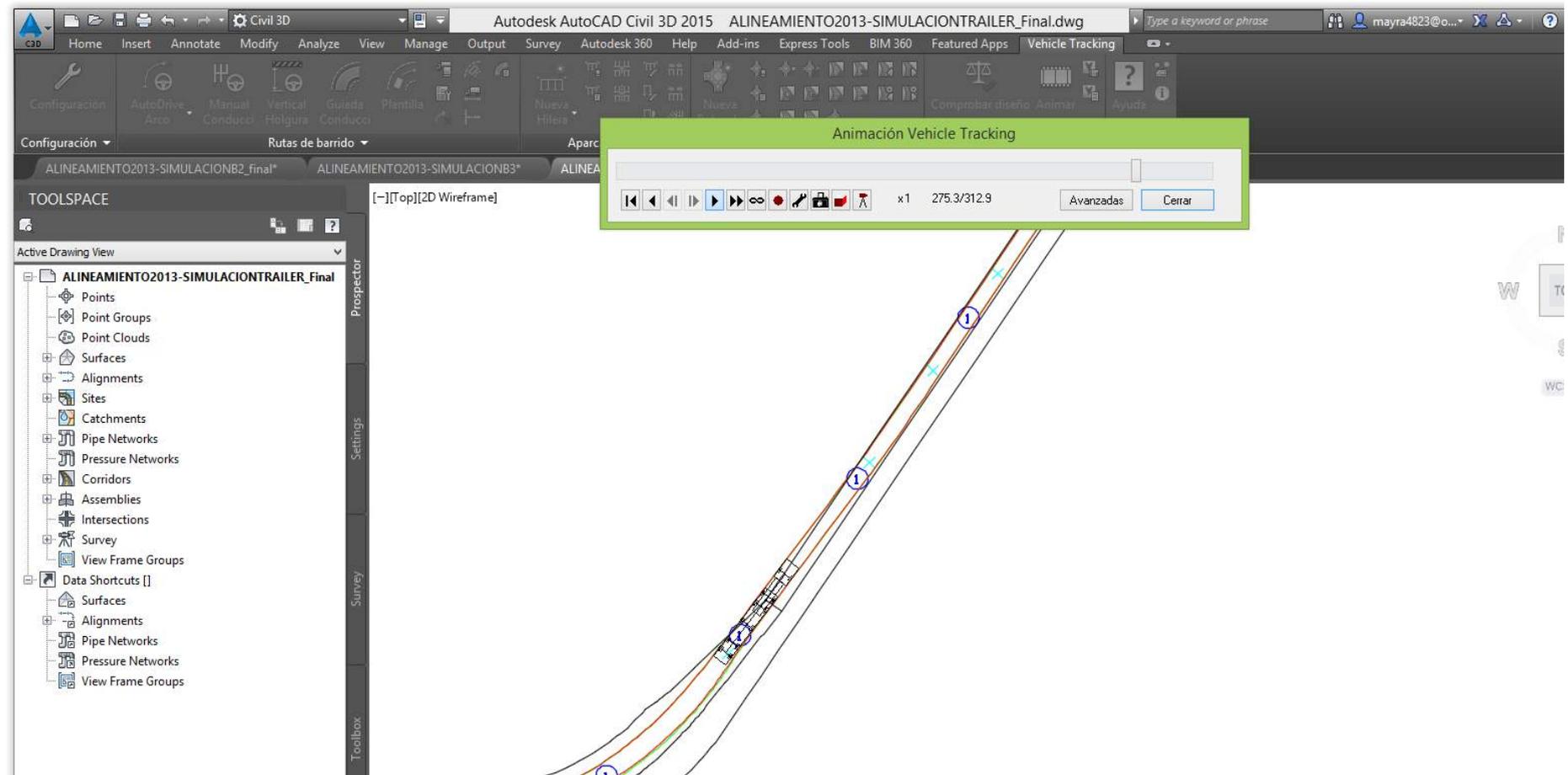


Ilustración 92. Animación Trailer

- En la Ilustración 93 se nota la animación para el Trailer -2013.

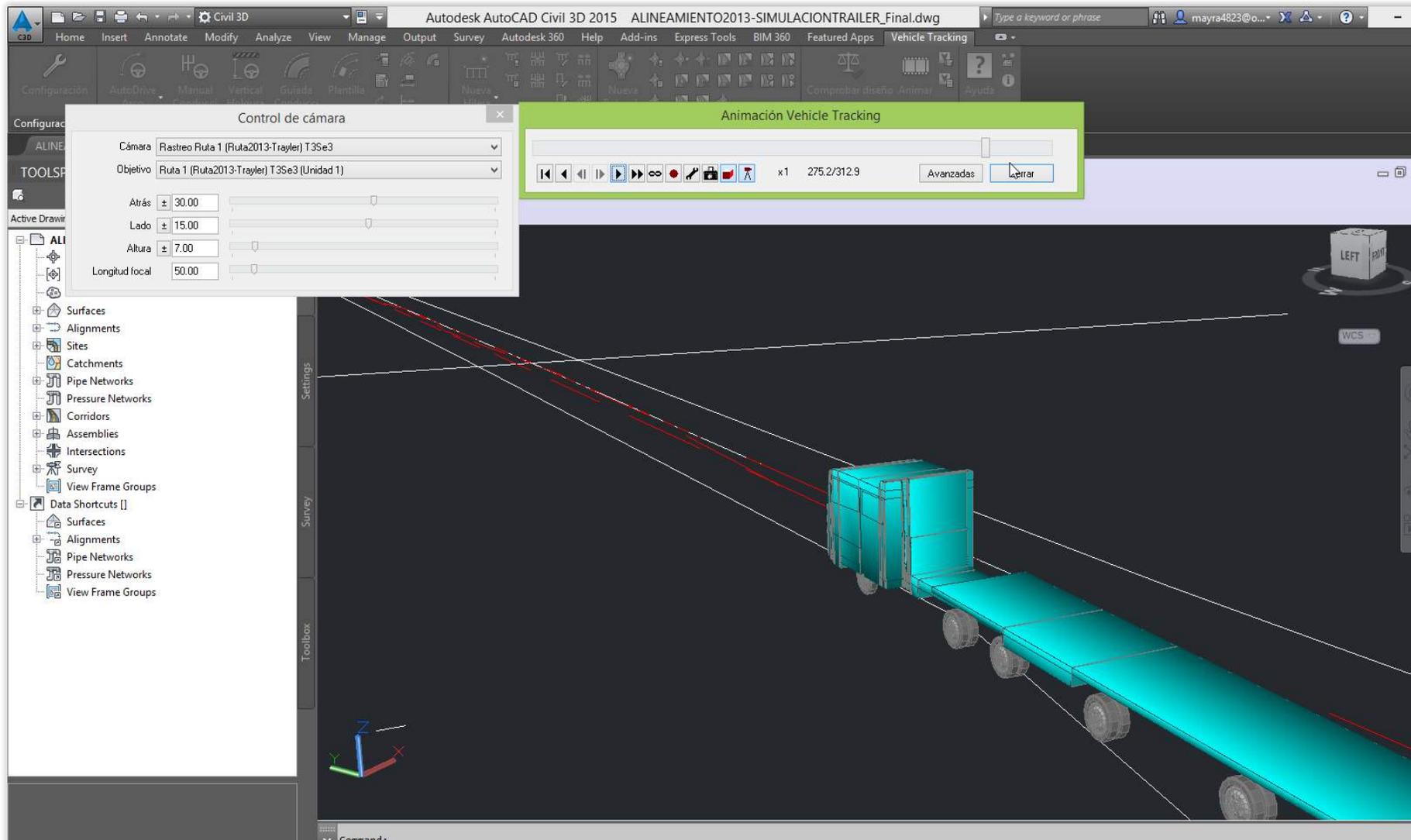


Ilustración 93. Animacion Trailer - 2013 (salida del carril)

