

**Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram
(Facatativá-Madrid)**

Presentado por.

**Daniel Andrés Lozano Morales
Cristian Rodrigo Mancipe Sarmiento**

Proyecto de grado, para optar al título de:

Ingeniero civil

Director:

Sergio Miguel González Palacios

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá D.C., Colombia

2020

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Resumen

El proyecto tiene como finalidad realizar el diseño geométrico de 3 alternativas para el tren de cercanías Regiotram; con las visitas a campo al municipio de Facatativá y de la vía férrea existente, se identificó en primer lugar el sustento y la necesidad de implementar un tren, ya que el transporte a los municipios cercanos es costoso y se emplea mucho tiempo de recorrido, para este problema existen la solución intermedia de los buses intermunicipales, los cuales realizan la tarea de transportar a las personas a estos respectivos municipios.

Debido a que los costos y el tiempo que pasa una persona dentro de un bus intermunicipal es elevado, se requiere implementar un medio de transporte que solucione este problema, aquí es donde entra el tren de cercanías con nuestras respectivas alternativas de diseño, teniendo en cuenta el ferrocarril existente, para posteriormente tomar la mejor alternativa y ampliarla en 2 carriles para su optimización.

Para el diseño de los tramos fue necesario identificar la vía férrea existente, con ayuda de visitas de campo e imágenes satelitales, posteriormente se trazaron las 3 alternativas pertinentes con ayuda de los planos catastrales recuperados en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, luego se procedió a realizar la digitalización de las curvas de nivel en el software ArcMap, para a continuación realizar el trazado pertinente de las alternativas en el software AutoCad Civil 3D.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Por último, después de haber realizado los diseños, se seleccionó mediante una matriz multicriterio la alternativa que sería la más adecuada para su futura construcción, esto con el fin de realizar la posible optimización de la operación del sistema de transporte.

Palabras clave: Regiotram, tren de cercanías, diseño, alternativas, matriz multicriterio.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Abstract

The purpose of this project is to perform the geometric design of 3 alternatives for the commuter train Regiotram; with the field visits to the Facatativá borough and the existing railroad track, we identify in first place the livelihood and the necessity to implement a train, now that the near borough transport is expensive and the travel employs a lot of time, for this problem exist an intermediate solution that are the inter-borough buses, which ones do the work to transport the people to each respective borough.

Because of the costs and the time that a person elapse inside of an inter-borough bus are elevate, an implementation transport system is required to solve this problem, here is when the commuter train get in whit our owns design alternatives, taking into a count the railway in existence to later take this one and expand it in 2 rails for it optimization.

In the sections designs it was necessary identify the railroad track extant, with the assistance field visits and satellite images, afterwards we trace the 3 according alternatives using the cadastral plans recovered in the Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, then we procedure to do the digitization of the contour lines in in the ArcMap software, for their respective relevant trace of the alternatives in the AutoCAD Civil 3D software.

Finally, after realize the designs, we choose through a multi-criteria matrix which alternative could be the most adequate for their future building, this is with the purpose to do the possible optimization of the transport operation system.

Keywords: Regiotram, commuter train, design, alternatives, multi-criteria matrix.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla de contenido

Lista de figuras	7
Lista de tablas.....	8
Lista de anexos	9
Introducción	13
Formulación del problema	15
Justificación	17
Objetivos	18
Objetivos específicos.....	18
Regiotram.....	19
Ubicación geográfica del proyecto.....	21
Caracterización del corredor	22
Corredor férreo área urbana.....	24
Corredor férreo área sub-urbana.....	25
Características	26
Plan de operación.....	26
Horarios y servicios	26
Velocidades (Empresa Férrea Regional, 2019).....	27
Tiempos de recorrido (Empresa Férrea Regional, 2019)	28
Ocupación del corredor férreo.....	29
Diseño de alternativas de trazado Férreo	38
Análisis de las alternativas	39

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Análisis geométrico alternativa #1.....	40
Análisis geométrico alternativa #2.....	44
Análisis geométrico alternativa #3.....	50
Análisis de la super estructura de vía férrea.....	55
Número de durmientes.....	57
Tipo de durmiente.....	58
Matriz multicriterio de selección de durmiente	61
Balasto y Sub-Balasto	63
Balasto.....	63
Sub-balasto.....	69
Rieles	71
Análisis de presupuesto	73
Análisis operacional.....	74
Análisis Ambiental.....	74
Acequia.....	75
Quebradas.....	75
Ríos.....	76
Resumen alternativa #1	71
Resumen alternativa #2	72
Resumen alternativa #3	73
Conclusiones	74
Referencias bibliográficas	76
Anexos.....	78
Pasos ArcMap.....	78
Pasos AutoCad Civil 3D.....	108

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Lista de figuras

Figura 1 Localización del proyecto Regiotram.	21
Figura 2 Corredor férreo área urbana	24
Figura 3 Corredor férreo área sub-urbana	25
Figura 4. Evidencia del mal estado del ferrocarril (Ley 76 de 1920, artículo No. 3.).....	32
Figura 5. Evidencia No. 1 de la invasión al corredor férreo.....	33
Figura 6. Evidencia No. 2 acceso peatonal en el corredor férreo.	34
Figura 7. Invasión de cantera al corredor férreo (Ley 76 de 1920, artículo No. 3.).....	35
Figura 8. Vista en planta barrio Cartagena.....	36
Figura 9. Vista en planta barrio Manablanca.....	36
Figura 10. Vista en planta subestación Facatativá.....	37
Figura 11. Vista en planta barrio Brasilia.....	37
Figura 12. Vista en planta alternativa #1	40
Figura 13 Detalle vista en planta alternativa #1	41
Figura 14. Vista en planta alternativa #2.....	45
Figura 15. Detalle vista en planta alternativa #2	46
Figura 16. Vista en planta alternativa #3.....	50
Figura 17. Detalle vista en planta Alternativa #3	51
Figura 18. Curva granulométrica para balasto.....	65
Figura 19. Perfil del ferrocarril.....	66
Figura 20. Propiedades de plataforma en balasto	67
Figura 21. Área de balasto excedente	68
Figura 22. Área en perfil del sub-balasto	70

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Lista de tablas

Tabla 1. Escenario base Regiotram de occidente	26
Tabla 2. Parámetros geométricos alternativa #1.....	42
Tabla 3. Parámetros geométricos alternativa #2.....	47
Tabla 4. Parámetros geométricos alternativa #3.....	52
Tabla 5. Numero de curvas y entre tangencias para cada alternativa.....	55
Tabla 6. Diseño de la superestructura de vía de líneas de la velocidad y la carga sufrida ...	56
Tabla 7. Durmientes	58
Tabla 8. Clasificación de durmientes elaborada por los autores, 2020	61
Tabla 9 Matriz Multicriterio tipo de durmiente.....	63
Tabla 10. Volumen de balasto	66
Tabla 11. Volumen de balasto excedente	68
Tabla 12. Volumen de balasto efectivo	69
Tabla 13. Volumen de sub-balasto	70
Tabla 14. Especificaciones para cada tipo de riel.....	72
Tabla 15. Numero de rieles.....	73
Tabla 16. Análisis de presupuesto para cada alternativa	73
Tabla 17 Resumen alternativa #1	71
Tabla 18 Resumen alternativa #2	72
Tabla 19 Resumen alternativa #3	73

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Lista de anexos

Anexo 1 Vista general del programa ArcMap.....	78
Anexo 2 Menú desplegable propiedades del marco de datos.....	79
Anexo 3 Selección de coordenadas geográficas Paso 1.	80
Anexo 4 Selección de coordenadas geográficas paso 2.	81
Anexo 5 Selección de coordenadas geográficas paso 3.	82
Anexo 6 Selección de coordenadas geográficas paso 4.	83
Anexo 7 Adición de imágenes de los planos al programa ArcMap paso 1.	84
Anexo 8 Adición de imágenes de planos al programa ArcMap paso 2.....	85
Anexo 9 Adición de imágenes a la geodatabase al programa ArcMap paso 3.....	86
Anexo 10 Evidencia de los planos en el programa.....	87
Anexo 11 Georreferenciación de los planos paso 1.	88
Anexo 12 Georreferenciación de los planos en ambos ejes paso 2.....	89
Anexo 13 Conversión de la imagen del plano a binario.....	90
Anexo 14 Redimensión de la imagen del plano con el código binario.	91
Anexo 15 Exportación de datos de la capa de la imagen del plano.....	92
Anexo 16 Guardar datos.....	93
Anexo 17 Activar la herramienta Arc Scan paso 1.	94
Anexo 18 Activar la herramienta Arc Scan paso 2.	94
Anexo 19 Crear tabla de atributos.....	95
Anexo 20 Verificación de clases.....	96
Anexo 21 Resultado de convertir la imagen a binario para su digitalización.	97
Anexo 22 Creación de shapefile paso 1.....	98
Anexo 23 Creación de shapefile, dar nombre a el archivo paso 2.....	99
Anexo 24 Digitalización de las curvas de nivel.	100
Anexo 25 Digitalización con herramienta sectorización.....	101
Anexo 26 Asignación de valores a cotas.....	102
Anexo 27 Asignación de valores a cotas paso 2.....	103
Anexo 28 Digitalización completa de las curvas de nivel.....	104
Anexo 29 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D.	105
Anexo 30 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D paso 2.....	106
Anexo 31 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D paso 3.....	107
Anexo 32 Vista general del software.....	108
Anexo 33 Exploración y verificación del documento CAD paso 1.	109
Anexo 34 Exploración y verificación del documento CAD paso 2.	110
Anexo 35 Exploración y verificación del documento CAD paso 3.	111
Anexo 36 Propiedades de las curvas de nivel.....	112
Anexo 37 Delimitación de imagen de plancha.....	113
Anexo 38 Escalado de la imagen de la plancha.....	114
Anexo 39 Unión de las planchas digitalizadas y escaladas.....	115

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 40 Curvas de nivel digitalizadas en un mismo layer paso 1.	116
Anexo 41 Curvas de nivel digitalizadas en un mismo layer paso 2.	117
Anexo 42 Unión de curvas desfasadas.	118
Anexo 43 Creación de la superficie del proyecto paso 1.	119
Anexo 44 Creación de la superficie del proyecto paso 2.	120
Anexo 45 Creación de la superficie del proyecto paso 3.	121
Anexo 46 Superficie del proyecto completada viste en planta.	122
Anexo 47 Superficie del proyecto vista frontal.	123
Anexo 48 Layer para el trazado del alineamiento del proyecto.	124
Anexo 49 Trazado del alineamiento.	125
Anexo 50 Trazado del alineamiento con la imagen de la plancha.	126
Anexo 51 A partir del alineamiento se crea la vía férrea.	127
Anexo 52 Sentido del trazado de la vía férrea.	128
Anexo 53 Asignación de nombre, tipo de vía y velocidad.	129
Anexo 54 Parte final de la creación del alineamiento.	130
Anexo 55 Herramienta editor de geometría.	131
Anexo 56 Cambio de características de la vía férrea.	132
Anexo 57 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 1.	133
Anexo 58 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 2.	134
Anexo 59 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 3.	135
Anexo 60 Visualización del perfil paso 1.	136
Anexo 61 Visualización del perfil intervalo de P.K paso 2.	137
Anexo 62 Visualización del perfil, altura de visualización paso 3.	138
Anexo 63 Visualización del perfil, opciones de visualización paso 4.	139
Anexo 64 Visualización del perfil, guitarras paso 5.	140
Anexo 65 Visualización del perfil, opciones de sombreado paso 6.	141
Anexo 66 Punto de origen para la creación del perfil.	142
Anexo 67 Finalización y resultado del procedimiento de creación del perfil.	143
Anexo 68 Propiedades de visualización.	144
Anexo 69 Creación de la guitarra para la geometría horizontal.	145
Anexo 70 Guitarra de las curvas horizontales.	146
Anexo 71 Creación de la rasante del proyecto.	147
Anexo 72 Características de la rasante.	148
Anexo 73 Herramientas de composición de perfil para la creación de la rasante.	148
Anexo 74 Selección de herramienta para el trazado de la tangente de la rasante.	149
Anexo 75 Trazado de tangente de la rasante.	149
Anexo 76 Uso de la herramienta acuerdo vertical libre (parábola).	150
Anexo 77 Creación de las curvas verticales.	151

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 78 Finalización del trazado de la tangente de la rasante.....	152
Anexo 79 Vista de rejilla de perfil para ver parámetros de la rasante.....	152
Anexo 80 Valores de los parámetros de la rasante.....	153
Anexo 81 Creación del corredor a partir de la herramienta crear ensamblaje.	153
Anexo 82 Paleta de herramientas para completar la creación del corredor y/o ensamblaje.	154
Anexo 83 Peralte de ferrocarriles dobles.....	155
Anexo 84 Evidencia de la herramienta de peraltes de ferrocarriles dobles en la sección típica.	156
Anexo 85 Evidencia de la herramienta de peraltes de ferrocarriles dobles en la sección típica.	156
Anexo 86 Modificación de parámetros en la pestaña de propiedades de la sección típica.	157
Anexo 87 Uso del comando obra lineal para crear el corredor.	158
Anexo 88 Pestaña para crear el corredor con la herramienta obra lineal.	159
Anexo 89 Verificación de parámetros del corredor.....	160
Anexo 90 Asignación de objetivo para generar el corredor.	161
Anexo 91 Confirmación para regenerar el corredor.....	162
Anexo 92 Evidencia del corredor férreo con colores rojo, verde y morado.....	163
Anexo 93 Creación de líneas de muestreo o sampleado.	164
Anexo 94 Selección de alineación para las líneas de muestreo.....	164
Anexo 95 Creación de grupos de línea de muestreo.	165
Anexo 96 Herramientas de línea de muestreo.....	165
Anexo 97 Evidencia de las líneas de muestreo.	166
Anexo 98 Creación de varias secciones típicas o varias vistas.	167
Anexo 99 Crear varias vistas en sección, general paso 1.	168
Anexo 100 Crear varias vistas en sección, inserción de sección paso 2.	169
Anexo 101 Crear varias vistas en sección, intervalo de desfase paso 3.	170
Anexo 102 Crear varias vistas en sección, intervalo de elevación paso 4.	171
Anexo 103 Crear varias vistas en sección, opciones de visualización de sección paso 5..	172
Anexo 104 Crear varias vistas en sección, guitarras paso 6.	173
Anexo 105 Creación de las secciones típicas o varias vistas.	174
Anexo 106 Muestra de una sola sección típica o una vista.	175
Anexo 107 Calculo de materiales para saber valores de corte y relleno.	176
Anexo 108 Selección de grupo de líneas de muestreo para el cálculo de materiales.....	176
Anexo 109 Selección de la superficie y el corredor para el cálculo de materiales.....	177
Anexo 110 Creación de superficie nueva para que el corredor férreo se vea de la manera correcta.....	178
Anexo 111 Creación de superficie cambiar el tipo de material.....	179
Anexo 112 Pegado de superficie nueva, paso 1.	180
Anexo 113 Pegado de superficie nueva paso 2.	181
Anexo 114 Añadir contorno nuevo y modificación del tipo.	181

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 115 Selección de la superficie correcta para ver el recorte de este en el corredor.	182
Anexo 116 Propiedades de superficie, cambiar estilo a no display.....	183
Anexo 117 Recorrido simulado del tren con la herramienta recorrido	184
Anexo 118 Selección de la trayectoria del recorrido por la rasante previamente creada. ..	185
Anexo 119 Vista final de cómo se vería el corredor férreo.....	186

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Introducción

A medida del paso de los años y décadas, los medios de transporte se han modernizado a tal punto, que hemos dejado de utilizar algunos de ellos creyendo que son obsoletos y lentos.

En la ciudad de Bogotá desde hace más de 15 años se implementó el sistema integrado de transporte público (SITP) el cual fue un intento de descongestionar las vías de la ciudad, disminuyendo tiempos en trayectos largos, además generando empleo, esto dio solución algún tiempo al tráfico dentro de la ciudad, actualmente algunas de las vías más congestionadas son las salidas hacia otros municipios aledaños a la ciudad, lo cual afecta a muchas personas que diariamente se deben transportar desde estos municipios hasta la ciudad de Bogotá y viceversa, con el fin de realizar diferentes actividades ya sean laborales, académicas, turísticas, etc. El Regiotram es una alternativa la cual permite que aquellas personas que viven en los municipios aledaños a Bogotá puedan trasladarse a la capital en un menor tiempo, de forma cómoda y a un precio asequible. De esta manera es necesario implementar un tren de cercanías, el cual pueda suplir esta necesidad, el proyecto busca integrarse con el SITP de tal forma que las personas que vengan de estos municipios puedan hacer un transbordo con un costo mínimo adicional.

El proyecto se ejecutó teniendo en cuenta estas necesidades, es por lo que se sugieren 3 alternativas de diseño geométrico para la línea del ferrocarril, teniendo como base la antigua línea férrea que existe en el tramo La Dorada – Facatativá, además se implementará una segunda línea con el fin de que el servicio de transporte sea fluido, permitiendo una operación constante en ambos sentidos (oriente – occidente, occidente – oriente).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

La finalidad del proyecto es seleccionar una de las 3 alternativas planteadas, teniendo en cuenta el aspecto geométrico, económico, ambiental, operacional de cada alternativa, teniendo en cuenta el impacto social que el proyecto pueda llegar a tener.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Formulación del problema

La movilidad en la ciudad de Bogotá ha estado empeorando en los últimos años, debido al aumento de vehículos particulares, el estado de las vías, la poca incentivación al uso de transporte público por parte de la ciudadanía, esto se debe a que el transporte público no da abasto a las necesidades en las horas pico y se presentan largas filas y trancones en las vías, algunas de las vías más afectadas por estos fenómenos, son las principales salidas de la ciudad a los municipios aledaños, esto se debe a que muchos automóviles de carga como tracto camiones, entran con mercancía para el sustento básico de la capital, y generan congestión vehicular tanto a la entrada como a la salida de la capital.

La Gobernación de Cundinamarca, juntamente con el Ministerio de Transporte y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), actualmente está gestionando el proyecto Regiotram, el primero de 4 proyectos que busca mejorar la movilidad en las principales salidas de la región de Bogotá, disminuir tiempos de transporte de tal manera que aumente la calidad de vida de los usuarios que ingresan y salen de la capital diariamente (Empresa Férrea Regional, 2019).

Regiotram será una gran ayuda para la población que vive en los municipios de Madrid, Funza, Mosquera, Facatativá y Bojacá, los cuales deben trasladarse hasta Bogotá para ejercer sus actividades laborales y/o sociales, por ello desde la gobernación de Cundinamarca en sociedad con la alcaldía de Bogotá, se han adelantado los estudios técnicos, legales, financieros y medio ambientales para la construcción y ejecución del

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

proyecto, el cual ya cuenta con el presupuesto nacional y departamental (Empresa Férrea Regional, 2019).

Sin embargo, se han identificado tramos en el trayecto del Regiotram entre Facatativá y Madrid que pueden generar contratiempo en la operación de este, por lo mismo la idea de este proyecto es hacer una plena identificación de los tramos, y posteriormente proponer una solución adecuada para optimizar la operación del sistema de tal forma que se adapten a las condiciones de la comunidad y del proyecto.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Justificación

El Regiotram es una iniciativa que nace como un proyecto de infraestructura de transporte que se pretende ejecutar a través de un contrato de concesión bajo el esquema de asociación público-privada, actualmente el proyecto cuenta con una línea de ferrocarril diseñada, con sus respectivos análisis de presupuesto, operacional y ambiental. Este documento busca la posible optimización de la operación del sistema, aparte se cree que presentará un beneficio en la movilidad en la zona occidental de Bogotá, aliviando el tráfico por la calle 13 y ofreciendo una nueva opción de transporte para llegar al centro de Bogotá en un menor tiempo. Se verán beneficiados los usuarios que viven a las afueras de Bogotá en municipios como Funza Madrid Mosquera y Facatativá, en la cual sus recorridos se harán de una forma más rápida y podrán reducir su tiempo de transporte entre sus obligaciones y hogares.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Objetivos

- Diseñar tres alternativas geométricas para el corredor férreo (Regiotram) con el fin de hacer la posible optimización de la operación de este.

Objetivos específicos

- Identificar las zonas de conflicto del proyecto.
- Hacer el diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo.
- Plantear la posible optimización para la operación del corredor férreo Regiotram seleccionando la mejor de las tres alternativas.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Regiotram

El Regiotram es un proyecto de infraestructura de transporte férrea, al cual se le hicieron los respectivos estudios de prefactibilidad y factibilidad en el año 2014. Dichos estudios se presentaron para su aprobación a la Agencia Nacional de Infraestructura, en adelante ANI, quien por razones económicas y de operación, no considero viable el proyecto y por ende lo rechazo (Empresa Férrea Regional, 2019).

Sin embargo, el gobierno nacional presento interés por la multimodalidad de la infraestructura de transporte de pasajeros en la región, y se decide volver a reestructurar el proyecto como una iniciativa pública a través de la Empresa Férrea Regional en adelante EFR como ente gestor.

El plan de desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” (Departamento Nacional de Planeación, 2018), aprobado mediante la Ley 1753 de 2015 y el Plan de Desarrollo de Cundinamarca 2016-2020 “Unidos podemos más” (Rey Ángel, J. E., 2020), priorizan la intervención y modernización de la infraestructura férrea nacional con el fin de apostar por el desarrollo de la movilidad en la capital de país, el cual valora diferentes alternativas de transporte entre ellos, el Regiotram de occidente.

El proyecto se definió en su etapa inicial con una longitud de trazado de 39.64km en vía de doble trocha estándar, de los cuales 25.04km se encuentran en zona suburbana y 14.6km en zona urbana. La construcción y operación de ocho (8) estaciones en zona suburbana y nueve (9) estaciones en la zona urbana de Bogotá.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

El actual proyecto Regiotram de Occidente inicia con una estación de pasajeros ubicada en la plazoleta la Luz, la Carrera 17 con Calle 25 (K0+000), lugar donde según el plan parcial Estación Central, se destinará como zona de integración del Regiotram con la Primera Línea del Metro de Bogotá – PLMB y Transmilenio. Desde este punto, el tramo de corredor conocido como Ramal Metro discurre por el barrio Santafé, en la localidad de los Mártires, donde luego de 994m de longitud, se empalma con el diseño del originador en el PK 1+053.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Ubicación geográfica del proyecto

El proyecto se desarrollará en el corredor existente del Tren de Occidente con una longitud de 39,64 km, aproximada, de los cuales 25,04 km se encuentran en la zona suburbana y 14,6 Km en la zona urbana, conectando a la ciudad de Bogotá con los municipios de Funza, Mosquera, Madrid y finaliza en el municipio de Facatativá.

Figura 1 Localización del proyecto Regiotram.

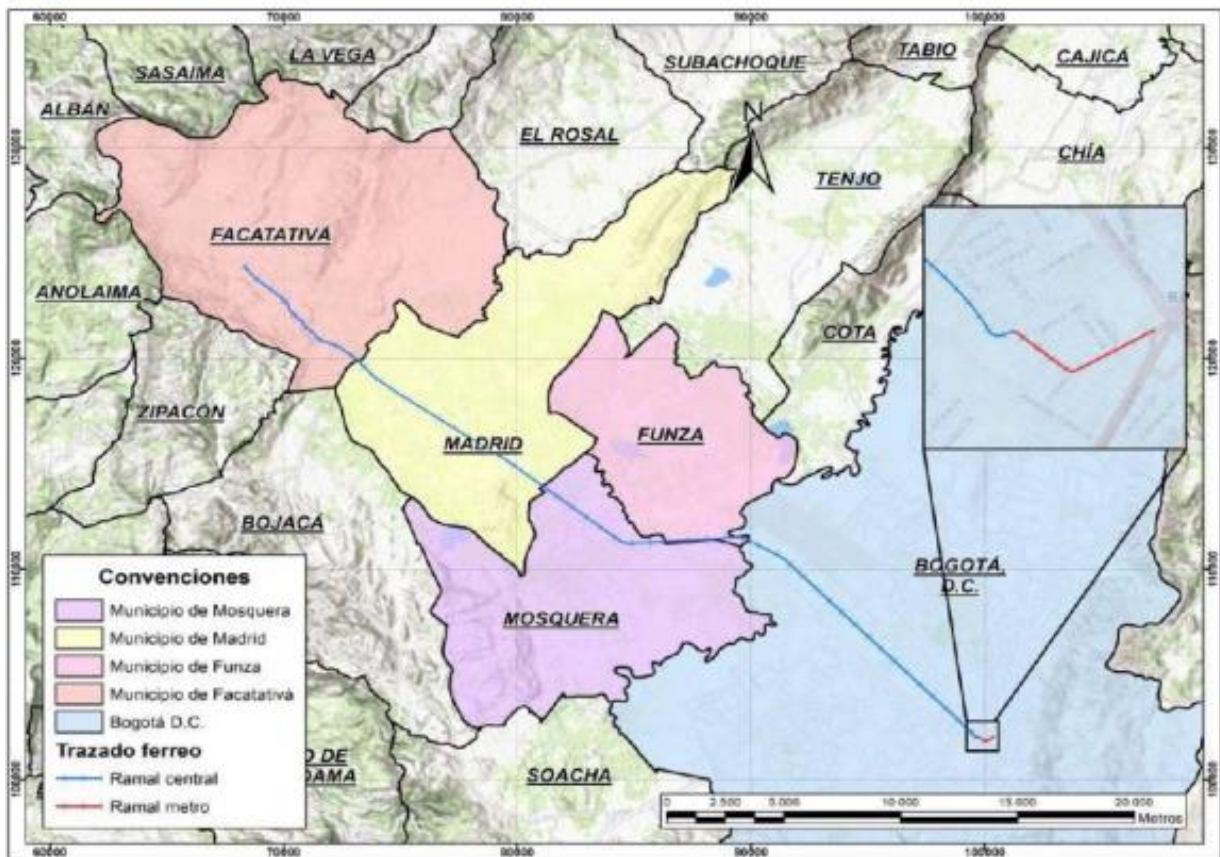


Figura 1. Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

El trayecto definido mantiene un paralelismo relativo a las Calle 26 y Calle 13, que atraviesan la ciudad de Bogotá de oriente a occidente, el cual se denomina Corredor Principal o Central;

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

dicho tramo alcanza en el ancho de la faja del corredor férreo existente entre el K0+900 al K39+553.