3.1.6 Reportes

Insertar Perfil

a) Utilizando DG-2001

- En la Ilustración 94 se ve como insertar grafico para vehículo B2

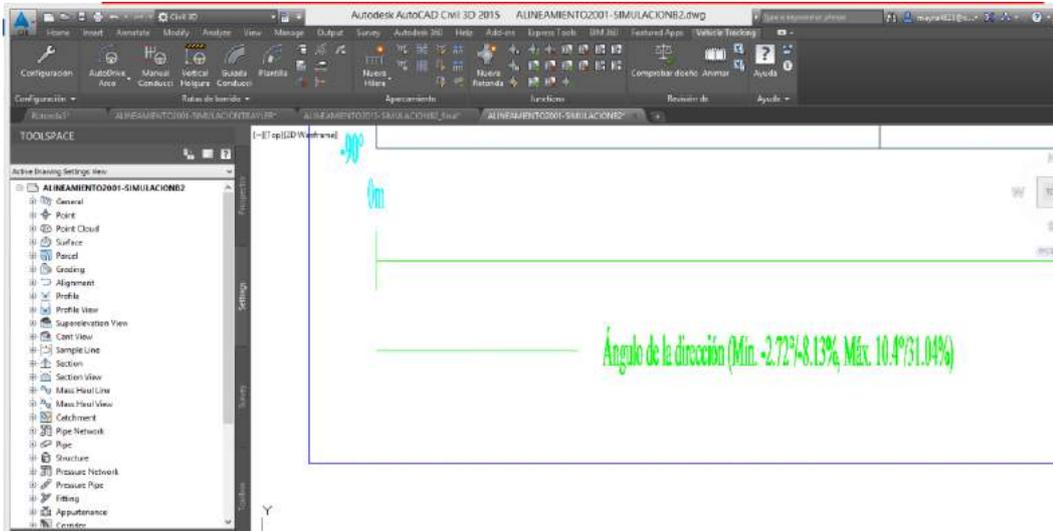


Ilustración 94. Insertar grafico B2 – 2001

- En la Ilustración 94.2 se ve como insertar grafico para vehículo B2-2001

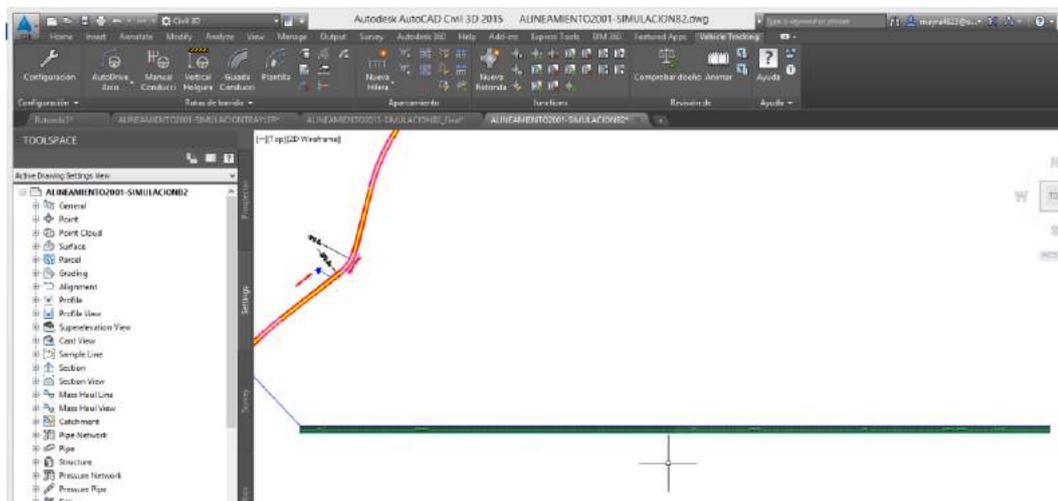


Ilustración 94 1 Insertar grafico B2 - 2001

- En la Ilustración 95 se ve como insertar perfil para vehículo B3-2001

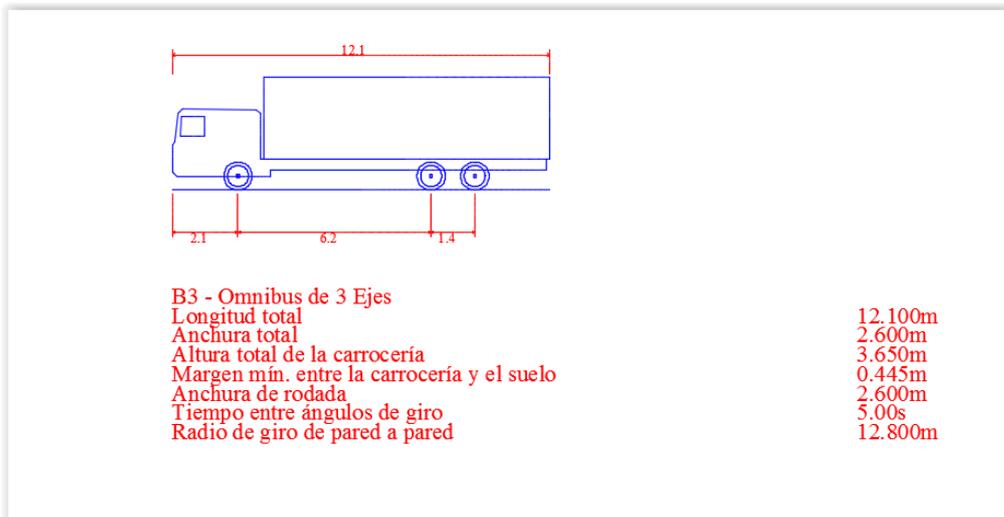


Ilustración 95. Insertar perfil B3 – 2001

- En la Ilustración 96 se ve como insertar grafico para vehículo B3-2001

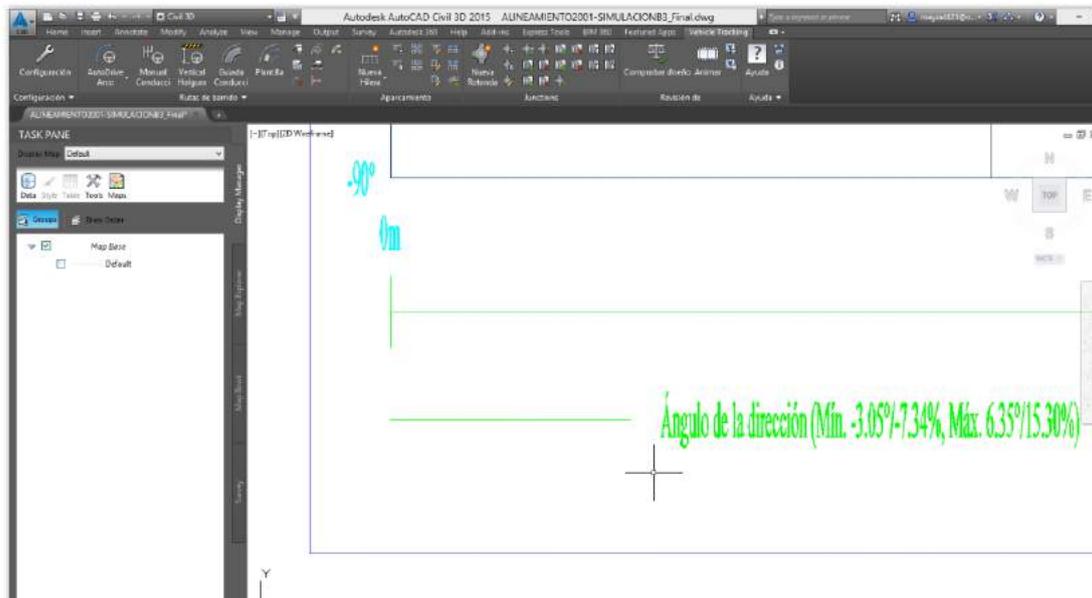


Ilustración 96. Insertar grafico B3 – 2001

- En la Ilustración 96.2 se ve como insertar grafico para vehículo B3-2001

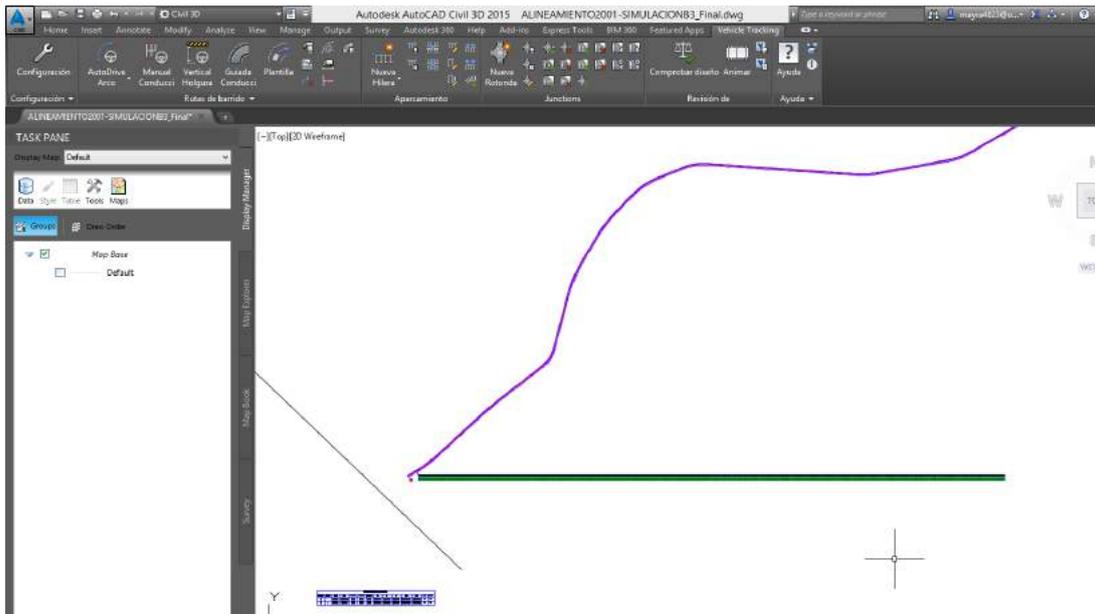


Ilustración 96 1 Insertar grafico B3 – 2001

- En la Ilustración 97 se ve como insertar perfil para vehículo Trailer-2001.

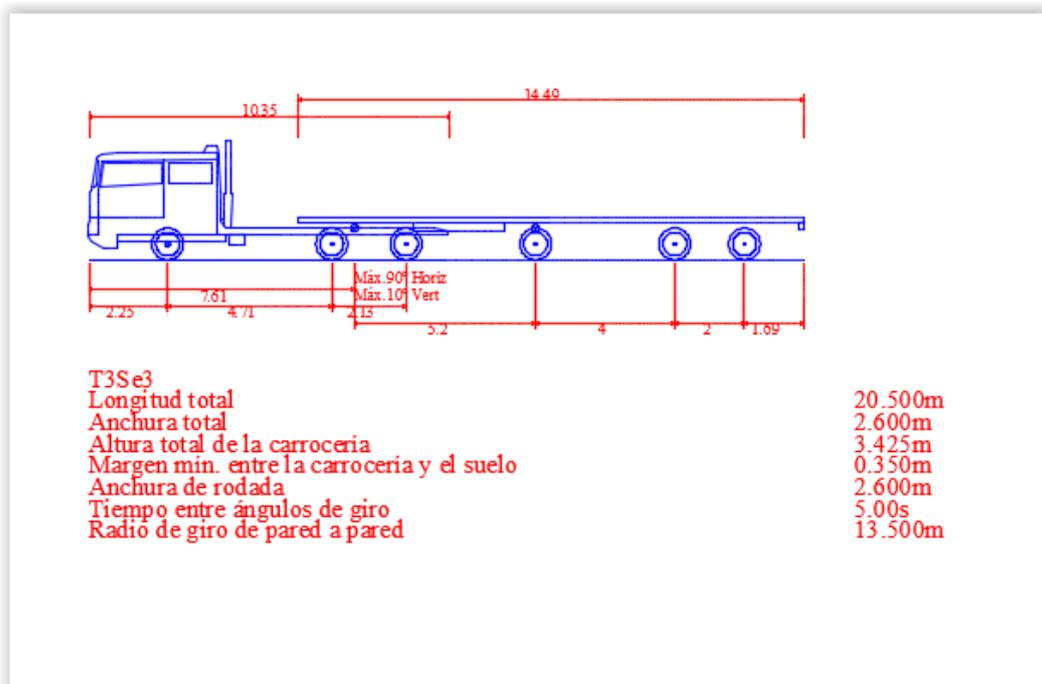


Ilustración 97. Insertar perfil Trailer – 2001

- En la Ilustración 98 se ve como insertar grafico para vehículo Trailer-2001.

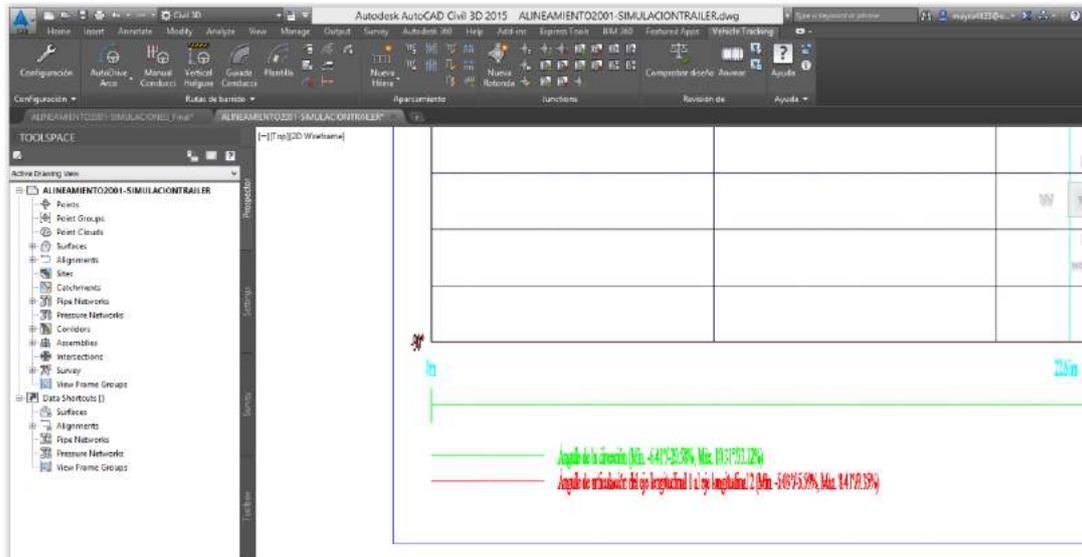


Ilustración 98. Insertar grafico Trailer – 2001

b) Utilizando DG-2013

- En la Ilustración 99 se ve como insertar perfil para vehículo B2

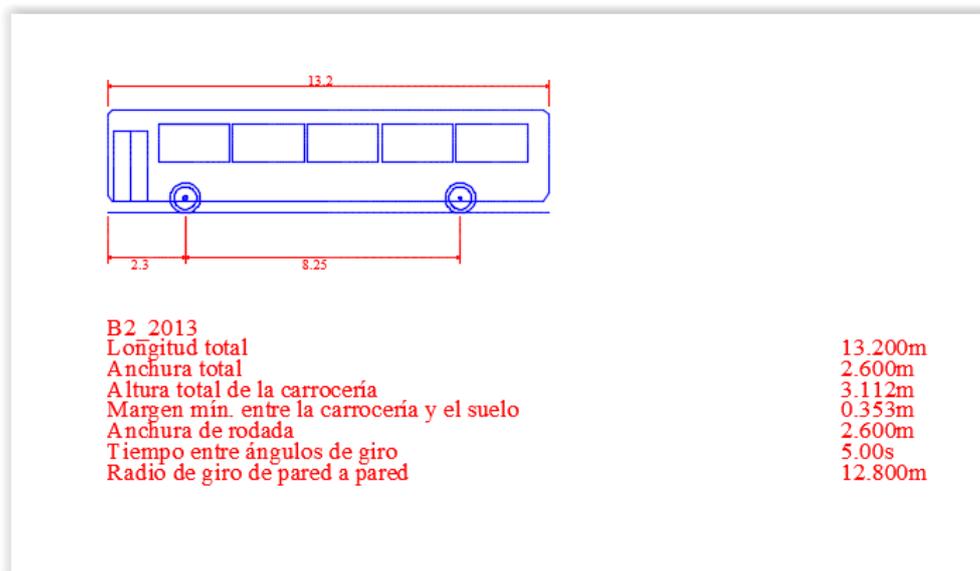


Ilustración 99. Insertar perfil B2 – 2013

- En la Ilustración 100 se ve como insertar grafico para vehículo B2

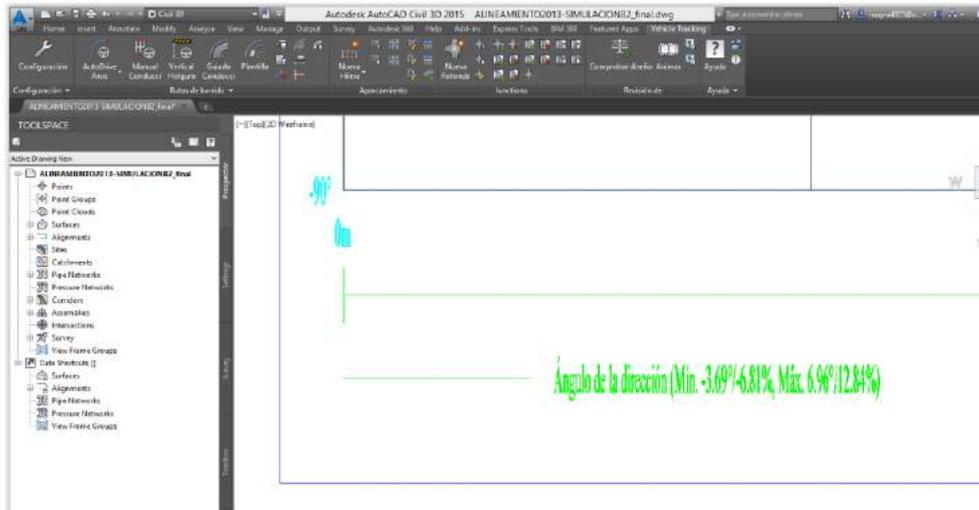


Ilustración 100. Insertar grafico B2 – 2013

- En la Ilustración 101 se ve como insertar perfil para vehículo B3

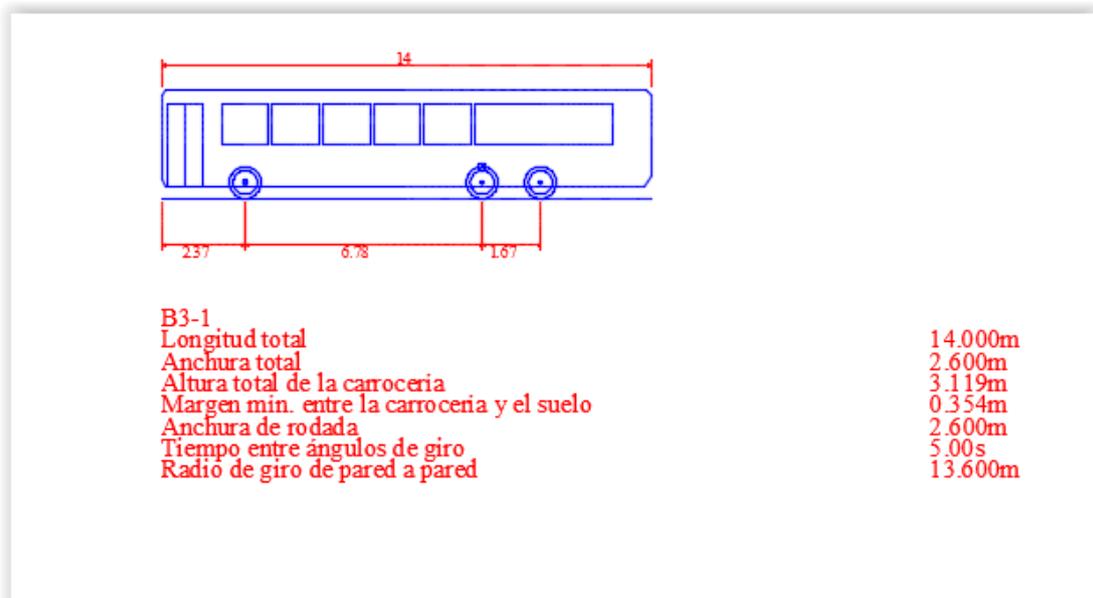


Ilustración 101. Insertar perfil B3 - 2013

- En la Ilustración 102 se ve como insertar grafico para vehículo B3

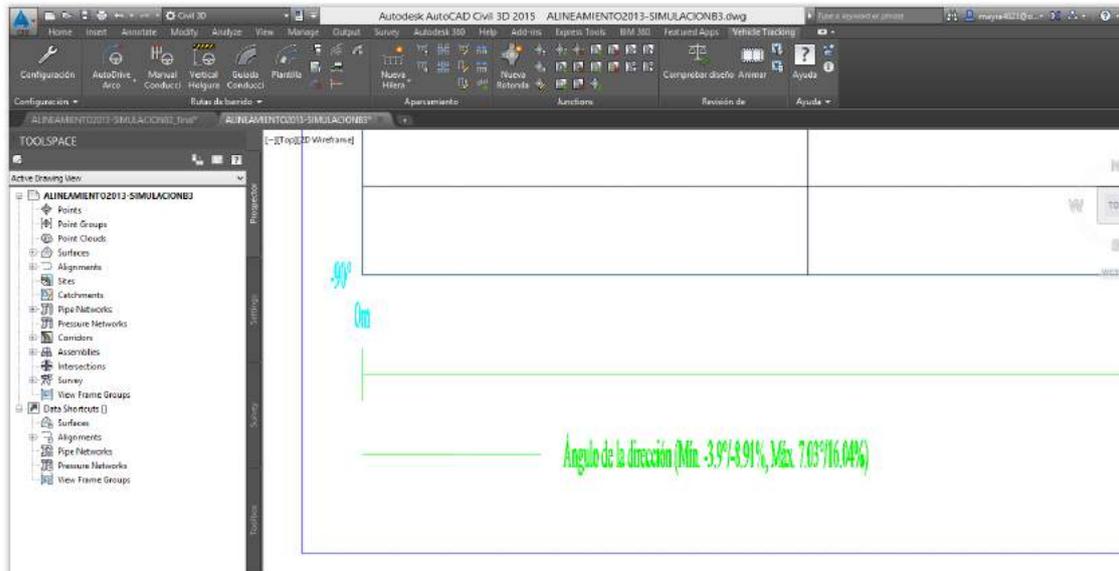


Ilustración 102. Insertar grafico B3 – 2013

- En la Ilustración 103 se ve como insertar perfil para el trailer

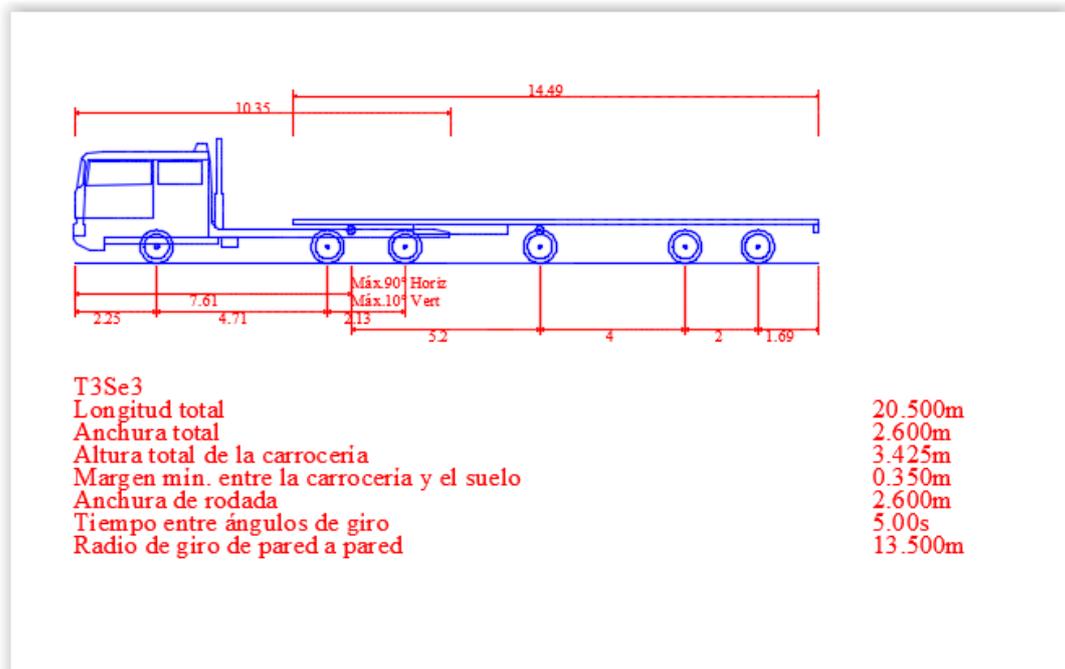


Ilustración 103. Insertar perfil Trailer – 2013

- En la Ilustración 104 se ve como insertar grafico para el trailer

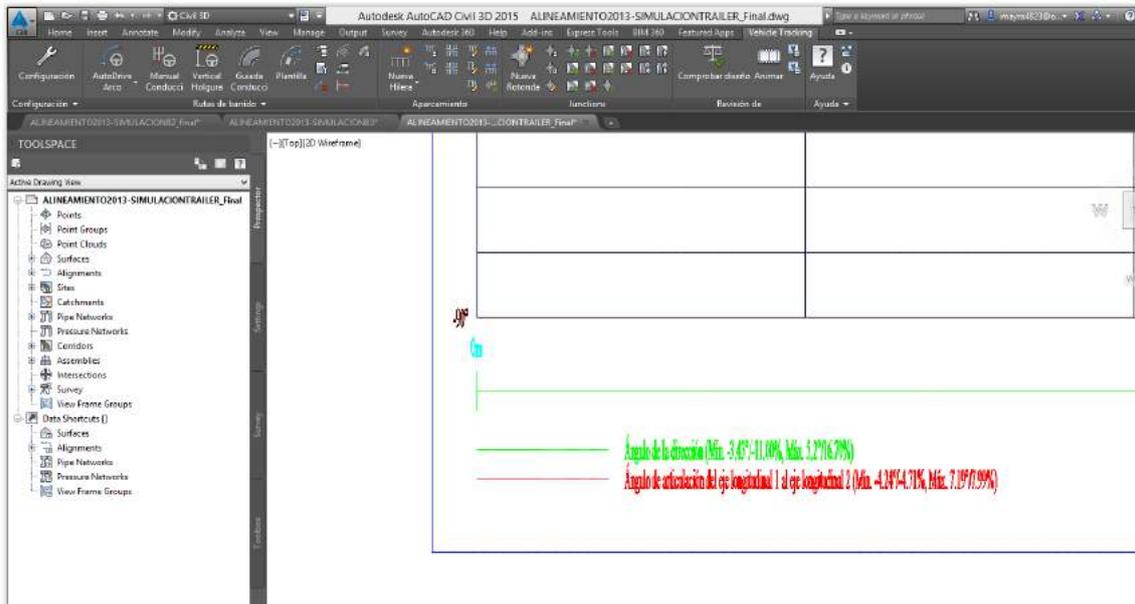


Ilustración 104. Insertar grafico Trailer - 2013

GENERAR PLANTILLA

a) Utilizando DG-2001

- En la Ilustración 105 se ve como insertar plantilla para vehículo B2

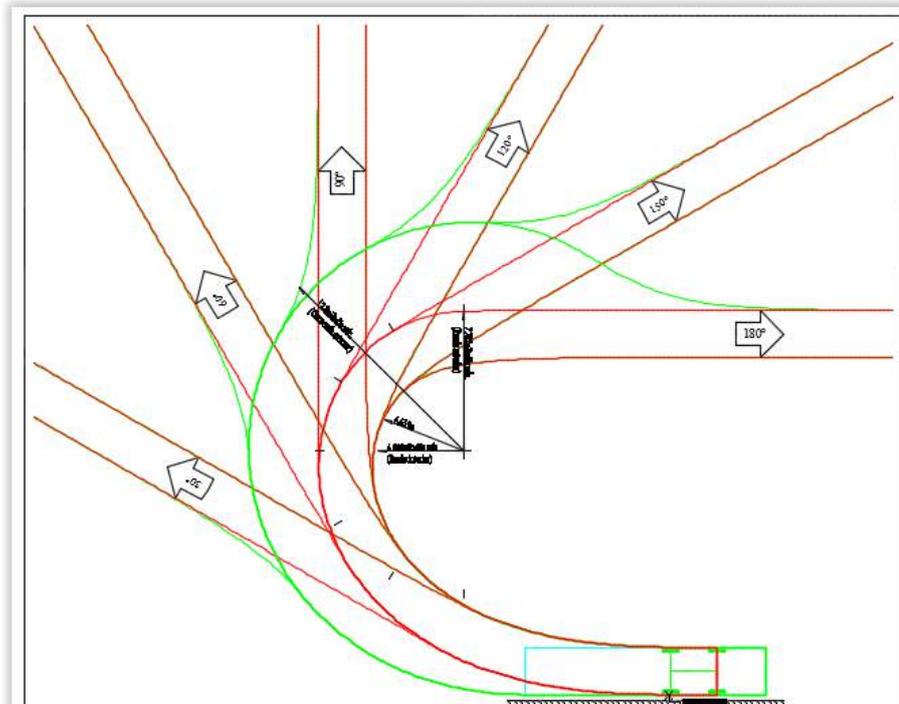


Ilustración 105. Plantilla B2 - 2001

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.01m.