Adicionalmente, se contempla la construcción del ramal al metro, el cual se proyecta desde el corredor férreo existente en cercanías a la Diagonal 19A y la Carrera 19 hasta conectarse con la estación de la PLMB en inmediaciones de la Calle 26 con Avenida Caracas, utilizando parte de las vías existentes entre estos dos puntos. Anteriormente, se esquematizo en la **Figura 1** el trazado del proyecto Regiotram de Occidente por los municipios del occidente de la Sabana de Bogotá y el Distrito Capital.

Caracterización del corredor

El corredor del proyecto se encuentra dividido en dos (2) tramos iniciando en el Ramal Metro en la Carrera 17 por Calle 25 (K0+000) y continua por vías del Barrio Santa Fe, se une al “Corredor principal” en la Diagonal 19 por Carrera 19, a partir de este punto continua por la franja existente del Tren de Occidente, hasta el Municipio de Facatativá (K39+660).

Entre la sabana de occidente y el Distrito Capital. En un futuro se pretende conectar el proyecto Regiotram de occidente con el sistema integrado de transporte público SITP de Bogotá con lo que se busca que los pasajeros que usen este medio de transporte se desplacen masivamente desde el centro de la ciudad de Bogotá, hasta los municipios de Funza, Mosquera, Madrid y Facatativá y viceversa, contribuyendo a la conectividad de pasajeros.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Para estimar la variación de la demanda al largo del día se utilizaron los aforos realizados por STEER la cual es una empresa que construye matrices de análisis y elaboran modelos de transporte, para este caso a lo largo de la estructuración en dos puntos:

- Peaje Rio Bogotá
- Salida del Portal 80

Esos dos puntos caracterizan la movilidad entre Bogotá y la Sabana Occidente, que constituye la mayor parte del mercado el Regiotram (hasta los 95% en 2032).

El periodo pico de la mañana en el sentido Facatativá-Bogotá es el periodo de mayor demanda del sistema. La hora pico está entre las 6 y las 7 de la mañana. El pico de la tarde es más bajo que el de la mañana.

En el sentido Bogotá-Facatativá, el periodo de pico de la mañana es menor, así como el pico de la tarde, se presume que la demanda es menos concentrada y se diluye sobre un periodo mayor que por la mañana.

El día sábado es día laborable, pero con volúmenes menos importantes y el día domingo tiene una demanda estable al largo del día. Lo mismo ocurre en el sentido Bogotá-Facatativá que en el sentido Facatativá-Bogotá. (Empresa Férrea Regional, 2019).

A continuación, en la figura No. 2 y figura No3. Se presenta la ubicación de estaciones, puentes férreos, puentes sobre cuerpos de agua y puentes a desnivel en el área urbana y en el área sub-urbana, los planos se presentan en los anexos.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Corredor férreo área urbana

Figura 2 Corredor férreo área urbana



Figura 2. Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Corredor férreo área sub-urbana

Figura 3 Corredor férreo área sub-urbana



Figura 3. Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Características

Plan de operación

Según el documento técnico presentado por la empresa férrea regional (EFR), el estudio de demanda y el escenario base (Tabla 1) se tiene el siguiente resultado operacional para el año cero (0) del proyecto (2024) el cual se caracteriza por:

Tabla 1. Escenario base Regiotram de occidente

Año	2024	2032	2036	2044	2048
Carga máxima (pphps)	8406	7285	7452	8624	8742
Carga Tramo Principal (pphps)	2849	3280	3462	3876	3917
Carga Tramo Madrid-Facatativa (pphps)	1587	2271	2430	2566	2479

Nota: Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

Horarios y servicios

Trayecto día laboral y sábado

- Primera partida sentido Facatativá – Bogotá 4:00
- Primera partida sentido Bogotá – Facatativá 4:30
- Última partida sentido Facatativá – Bogotá 22:00
- Última partida sentido Bogotá – Facatativá 22:30

Trayecto domingo y festivos

- Primera partida sentido Facatativá – Bogotá 5:00

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

- Primera partida sentido Bogotá – Facatativá 5:00
- Última partida sentido Facatativá – Bogotá 21:30
- Última partida sentido Bogotá – Facatativá 21:30

Los servicios se efectúan con trenes de 50m de longitud que se pueden acoplar para formar composiciones dobles.

Velocidades (Empresa Férrea Regional, 2019)

Según la empresa férrea regional las velocidades máximas aplicadas a los trenes son adaptadas a las intersecciones de la línea (perfil, curvas) y a los entornos. Se han identificado 3 secciones diferentes:

Ramal metro entre la estación “calle 26” y el Km1+200

- 50km/h en los alineamientos rectos
- 15km/h en las curvas cerradas (con radio de 30 - 40m)
- 30km/h en los cruces semafóricos

Zona de Bogotá, cuando la línea se ubica en el derecho de la vía existente con

implantación segregada:

- Entre 50 y 70km/h de máximo
- 50km/h para los cruces con barreras

Zona de sabana

- Restricción en las zonas urbanas de Madrid, Mosquera, y Facatativá por hasta 50 – 70km/h también dependiendo del número de cruces viales

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

- 50km/h para los cruces con barreras en zonas urbanas hasta 100km/h para los demás cruces (según contexto).
- Hasta 70 o 100km/h dependiendo según las condiciones de la infraestructura.

Tiempos de recorrido (Empresa Férrea Regional, 2019)

Según la empresa férrea regional los tiempos de recorrido calculados en el itinerario completo de la línea Regiotram de Occidente, entre la estación terminal en Bogotá (Calle 26) y la estación terminal en Facatativá 1 se presentan para la opción de 70 km/h así:

- Bogotá – Mosquera 35:42 36:39
- Bogotá – Madrid 42:05 43:43
- Bogotá – Facatativá 1 54:38 58:33

Los tiempos de recorrido calculado en el itinerario completo de la línea Regiotram de Occidente, entre la estación terminal en Bogotá (Calle 26) y la estación terminal en Facatativá 1 se presentan para la opción de 100 km/h así:

- Bogotá – Mosquera 35:42
- Bogotá – Madrid 42:05
- Bogotá – Facatativá 1 54:38

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Ocupación del corredor férreo

Al momento de construir un ferrocarril en Colombia se sujeta a la ley 76 de 1920, en la cual hay algunos artículos que especifican las distancias mínimas a las que se pueden ejecutar obras a partir de la vía del ferrocarril, se hace referencia a obras que perjudiquen la solidez del ferrocarril tales como excavaciones, represas, estanques, explotación de canteras y otras semejantes, adicionalmente se habla de que la empresa de ferrocarril debe mantener cercado el mismo, a uno y otro lado a excepción de los pactos especiales con los colindantes.

Actualmente existe una comuna que presenta una invasión al corredor férreo a lo largo de esta, es un tramo estimado de (2775 m) en la cual en algunos tramos se evidencian viviendas a menos de cinco metros del ferrocarril, sin contar que hay una vía existente paralela al ferrocarril, además el diseño que presento la Empresa Férrea Regional cuenta con 2 ferrocarriles uno en cada sentido, actualmente hay un ferrocarril existente, por lo cual deberían comprarse predios o mover la vía que conecta al municipio de Facatativá con la comuna.

La comuna Cartagenita es un área que subdivide la zona urbana del municipio de Facatativá, la cual cuenta con su sistema de acueducto y alcantarillado independiente, adicionalmente es una zona industrial y presenta diferentes canteras de extracción de material, la falta de planes de manejo y control por parte de las entidades encargadas ha permitido que se desarrollen en el territorio canteras que no cumplen con la normatividad

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

minera y ambiental vigente la cual se especifica en el código de minas ley 685 del 2001 y ley 99 de 1993.

Adicionalmente el Plan municipal de gestión de riesgos de desastres de Facatativá presentó un tipo de riesgo llamado ocupación del corredor férreo, dice que los procesos de invasión del corredor férreo en el municipio se han producido por falta de control y conocimiento de las normativas que rigen actualmente para este tipo de afectación, se determinaron los siguientes sectores por los cuales pasa el proyecto:

- Brasilia occidental
- Brasilia oriental
- El Rincón de faca
- Villa Rosita
- Villa Nueva
- Las Mercedes
- La Paz
- El Edén
- San Carlos
- San Cristóbal
- Cartagenita y Manablanca.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

A continuación, se presentan las siguientes figuras en las cuales se evidencian algunos casos de invasión al corredor férreo, y se hace énfasis en la ley 76 de 1920, artículo No. 3 en cual se especifican las distancias de derecho de vía que se deben respetar en una estructura de corredor férreo, dice que no se puede hacer una obra que perjudique la solidez del proyecto a una distancia mínima de 20m a partir del eje de la vía, adicionalmente el proyecto debe tener un cerramiento para hacer respetar estas distancias.

Se evidenciaron los siguientes conflictos; casas a menos de 6m del eje de la vía en ambos sentidos, el mal estado del corredor férreo, se observa que no se tiene ningún cerramiento para evitar el ingreso de peatones y animales, por el contrario se observa que el corredor férreo tiene accesos peatonales, presenta falta de material rodante y hay canteras de explotación de material a menos de 3m del eje de la vida en el sentido Madrid-Facatativá al lado derecho del corredor, en la figura 4 y en la figura 7 se tomó de referencia el ancho de ferrocarril establecido el cual es 1.435m, seguido a esto se tomó esa escala y se prolongó hasta el andén de las casas observadas en la misma figura, de acuerdo a esa escala se obtuvieron las medidas presentadas en las figuras mencionadas, los conflictos antes mencionados se prolongan en un tramo de 2775m del corredor férreo como se mencionó anteriormente.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 4. Evidencia del mal estado del ferrocarril (Ley 76 de 1920, artículo No. 3.)



Figura 4. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Universidad Santo Tomás.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 5. Evidencia No. 1 de la invasión al corredor férreo



Figura 5. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Universidad Santo Tomás.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 6. Evidencia No. 2 acceso peatonal en el corredor férreo.



Figura 6. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Universidad Santo Tomás.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 7. Invasión de cantera al corredor férreo (Ley 76 de 1920, artículo No. 3.)



Figura 7. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Universidad Santo Tomás.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

A continuación, se presentan algunas imágenes satelitales captadas con ayuda de Google Earth, en la cuales se traza el recorrido del ferrocarril con una línea color rojo, en estas imágenes se evidencia la invasión de los barrios anteriormente mencionados.

Figura 8. Vista en planta barrio Cartagenita



Figura 8. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Google Earth

Figura 9. Vista en planta barrio Manablanca



Figura 9. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Google Earth

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 10. Vista en planta subestación Facatativá



Figura 10. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Google Earth

Figura 11. Vista en planta barrio Brasilia

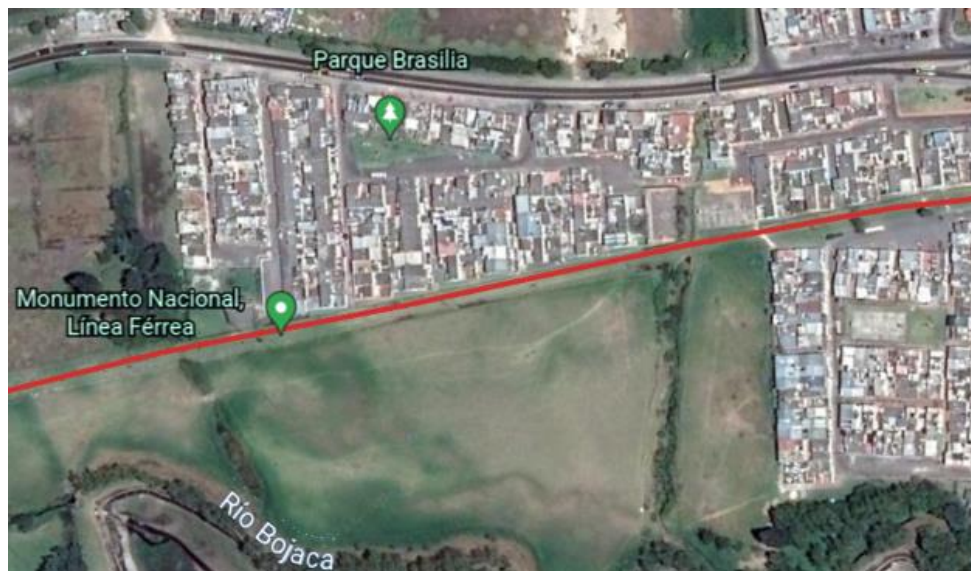


Figura 11. Lozano Morales, D.A & Mancipe Sarmiento, C.R. (2019). Diseño geométrico de 3 alternativas para el corredor férreo del Regiotram (Facatativá-Madrid). Municipio de Facatativá. Google Earth

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Por las razones presentadas anteriormente el propósito del proyecto es presentar 3 diseños geométricos de alternativas férreas para evitar pasar por la comuna Cartagenita y seleccionar el mejor teniendo en cuenta factores geométricos, económicos, operacionales y ambientales.

Diseño de alternativas de trazado Férreo

Para el diseño geométrico del ferrocarril, lo primero fue identificar el área de influencia del proyecto, para ello se identificó el ferrocarril existente el cual está construido desde Bogotá y atraviesa la capital de oriente a occidente, hasta llegar al municipio de Facatativá, una vez identificada el área del proyecto se verifico con ayuda de los planos que se encuentran en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y se obtuvieron las planchas del área previamente identificada, para nuestro caso 227IVA, 227IIC y 227ID se buscó la necesidad técnica en la escala, con el fin de usar menos planos posibles.

Este proyecto se hizo a manera de guía para futuros proyectos ya sea de ferrocarriles o vías, una vez se obtuvieron los planos se hizo el siguiente procedimiento, se trabajó en el programa ArcMap para digitalizar las curvas de nivel de los planos anteriormente mencionados, una vez hechos se exportaron al programa AutoCad Civil 3D en el cual se trazaron las alternativas geométricas para el corredor férreo.

Nota: este proceso se presenta en los anexos.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Análisis de las alternativas

A continuación, se presenta el diseño de las 3 alternativas, y se hará su respectivo análisis, para el ejercicio del diseño se realizará el ejemplo con la alternativa #1 y se mostraran sus resultados, en los 2 restantes solo se mostrará el resultado ya que el procedimiento es el mismo, con la excepción de que cambian los valores iniciales.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Análisis geométrico alternativa #1

La alternativa #1 presento una longitud de (23.600 km)

Se diseñó con una velocidad media de 75km/h.

En la figura 8 se evidencia el diseño geométrico de la alternativa en color azul claro.

En la figura 9 se evidencia que se traza la alternativa por el ferrocarril existente atravesando el barrio Cartagenita, el cual es el que se quiere evitar.

Figura 12. Vista en planta alternativa #1

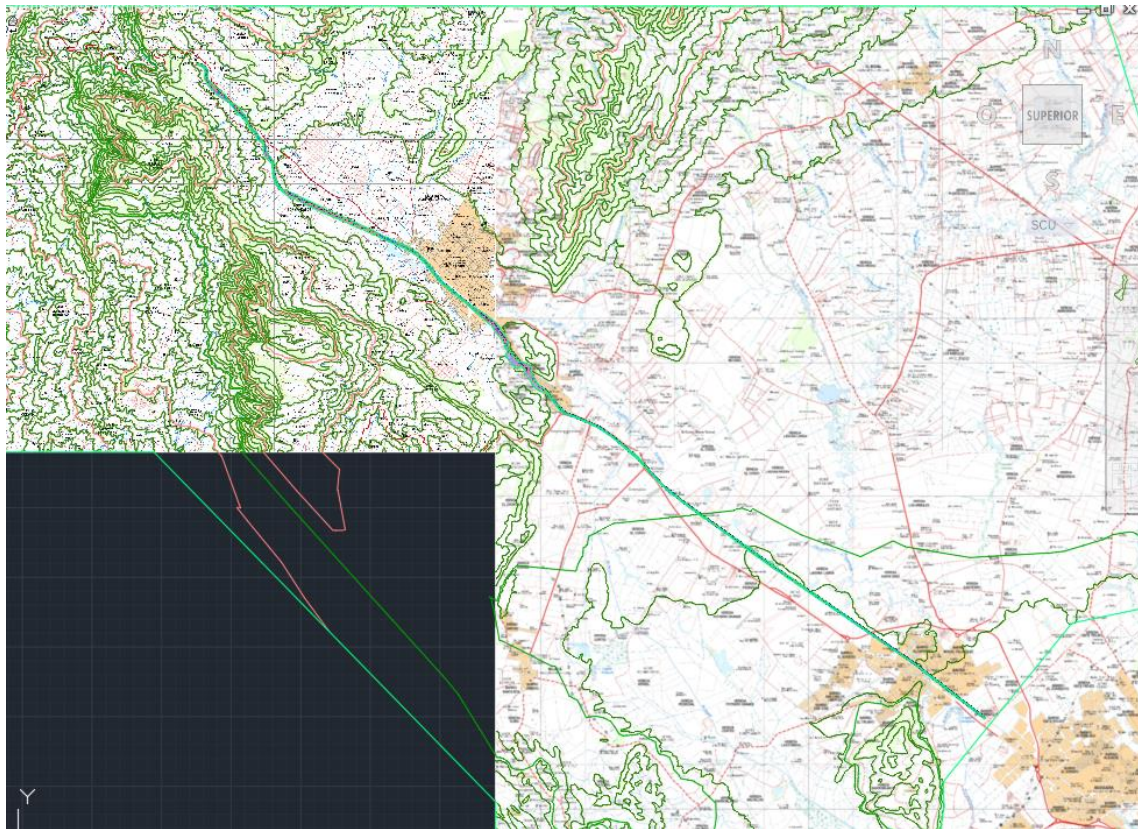


Figura 12. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 13 Detalle vista en planta alternativa #1

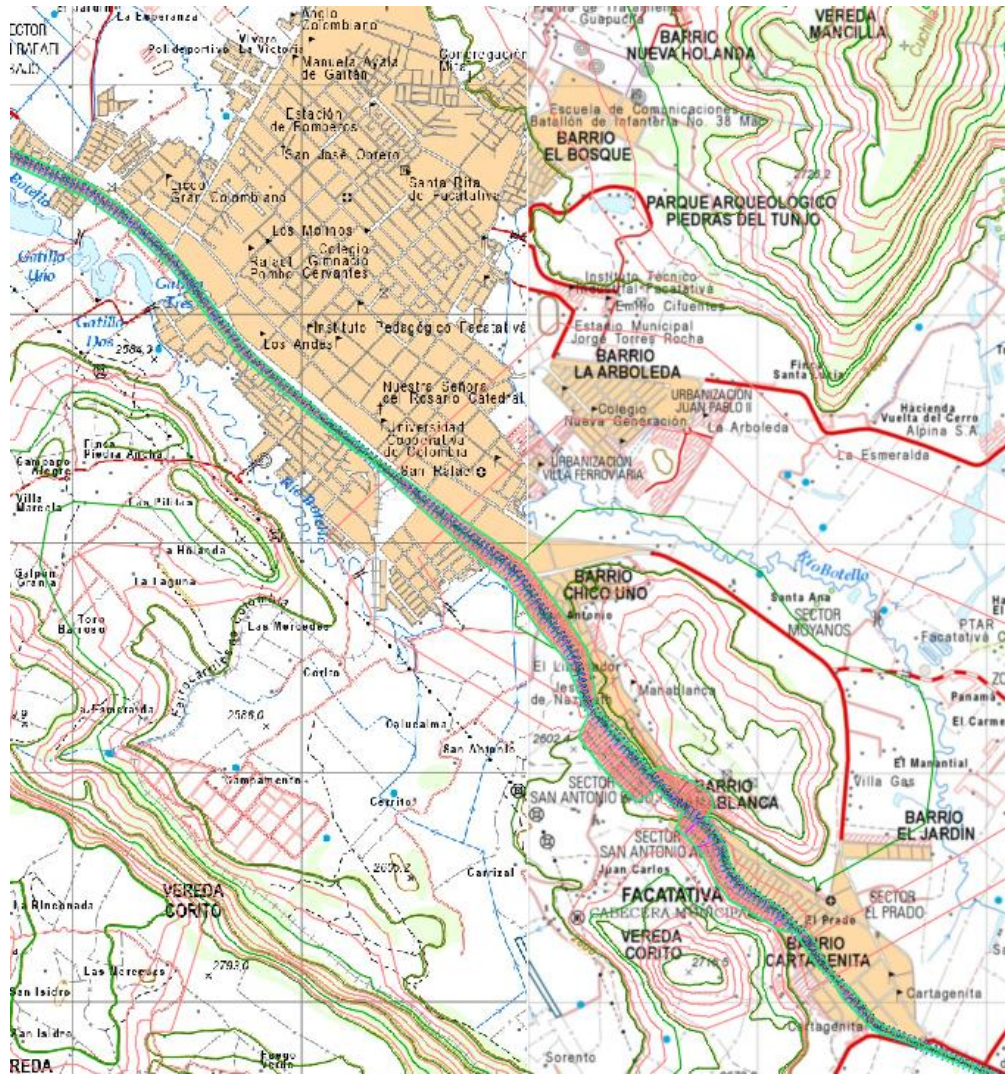


Figura 13. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

A continuación, se presenta la tabla 2 en la cual se evidencia la longitud de las entre tangencias, longitud de la curva, pendientes, radio, ángulo delta y longitud de la cuerda.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 2. Parámetros geométricos alternativa #1.