- En la Ilustración 106 se ve como insertar plantilla para vehículo B3

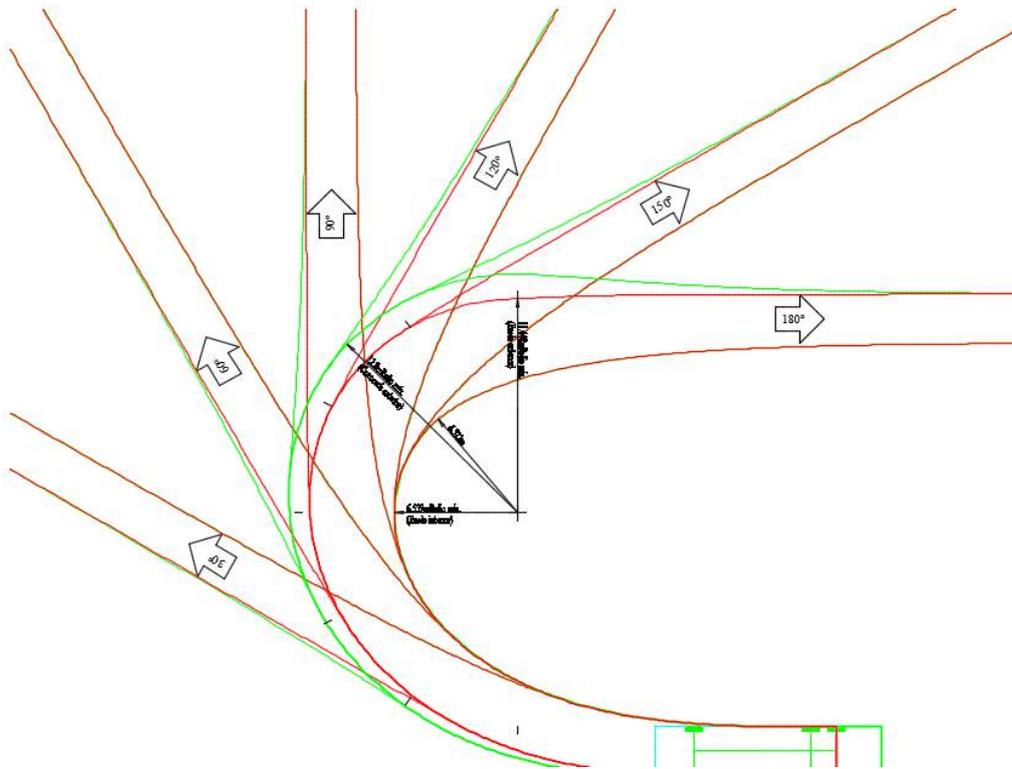


Ilustración 106. Plantilla B3 - 2001

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.0058m.

- En la Ilustración 107 se ve como insertar plantilla para Trailer

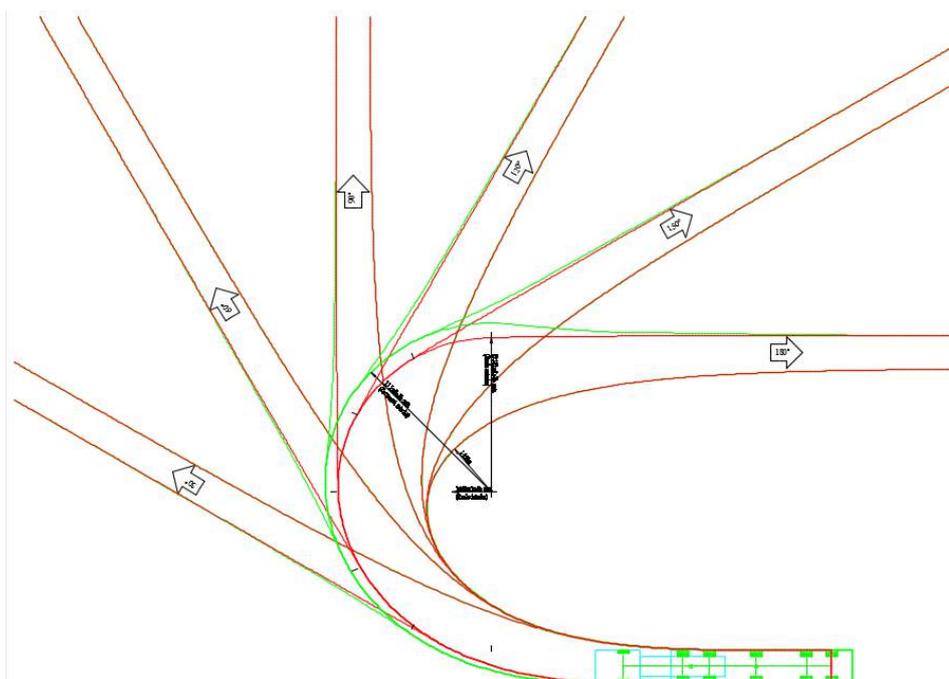


Ilustración 107. Plantilla Trailer - 2001

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.077m.

b) Utilizando DG-2013

- En la Ilustración 108 se ve como insertar plantilla para vehículo B2.

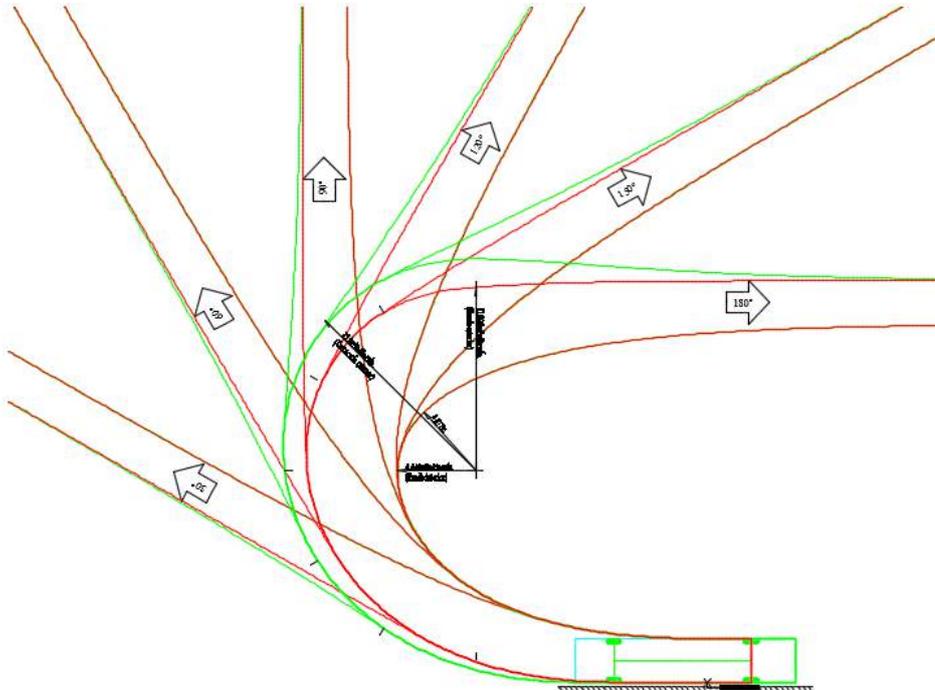


Ilustración 108. Plantilla B2 – 2013

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.04m.

- En la Ilustración 109 se ve como insertar plantilla para vehículo B3

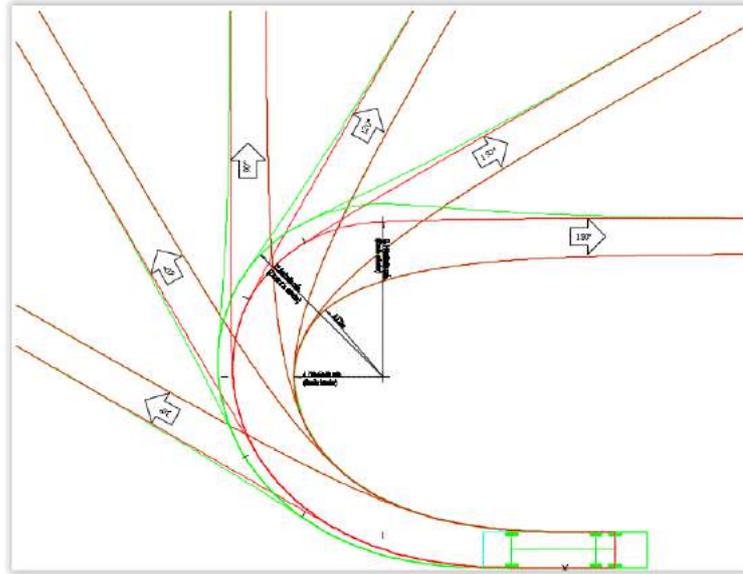


Ilustración 109. Plantilla B3 – 2013

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.058m.

- En la Ilustración 110 se ve como insertar plantilla para Trailer.

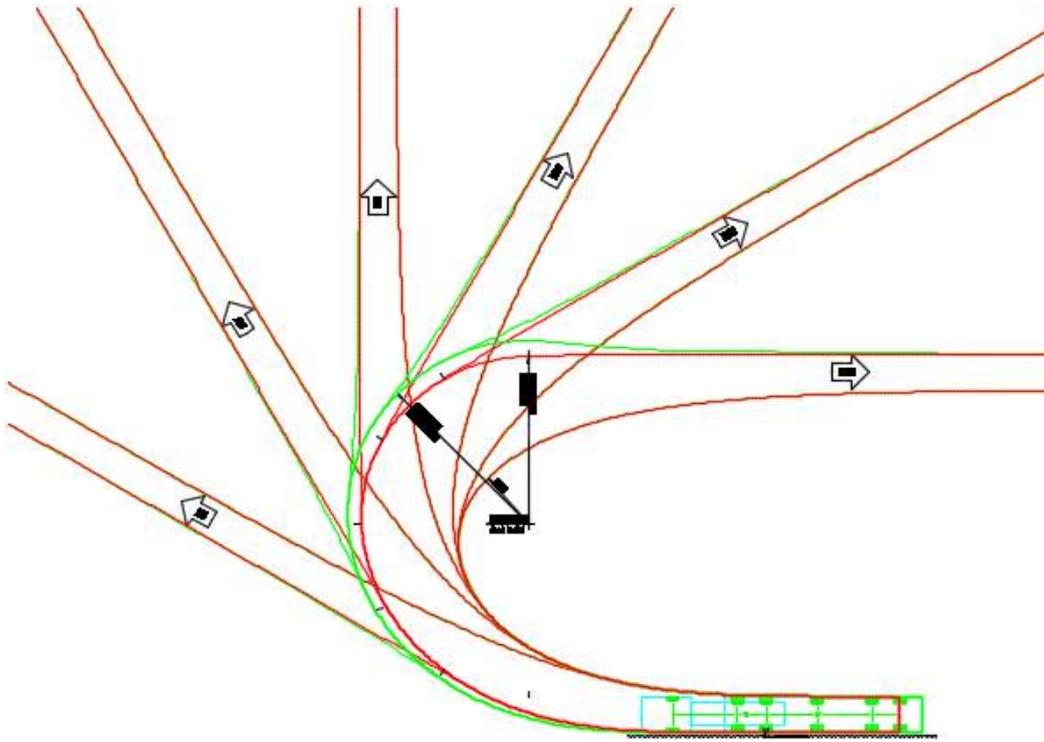


Ilustración 110. Plantilla Trailer – 2013

Notas:

Giro(s) basado(o) En una velocidad del diseño de 50.00km/h. Después de la transición, el centro del eje central sigue al menor arco de circunferencia posible. El bordillo se encuentra a 0.30m del vehículo. La distancia máxima de desviación trasera es de 0.077m.