Alternativa 1							
número	Tipo	Parámetro restricción	Longitud	Radio	Ángulo Delta	Longitud de cuerda	Pendiente
1	Línea	Dos puntos	126.486m				≤ 4%
2	Curva	Radio	89.843m	152.007m	33.8644 (d)	88.541m	
3	Línea	Dos puntos	41.649m				≤ 4%
4	Curva	Radio	52.812m	69.226m	43.7109 (d)	51.541m	
5	Línea	Dos puntos	119.236m				≤ 4%
6	Curva	Radio	38.150m	69.226m	31.5751 (d)	37.669m	
7	Línea	Dos puntos	77.819m				≤ 4%
8	Curva	Radio	15.415m	69.226m	12.7589 (d)	15.384m	
9	Línea	Dos puntos	129.924m				≤ 4%
10	Curva	Radio	13.082m	69.226m	10.8272 (d)	13.062m	
11	Línea	Dos puntos	129.937m				≤ 4%
12	Curva	Radio	2.627m	69.226m	2.1746 (d)	2.627m	
13	Línea	Dos puntos	218.725m				≤ 4%
14	Curva	Radio	7.345m	69.226m	6.0791 (d)	7.341m	
15	Línea	Dos puntos	435.061m				≤ 4%
16	Curva	Radio	3.701m	69.226m	3.0630 (d)	3.700m	
17	Línea	Dos puntos	215.721m				≤ 4%
18	Curva	Radio	15.618m	69.226m	12.9262 (d)	15.585m	
19	Línea	Dos puntos	216.196m				≤ 4%
20	Curva	Radio	18.370m	69.226m	15.2039 (d)	18.316m	
21	Línea	Dos puntos	160.463m				≤ 4%
22	Curva	Radio	22.982m	69.226m	19.0213 (d)	22.877m	
23	Línea	Dos puntos	105.831m				≤ 4%
24	Curva	Radio	29.100m	69.226m	24.0848 (d)	28.886m	
25	Línea	Dos puntos	127.470m				≤ 4%
26	Curva	Radio	51.363m	69.226m	42.5112 (d)	50.193m	
27	Línea	Dos puntos	130.791m				≤ 4%
28	Curva	Radio	23.371m	69.226m	19.3433 (d)	23.260m	
29	Línea	Dos puntos	86.660m				≤ 4%
30	Curva	Radio	8.800m	69.226m	7.2834 (d)	8.794m	
31	Línea	Dos puntos	188.421m				≤ 4%
32	Curva	Radio	30.518m	69.226m	25.2588 (d)	30.272m	
33	Línea	Dos puntos	307.506m				≤ 4%
34	Curva	Radio	15.639m	69.226m	12.9436 (d)	15.605m	
35	Línea	Dos puntos	156.341m				≤ 4%
36	Curva	Radio	18.990m	69.226m	15.7173 (d)	18.930m	

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR
FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)**

37	Línea	Dos puntos	136.722m				≤ 4%
38	Curva	Radio	30.915m	69.226m	25.5875 (d)	30.659m	
39	Línea	Dos puntos	391.492m				≤ 4%
40	Curva	Radio	2.345m	69.226m	1.9413 (d)	2.345m	
41	Línea	Dos puntos	572.217m				≤ 4%
42	Curva	Radio	1.706m	69.226m	1.4116 (d)	1.706m	
43	Línea	Dos puntos	549.745m				≤ 4%
44	Curva	Radio	0.519m	69.226m	0.4299 (d)	0.519m	
45	Línea	Dos puntos	708.140m				≤ 4%
46	Curva	Radio	0.217m	69.226m	0.1793 (d)	0.217m	
47	Línea	Dos puntos	434.740m				≤ 4%
48	Curva	Radio	0.011m	69.226m	0.0090 (d)	0.011m	
49	Línea	Dos puntos	490.248m				≤ 4%
50	Curva	Radio	13.465m	69.226m	11.1445 (d)	13.444m	
51	Línea	Dos puntos	221.591m				≤ 4%
52	Curva	Radio	10.114m	69.226m	8.3710 (d)	10.105m	
53	Línea	Dos puntos	248.178m				≤ 4%
54	Curva	Radio	10.904m	69.226m	9.0250 (d)	10.893m	
55	Línea	Dos puntos	275.774m				≤ 4%
56	Curva	Radio	3.197m	69.226m	2.6460 (d)	3.197m	
57	Línea	Dos puntos	215.074m				≤ 4%
58	Curva	Radio	11.983m	69.226m	9.9176 (d)	11.968m	
59	Línea	Dos puntos	427.169m				≤ 4%
60	Curva	Radio	1.988m	69.226m	1.6452 (d)	1.988m	
61	Línea	Dos puntos	699.181m				≤ 4%
62	Curva	Radio	1.651m	69.226m	1.3669 (d)	1.651m	
63	Línea	Dos puntos	359.140m				≤ 4%
64	Curva	Radio	20.926m	69.226m	17.3201 (d)	20.847m	
65	Línea	Dos puntos	429.463m				≤ 4%
66	Curva	Radio	25.539m	69.226m	21.1380 (d)	25.395m	
67	Línea	Dos puntos	188.114m				≤ 4%
68	Curva	Radio	33.675m	69.226m	27.8716 (d)	33.344m	
69	Línea	Dos puntos	537.966m				≤ 4%
70	Curva	Radio	15.627m	69.226m	12.9342 (d)	15.594m	
71	Línea	Dos puntos	127.959m				≤ 4%
72	Curva	Radio	13.462m	69.226m	11.1419 (d)	13.441m	
73	Línea	Dos puntos	91.136m				≤ 4%
74	Curva	Radio	30.453m	69.226m	25.2051 (d)	30.208m	
75	Línea	Dos puntos	132.164m				≤ 4%

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

76	Curva	Radio	24.301m	69.226m	20.1135 (d)	24.177m	
77	Línea	Dos puntos	50.446m				≤ 4%
78	Curva	Radio	20.076m	69.226m	16.6166 (d)	20.006m	
79	Línea	Dos puntos	211.638m				≤ 4%
80	Curva	Radio	14.008m	69.226m	11.5943 (d)	13.985m	
81	Línea	Dos puntos	88.984m				≤ 4%
82	Curva	Radio	8.560m	69.226m	7.0848 (d)	8.554m	
83	Línea	Dos puntos	188.707m				≤ 4%
84	Curva	Radio	5.189m	69.226m	4.2948 (d)	5.188m	
85	Línea	Dos puntos	327.921m				≤ 4%
86	Curva	Radio	32.534m	69.226m	26.9272 (d)	32.235m	
87	Línea	Dos puntos	292.794m				≤ 4%
88	Curva	Radio	1.309m	69.226m	1.0830 (d)	1.309m	
89	Línea	Dos puntos	540.069m				≤ 4%
90	Curva	Radio	13.576m	69.226m	11.2362 (d)	13.554m	
91	Línea	Dos puntos	397.641m				≤ 4%
92	Curva	Radio	7.520m	69.226m	6.2238 (d)	7.516m	
93	Línea	Dos puntos	707.241m				≤ 4%
94	Curva	Radio	8.382m	69.226m	6.9373 (d)	8.377m	
95	Línea	Dos puntos	847.047m				≤ 4%
96	Curva	Radio	11.081m	69.226m	9.1716 (d)	11.069m	
97	Línea	Dos puntos	580.128m				≤ 4%
98	Curva	Radio	3.453m	69.226m	2.8578 (d)	3.453m	
99	Línea	Dos puntos	2462.535m				≤ 4%
100	Curva	Radio	1.384m	69.226m	1.1458 (d)	1.384m	
101	Línea	Dos puntos	2873.770m				≤ 4%
102	Curva	Radio	0.166m	69.226m	0.1378 (d)	0.166m	
103	Línea	Dos puntos	967.346m				≤ 4%
104	Curva	Radio	3.878m	69.226m	3.2094 (d)	3.877m	
105	Línea	Dos puntos	2011.131m				≤ 4%

De acuerdo con la tabla #2 se resume que se presentaron 52 curvas y 53 entre tangencias, se puede ver que la mayor longitud de cuerda fue 88.5m, la pendiente máxima fue del 4% según lo establecido en el documento de estructuración técnico del regiotram.

Análisis geométrico alternativa #2

La alternativa #2 presento una longitud de (23.475 km)

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Se diseñó con una velocidad media de 75km/h.

En la figura 10 se evidencia el diseño geométrico de la alternativa en color azul claro.

En la figura 11 se evidencia que se traza la alternativa por la parte superior del barrio Cartagenita, y entrando por el barrio Manablanca cumpliendo el objetivo de evitar la invasión

Figura 14. Vista en planta alternativa #2

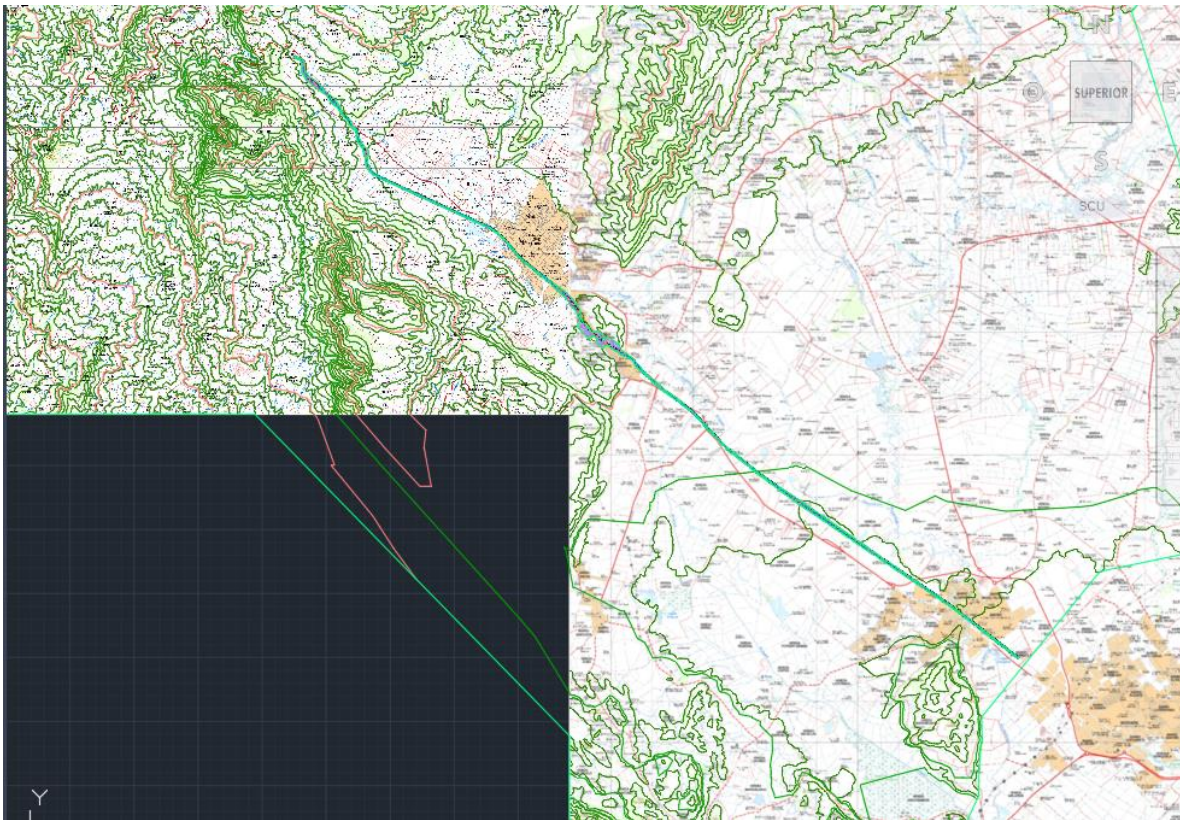


Figura 14. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 15. Detalle vista en planta alternativa #2

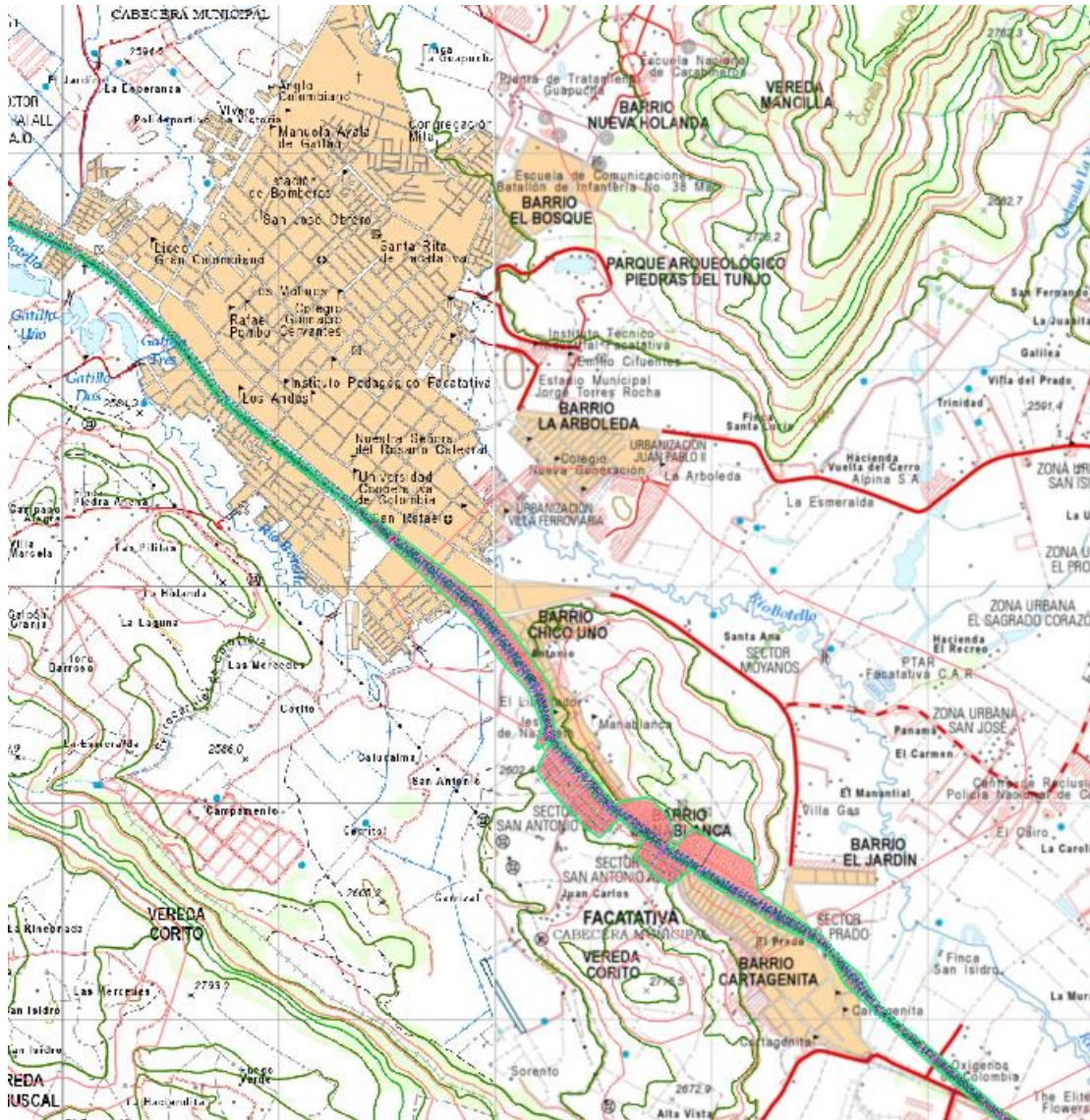


Figura 15. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

A continuación, se presenta la tabla 3 en la cual se evidencia la longitud de las entre tangencias, longitud de la curva, pendientes, radio, ángulo delta y longitud de la cuerda.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 3. Parámetros geométricos alternativa #2

Alternativa 2							
numero	Tipo	Parámetro restricción	Longitud	Radio	Ángulo Delta	Longitud de cuerda	Pendiente
1	Línea	Dos puntos	124.919m				≤ 4%
2	Curva	Radio	80.897m	130.751m	35.4495 (d)	79.613m	
3	Línea	Dos puntos	37.611m				≤ 4%
4	Curva	Radio	48.201m	70.882m	38.9619 (d)	47.277m	
5	Línea	Dos puntos	172.707m				≤ 4%
6	Curva	Radio	40.126m	70.882m	32.4350 (d)	39.592m	
7	Línea	Dos puntos	155.190m				≤ 4%
8	Curva	Radio	24.133m	70.882m	19.5073 (d)	24.017m	
9	Línea	Dos puntos	183.177m				≤ 4%
10	Curva	Radio	2.920m	70.882m	2.3602 (d)	2.920m	
11	Línea	Dos puntos	194.354m				≤ 4%
12	Curva	Radio	5.675m	70.882m	4.5874 (d)	5.674m	
13	Línea	Dos puntos	385.629m				≤ 4%
14	Curva	Radio	1.108m	70.882m	0.8958 (d)	1.108m	
15	Línea	Dos puntos	239.167m				≤ 4%
16	Curva	Radio	19.494m	70.882m	15.7577 (d)	19.433m	
17	Línea	Dos puntos	194.811m				≤ 4%
18	Curva	Radio	23.205m	70.882m	18.7573 (d)	23.102m	
19	Línea	Dos puntos	158.200m				≤ 4%
20	Curva	Radio	21.962m	70.882m	17.7523 (d)	21.874m	
21	Línea	Dos puntos	180.165m				≤ 4%
22	Curva	Radio	22.567m	70.882m	18.2413 (d)	22.472m	
23	Línea	Dos puntos	112.016m				≤ 4%
24	Curva	Radio	44.999m	70.882m	36.3736 (d)	44.247m	
25	Línea	Dos puntos	174.487m				≤ 4%
26	Curva	Radio	26.596m	70.882m	21.4984 (d)	26.440m	
27	Línea	Dos puntos	190.021m				≤ 4%
28	Curva	Radio	14.511m	70.882m	11.7292 (d)	14.485m	
29	Línea	Dos puntos	101.189m				≤ 4%
30	Curva	Radio	12.613m	70.882m	10.1956 (d)	12.597m	
31	Línea	Dos puntos	337.548m				≤ 4%
32	Curva	Radio	30.082m	70.882m	24.3162 (d)	29.857m	
33	Línea	Dos puntos	219.880m				≤ 4%
34	Curva	Radio	35.465m	70.882m	28.6671 (d)	35.096m	
35	Línea	Dos puntos	383.742m				≤ 4%

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR
FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)**

36	Curva	Radio	1.693m	70.882m	1.3687 (d)	1.693m	
37	Línea	Dos puntos	731.620m				≤ 4%
38	Curva	Radio	0.275m	70.882m	0.2222 (d)	0.275m	
39	Línea	Dos puntos	695.365m				≤ 4%
40	Curva	Radio	0.128m	70.882m	0.1038 (d)	0.128m	
41	Línea	Dos puntos	778.467m				≤ 4%
42	Curva	Radio	0.219m	70.882m	0.1769 (d)	0.219m	
43	Línea	Dos puntos	521.133m				≤ 4%
44	Curva	Radio	12.206m	70.882m	9.8664 (d)	12.191m	
45	Línea	Dos puntos	206.499m				≤ 4%
46	Curva	Radio	12.822m	70.882m	10.3641 (d)	12.804m	
47	Línea	Dos puntos	364.122m				≤ 4%
48	Curva	Radio	8.728m	70.882m	7.0548 (d)	8.722m	
49	Línea	Dos puntos	364.879m				≤ 4%
50	Curva	Radio	13.677m	70.882m	11.0557 (d)	13.656m	
51	Línea	Dos puntos	286.326m				≤ 4%
52	Curva	Radio	2.314m	70.882m	1.8701 (d)	2.313m	
53	Línea	Dos puntos	721.577m				≤ 4%
54	Curva	Radio	1.137m	70.882m	0.9187 (d)	1.137m	
55	Línea	Dos puntos	500.279m				≤ 4%
56	Curva	Radio	16.543m	70.882m	13.3718 (d)	16.505m	
57	Línea	Dos puntos	433.332m				≤ 4%
58	Curva	Radio	28.247m	70.882m	22.8328 (d)	28.060m	
59	Línea	Dos puntos	196.348m				≤ 4%
60	Curva	Radio	33.013m	70.882m	26.6853 (d)	32.715m	
61	Línea	Dos puntos	403.464m				≤ 4%
62	Curva	Radio	14.523m	70.882m	11.7392 (d)	14.497m	
63	Línea	Dos puntos	303.611m				≤ 4%
64	Curva	Radio	4.777m	70.882m	3.8612 (d)	4.776m	
65	Línea	Dos puntos	198.184m				≤ 4%
66	Curva	Radio	4.060m	70.882m	3.2818 (d)	4.059m	
67	Línea	Dos puntos	645.715m				≤ 4%
68	Curva	Radio	24.700m	70.882m	19.9658 (d)	24.575m	
69	Línea	Dos puntos	394.729m				≤ 4%
70	Curva	Radio	11.202m	70.882m	9.0549 (d)	11.190m	
71	Línea	Dos puntos	716.649m				≤ 4%
72	Curva	Radio	9.858m	70.882m	7.9684 (d)	9.850m	
73	Línea	Dos puntos	149.830m				≤ 4%
74	Curva	Radio	4.337m	70.882m	3.5057 (d)	4.336m	

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

75	Línea	Dos puntos	362.949m				≤ 4%
76	Curva	Radio	1.856m	70.882m	1.5006 (d)	1.856m	
77	Línea	Dos puntos	313.552m				≤ 4%
78	Curva	Radio	9.487m	70.882m	7.6689 (d)	9.480m	
79	Línea	Dos puntos	171.324m				≤ 4%
80	Curva	Radio	1.555m	70.882m	1.2570 (d)	1.555m	
81	Línea	Dos puntos	582.134m				≤ 4%
82	Curva	Radio	0.789m	70.882m	0.6380 (d)	0.789m	
83	Línea	Dos puntos	238.699m				≤ 4%
84	Curva	Radio	2.657m	70.882m	2.1480 (d)	2.657m	
85	Línea	Dos puntos	229.863m				≤ 4%
86	Curva	Radio	10.042m	70.882m	8.1174 (d)	10.034m	
87	Línea	Dos puntos	462.912m				≤ 4%
88	Curva	Radio	1.542m	70.882m	1.2461 (d)	1.541m	
89	Línea	Dos puntos	492.188m				≤ 4%
90	Curva	Radio	3.743m	70.882m	3.0257 (d)	3.743m	
91	Línea	Dos puntos	635.234m				≤ 4%
92	Curva	Radio	1.211m	70.882m	0.9787 (d)	1.211m	
93	Línea	Dos puntos	756.716m				≤ 4%
94	Curva	Radio	0.769m	70.882m	0.6220 (d)	0.769m	
95	Línea	Dos puntos	535.504m				≤ 4%
96	Curva	Radio	0.611m	70.882m	0.4938 (d)	0.611m	
97	Línea	Dos puntos	1366.892m				≤ 4%
98	Curva	Radio	0.567m	70.882m	0.4582 (d)	0.567m	
99	Línea	Dos puntos	1412.888m				≤ 4%
100	Curva	Radio	0.092m	70.882m	0.0741 (d)	0.092m	
101	Línea	Dos puntos	686.938m				≤ 4%
102	Curva	Radio	1.543m	70.882m	1.2469 (d)	1.543m	
103	Línea	Dos puntos	391.838m				≤ 4%
104	Curva	Radio	2.055m	70.882m	1.6607 (d)	2.054m	
105	Línea	Dos puntos	721.053m				≤ 4%
106	Curva	Radio	1.540m	70.882m	1.2448 (d)	1.540m	
107	Línea	Dos puntos	571.531m				≤ 4%
108	Curva	Radio	0.936m	70.882m	0.7569 (d)	0.936m	
109	Línea	Dos puntos	705.029m				≤ 4%

De acuerdo con la tabla #3 se resume que se presentaron 54 curvas y 55 entre tangencias, se puede ver que la mayor longitud de cuerda fue 79.6m, la pendiente máxima fue del 4% según lo establecido en el documento de estructuración técnico del regiotram.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Análisis geométrico alternativa #3

La alternativa #3 presento una longitud de (24.050 km)

Se diseñó con una velocidad media de 75km/h.

En la figura 12 se evidencia el diseño geométrico de la alternativa en color azul claro.

En la figura 13 se evidencia que se traza la alternativa #3 por la parte inferior del barrio Cartagenita y otros barrios con invasión al corredor férreo, evitando este tramo y conectando antes de entrar a Facatativá con un ferrocarril existente.

Figura 16. Vista en planta alternativa #3

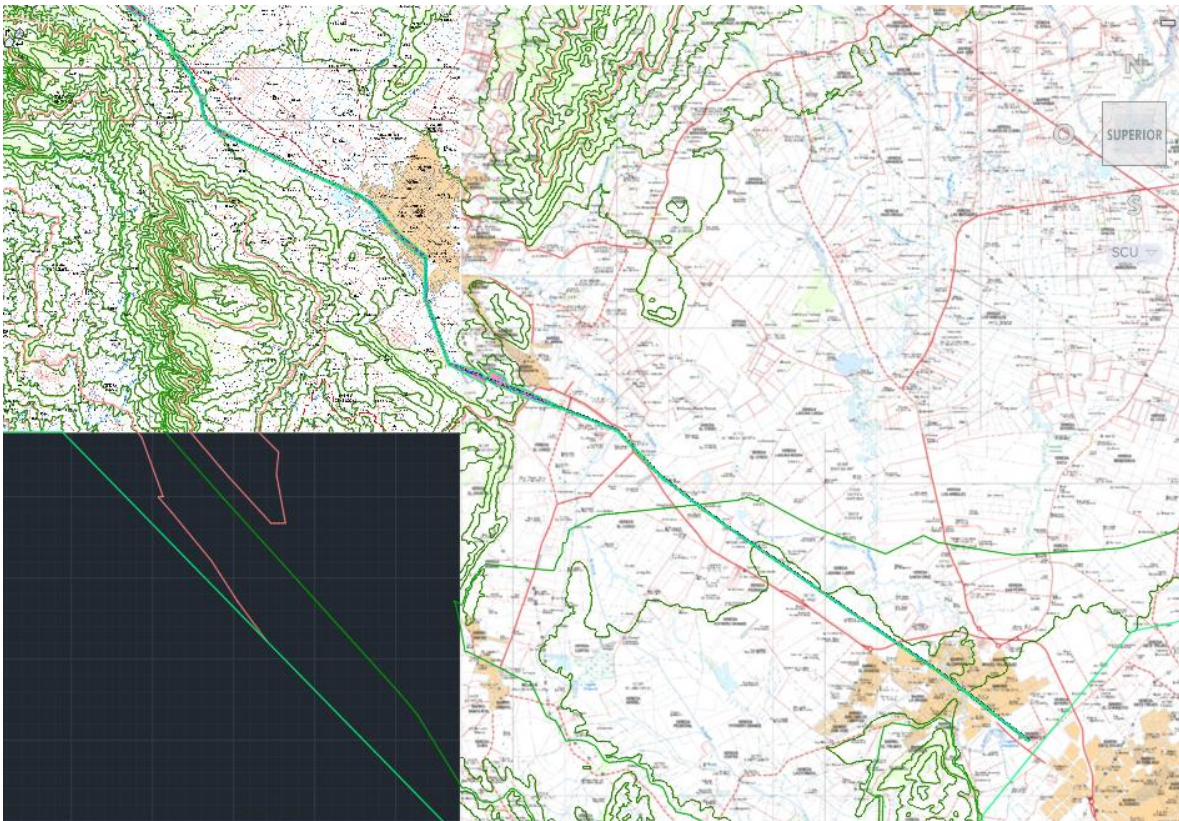


Figura 16. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 17. Detalle vista en planta Alternativa #3

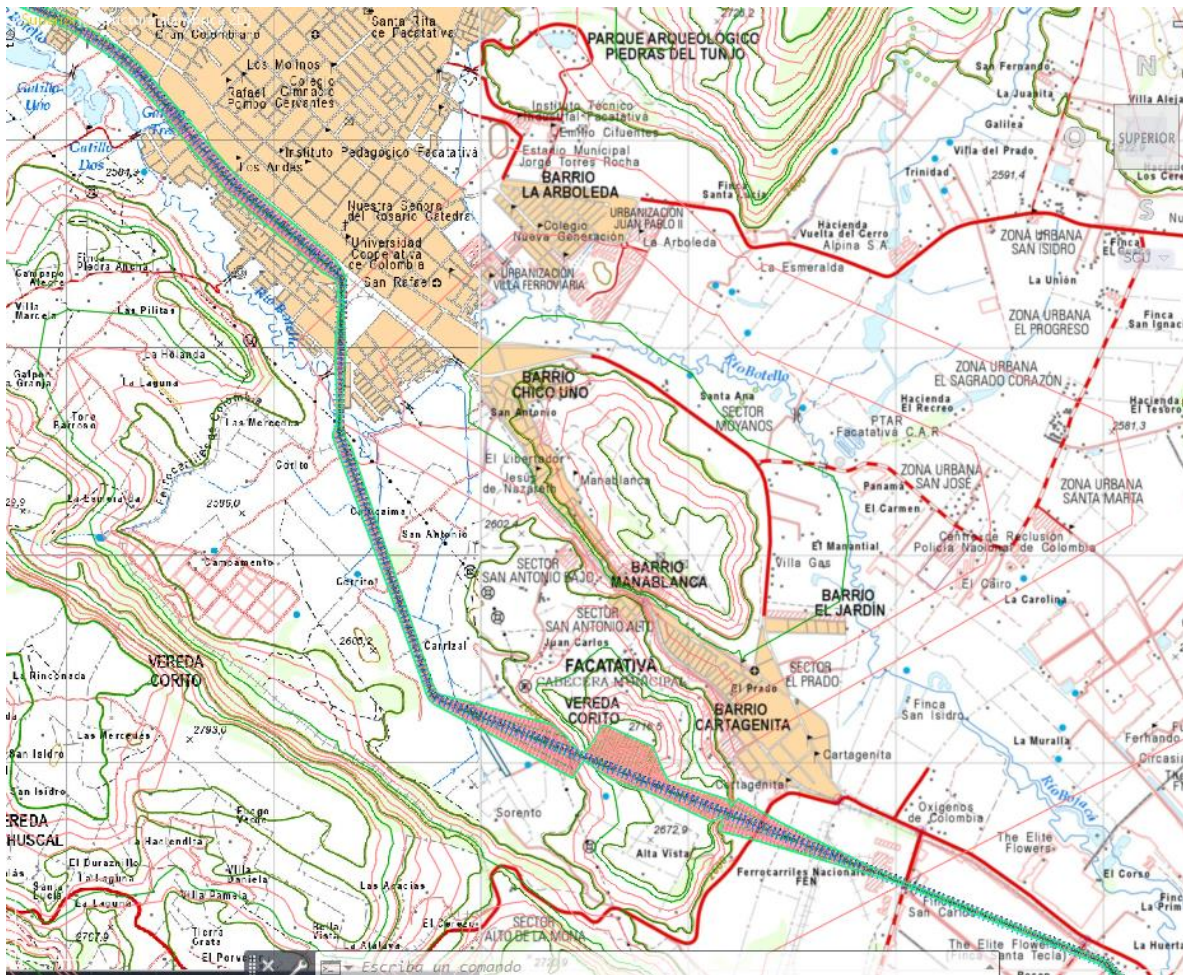


Figura 17. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

A continuación, se presenta la tabla en la cual se evidencia la longitud de las entre tangencias, longitud de la curva, pendientes, radio, ángulo delta y longitud de la cuerda.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 4. Parámetros geométricos alternativa #3

alternativa 3							
numero	Tipo	Parámetro restricción	Longitud	Radio	Angulo Delta	Longitud de cuerda	Pendiente
1	línea	Dos puntos	161.441m				≤ 4%
2	Curva	Radio	76.601m	122.634m	35.7890 (d)	75.362m	
3	Line	Dos puntos	35.637m				≤ 4%
4	Curve	Radio	45.902m	72.155m	36.4494 (d)	45.132m	
5	Line	Dos puntos	148.442m				≤ 4%
6	Curve	Radio	38.059m	72.155m	30.2211 (d)	37.619m	
7	Line	Dos puntos	133.187m				≤ 4%
8	Curve	Radio	27.308m	72.155m	21.6839 (d)	27.145m	
9	Line	Dos puntos	184.984m				≤ 4%
10	Curve	Radio	2.002m	72.155m	1.5899 (d)	2.002m	
11	Line	Dos puntos	219.463m				≤ 4%
12	Curve	Radio	8.690m	72.155m	6.9001 (d)	8.684m	
13	Line	Dos puntos	233.532m				≤ 4%
14	Curve	Radio	0.159m	72.155m	0.1265 (d)	0.159m	
15	Line	Dos puntos	295.318m				≤ 4%
16	Curve	Radio	9.216m	72.155m	7.3185 (d)	9.210m	
17	Line	Dos puntos	161.812m				≤ 4%
18	Curve	Radio	9.641m	72.155m	7.6556 (d)	9.634m	
19	Line	Dos puntos	159.917m				≤ 4%
20	Curve	Radio	21.621m	72.155m	17.1683 (d)	21.540m	
21	Line	Dos puntos	129.008m				≤ 4%
22	Curve	Radio	21.111m	72.155m	16.7635 (d)	21.036m	
23	Line	Dos puntos	171.247m				≤ 4%
24	Curve	Radio	16.430m	72.155m	13.0467 (d)	16.395m	
25	Line	Dos puntos	156.876m				≤ 4%
26	Curve	Radio	42.189m	72.155m	33.5006 (d)	41.590m	
27	Line	Dos puntos	141.407m				≤ 4%
28	Curve	Radio	28.806m	72.155m	22.8740 (d)	28.615m	
29	Line	Dos puntos	111.366m				≤ 4%
30	Curve	Radio	4.366m	72.155m	3.4670 (d)	4.365m	
31	Line	Dos puntos	141.703m				≤ 4%
32	Curve	Radio	24.679m	72.155m	19.5966 (d)	24.559m	
33	Line	Dos puntos	343.727m				≤ 4%

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR
FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)**

34	Curve	Radio	26.262m	72.155m	20.8534 (d)	26.117m	
35	Line	Dos puntos	197.198m				≤ 4%
36	Curve	Radio	35.662m	72.155m	28.3179 (d)	35.300m	
37	Line	Dos puntos	271.251m				≤ 4%
38	Curve	Radio	8.237m	72.155m	6.5406 (d)	8.232m	
39	Line	Dos puntos	668.582m				≤ 4%
40	Curve	Radio	0.116m	72.155m	0.0923 (d)	0.116m	
41	Line	Dos puntos	638.527m				≤ 4%
42	Curve	Radio	0.466m	72.155m	0.3697 (d)	0.466m	
43	Line	Dos puntos	537.205m				≤ 4%
44	Curve	Radio	1.709m	72.155m	1.3570 (d)	1.709m	
45	Line	Dos puntos	496.844m				≤ 4%
46	Curve	Radio	0.226m	72.155m	0.1797 (d)	0.226m	
47	Line	Dos puntos	526.234m				≤ 4%
48	Curve	Radio	10.756m	72.155m	8.5406 (d)	10.746m	
49	Line	Dos puntos	226.662m				≤ 4%
50	Curve	Radio	11.141m	72.155m	8.8470 (d)	11.130m	
51	Line	Dos puntos	147.425m				≤ 4%
52	Curve	Radio	11.104m	72.155m	8.8175 (d)	11.093m	
53	Line	Dos puntos	377.956m				≤ 4%
54	Curve	Radio	0.631m	72.155m	0.5010 (d)	0.631m	
55	Line	Dos puntos	312.622m				≤ 4%
56	Curve	Radio	11.908m	72.155m	9.4557 (d)	11.894m	
57	Line	Dos puntos	523.027m				≤ 4%
58	Curve	Radio	1.392m	72.155m	1.1049 (d)	1.391m	
59	Line	Dos puntos	131.073m				≤ 4%
60	Curve	Radio	63.482m	72.155m	50.4086 (d)	61.454m	
61	Line	Dos puntos	275.384m				≤ 4%
62	Curve	Radio	1.120m	72.155m	0.8892 (d)	1.120m	
63	Line	Dos puntos	423.877m				≤ 4%
64	Curve	Radio	25.586m	72.155m	20.3166 (d)	25.452m	
65	Line	Dos puntos	1312.171m				≤ 4%
66	Curve	Radio	61.646m	72.155m	48.9508 (d)	59.788m	
67	Line	Dos puntos	3437.746m				≤ 4%
68	Curve	Radio	31.352m	72.155m	24.8953 (d)	31.106m	
69	Line	Dos puntos	720.735m				≤ 4%
70	Curve	Radio	1.715m	72.155m	1.3622 (d)	1.715m	
71	Line	Dos puntos	238.212m				≤ 4%
72	Curve	Radio	2.705m	72.155m	2.1480 (d)	2.705m	

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

73	Line	Dos puntos	229.748m				≤ 4%
74	Curve	Radio	10.223m	72.155m	8.1174 (d)	10.214m	
75	Line	Dos puntos	462.807m				≤ 4%
76	Curve	Radio	1.569m	72.155m	1.2461 (d)	1.569m	
77	Line	Dos puntos	492.141m				≤ 4%
78	Curve	Radio	3.810m	72.155m	3.0257 (d)	3.810m	
79	Line	Dos puntos	635.189m				≤ 4%
80	Curve	Radio	1.233m	72.155m	0.9787 (d)	1.233m	
81	Line	Dos puntos	756.698m				≤ 4%
82	Curve	Radio	0.783m	72.155m	0.6220 (d)	0.783m	
83	Line	Dos puntos	535.492m				≤ 4%
84	Curve	Radio	0.622m	72.155m	0.4938 (d)	0.622m	
85	Line	Dos puntos	1366.881m				≤ 4%
86	Curve	Radio	0.577m	72.155m	0.4582 (d)	0.577m	
87	Line	Dos puntos	1412.882m				≤ 4%
88	Curve	Radio	0.093m	72.155m	0.0741 (d)	0.093m	
89	Line	Dos puntos	686.923m				≤ 4%
90	Curve	Radio	1.570m	72.155m	1.2469 (d)	1.570m	
91	Line	Dos puntos	391.806m				≤ 4%
92	Curve	Radio	2.091m	72.155m	1.6607 (d)	2.091m	
93	Line	Dos puntos	721.020m				≤ 4%
94	Curve	Radio	1.568m	72.155m	1.2448 (d)	1.568m	
95	Line	Dos puntos	571.508m				≤ 4%
96	Curve	Radio	0.953m	72.155m	0.7569 (d)	0.953m	
97	Line	Dos puntos	705.020m				≤ 4%

De acuerdo con la tabla #4 se resume que se presentaron 48 curvas y 49 entre tangencias, se puede ver que la mayor longitud de cuerda fue 75.3m, la pendiente máxima fue del 4% según lo establecido en el documento de estructuración técnico del regiotram.

Debido a que todas las alternativas diseñadas cumplen, ya que se ejecutaron bajo el manual de normatividad férrea, se seleccionó la alternativa con menos curvas la cual fue la alternativa 3, a continuación, se presenta la tabla 5 en la cual se presentan las entre tangencias y las curvas de cada una de las alternativas.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Adicionalmente se debe aclarar que la alternativa 3 es la más larga de las tres diferentes alternativas, pero se evita el paso por los barrios que presentan invasión al corredor férreo, lo que hace que sea muy conveniente operacionalmente, ya que se puede circular a una velocidad media de 75km/h durante todo el tramo.

Tabla 5. Numero de curvas y entre tangencias para cada alternativa.

	Alternativa #1	Alternativa #2	Alternativa #3
Curvas	52	54	48
Entre tangencias	53	55	49

Análisis de la super estructura de vía férrea

Según las velocidades adoptadas a lo largo del tramo y con ayuda de la tabla de diseño de la superestructura de vía de líneas de viajeros en función de la velocidad y la carga sufrida (Tabla 1.). Suministrada por el manual férreo de especificaciones técnicas obtuvimos el número de durmientes totales para este diseño, peso de riel y espesor del balasto.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 6. Diseño de la superestructura de vía de líneas de la velocidad y la carga sufrida

Velocidad máxima de diseño	Peso del riel, número de durmientes, y espesor de capa de balasto	Diseño - Número de toneladas de paso											
		Paso de toneladas mayor de 20 millones t/año			Paso de toneladas entre 10 y 20 millones t/año			Paso de toneladas entre 5 y 10 millones t/año			Paso de toneladas menor de 5 millones t/año		
Velocidad superior a 110 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	50	60	50	50	60	50
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	40	37	37	40
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	300	250	250	250	200	200	250	200	200	250	200	200
Velocidad de 90-110 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	37	40	37
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	40	37	37	40
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	250	200	200	250	200	200
Velocidad de 70-90 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	30	37	30
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	39	34	34	36
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	200	170	170	200	170	170
Velocidad inferior a 70 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	30	37	30
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	39	34	34	36
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	170	150	150	170	150	150

Nota: Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

El documento de estructuración técnico de la empresa férrea regional, calculo un pphs (personas por hora sentido) de 1587 para el año 2024, se estimó un peso promedio de 70kg por persona, de lo cual se obtiene que la carga es de 83.412t/año.

$$\# \text{ de personas al año sentido} = 1587 * 24 * 364$$

$$\# \text{ de personas al año sentido} = 13'864.032$$

$$\# \text{ de toneladas de paso} = 13'864.032 * 0.007t$$

$$\# \text{ de toneladas de paso} = 83.184t/año$$

Lo que nos indica que el paso de toneladas es menor a 5 millones t/año.

Por lo cual para la velocidad de diseño de 75km/h, tenemos:

- Peso de riel = 30kg/m
- # de durmientes cada 25m = 36
- Espesor de balasto bajo durmiente = 170mm

Numeró de durmientes

Para la alternativa #1 de 23.6km, se calculó un total de 33984 durmientes lo cual nos indica un durmiente cada 0.69m.

$$\# \text{ Tramos de } 25m = 23600m/25m$$

$$\# \text{ Tramos de } 25m = 944$$

$$\# \text{ de durmientes} = 944 \text{ Tramos de } 25m * 36 \text{ Durmientes cada } 25m$$

$$\# \text{ de durmientes} = 33984$$

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

$$\text{Separacion de durmientes} = 23600\text{m}/33984$$

$$\text{separacion de durmientes} = 0.69\text{m}$$

Tabla 7. Durmientes

	distancia total (m)	Tramos de 25m	# de durmientes	Separacion de durmientes
Alternativa 1	23600	944	33984	0,69
alternativa 2	23475	939	33804	0,69
alternativa 3	24050	962	34632	0,69

Teniendo el número de durmientes se pasó a seleccionar el material de estas.

Tipo de durmiente

Las durmientes ferroviarias son parte del riel, y son usadas entre dos rieles para mantener la posición correcta del riel de acero, además son usadas para transferir la carga del tren a la plataforma, actualmente existen 4 tipos de durmiente, unas son más usadas que otras dependiendo del tipo de proyecto, cada una tiene sus ventajas y sus desventajas.

Durmiente de madera

Es un tipo tradicional de durmiente de ferrocarril, adicionalmente es la más comercial en el mercado de durmientes ferroviarias, estas se pueden dividir en durmientes de madera duras y durmientes de madera blanda.

Ventajas

- Es fácil de transportar por su peso, fácil instalación y mantenimiento.
- Es adecuada para cualquier sección.
- Su costo es muy bajo respecto a los otros tipos de durmientes.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Desventajas

- Se ve fácilmente afectada por la humedad.
- Es difícil de reciclar.
- Su vida útil es más corta.

Durmiente de concreto

El durmiente de concreto este hecho principalmente por concreto pretensado, por lo cual reduce el daño de la presión externa durante el servicio, son usadas en ferrocarriles de alta velocidad, el concreto puede soportar más cargas, y por la misma razón le da la posibilidad de una mayor velocidad, suelen ser usadas para velocidades iguales a 200km/h o superiores.

Ventajas

- Vida útil más larga en comparación al durmiente de madera.
- Mayor estabilidad debido al peso respecto a otros durmientes.
- Es rentable a largo plazo.
- Necesita menos mantenimiento.

Desventajas

- Es de difícil manejo por el peso.
- Limitación de aplicación (no se puede aplicar en puentes y cruces)

Durmiente de acero

Está formado por acero prensado y tiene una sección con forma de canal, tiene una carcasa para el sistema de fijación de riel que esta soldado a la parte superior de la traviesa de acero.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Es considerada la traviesa intermedia entre la traviesa de madera y la traviesa de concreto, son usadas para líneas secundarias.

Ventajas

- Se instala fácilmente y a un menor costo.
- Fácil de apilar por su forma y peso.
- Larga vida útil (más de 50 años).
- Es reciclable

Desventajas

- Tiene inconvenientes con la corrosión.
- Mayor costo de mantenimiento.

Durmiente de plástico

También llamado durmiente de compuesto se refiere principalmente a que está hecho de compuesto de plástico, es un material completamente moderno para hacer traviesas de rieles. Se hace con mezclas de plástico y caucho usados, este tipo de durmiente combina la flexibilidad de la madera y la durabilidad del concreto.

Ventajas

- Actúa mejor reduciendo la vibración.
- Es liviano y se puede cortar, por lo que se puede instalar fácilmente e instalarse en cualquier sección de riel como lo son los durmientes de madera.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

- Es reciclable lo que implica que se puede usar en nuevos durmientes.
- Tiene una vida útil más larga alrededor de (30 a 80 años).
- Es amigable con el medio ambiente.

Desventajas

- Su costo restringe la posibilidad de ser aplicado a gran escala.

Matriz multicriterio de selección de durmiente

Para realizar la matriz multicriterio, se procedió a establecer las variables de calificación de cada tipo de durmiente propuesta, las cuales se pueden observar en la tabla de calificaciones de durmiente (Tabla 8.), donde se estima una calificación de 1 a 5, en la cual para la condición más desfavorable se adoptará un valor de 1 y para las condiciones más favorables se adoptará un valor de 5. Las variables seleccionadas son tomadas de la explicación previa de ventajas y desventajas de las durmientes, de este modo se puede obtener como resultado la selección del mejor tipo de durmiente para las 3 alternativas de diseño.

Tabla 8. Clasificación de durmientes elaborada por los autores, 2020

Calificaciones de durmiente									
Costo (dolares)		Manejabilidad e instalacion		Vida util (años)		Mantenimiento (ciclos)		Deterioro por intemperismo	
1-10	5	Muy simple	5	Más de 80	5	Superior a 3 años	5	Muy bajo	5
10-50	4	Simple	4	50-80	4	Ciclo medio (3 años)	4	Bajo	4
50-100	3	Regular	3	30-50	3	Ciclo medio (1 años)	3	Medio	3
100-250	2	Complejo	2	15-30	2	Ciclo corto (90 días)	2	Alto	2
250-500	1	Muy complejo	1	0-15	1	Ciclo corto (45 días)	1	Muy Alto	1

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

De este modo con las calificaciones de las variables para cada tipo de durmiente, se procede a estimar un porcentaje a cada uno de los ítem en la matriz multicriterio, porcentajes que están establecidos en la Tabla 9 y se explican a continuación con el fin de establecer un valor resultante en la matriz, se dio un mayor porcentaje al costo de cada traviesa (30%), debido a que es una diferencia grande entre la más económica y la más cara, por lo mismo el proyecto puede variar en presupuesto de manera notable, en cuanto a manejabilidad e instalación no influye de manera notable en el proyecto a excepción de su respectivo transporte, por lo mismo se le asigna un porcentaje menor (10%), en cuanto a vida útil todas están en un intervalo cercano de años, se le dio un porcentaje del (20%) ya que se quiere que el corredor férreo perdure mucho tiempo, en mantenimiento como en deterioro por intemperismo se dio un porcentaje igual al (20%), debido a que con cualquier tipo de durmiente seleccionada se tiene que manejar un mantenimiento apropiado por intemperismo, el tipo de durmiente que tenga el mayor valor ponderado será el tipo de durmiente más viable para la ejecución del proyecto.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 9 Matriz Multicriterio tipo de durmiente

Matriz multicriterio							
Variable		Costo	Manejabilidad e instalacion	Vida util	Mantenimiento	Deterioro por intemperismo	Totales
Tipo de durmiente	Peso (%)	30%	10%	20%	20%	20%	100%
Madera	Nota	5	4	3	3	2	3,5
	Nota ponderada	1,5	0,4	0,6	0,6	0,4	
Concreto	Nota	3	2	4	5	5	3,9
	Nota ponderada	0,9	0,2	0,8	1	1	
Acero	Nota	5	4	3	4	2	3,7
	Nota ponderada	1,5	0,4	0,6	0,8	0,4	
Plastico	Nota	1	5	4	4	4	3,2
	Nota ponderada	0,3	0,5	0,8	0,8	0,8	

Teniendo en cuenta los resultados ponderados de la matriz multicriterio para la selección del material de las durmientes, se llegó a la conclusión de que el mejor material y el que más se adapta a al proyecto son las durmientes de concreto, se toma este material para el diseño de las 3 alternativas.

Balasto y Sub-Balasto

Balasto

Se conoce como balasto la grava o piedra triturada que, formando una capa, se extiende sobre la explanación de una vía férrea para asentar sobre ella y sujetar las traviesas que soportan los rieles o carriles. Para este uso concreto, se requieren rocas resistentes al

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

desgaste por abrasión y al ataque químico, para poder resistir el desgaste y la degradación resultado del efecto de martilleo producido por el tráfico ferroviario. El objetivo de su uso es el de proporcionar un soporte estructural y drenante lo suficientemente estable como para mantener la alineación de la vía con un mínimo de mantenimiento. El balasto debe obtenerse mediante triturado mecánico de roca proveniente de una cantera adecuada. Es imprescindible disponer de balasto con calidad suficiente para no aumentar el desgaste de la vía e impactar la geometría de la vía, y al final, aumentar su frecuencia de mantenimiento. (Empresa Férrea Regional, 2019).