3.2 Aplicaciones con el AutoCAD Civil 3D.

En AutoCAD Civil 3D posee herramientas para poder tener reportes de visibilidad y generar la animación del recorrido vehicular.

3.2.1 Distancia de Visibilidad

En AutoCAD Civil 3D se puede realizar el chequeo de distancia de visibilidad haciendo clic en el menu Analyze> Check Sight distance. Como se aprecia en la Ilustración 111.

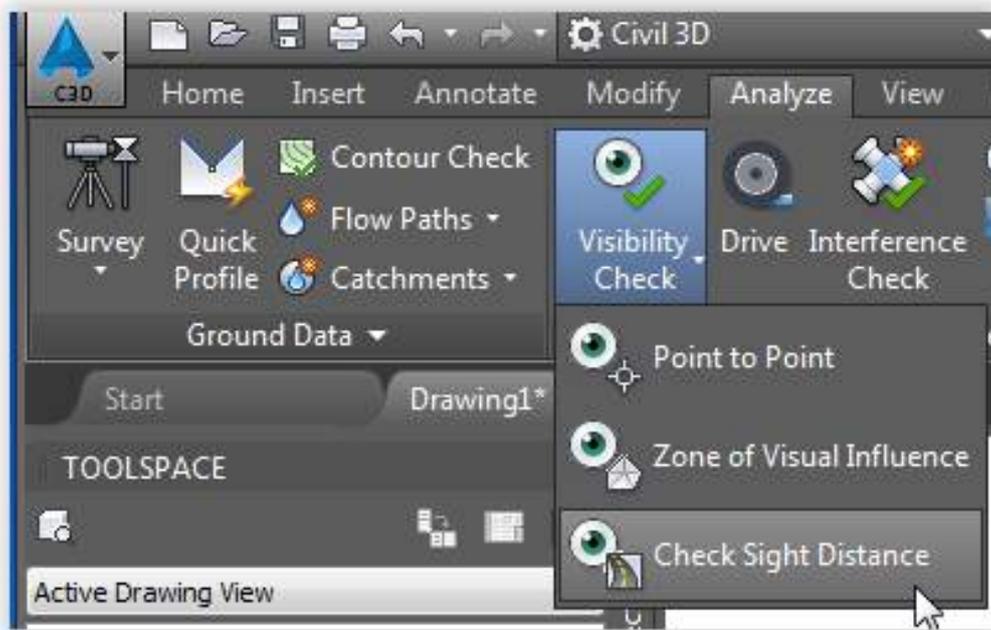


Ilustración 111. Comando Chequear Distancia de Visibilidad

Esto lanza el cuadro de dialogo Sight Distance Check el cual tiene tres ventanas, en la primera ventana Sight Distance Check – General como se ve en la siguiente ilustración 112, se debe de establecer el alineamiento (alignment), la Rasante (Profile) la frecuencia (Check interval) y las superficies a intervenir (Select surfaces to check against).

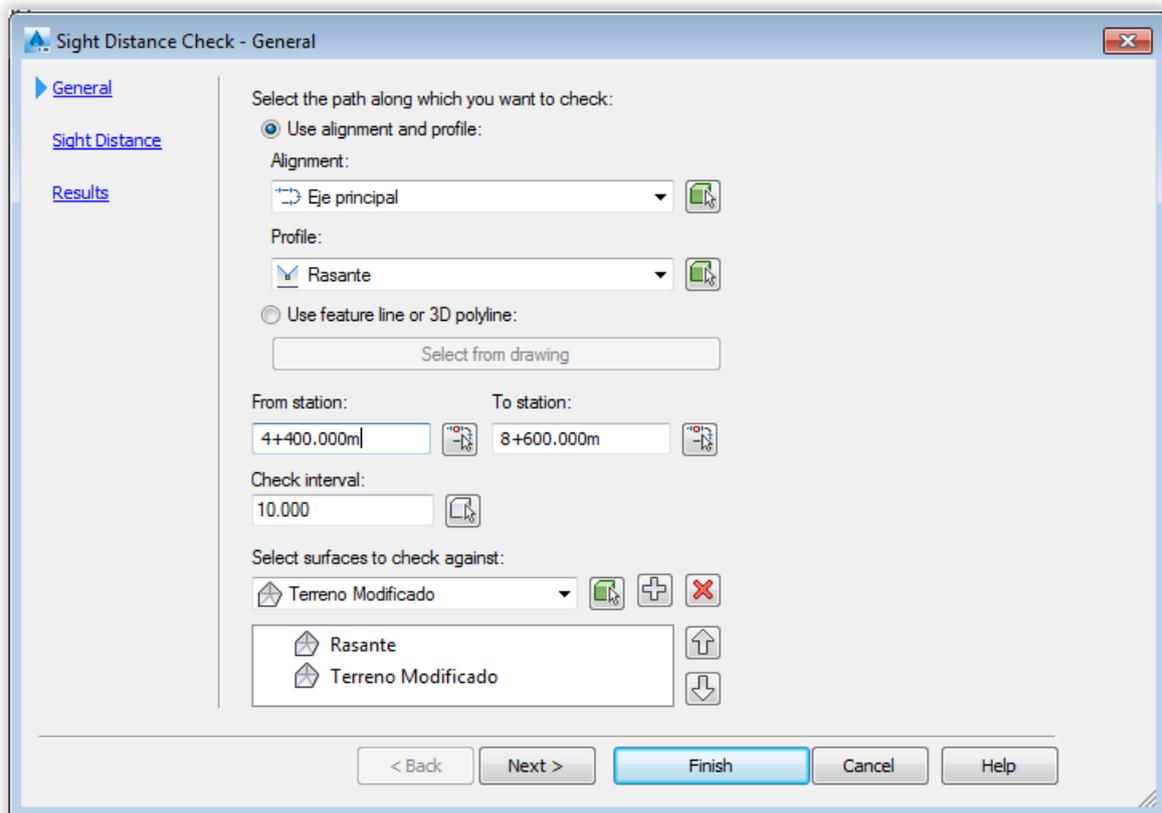


Ilustración 112. Sight Distance Check – General

Luego hacer clic en Next para pasar a la siguiente ventana Sight Distance Check – sight Distance como se ve en la siguiente ilustración Ilustración 113, en la cual se debe de establecer la distancia de visibilidad (Minimum sight distance), altura del ojo del conductor (Eye height), desface del eje (Eye Offset), altura del objetivo (Target height) y desface del objetivo (Target offset)

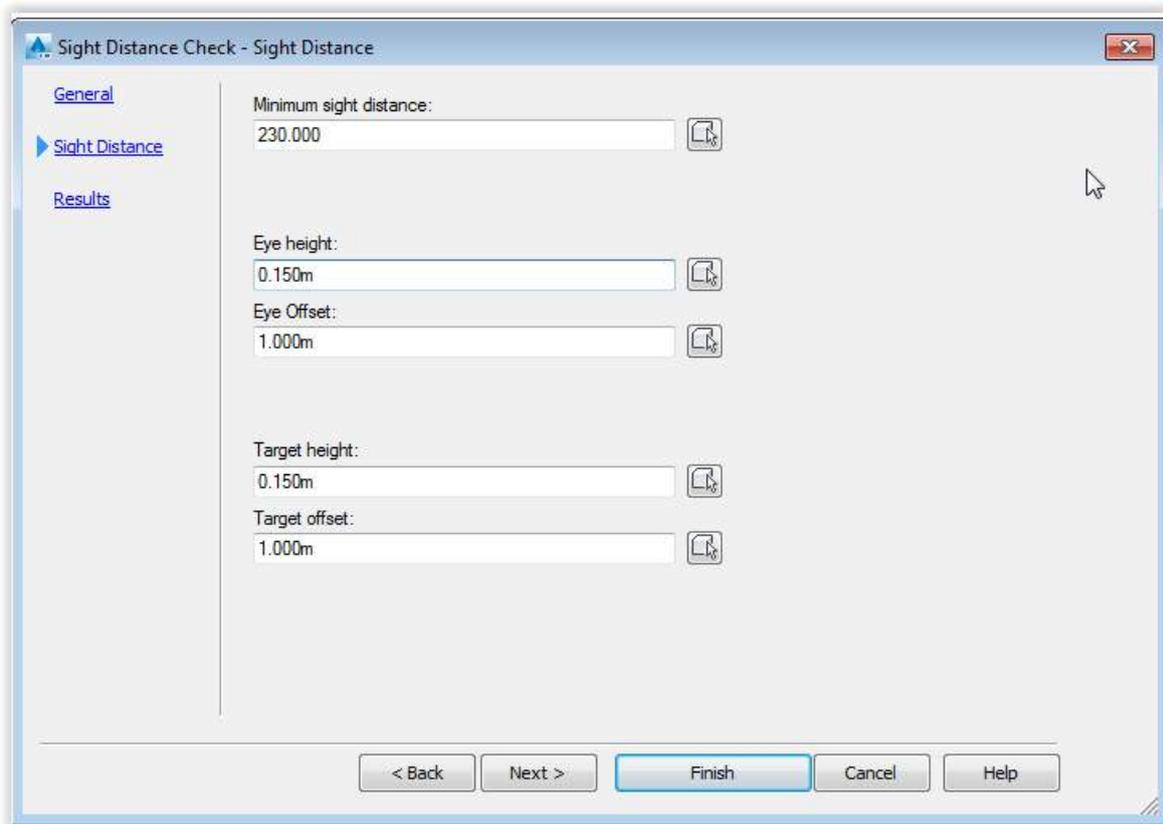


Ilustración 113. Sight Distance Check – Sight Distance

Luego hacer clic en Next para pasar a la siguiente ventana Sight Distance Check – Results como se muestra en la ilustracion 114.

En select items you want to draw in the model especificar las capas donde se dibujaran las lineas de visibilidad y las lineas de visibilidad obstruidas.

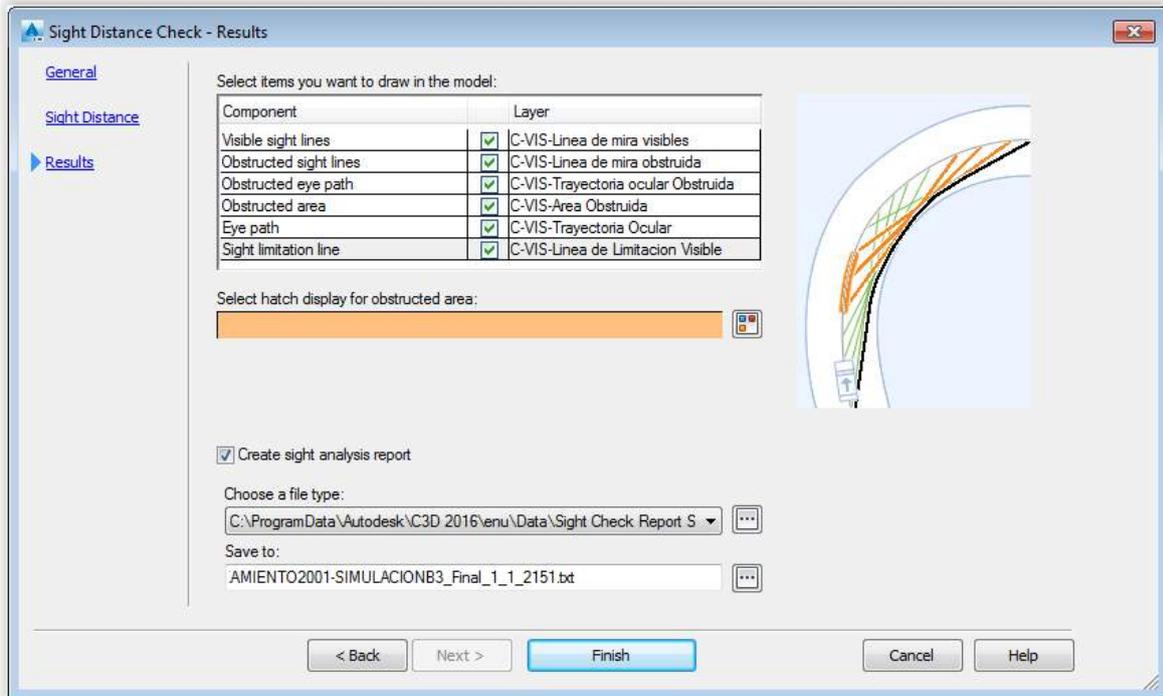


Ilustración 114. Sight Distance Check – Results

Al presionar el boton finish se obtendra el reporte Gráfico.