Los requisitos mínimos son:

- Roca dura
- Resistencia a la abrasión (coeficiente de atrición Los Ángeles < 22%)
- Granulometría entre 25-50 o 31.5-50
- Forma angular

Actualmente el balasto se pide a un proveedor de acuerdo con las indicaciones dadas, principalmente debe cumplir con la granulometría la cual debe estar clasificada como grava en más del 70% del material, y debe tener un material mínimo de arenas medias en adelante inferior al 30% como se muestra en la figura de la curva granulométrica.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 18. Curva granulométrica para balasto

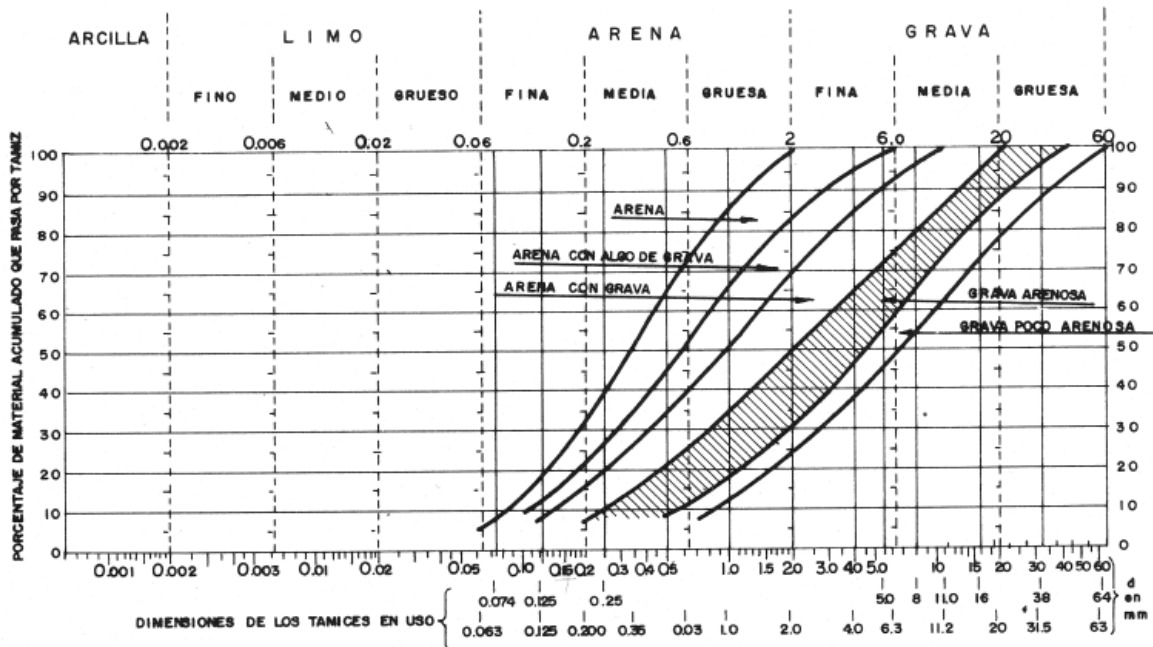


Figura 18. Adif. (1983). Administrador de obras ferroviarias: Norma técnica N.R.V 2-1-0.1. (). Bogotá (Colombia): Obras de tierra, Capas de asiento ferroviarias. Recuperado de: [http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/809852034D3489B4C12573AA003E6CEC/\\$FILE/NAV%202101.pdf?OpenElement](http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/809852034D3489B4C12573AA003E6CEC/$FILE/NAV%202101.pdf?OpenElement)

En la cual el material que pasa por la zona achurada es el apropiado para el proyecto, si se sale de esta zona da motivo para que el material no cumpla y por lo mismo sea rechazado, en el proyecto se calculó la cantidad de material rodante que se necesita para suplir la alternativa de diseño, teniendo en cuenta el diseño del documento técnico del Regiotram, se tiene que:

$$\text{Volumen de balasto} = \text{Áreas transversal del balasto} * \text{Distancia}$$

Con ayuda del programa Civil 3D se calculó el área transversal del balasto

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 19. Perfil del ferrocarril

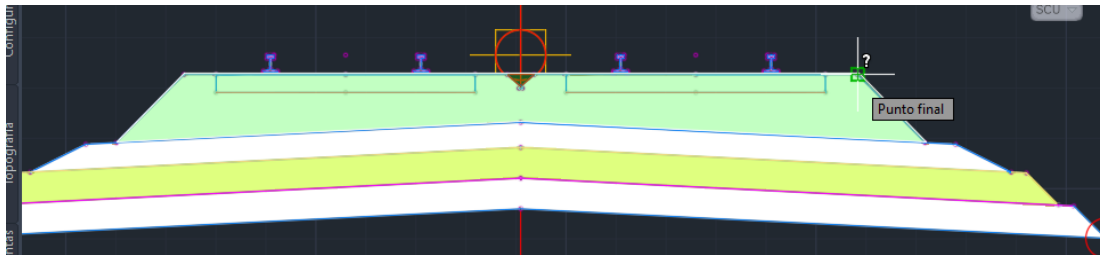


Figura 19. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

$$\text{Area transversal de balasto} = 4.2m^2$$

$$\text{Volumen de balasto} = 4.2m^2 * 23600m$$

$$\text{Volumen de balasto} = 98648m^3$$

Tabla 10. Volumen de balasto

	distancia total (m)	Area Transversal de balasto (m ²)	Volumen de balasto (m ³)
Alternativa 1	23600	4,18	98648
alternativa 2	23475	4,18	98125,5
alternativa 3	24050	4,18	100529

Finalmente, ya que el documento técnico del Regiotram, no presenta talud interior de balasto y propone un ángulo llano, se propuso un talud 1:1 para ahorrar material y disminuir costos, esta proporción no influye a la disipación de energía, adicionalmente al momento de diseñar el ferrocarril, el programa CivilCad pide que este tenga un ángulo de talud, por lo cual no se puede diseñar el ángulo llano como se muestra en la figura 16.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 20. Propiedades de plataforma en balasto

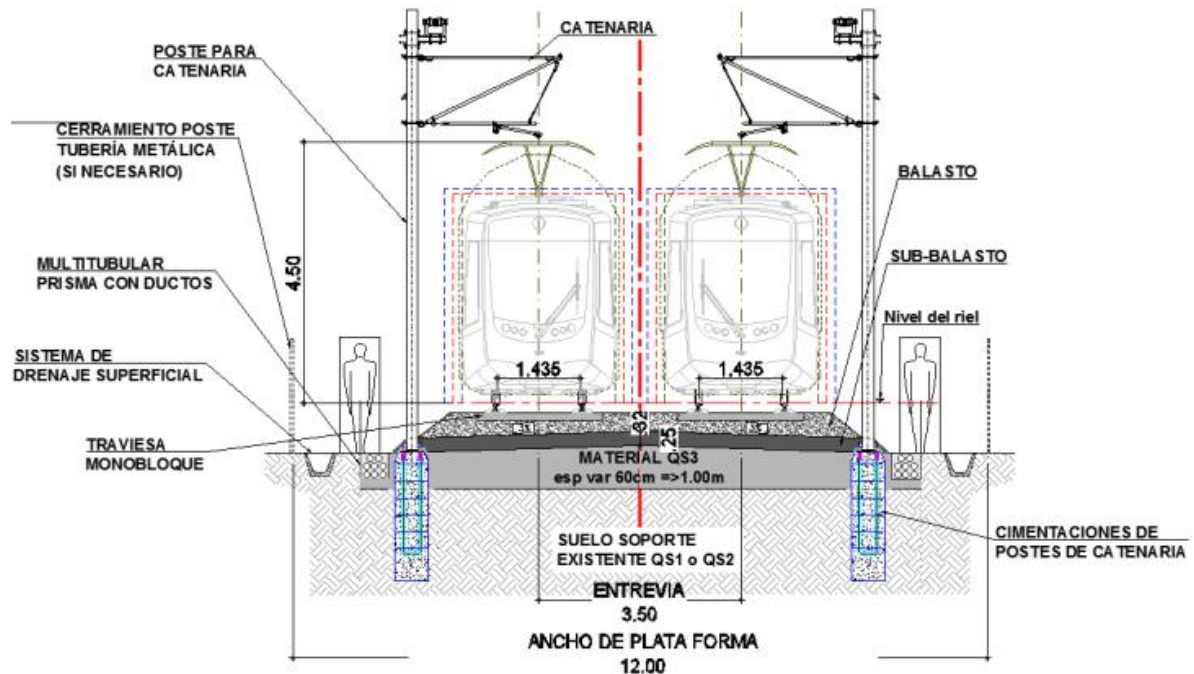


Figura 20. Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. (). Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

En general no tiene ninguna influencia con la utilidad del material rodante, pero si se ahorra material, al hacer el talud interior de la entrevia, se calculó el material excedente y se le resto al volumen de balasto.

$$\text{Volumen balasto excedente} = \text{Area transversal de balasto excedente} * \text{Distancia}$$

Con ayuda del programa Civil 3D se calculó el área transversal de balasto excedente

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Figura 21. Área de balasto excedente

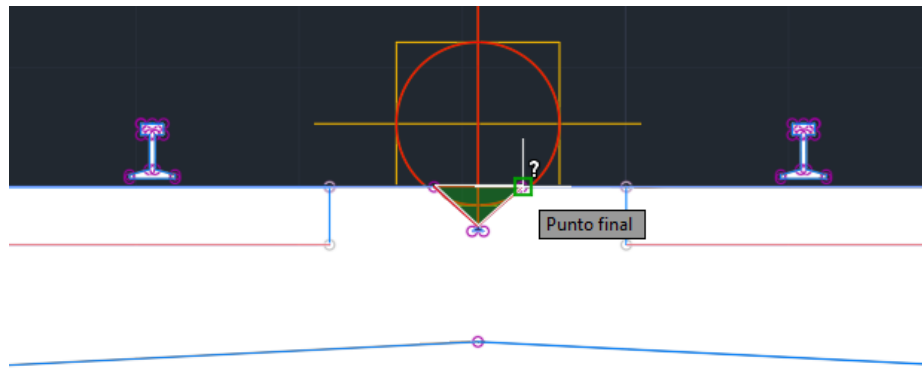


Figura 21. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

$$\text{Area de balasto excedente} = 0,02\text{m}^2$$

$$\text{Volumen de balasto excedente} = 0,02\text{m}^2 * 23600\text{m}$$

$$\text{Volumen de balasto excedente} = 472\text{m}^3$$

Tabla 11. Volumen de balasto excedente

	distancia total (m)	Area Transversal de balasto excedente (m ²)	Volumen de balasto excedente (m ³)
Alternativa 1	23600	0,02	472
alternativa 2	23475	0,02	469,5
alternativa 3	24050	0,02	481

Una vez calculado el volumen de balasto y el volumen de balasto excedente se calcula la diferencia y este es el volumen de balasto efectivo del ferrocarril.

$$\text{Volumen balasto efectivo} = \text{Volumen de balasto} - \text{Volumen de balasto excedente}$$

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

$$\text{Volumen balasto efectivo} = 98648\text{m}^3 - 472\text{m}^3$$

$$\text{Volumen balasto efectivo} = 98176\text{m}^3$$

Tabla 12. Volumen de balasto efectivo

	Volumen de balasto (m ³)	Volumen de balasto excedente (m ³)	Volumen de balasto efectivo (m ³)
Alternativa 1	98648	472	98176
alternativa 2	98125,5	469,5	97656
alternativa 3	100529	481	100048

Sub-balasto

El sub-balasto es una capa superior a la plataforma en la cual se apoya el balasto las funciones principales del sub-balasto son:

- Distribuir las presiones que transmite el ferrocarril al terreno haciendo que sean admisibles
- Permite el drenaje del agua lluvia hacia las capas de interiores.
- Da estabilidad a la vía férrea.

La característica más importante son la capacidad portante y la capacidad de drenaje, el sub-balasto debe estar compactado a lo largo del todo el tramo ferroviario, los requisitos mínimos son:

- Material bien gradado.
- Granulometría entre 2 a 51.
- Compactación (%) (Proctor Modificado) 100 min.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Para calcular el volumen de sub-balasto se calculó el área transversal con ayuda del programa Civil 3D

Figura 22. Área en perfil del sub-balasto

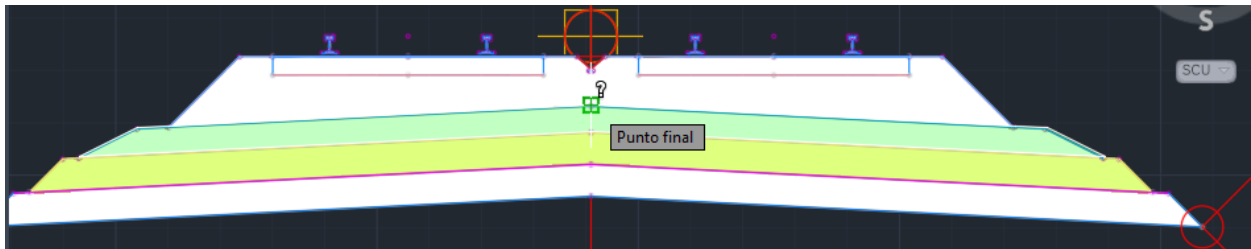


Figura 22. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

$$(Area\ Transversal\ de\ Sub - balasto) = 2,31m^2$$

$$(Volumen\ de\ Sub - balasto) = (Area\ Transversal\ de\ sub - balasto) * (Distancia)$$

$$(Volumen\ de\ Sub - Balasto) = 2,31m^2 * 23600m$$

$$(Volumen\ de\ Sub - Balasto) = 54516m^3$$

Tabla 13. Volumen de sub-balasto

	distancia total (m)	Area Transversal de sub-balasto (m ²)	Volumen de sub-balasto (m ³)
Alternativa 1	23600	2,31	54516
alternativa 2	23475	2,31	54227,25
alternativa 3	24050	2,31	55555,5

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Rieles

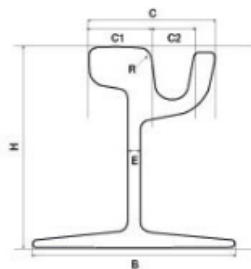
Los rieles son la estructura que soporta el tren y a si mismo estos se soportan sobre las durmientes, para el proyecto el estructurador selecciono un carril de garganta el cual hace referencia al perfil de este, el tipo de riel que selecciono la empresa férrea regional es el 41GP13 como se evidencio en la tabla 1 para una velocidad de 75km/h se necesita un riel que supere los 30kg/m, por lo mismo cualquier tipo de riel seleccionado satisface los parámetros establecidos por la empresa férrea regional.

Este debe cumplir el perfil y el peso por metro lineal, actualmente en el mercado se venden barras de 18m y debe acatar la norma europea.

A continuación, se muestran las diferentes dimensiones para el riel de garganta.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Tabla 14. Especificaciones para cada tipo de riel



Tipo de Riel	Standard	Dimensiones mm							Tolerancia	Peso
		H	B	C	C1	C2	E	R	Grupo	kg/m
51R1 (Ri52)	EN 14811	130,00	150,00	113,00	55,83	42,35	12	13/80/300	G or R	51,37
53R1 (Ri53)	EN 14811	130,00	150,00	113,00	55,83	36,34	12	13/80/300	G or R	52,98
54G1/54R1 (41GPU)	EN 14811	152,50	141,50	116,82	56,16	41,09	13	13/60/200	G or R	54,26
54G2 (Ri54G2)	EN 14811	152,50	141,50	116,80	55,91	41,55	13	13/80/200	G	54,55
54G4 (41GPi)	EN 14811	152,52	141,50	116,82	56,22	40,83	13	13/60/200	G or R	50,09
55R1 (Ri55NK)	EN 14811	150,00	150,00	113,00	56,00	36,00	12	13/80/300	R	55,45
57R1 (Ph37)	EN 14811	182,00	150,00	127,00	51,92	60,46	11	9/210	G or R	56,54
59R2 (Ri59N)	EN 14811	180,00	180,00	113,00	55,80	42,50	12	13/80/300	G or R	58,14
59R1 (Ri59)	EN 14811	180,00	180,00	113,00	56,00	42,00	12	10/225	G or R	58,97
60R2 (Ri60N)	EN 14811	180,00	180,00	113,00	55,83	36,35	12	13/80/300	G or R	59,75
60R1 (Ri60)	EN 14811	180,00	180,00	113,0	55,00	36,00	12	10/225	G or R	60,59
62R1 (NP4aM)	EN 14811	180,00	180,00	116,00	56,03	34,44	12	10/25	G or R	62,37
62R2 (NP4aS)	EN 14811	180,00	180,00	116,00	56,86	36,98	12	13/80/300	G or R	61,91

Nota: ArcelorMittal. (2020). Consultoría especializada en carriles. (). Madrid (España): Empresa ArcelorMittal Europe. Recuperado de: <https://rails.arcelormittal.com/catalogos-rieles>

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Para las 3 alternativas se calculó el número de barras que se necesitan para suplir cada tramo, solo se calculó un ferrocarril con dos rieles y se multiplico por dos al final de la operación ya que son dos ferrocarriles uno en cada sentido.

Tabla 15. Numero de rieles

	Distancia	Tramos de 18m (1riel)	No de rieles (2)	Ferrocarriles (2)
Alternativa 1	23600	1311,1	2622,2	5244,4
Alternativa 2	23475	1304,2	2608,3	5216,7
Alternativa 3	24050	1336,1	2672,2	5344,4

Análisis de presupuesto

Para el análisis del presupuesto presentado por las alternativas se tuvo en cuenta los criterios presentados anteriormente en la Tabla #1, donde se presentó el número de durmientes cada 25m, el peso del riel (kg/m) y el espesor de balasto bajo durmiente, adicionalmente se tuvo en cuenta el sub-balasto, en este análisis se excluyó la cantidad de material de corte y relleno, ya que al momento de diseñar las alternativas en el programa este genera una superficie nueva, y asume que el terreno no ha sido modificado, y por lo mismo no se sabe que material ya ha sido trabajado dando valores irreales del material a movilizar.

Tabla 16. Análisis de presupuesto para cada alternativa

	Distancia	No de durmientes	Cantidad de balasto (m ³)	Cantidad de Sub-balasto (m ³)	No de rieles (Barras de 18m)
Alternativa 1	23600	33984	98176	54516	5245
Alternativa 2	23475	33804	97656	54227,3	5217
Alternativa 3	24050	34632	100048	55555,5	5345

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Se selecciono la alternativa #2 ya que lo que se busca es que el proyecto quede bien ejecutado y realizado, teniendo en cuenta todas las normas técnicas que se aplicaron a este con el mejor presupuesto posible.

Análisis operacional

Para el análisis operacional se tuvo en cuenta la velocidad, debido a que según las velocidades dadas por el estructurador, en área urbana o suburbana se debe transitar a 50km/h, en la alternativa #1, se debe circular a través de los barrios Cartagenita y Manablanca y por lo mismo limita la velocidad a 50km/h, mientras que en la alternativa #2 y #3 ya que se evaden estos tramos de invasión pasando por zona rural del municipio de Facatativá, se puede circular hasta a una velocidad de 100km/h, esto hace que aumente la frecuencia de la circulación de los trenes y el sistema tenga un mayor número de oportunidades de viaje, aumentando de esta manera los viajes efectivos en el sistema los cuales son calculados trimestral semestral y anualmente, así mismo disminuyen los tiempos de transporte tanto para la alternativa #2 y la #3, por lo mismo se puede seleccionar cualquiera de estas dos, adicionalmente se tiene una ventaja espacial en cuanto a distribución del proyecto, ya que en la alternativa #2 y la #3 se evitan los problemas de derecho de vía estipulados en la ley 76 de 1920.

Análisis Ambiental

Al hacer el análisis ambiental de las 3 alternativas se encontró que todas tienen el mismo recorrido a excepción del tramo entre el barrio Cartagenita, barrio Manablanca y parte del municipio de Facatativá, se evidencia en el documento de CivilCad 3D que las 3

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

alternativas pasan por diferentes acequias, quebradas y ríos los cuales pueden ser el mayor inconveniente al analizar el proyecto desde la parte ambiental, afortunadamente ya que hay un ferrocarril existente todas tienen su respectiva obra y adecuación, dados estos resultados se puede seleccionar cualquiera de las alternativas antes diseñadas, debido a lo mencionado anteriormente estos cuerpos de agua tienen influencia en el proyecto en general mas no en cada una de las alternativas, a continuación se presentan los diferentes cuerpos de agua que por los cuales pasa el proyecto.

Acequia

Una acequia es una zanja o un canal pequeño construido a cielo abierto el cual es usado para riegos; a continuación, se presentan los tramos de kilómetro que presentan acequias en los diseños.

- K2+625
- K3+800
- K4+150
- K4+950
- K14+450

Quebradas

Es una corriente de agua con caudal casi nulo y por lo mismo son poco profundas, al punto que puede desaparecer en algunas épocas del año como el verano; a continuación, se presentan los tramos de kilómetro que presentan quebradas en los diseños.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

- K0+575 Quebrada La laja
- K1+150 Quebrada Mal abrigo
- K1+500 Quebrada Mal abrigo

Ríos

Es un curso de agua con un caudal determinado considerable ya sea medio o máximo, suelen fluir por un cauce de tierra constantemente; a continuación, se presentan los tramos de kilómetro que presentan ríos en los diseños.

- K6+150 Rio Botello
- K6+300 Rio Botello
- K6+600 Rio Botello
- K21+500 Rio Suba Choque

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Resumen alternativa #1

Tabla 17 Resumen alternativa #1

Tabla de resumen alternativa #1					
Resumen del análisis geométrico		Resumen del análisis de la super estructura de via ferrea		Resumen del análisis ambiental	
Longitud (m)	23600	Tramos de 25m	944	Acequias	K2+625
Velocidad media (km/h)	75	Número de durmientes	33984		k3+800
Número de curvas	52	Separación de durmientes	0,69		k4+150
Número de entre tangencias	53	Tipo de durmiente	Concreto		k4+950
Pendiente Máxima	≤4%	Volumen de balasto efectivo (m ³)	98648		k14+450
		Volumen de sub-balasto (m ³)	54516	Quebradas	k0+575
		Número de rieles	5245		k1+150
					k1+500
		Ríos	k6+150		
			k6+300		
k6+600					
				k21+500	

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Resumen alternativa #2

Tabla 18 Resumen alternativa #2

Tabla de resumen alternativa #2					
Resumen del análisis geométrico		Resumen del análisis de la super estructura de via ferrea		Resumen del análisis ambiental	
Longitud (m)	23475	Tramos de 25m	939	Acequias	K2+625
Velocidad media (km/h)	75	Número de durmientes	33804		k3+800
Número de curvas	54	Separación de durmientes	0,69		k4+150
Número de entre tangencias	55	Tipo de durmiente	Concreto		k4+950
Pendiente Máxima	≤4%	Volumen de balasto efectivo (m ³)	97656		k14+450
		Volumen de sub-balasto (m ³)	54227,25	Quebradas	k0+575
		Número de rieles	5217		k1+150
				Ríos	k1+500
					k6+150
					k6+300
					k6+600
					k21+500

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Resumen alternativa #3

Tabla 19 Resumen alternativa #3

Tabla de resumen alternativa #3					
Resumen del análisis geométrico		Resumen del análisis de la super estructura de vía ferrea		Resumen del análisis ambiental	
Longitud (m)	24050	Tramos de 25m	962	Acequias	K2+625
Velocidad media (km/h)	75	Número de durmientes	34632		k3+800
Número de curvas	48	Separación de durmientes	0,69		k4+150
Número de entre tangencias	49	Tipo de durmiente	Concreto		k4+950
Pendiente Máxima	≤4%	Volumen de balasto efectivo (m ³)	100048		k14+450
		Volumen de sub-balasto (m ³)	55555,5	Quebradas	k0+575
		Número de rieles	5345		k1+150
				Ríos	k1+500
					k6+150
					k6+300
					k6+600
					k21+500

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Conclusiones

- Como se evidencio en los resultados anteriores se verifico que hay mejores alternativas que la #1 la cual ya está trazada, se recomienda la alternativa #2 ya que presenta economía en materiales, mejoría en la operación y no presenta inconvenientes ambientales.
- La alternativa #3 se recomienda si se busca mejoría en la operación ya que se evita la circulación por los barrios Cartagenita y Manablanca, con la excepción de que es la alternativa que presenta más gastos a nivel de presupuesto ya que requiere más materiales frente a las otras 2 alternativas.
- La alternativa #1 no se recomienda ya que se debe hacer la adecuación en los tramos de Cartagenita y Manablanca, en donde no hay espacio para implementar las medidas establecidas por el documento técnico, adicionalmente se deben comprar algunos predios por falta de espacio para la construcción y adecuación del terreno.
- Se recomienda tanto para la alternativa #2 y para la alternativa #3, que se tomen las curvas pronunciadas a una velocidad máxima de 75km/h por seguridad en los peraltes.
- Todas las alternativas son adecuadas geométricamente, ya que se diseñaron bajo el manual de normatividad férrea, con el cual se tuvo especial cuidado al momento diseñar las mismas.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

- No se tiene ningún inconveniente ambiental en ninguna alternativa, debido a la ausencia de reservas forestales y cuerpos de agua importantes, se deben hacer adecuaciones en las acequias que se encuentren a lo largo de cada diseño.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Referencias bibliográficas

(Accesstren, 2019).

AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Plan Nacional de desarrollo 2014-2018. ().

Bogotá (Colombia): Departamento Nacional de Planeación.

<https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acci%C3%B3n/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf>

Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. ().

Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efer-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

Empresa Férrea Regional. (2019). Consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto Regiotram de occidente: Contrato de consultoría no. 034 de 2018. ().

Bogotá (Colombia): Empresa Férrea Regional. Recuperado de: https://www.efer-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Empresa Férrea Regional. (2019). Regiotram. <https://www.efr-cundinamarca.gov.co/es/regiotram>

Instituto Geológico Agustín Codazzi (IGAC) (2019). (Autor). Bogotá (Colombia):

Instituto Geológico Agustín Codazzi (IGAC).

<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-de-planchas>

Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. 9 de junio de 2015. DO. N° 49.538

Rey Ángel, J. E. (2020). Plan de Desarrollo de Cundinamarca. (). Bogotá (Cundinamarca):

Gobernación de Cundinamarca.

<http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/2a9dd7d1-d693-414a-94cd-37fe5f901e7d/PLAN+DE+DESARROLLO+VERSION+FINAL.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IDIW39U>

Ley 76 de 1920. Sobre Policía de ferrocarriles, decretada por el congreso de Colombia el 15 de noviembre de 1920.

Lozano, D., & Mancipe, C. (2021). <https://www.google.com.mx/earth/>. Recuperado 11 de marzo de 2021, de Google Earth website:

[https://earth.google.com/web/search/Facatativ%c3%a1,+Cundinamarca/@4.81249881,-](https://earth.google.com/web/search/Facatativ%c3%a1,+Cundinamarca/@4.81249881,-74.36075936,2588.2224854a,816.46310796d,35y,36.15189715h,0t,0r/data=CigiJgokCdHfhULqZRHAEX5EBdZe5jPAGRThAy2GkUFAIW4f6BAAtQhFA)

[74.36075936,2588.2224854a,816.46310796d,35y,36.15189715h,0t,0r/data=CigiJgokCdHf](https://earth.google.com/web/search/Facatativ%c3%a1,+Cundinamarca/@4.81249881,-74.36075936,2588.2224854a,816.46310796d,35y,36.15189715h,0t,0r/data=CigiJgokCdHfhULqZRHAEX5EBdZe5jPAGRThAy2GkUFAIW4f6BAAtQhFA)

[hULqZRHAEX5EBdZe5jPAGRThAy2GkUFAIW4f6BAAtQhFA](https://earth.google.com/web/search/Facatativ%c3%a1,+Cundinamarca/@4.81249881,-74.36075936,2588.2224854a,816.46310796d,35y,36.15189715h,0t,0r/data=CigiJgokCdHfhULqZRHAEX5EBdZe5jPAGRThAy2GkUFAIW4f6BAAtQhFA)

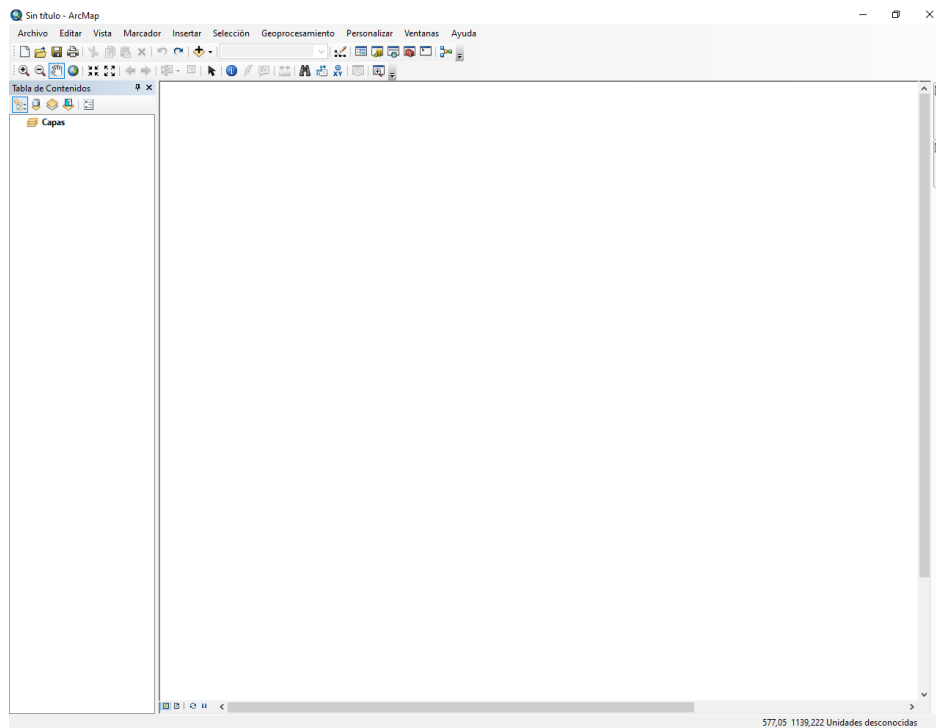
DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexos

Pasos ArcMap

1. Se debe asignar un sistema de coordenadas a la plancha usada (Vista general de inicio para el programa ArcMap).

Anexo 1 Vista general del programa ArcMap.

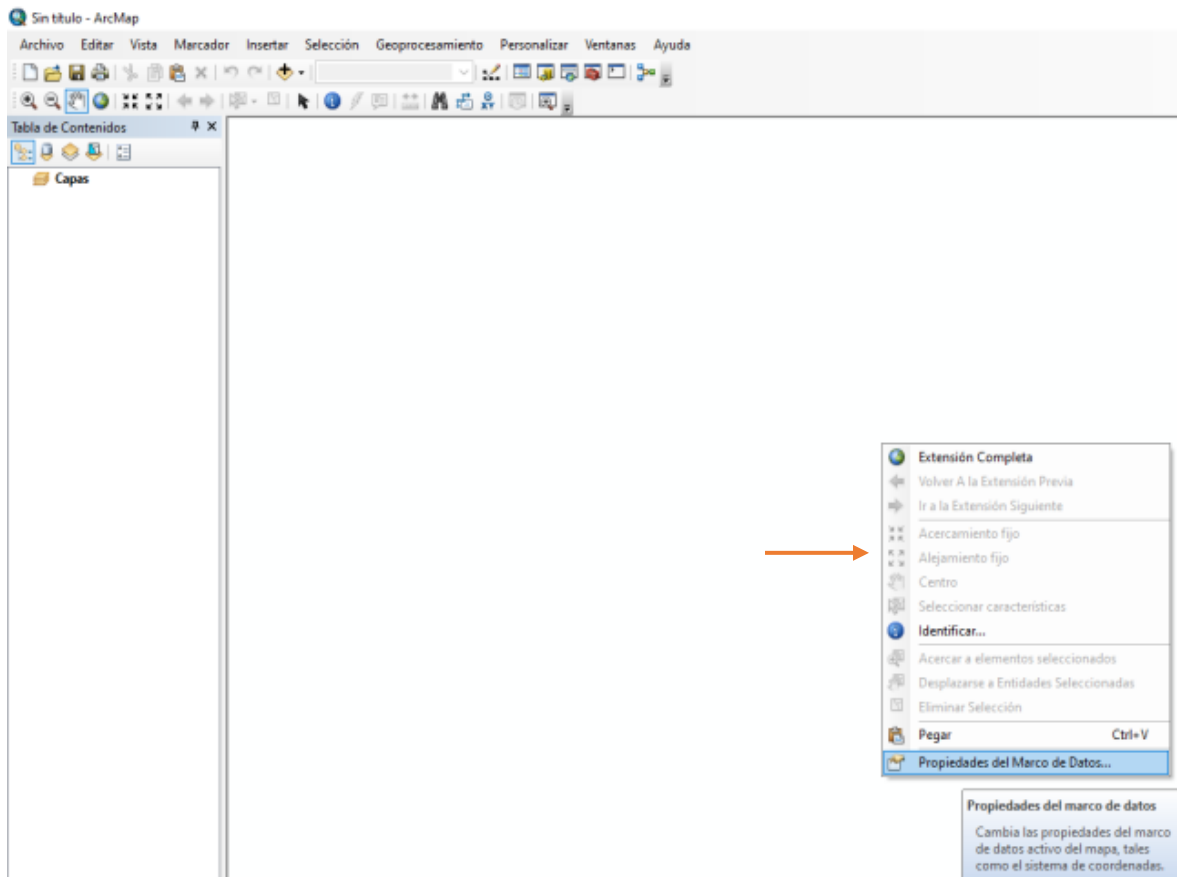


Anexo 1. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

2. Se da *click* derecho en la pantalla y se da *click* en la opción propiedades del marco de datos.

Anexo 2 Menú desplegable propiedades del marco de datos.

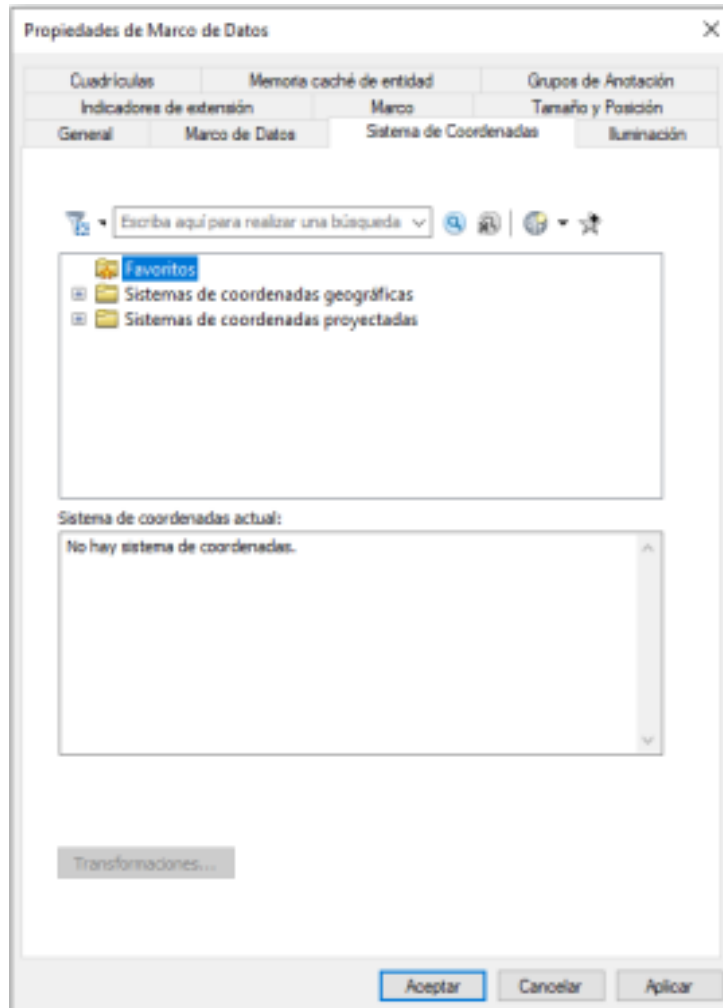


Anexo 2. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

3. Se selecciona sistema de coordenadas geográficas y se da click en el “+”

Anexo 3 Selección de coordenadas geográficas Paso 1.

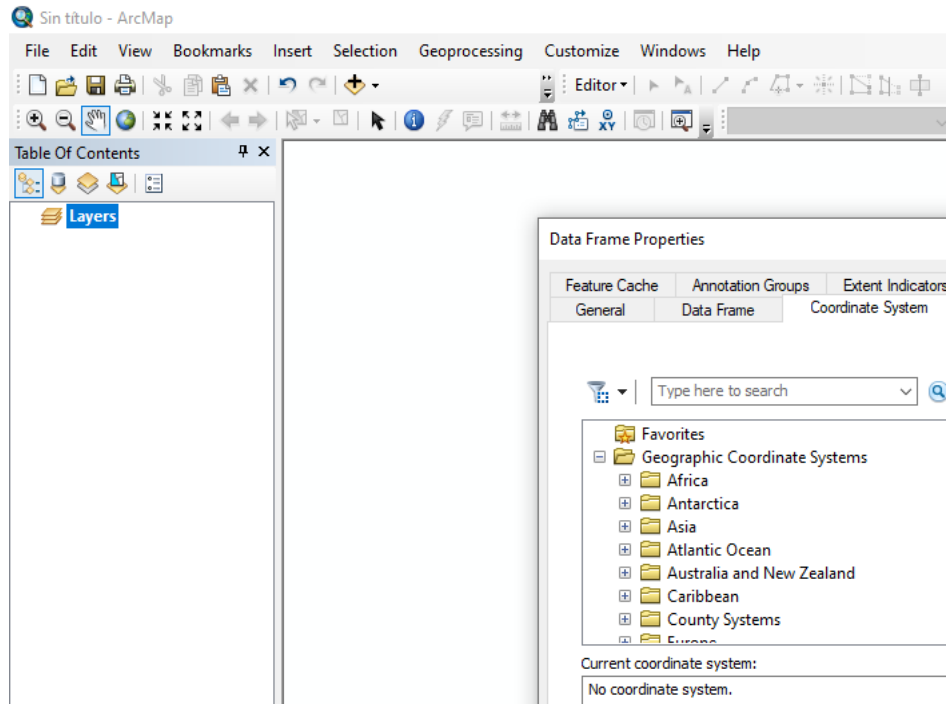


Anexo 3. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

4. Inmediatamente se desplegará una ventana con todos los sistemas de coordenadas.

Anexo 4 Selección de coordenadas geográficas paso 2.

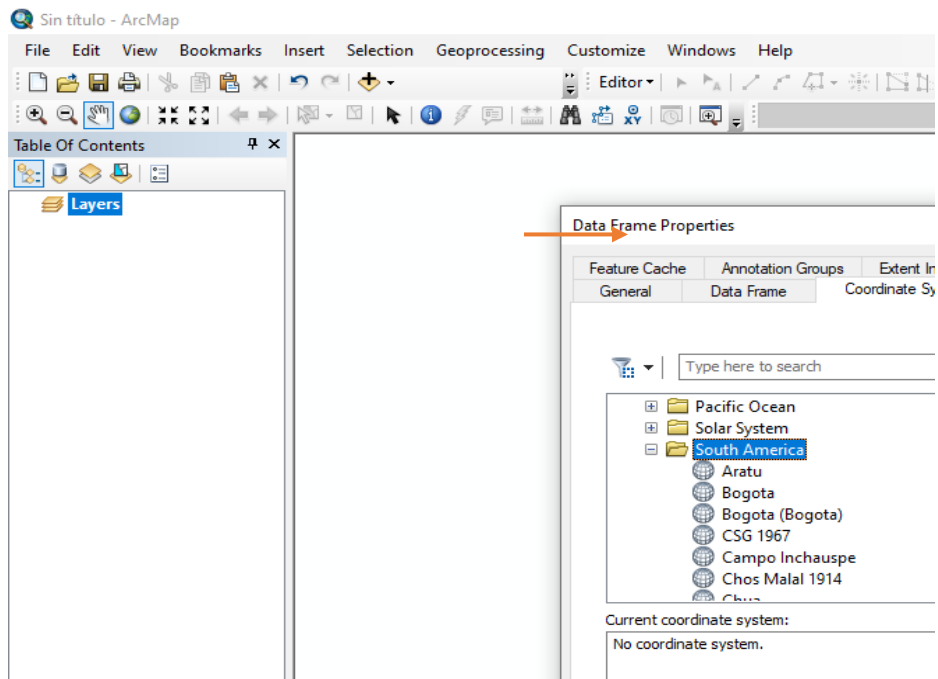


Anexo 4. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

5. Se selecciona América del sur y buscamos el sistema de coordenadas en el cual se trabajará la plancha, para nuestro caso se usará el sistema SIRGAS.

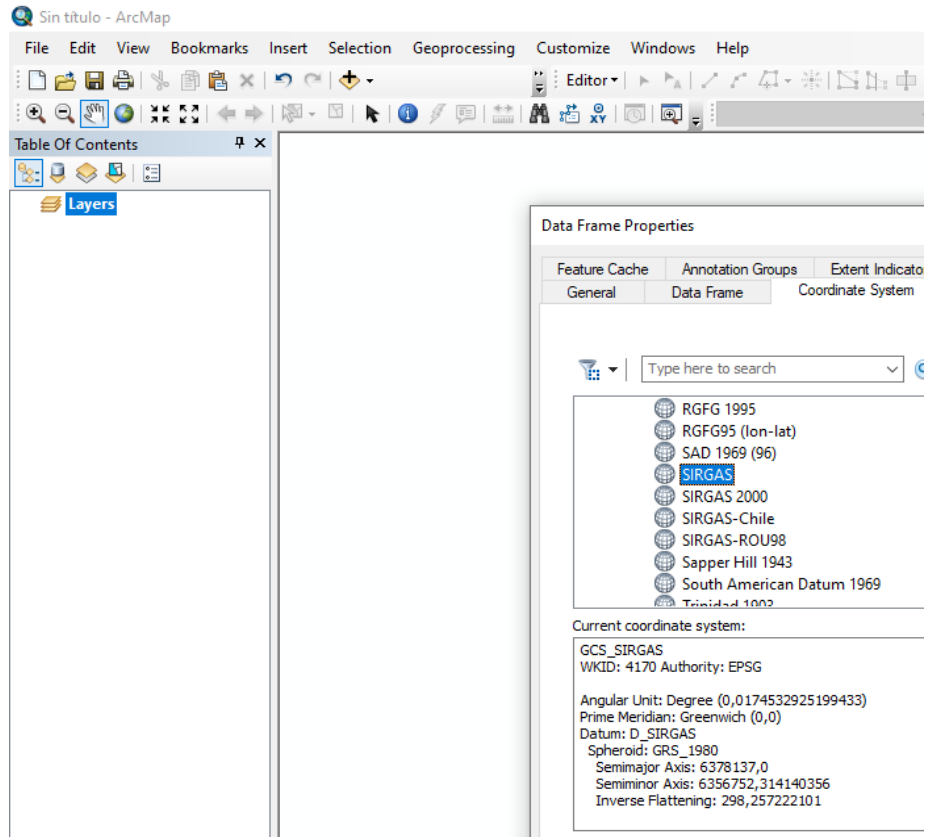
Anexo 5 Selección de coordenadas geográficas paso 3.



Anexo 5. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 6 Selección de coordenadas geográficas paso 4.

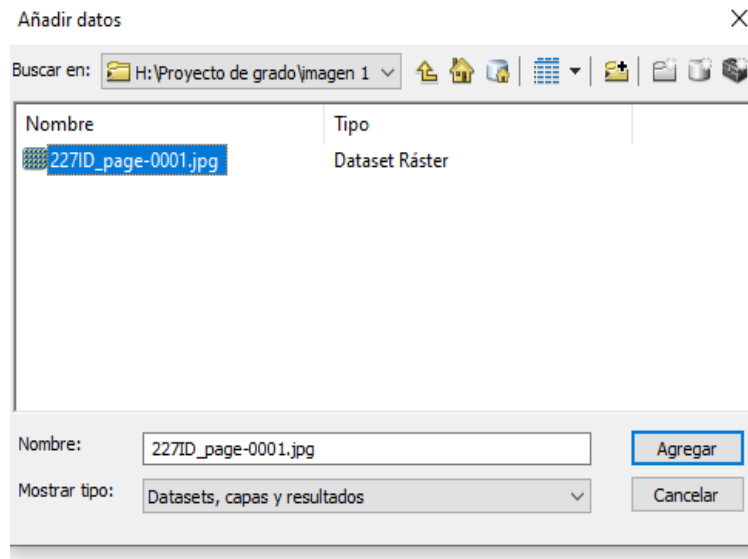


Anexo 6. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

6. Se añade la plancha del terreno a digitalizar en nuestro caso, la plancha de Madrid Cundinamarca y Facatativá Cundinamarca, con el ícono “Añadir datos”.

Anexo 7 Adición de imágenes de los planos al programa ArcMap paso 1.

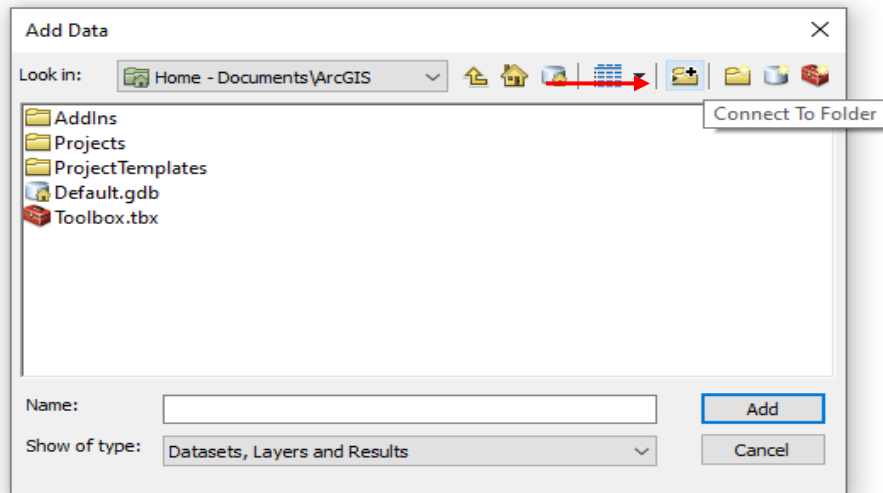


Anexo 7. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

7. Con ayuda del icono “conectar carpetas” se añade la imagen de las planchas una por una.

Anexo 8 Adición de imágenes de planos al programa ArcMap paso 2.

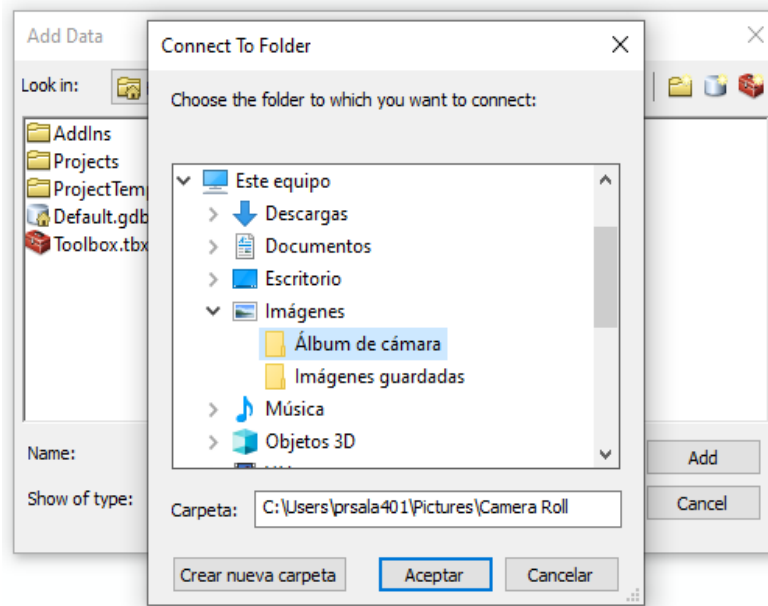


Anexo 8. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

8. Se selecciona la imagen y se agrega a la Geodatabase, de tal manera que al terminar el procedimiento se debe evidenciar la plancha en el programa.

Anexo 9 Adición de imágenes a la geodatabase al programa ArcMap paso 3.

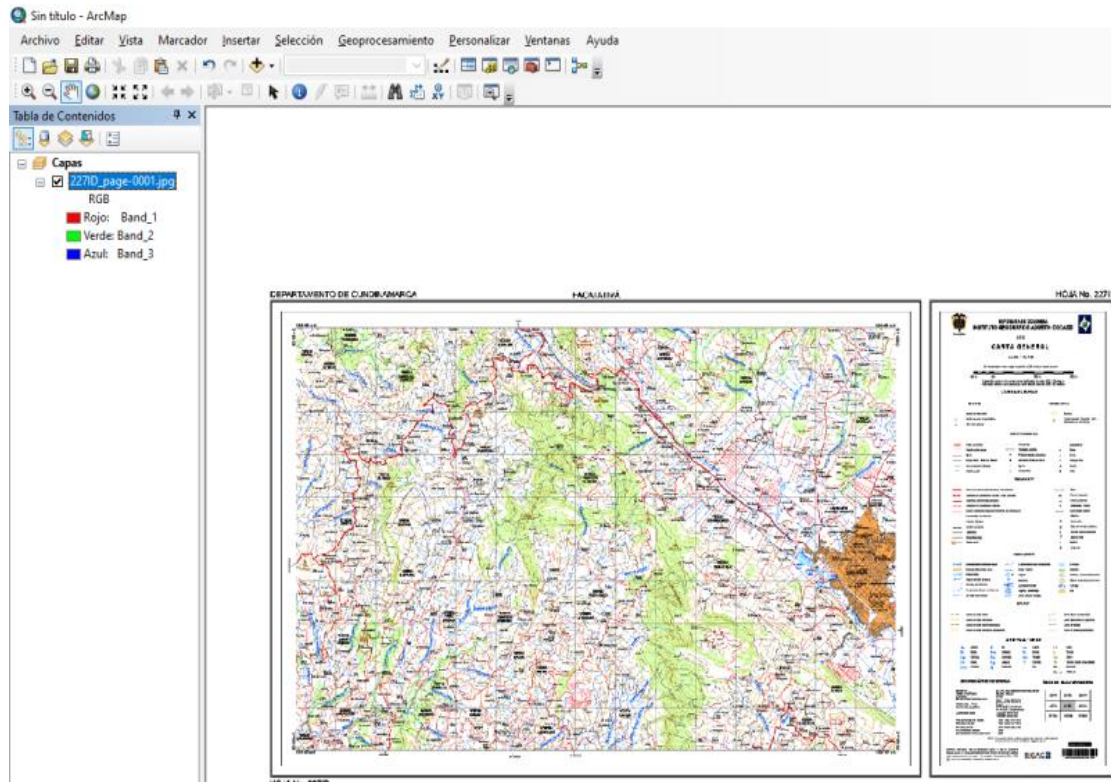


Anexo 9. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

9. Una vez se añade a la Geodatabase se debe evidenciar la imagen en el programa.

Anexo 10 Evidencia de los planos en el programa.

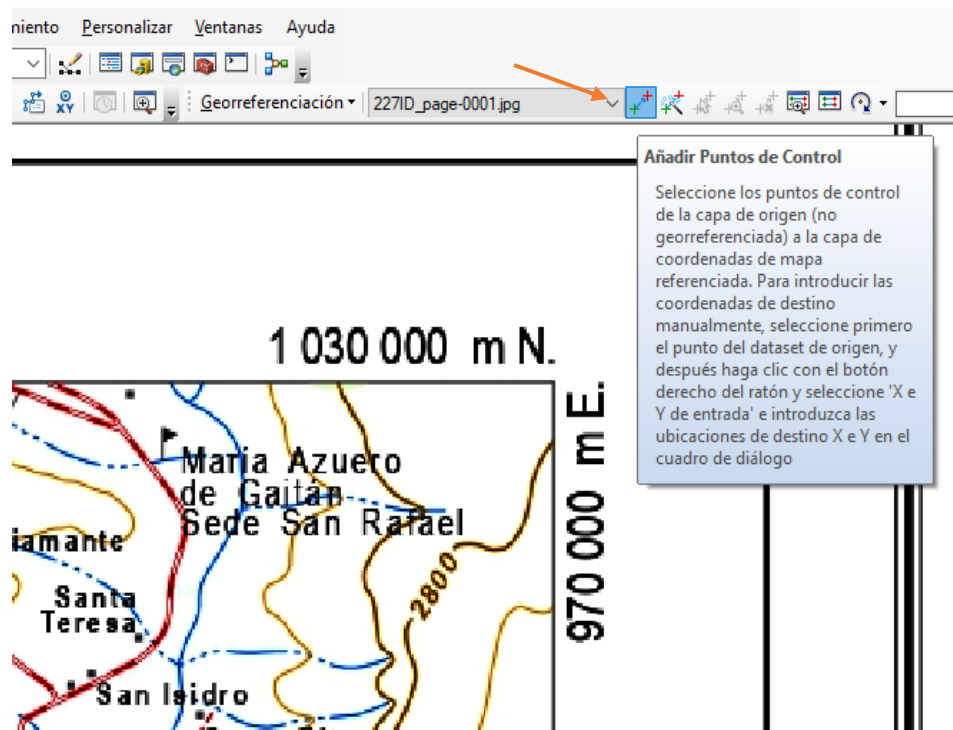


Anexo 10. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

10. Para georreferenciar la imagen usamos el icono “añadir puntos de control”

Anexo 11 Georreferenciación de los planos paso 1.