3.2.2 Animación con AutoCAD Civil 3D

Aquí realizaremos los pasos para realizar la animación que provee el software

- Primero se empezara creando la una copia de la superficie base llamada en este proyecto Terreno, para ello seleccionamos la superficie Terreno, realizamos clic derecho y del menu contextual clic en Select tal como se aprecia en la Ilustración 115.

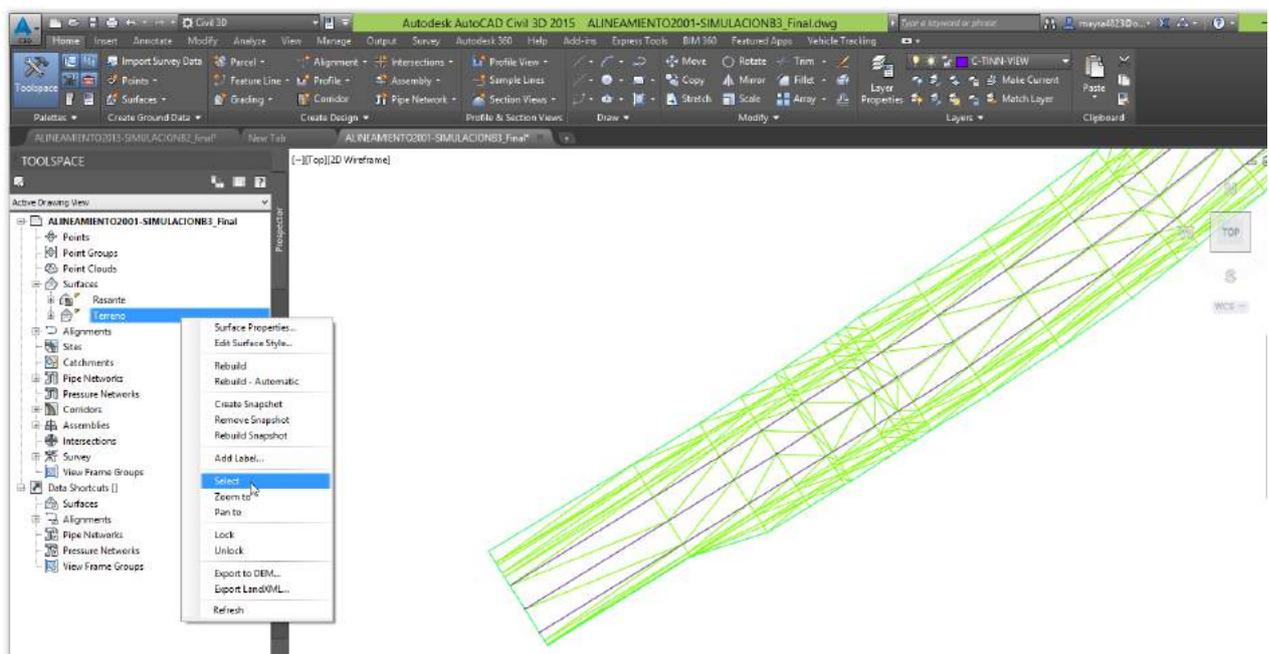


Ilustración 115. Selección de Superficie

- Luego ejecutamos el comando Copy colocando el punto base y destino el mismo punto a fin que la nueva superficie quede en la misma ubicación como se muestra el procedimiento en la Ilustración 116.1 y 116.2.

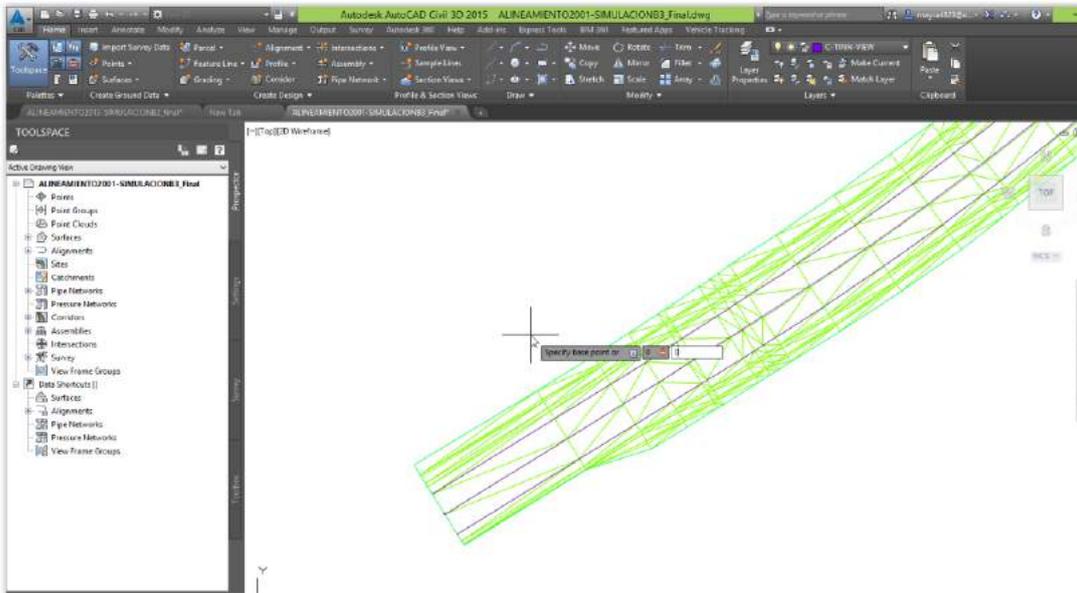


Ilustración 116.1. Copy Punto Base

- Superficie del Terreno Modificado Ver Ilustración 116.2 . Continuación.

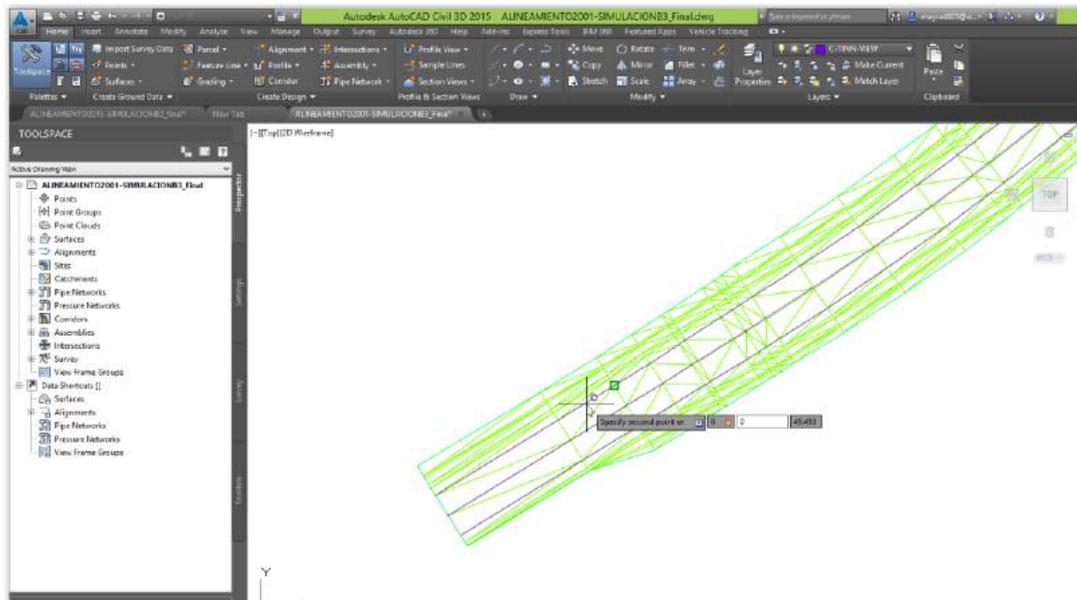


Ilustración 116.2 Copy Punto Destino.

- Se crea una nueva superficie llamada Terreno (1), al cual la renombramos seleccionando para ello clic derecho sobre la supercie como se muestra en la Ilustración 117.1 y en el menu contetual seleccionamos Surface Properties.

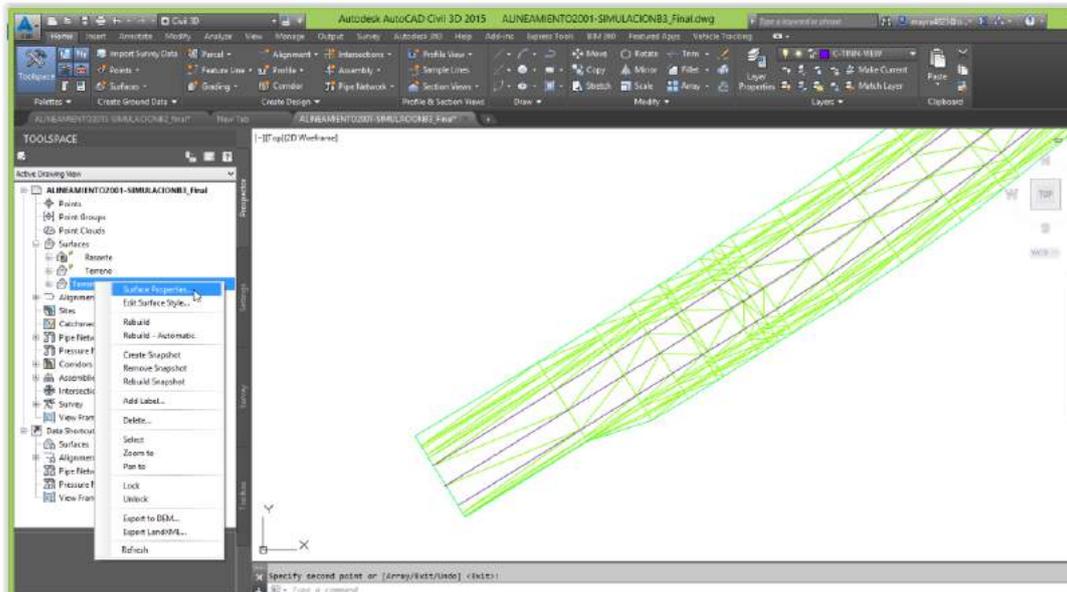


Ilustración 117.1. Renombrando la Superficie de Copia.

- Esto muestra el cuadro de dialogo Surface properties en el cual cambiamos el nombre por Modificado como se aprecia en la Ilustración 117.2.

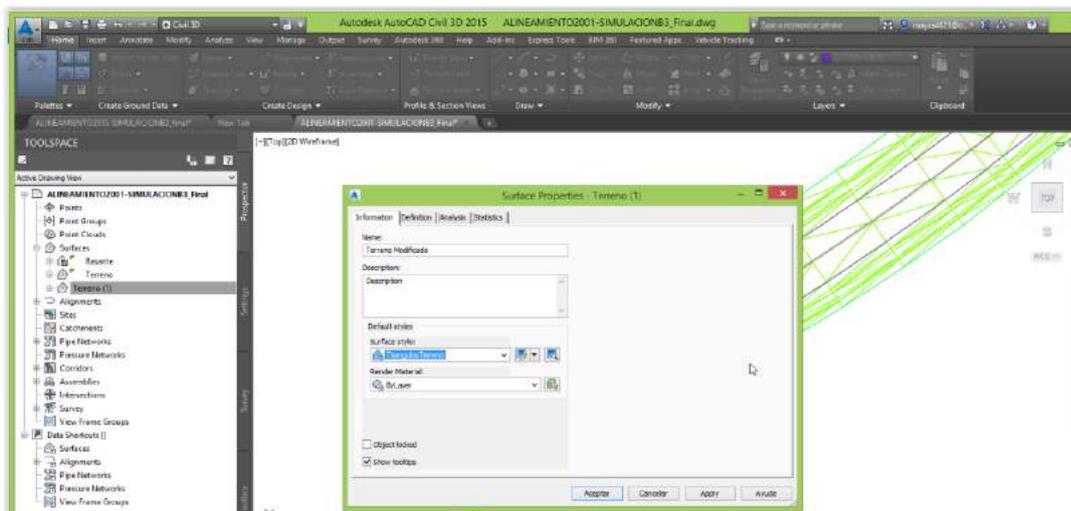


Ilustración 117.2. Renombrando la Superficie de Copia.