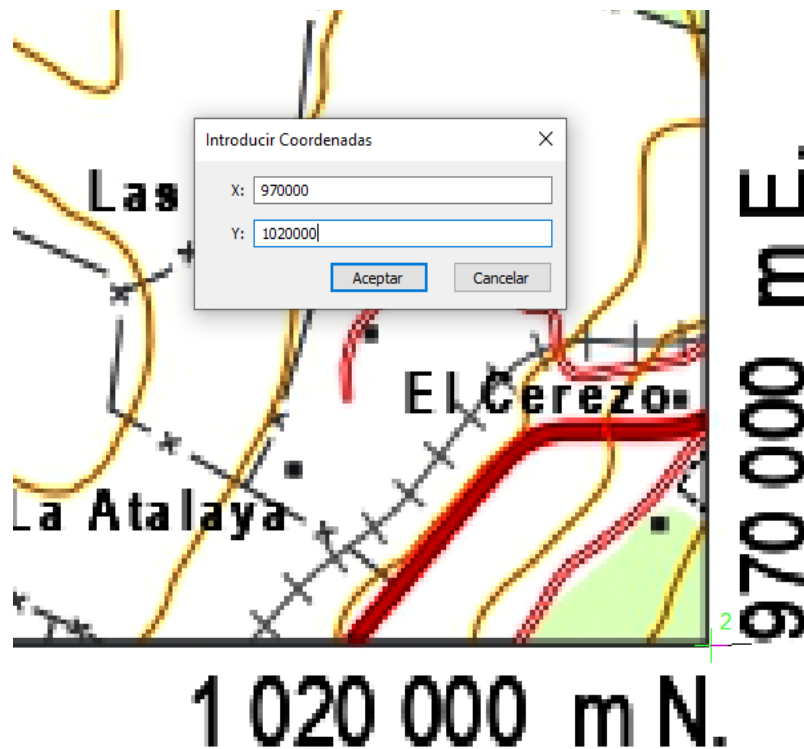


Anexo 11. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

11. Se da click izquierdo en una esquina de la plancha, y luego click derecho añadir eje X y Y para colocar las coordenadas correspondientes del punto seleccionado, para nuestro caso asignamos el punto superior derecho y así mismo se hace con los 3 puntos restantes de la plancha.

Anexo 12 Georreferenciación de los planos en ambos ejes paso 2.

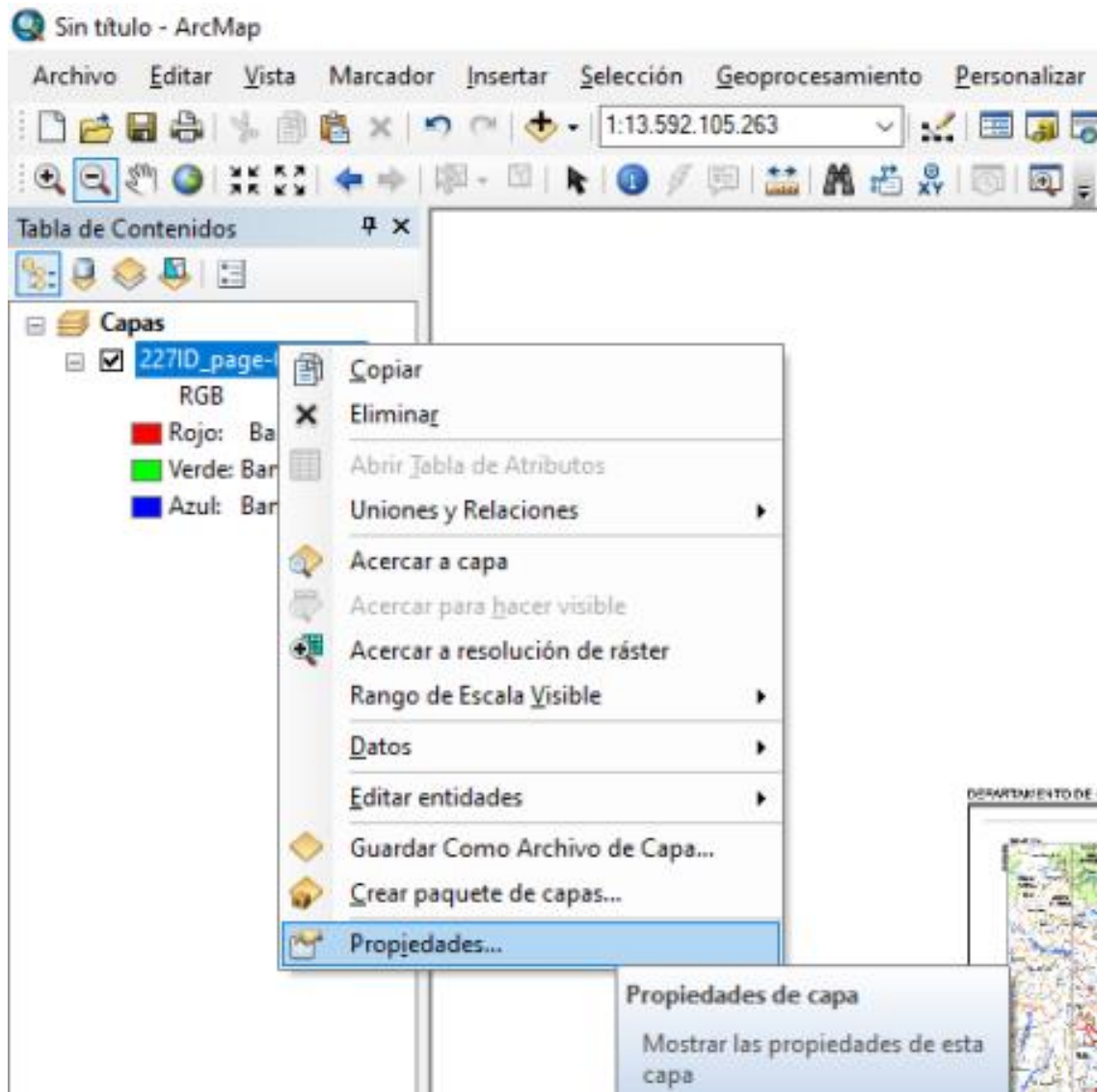


Anexo 12. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

12. Para convertir la imagen en binario se da click derecho en la geodatabase y se selecciona propiedades.

Anexo 13 Conversión de la imagen del plano a binario.

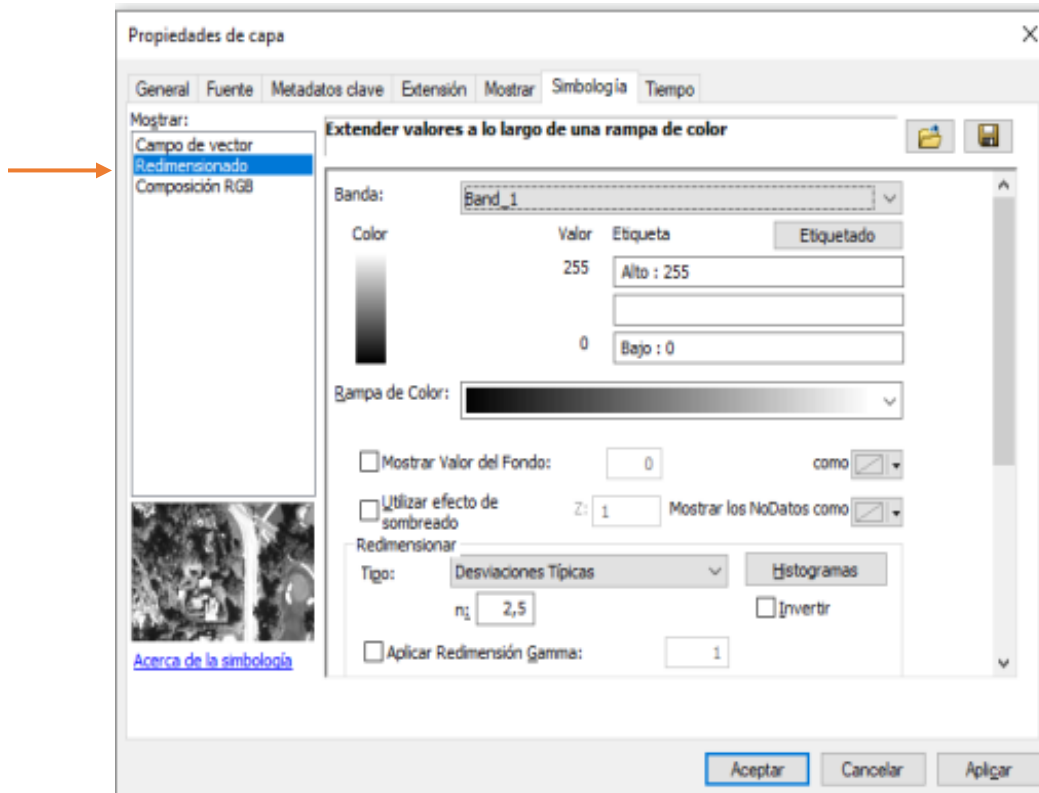


Anexo 13. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

13. Se va al icono de simbología y se selecciona el icono “redimensionado” y se da Aceptar.

Anexo 14 Redimensión de la imagen del plano con el código binario.

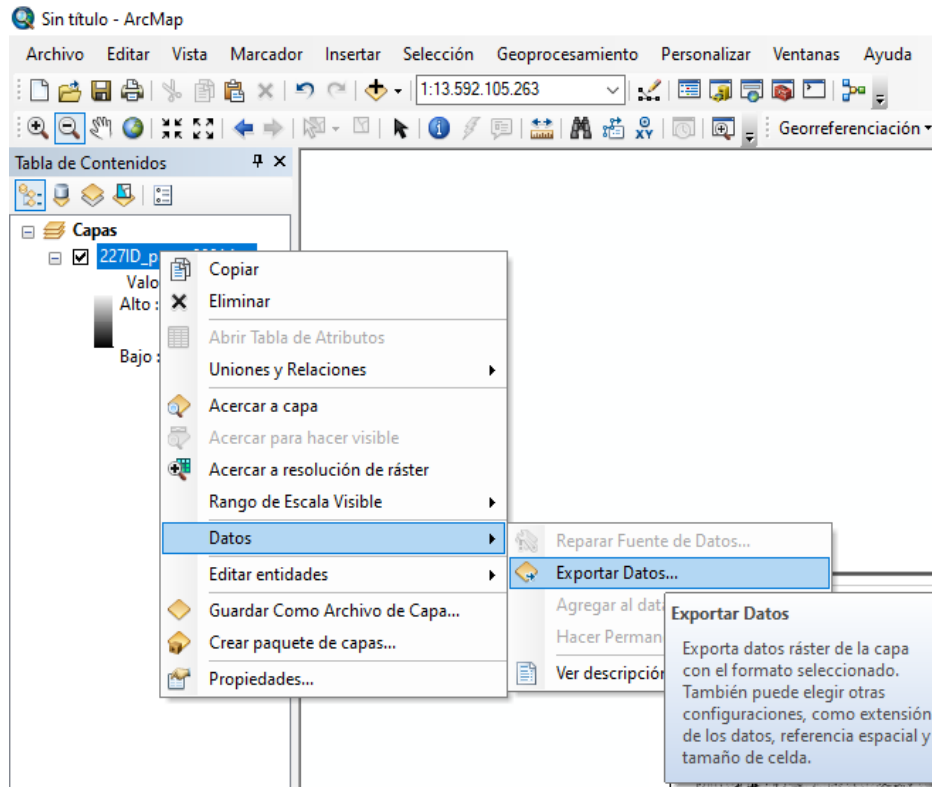


Anexo 14. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

14. Click derecho en la geodatabase, datos y seleccionamos exportar datos.

Anexo 15 Exportación de datos de la capa de la imagen del plano.

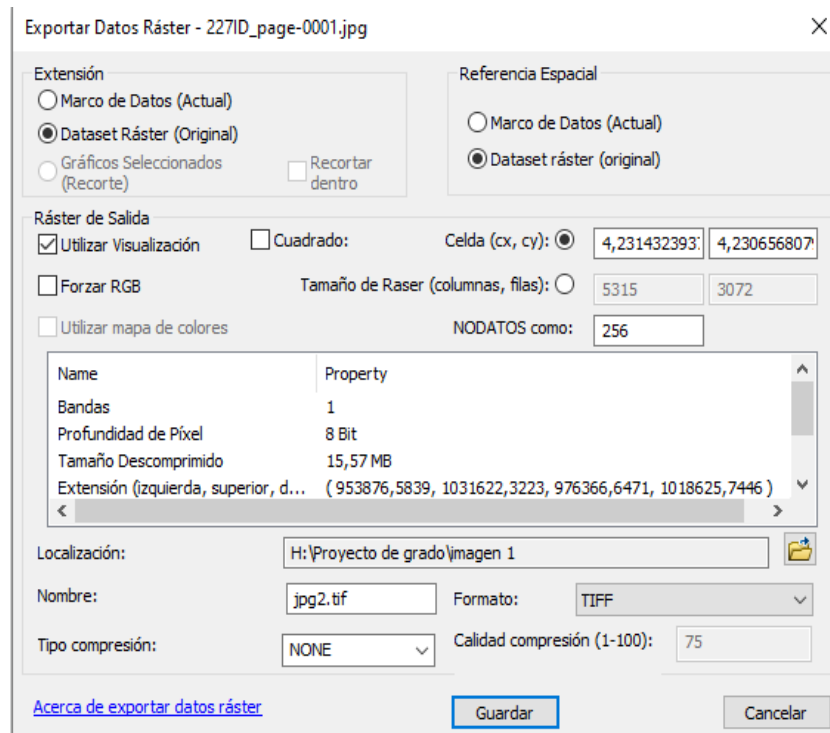


Anexo 15. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

15. Se abre la ventana Exportar datos y se habilita utilizar visualización y posteriormente se guarda, se debe tener especial cuidado con la localización del archivo.

Anexo 16 Guardar datos.

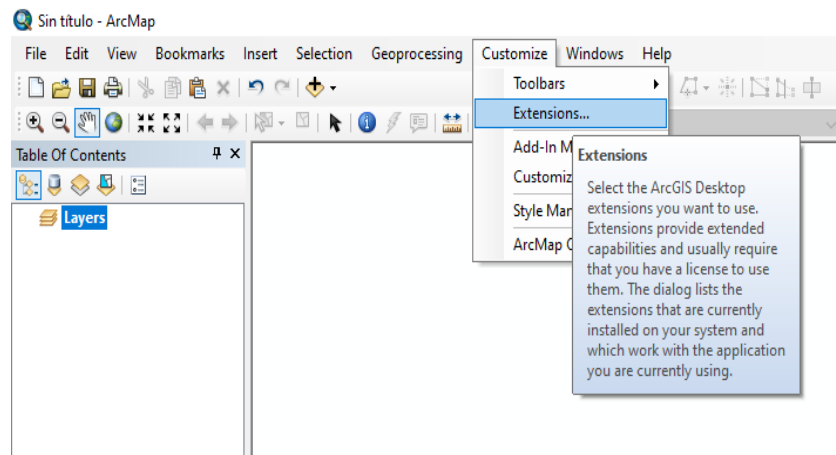


Anexo 16. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

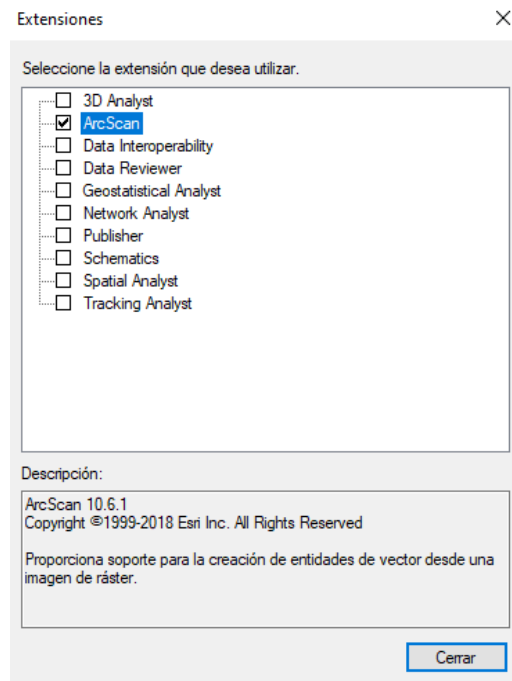
16. Se da en la herramienta personalizar y se da en la opción extensiones y se activa la herramienta *Arc Scan*.

Anexo 17 Activar la herramienta Arc Scan paso 1.



Anexo 17. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

Anexo 18 Activar la herramienta Arc Scan paso 2.

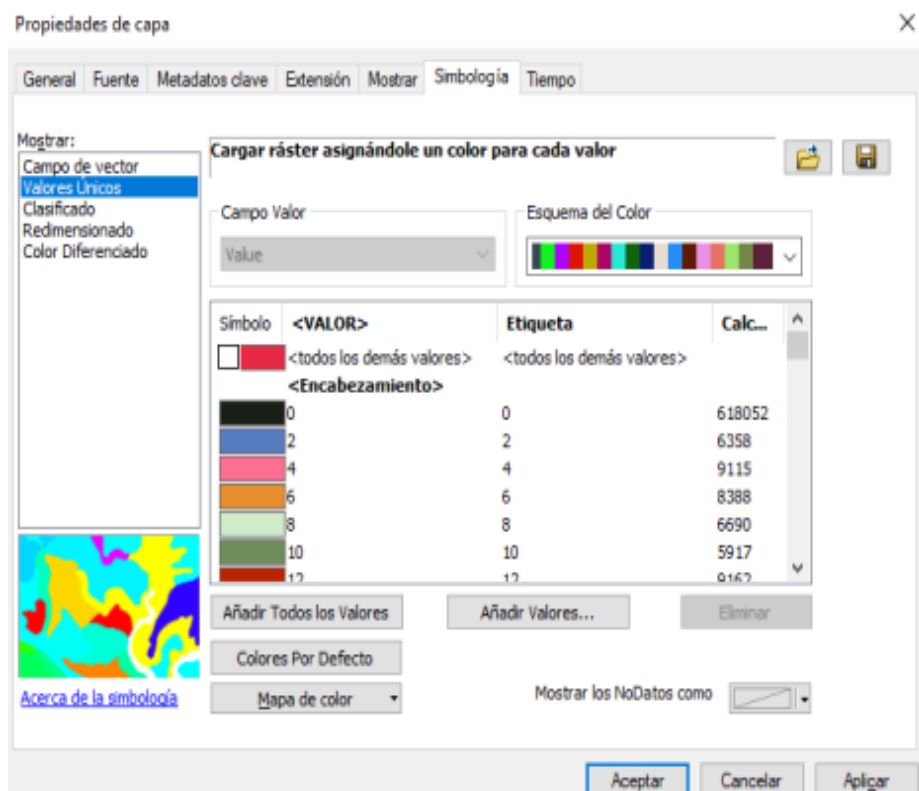


Anexo 18. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

17. Le damos click derecho a las propiedades de la nueva capa, se selecciona valores únicos, y se crea una tabla de atributos, se acepta que si se quiere crear.

Anexo 19 Crear tabla de atributos.

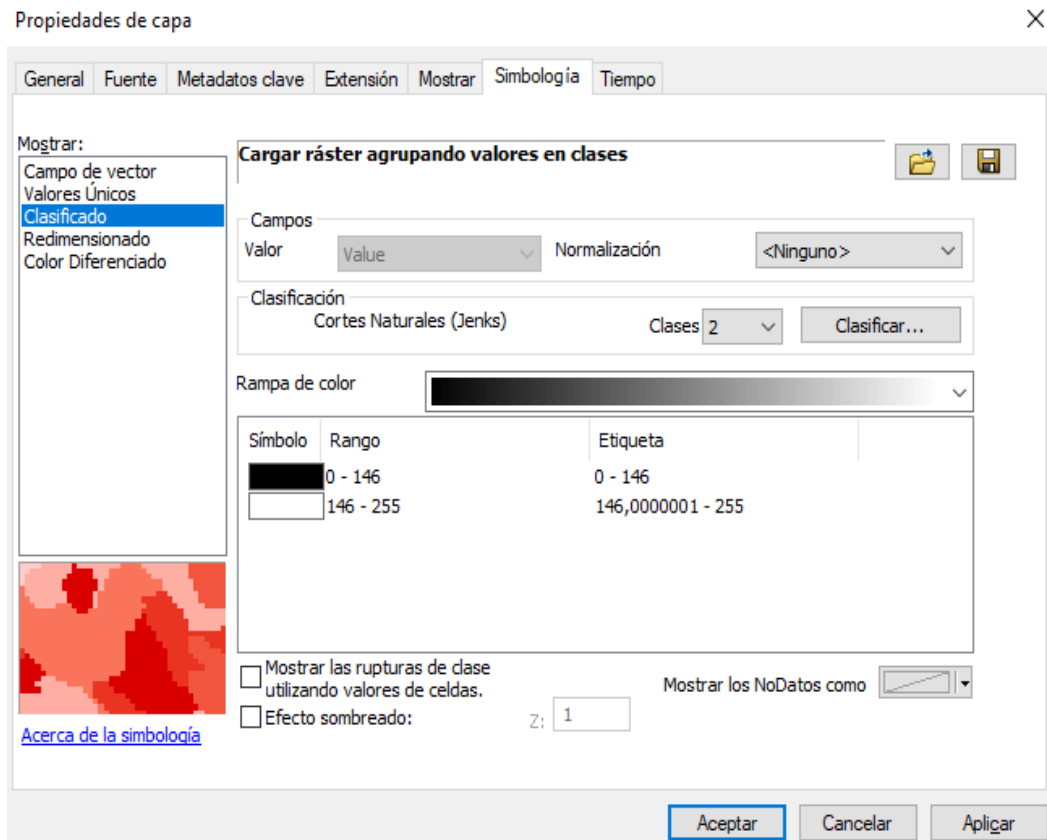


Anexo 19. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

18. Una vez creada la tabla nos vamos al icono clasificado y se verifica que las clases sean binarias y aceptar.

Anexo 20 Verificación de clases.

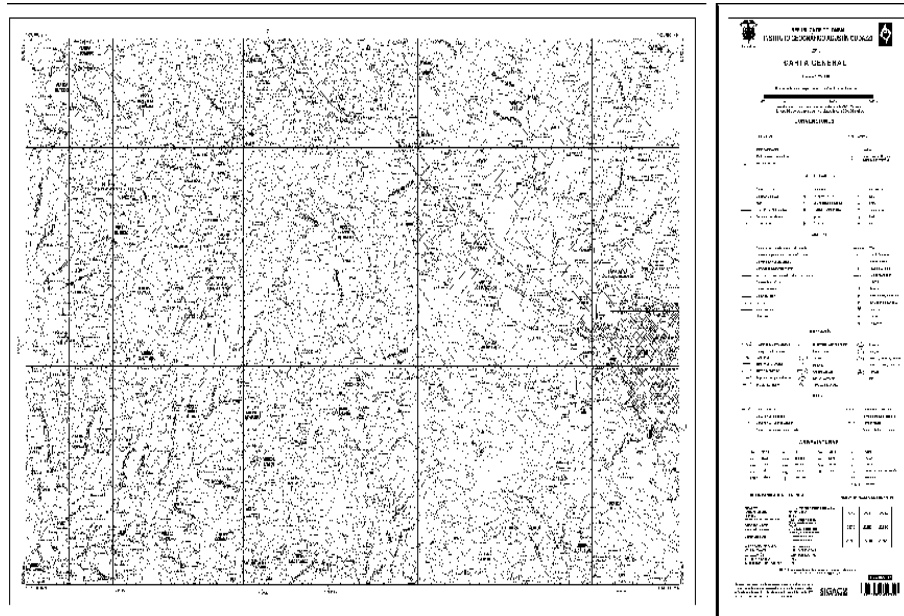


Anexo 20. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

19. Si el procedimiento quedó bien ejecutado se debería ver la imagen de la siguiente manera.

Anexo 21 Resultado de convertir la imagen a binario para su digitalización.