- Sobre la Superficie Terreno Modificado ir a la definicion de la superficie, clic derecho en Boundaries y en el menu contextual seleccionar Add como se aprecia en la Ilustración 118.

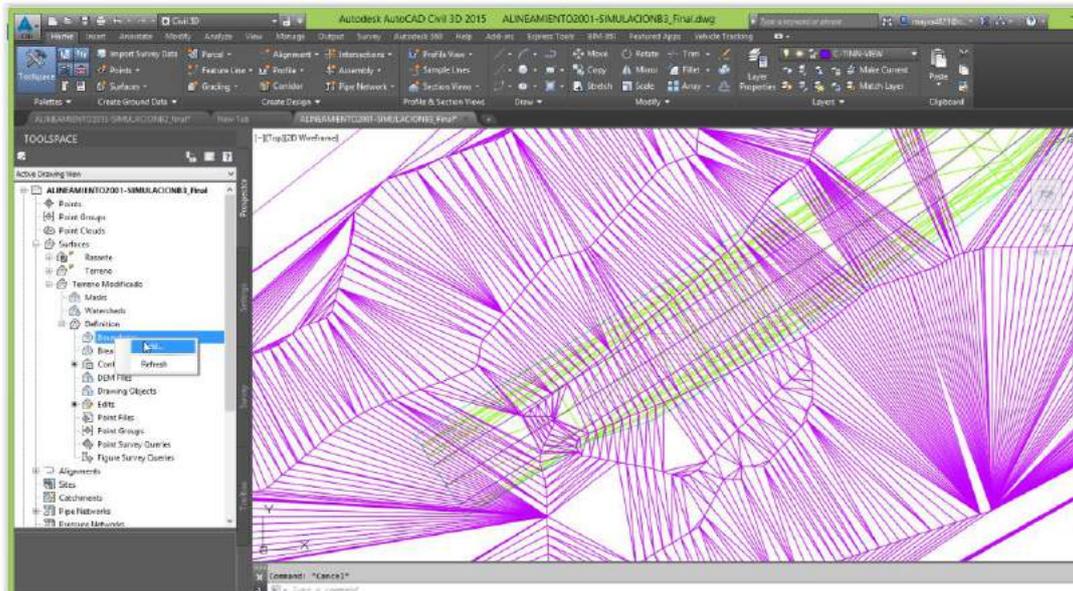


Ilustración 118. Añadiéndole Boundary.

- Esto muestra el cuadro de dialogo Add Boundaries, donde en el Tipo de boundary (Type) colocamos las opciones Hide y Non-destructive breakline como se aprecia en la Ilustración 119, luego clic en el botón Ok.

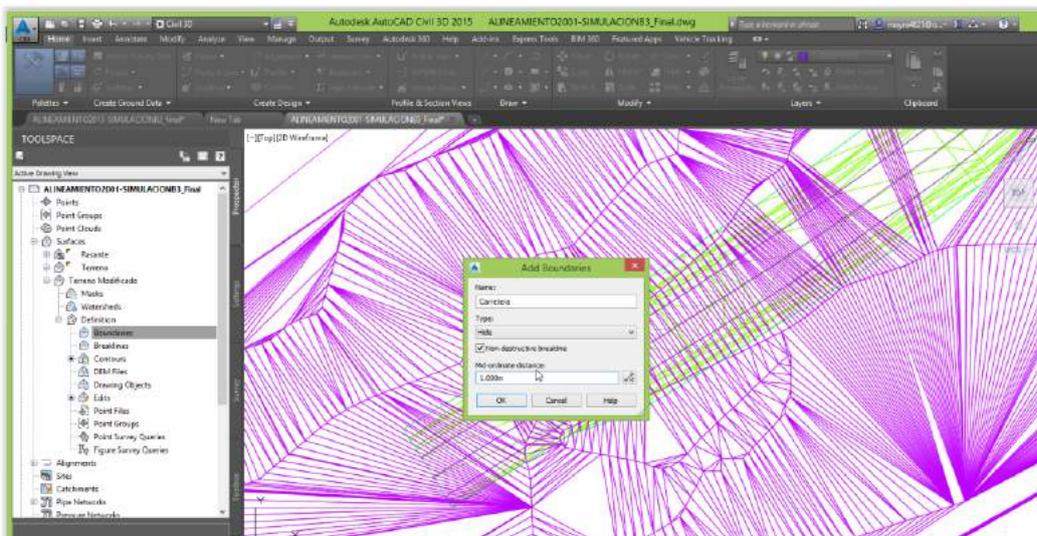


Ilustración 119. Estableciendo el Boundary Tipo Hide.

- Esto el software pide seleccionar el contorno para delimitar la superficie, en vez de seleccionar un contorno le damos la opción surface y seleccionamos la superficie del corredor para que delimite el Terreno modificado a la forma exterior del corredor como se aprecia en la ilustración 120. de esta manera eliminamos la interferencia de dos superficie.

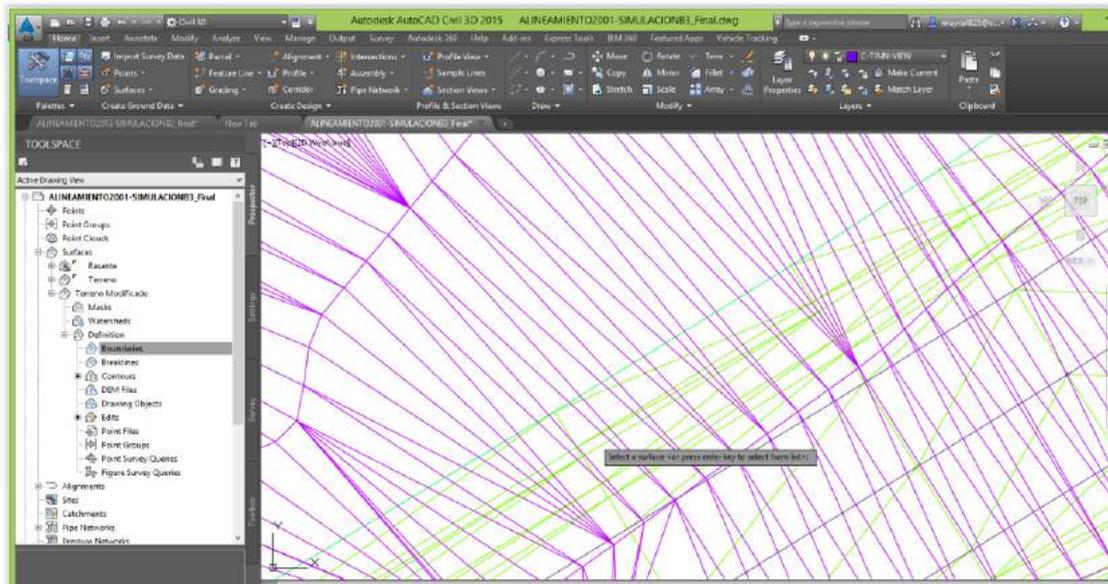


Ilustración 120. Seleccionando la Superficie para el Boundary.

Dejándola las superficies libres para la animación

- Con el motivo simular un vehículo en la trayectoria del carril realizamos Haremos un offset a la derecha de 1 metro del eje para simular la cámara en el carril derecho
- Luego se realizara la proyección de esta última Polilínea creada a la superficie del corredor con el comando Elevation from surfaces, para ello se seleccionara el alineamiento y se ejecutara el comando como se ve en la siguiente Ilustración 121.

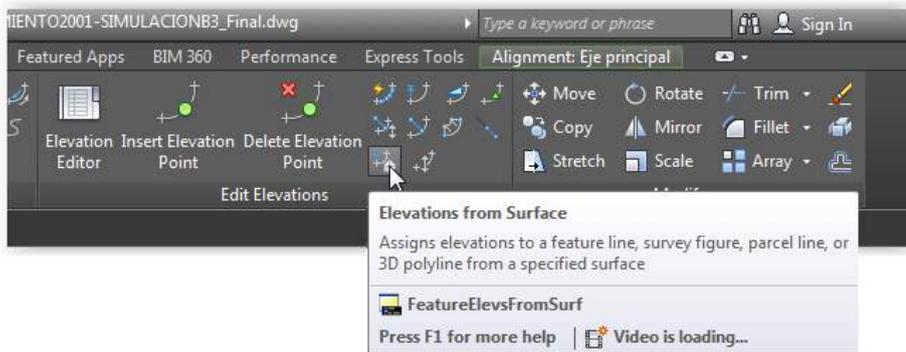


Ilustración 121. proyectando la Polilínea a la Rasante.

Esto último proyecta una Polilínea a la superficie del corredor.

- El siguiente paso es elevar esta última polilínea creada a la altura del ojo del conductor, para ello ejecutamos el comando Raiser/Lower. Ilustración 122. Seleccionando la Superficie para el Boundary

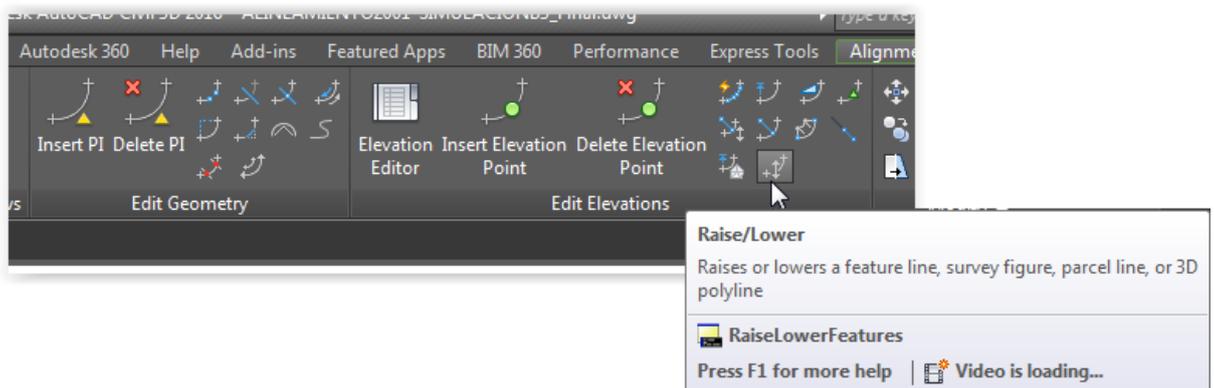


Ilustración 122. Elevando la Polilínea a la altura del ojo del conductor.

Y especificamos el valor 1.07 para elevar esta polilínea a 1.07 metros de la rasante.

- Luego ejecutamos el comando Camera como se ve en la Ilustración 123. la cual cubrirá todo el trayecto de la carretera.

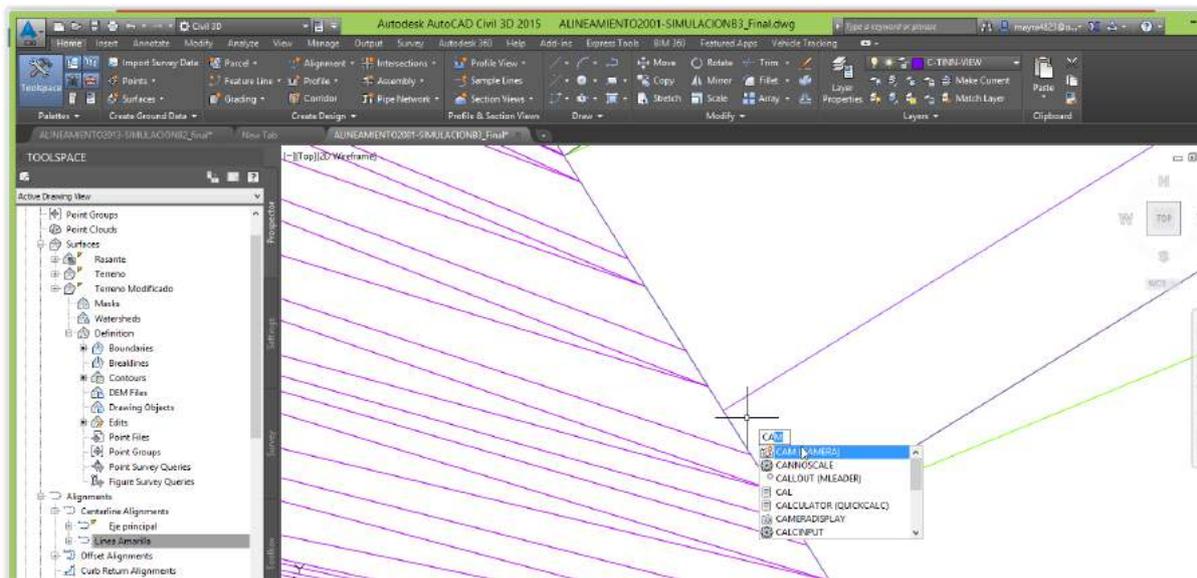


Ilustración 123. Colocación de la cámara

El comando solicitará dos puntos el primer punto será la posición de la cámara este se colocará al inicio del alineamiento y el segundo punto será el objetivo, esto será un punto muy cercano del inicio del alineamiento.

Quedando la cámara como se ve en la ilustración 124.

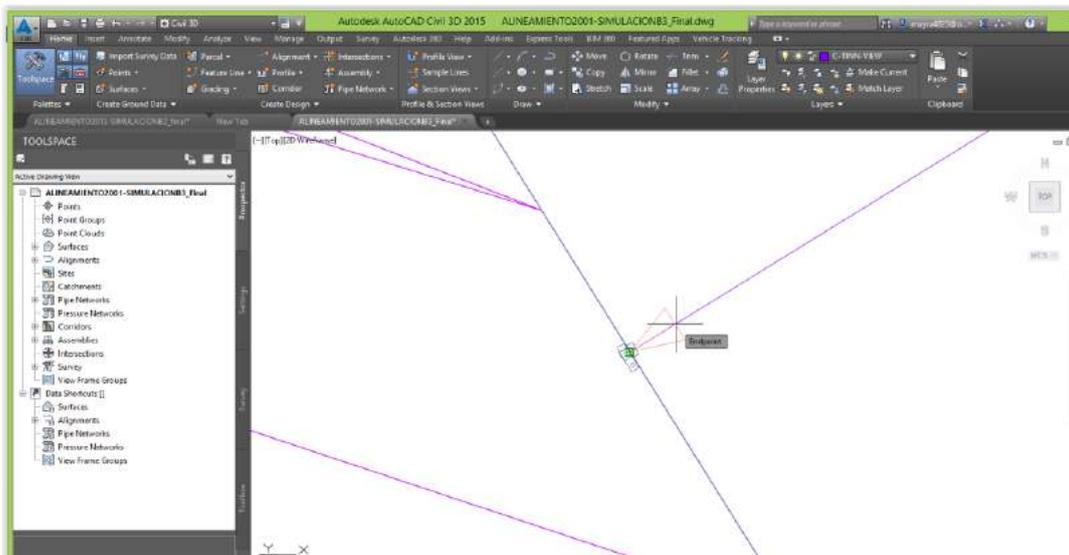


Ilustración 124. Cámara

- Luego ejecutaremos el comando Anipath mostrando el cuadro de dialogo Motion Path Animation como se ve en la Ilustración 125.

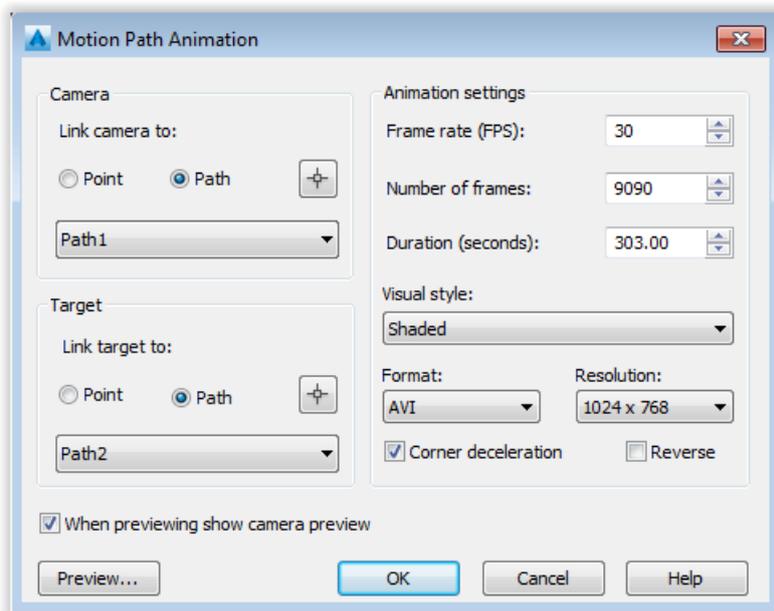


Ilustración 125. Cuadro de Dialogo Motion Path Animation.

En ella especificaremos las siguientes opciones:

En la sección Camera, especificamos la ruta de la cámara con la opción path seleccionamos la Polilínea con el botón adjunto

En la sección Target, especificamos la ruta del objetivo con la opción path seleccionamos la polilínea con el botón adjunto

En Frame Rate: es el número de cuadro por segundo, se recomienda el uso de 30 cuadros

Duration: es la duración es el tiempo que lo calcularemos de la longitud total de la trayectoria de 4197 m dividido entre la velocidad de diseño de 50 km/h, dando como resultado un tiempo de 303 segundos

Visual style: Es el estilo visual, podremos elegir por ejemplo shade, o Render que sería lo óptimo

Formato, colocaremos AVI

Resolution: Es la resolución, especificaremos la máxima 1024 x 768

Luego de especificar los parámetros pulsamos el botón ok

- Esto procesará el video como se aprecia en la Ilustración 126, este proceso puede tardar varias horas según la longitud y especificaciones dadas.

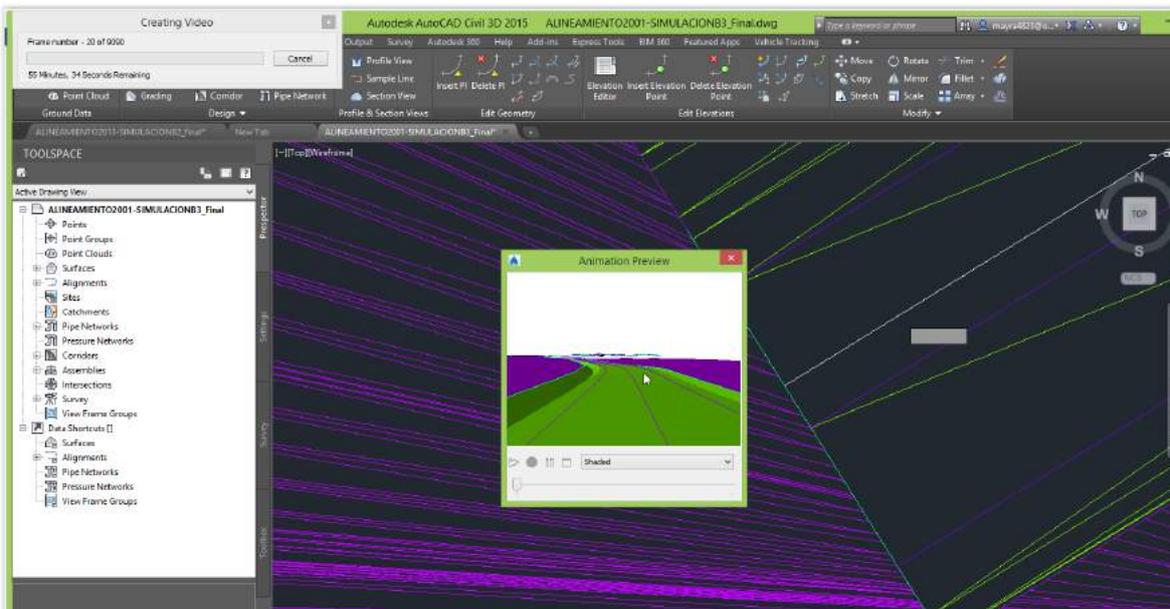


Ilustración 1126. Creación del video de la Animación

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- He podido observar que en el diseño el vehículo sale del carril por utilizar radios menores al mínimo, En un primer momento se tomó los sobreamchos y radios mínimos errados que figuran en el expediente técnico del proyecto notándose que el vehículo no podía tener las condiciones de seguridad para desenvolverse adecuadamente en el desarrollo de la curva de menor radio. Lo que se debió hacer es utilizar la fórmula de sobreamcho para cada tipo de vehículo.
- Con el software “Vehicle Tracking” se puede simular los giros para verificar si los radios y sobreamchos son los indicados lo cual es de gran ayuda a la hora de utilizar nuevos vehículos con dimensiones totalmente distintas a las comerciales, ya que en este programa también es posible diseñar los vehículos
- Con el “Vehicle Tracking” se podrá verificar y optimizar el proyecto a la hora del diseño antes de ser ejecutado y ver las posibles soluciones a los problemas a presentarse
- Se ha utilizado el “Vehicle Tracking” para evaluar una rotonda “Ovalo Gutiérrez” el cual nos va alertando cuando usamos parámetros no adecuados para su desarrollo
- Actualmente, no se encuentran tablas con parámetros de radio mínimo de giro del vehículo en el diseño para la elaboración de la rotonda
- En el tercer caso presentado de la intersección entre la Av. La Mar y Av. Parque de las leyendas, el bus utiliza e invade la calzada adjunta y a veces se sube sobre el sardinel. En la práctica vemos que además el chofer no calcula bien el giro y el vehículo suele trepar la vereda o sardinel pero posiblemente



Ilustración 123. Mal diseño del tramo que recorre el Metropolitano

En la Ilustración 123 se observa que los buses del metropolitano para poder lograr su giro han tenido que invadir parte de la vereda.

RECOMENDACIONES

En el mercado hay nuevos software que simulan maniobras de giros hacia adelante y marcha atrás que incorporan en su modo de conducción Velocidad, Peralte, Fricción lateral y algoritmos de Radios de giros.

BIBLIOGRAFIA

Autodesk, I. (2015). *User's Guide AutoCAD Civil 3D 2015*. USA.

AUTODESK, I. (2015). *User's Guide Autodesk Vehicle Tracking 2015*. USA.

CIVIL CONSULTING, C. (s.f.).

CIVIL CONSULTING, C. (2015). *Curso Virtual Diseño Geométrico de Vías con (DG-2013)*. Lima.

GRISALES, J. C. (Octubre, 2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (Agosto, 2014). *MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS - DG 2013*. Lima: Grupo Editorial Megabyte.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, M. (Septiembre, 2011). *MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS - DG 2001*. Lima: Grupo Editorial Megabyte.

Rocci Boccaleri, S. (05 de Julio de 1988). *Trayectoria de Giro de Vehículos a baja velocidad*. Obtenido de
de
<><https://onedrive.live.com/view.aspx?resid=B9DC669A6B25C43!285&ithint=file%2cpdf&app=WordPdf&authkey=!AAdcswV7EBoliCY>

SAC, C. C. (Enero 2015). *Curso Virtual Autodesk Vehicle Tracking*. Lima:
<http://aulavirtual.civilconsulting.pe/>.

Solutions, T. (04 de Julio de 2015). <http://www.transoftsolutions.es>. Obtenido de
www.transoftsolutions.es: www.transoftsolutions.es/autoturn/features

Solutions, T. (04 de Julio de 2015). www.transoftsolutions.es. Obtenido de
www.transoftsolutions.es/autoturn/clients

Solutions, T. (04 de Julio de 2015). www.transoftsolutions.es. Obtenido de
<http://www.transoftsolutions.es/vehiclibrary>

ZÚÑIGA, I. X. (Enero 2015). *Manual del Curso Diseño Geométrico de Vías con (DG-2013) y AutoCAD Civil 3D*. Lima.

APENDICES

A continuación se muestra la lista de videos que se encuentra en el CD adjunto

Videos en el cual se utilizó el cálculo de sobreamanchos incorrectos

Video01_Simulacion2001-B3.avi

Video02_Bus de 2 ejes_2001.avi

Video03_Bus de 3 ejes_2001.avi

Video04_Trailer_2001.avi

Videos en el cual se utilizó el cálculo de sobreamanchos correctos

Video05_Bus de 2 ejes_2013.avi

Video06_Bus de 2 ejes 2_2013.avi

Video07_Bus de 3 ejes_2013.avi

Video08_Trailer_2013.avi

Videos de simulación de giro en la rotonda

Video09_Rotonda.avi

Video10_Rotonda_2.avi

Videos de la evaluación de giro en esquina de la Mar con

Video11_Giro en esquina.avi

Video12_Giro en esquina_2.avi