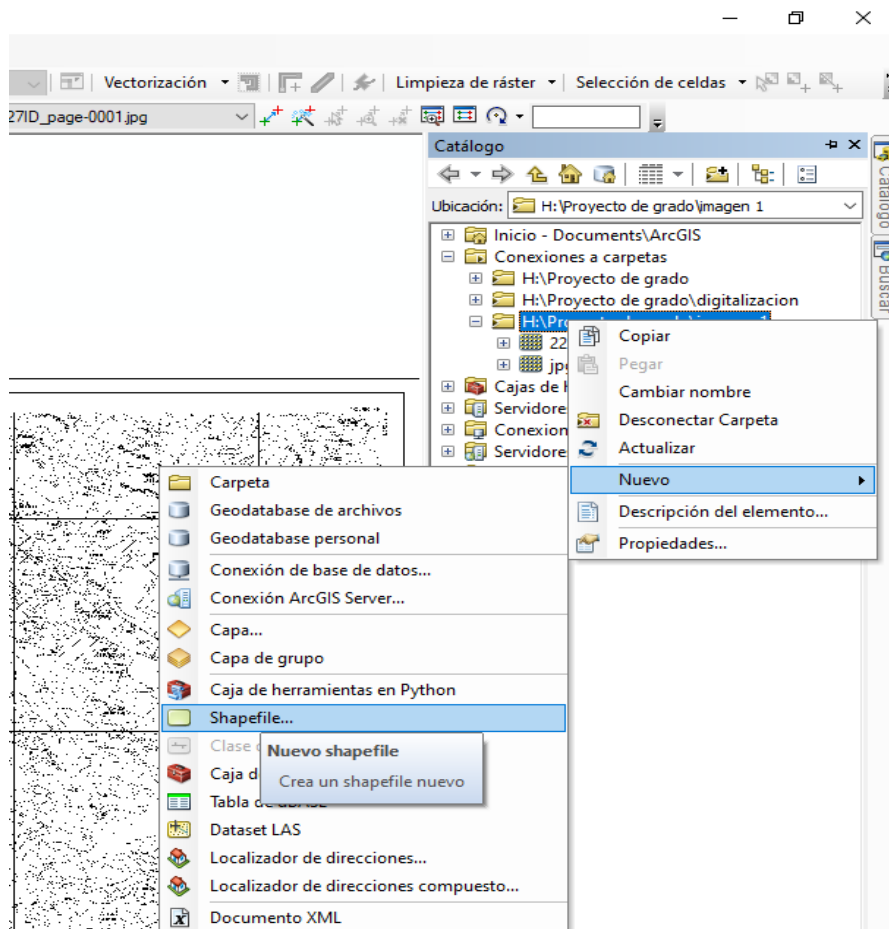


Anexo 21. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

20. Desprendemos la ventana catálogo, buscamos la carpeta donde se encuentre nuestro archivo, y creamos un nuevo *shapefile* y lo llamamos curvas de nivel y aceptar.

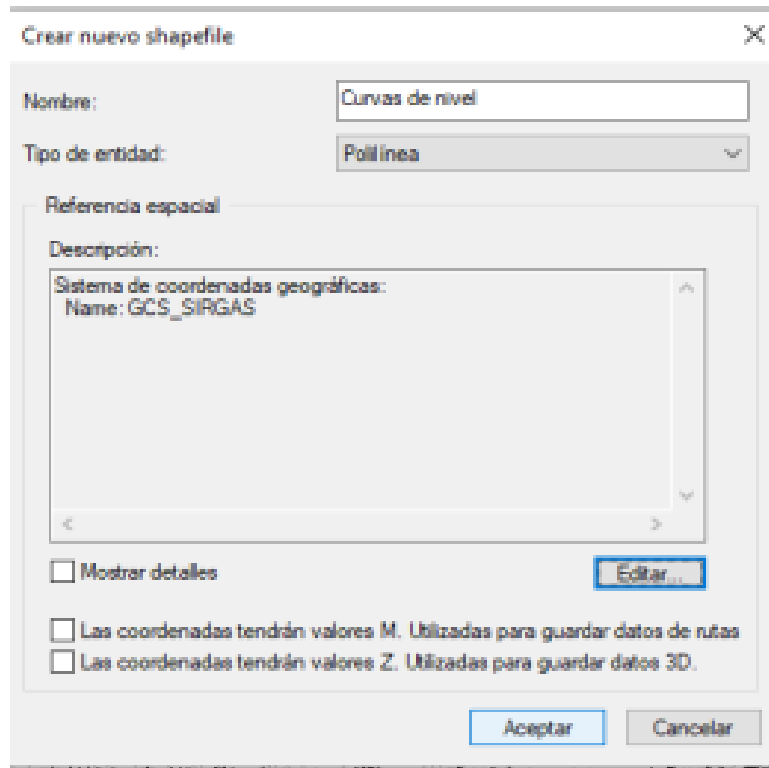
Anexo 22 Creación de shapefile paso 1.



Anexo 22. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 23 Creación de shapefile, dar nombre a el archivo paso 2.

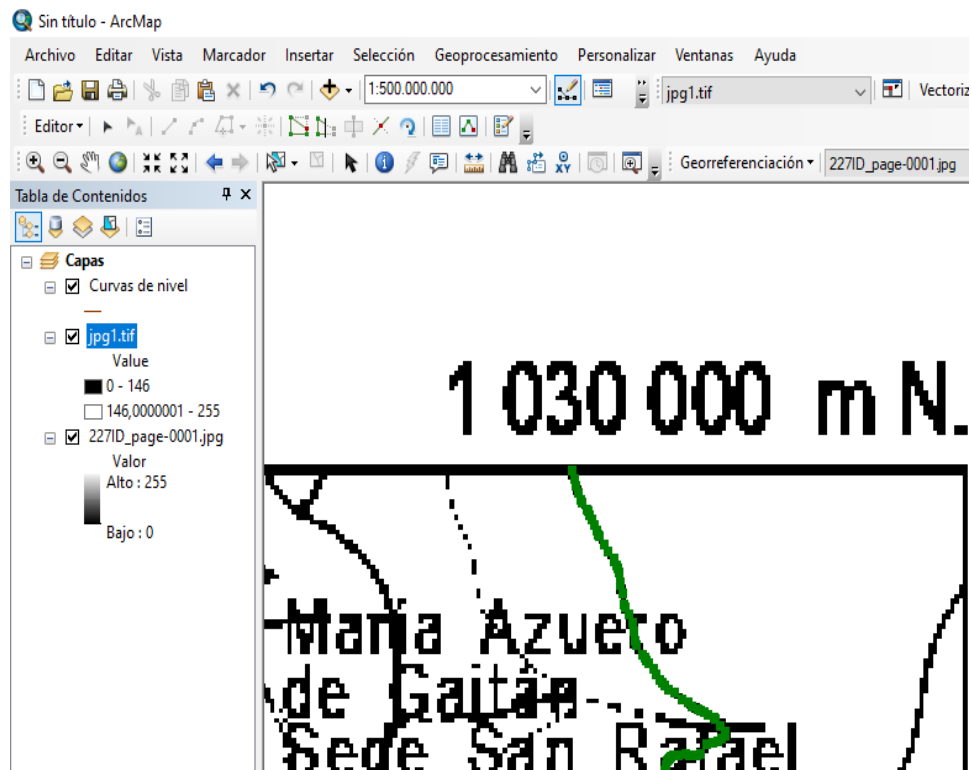


Anexo 23. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

21. Desplegamos la herramienta editor, y le damos en comenzar edición, e iniciamos a trabajar sobre las curvas de nivel, las cuales son del shapefile creado anteriormente.

Anexo 24 Digitalización de las curvas de nivel.

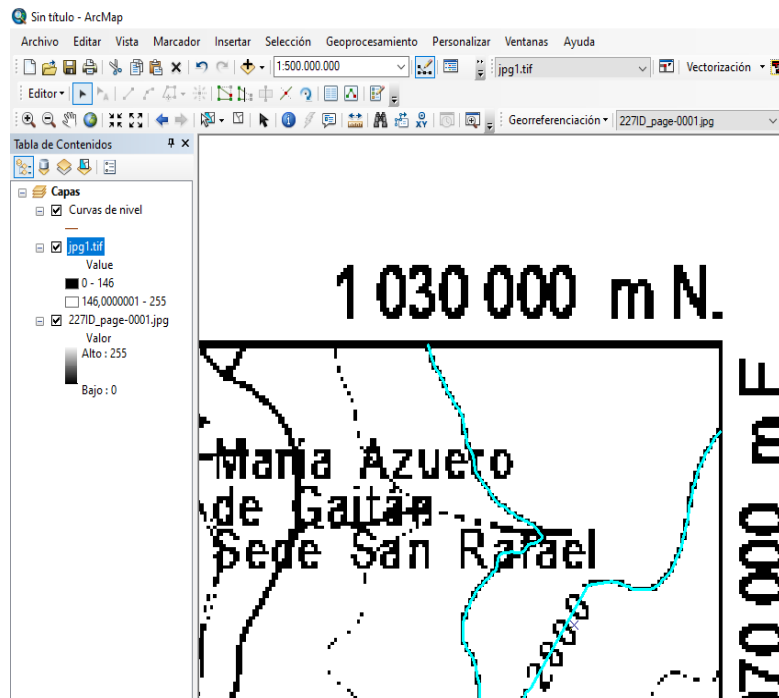


Anexo 24. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

22. Iniciamos la digitalización con la herramienta trazado de sectorización. Con la cual se evidencia que agiliza el proceso de digitalización de la plancha.

Anexo 25 Digitalización con herramienta sectorización.

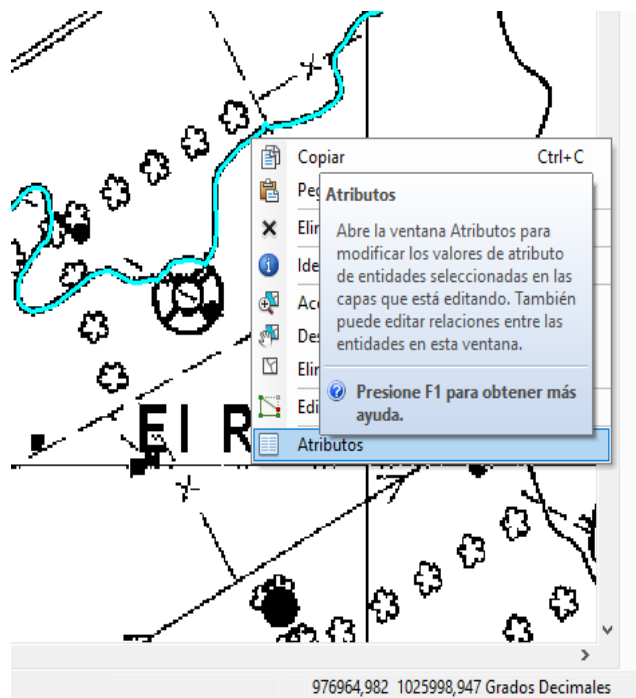


Anexo 25. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

23. Para asignar la elevación a la cota, se le da click derecho a la curva de nivel y se selecciona atributos, y se pone la cota.

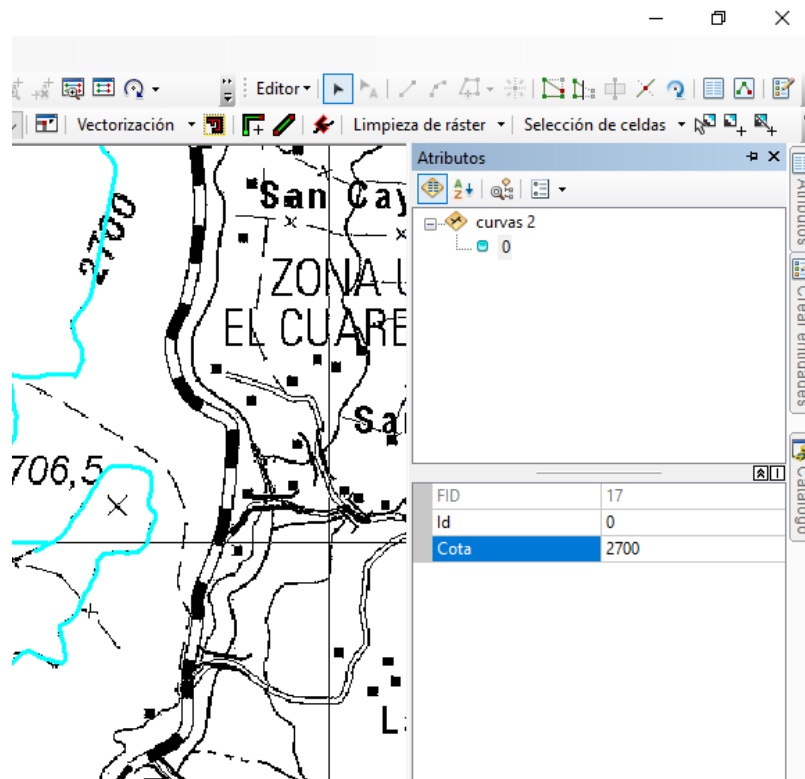
Anexo 26 Asignación de valores a cotas.



Anexo 26. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 27 Asignación de valores a cotas paso 2.

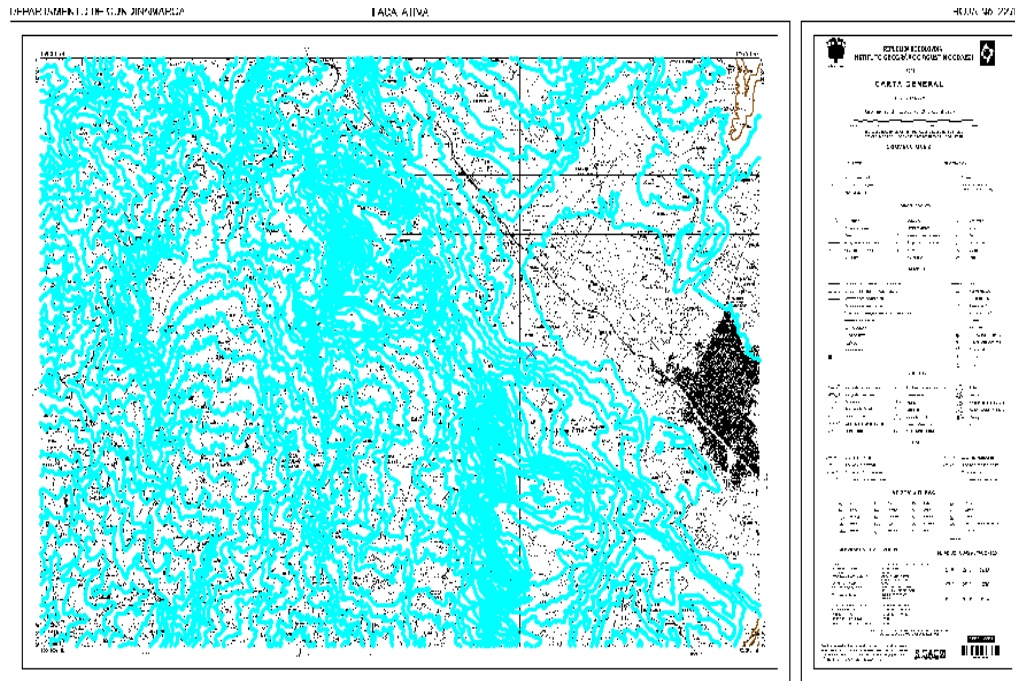


Anexo 27. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

24. Una vez finalizada la digitalización se debe ver de la siguiente manera.

Anexo 28 Digitalización completa de las curvas de nivel.

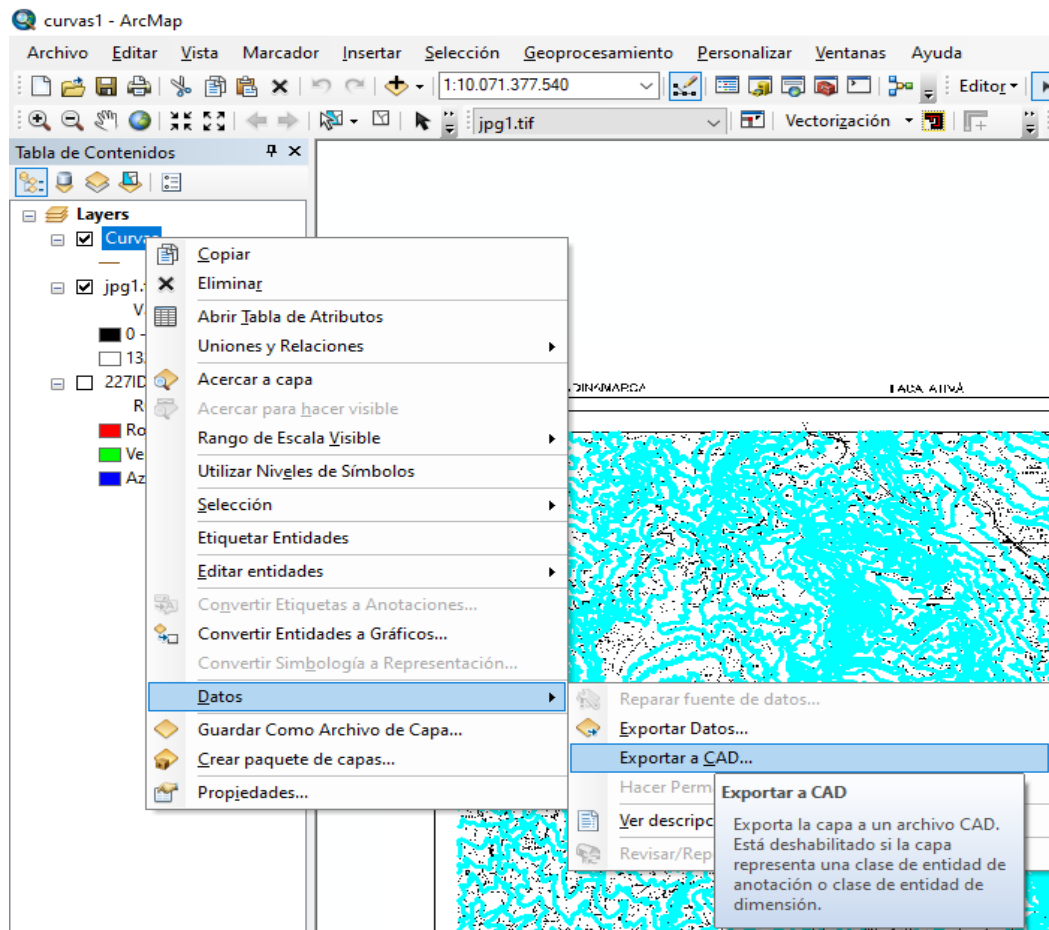


Anexo 28. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

25. Una vez terminadas las curvas de nivel se procede a exportar a un archivo CAD (DWG); se selecciona en la tabla de contenido el *Layer* denominado curvas, se le da click derecho, se selecciona la opción datos y finalmente se exporta a CAD.

Anexo 29 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D.

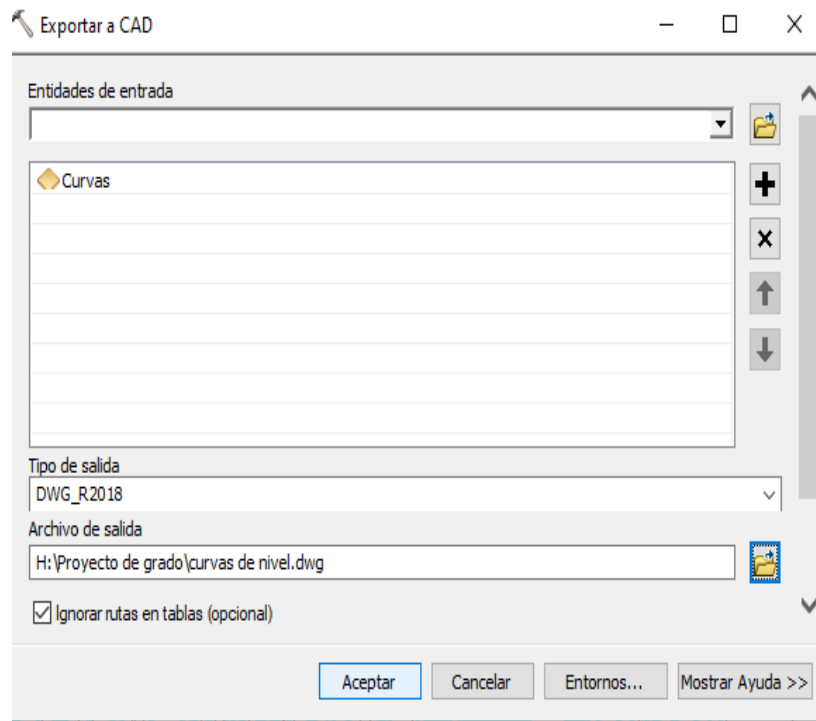


Anexo 29. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

26. Una vez se abra la ventana para exportar los datos se selecciona una carpeta donde se guardarán las curvas de nivel y se le da aceptar.

Anexo 30 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D paso 2.

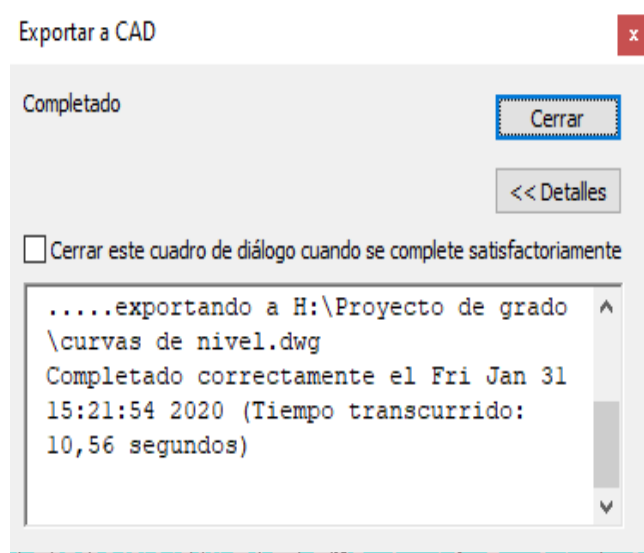


Anexo 30. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

27. Si el procedimiento quedo bien ejecutado debe aparecer una ventana confirmando que la exportación quedo completa.

Anexo 31 Exportar archivos a el software AutoCad Civil 3D paso 3.



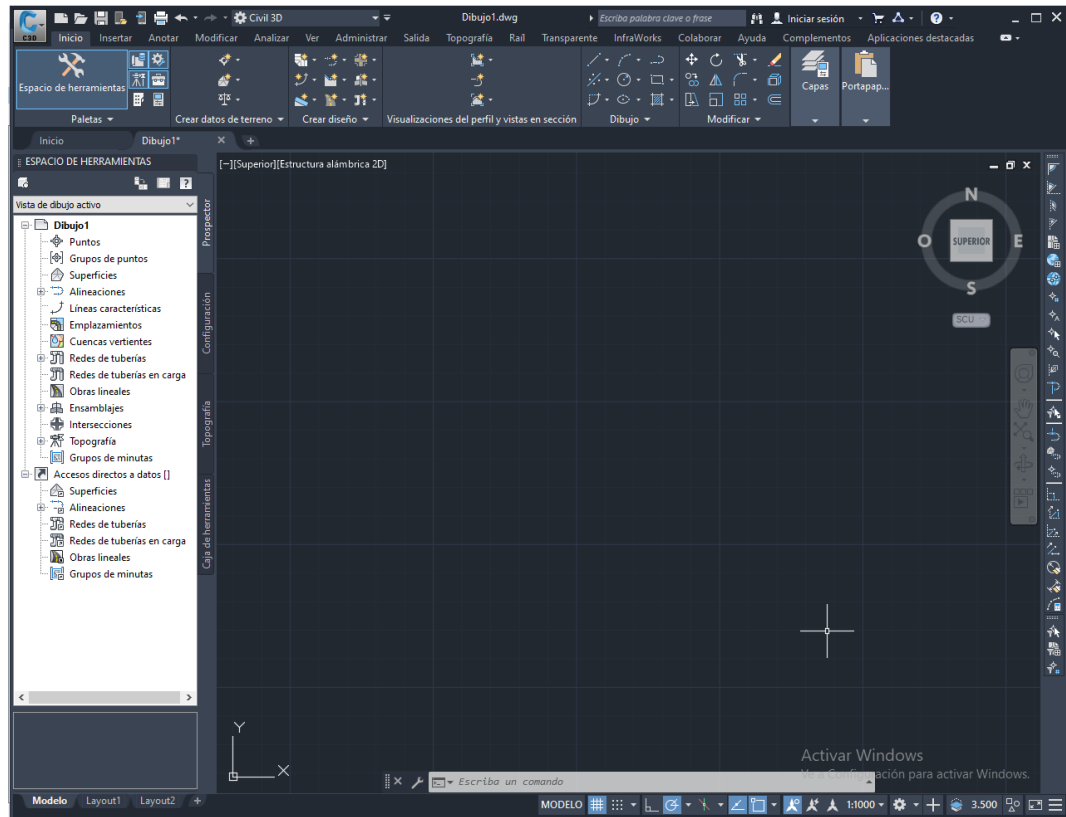
Anexo 31. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de ArcGIS que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. ArcGIS. (2019). ArcMap [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Pasos AutoCad Civil 3D

1. Vista general del programa AutoCad Civil 3D

Anexo 32 Vista general del software.



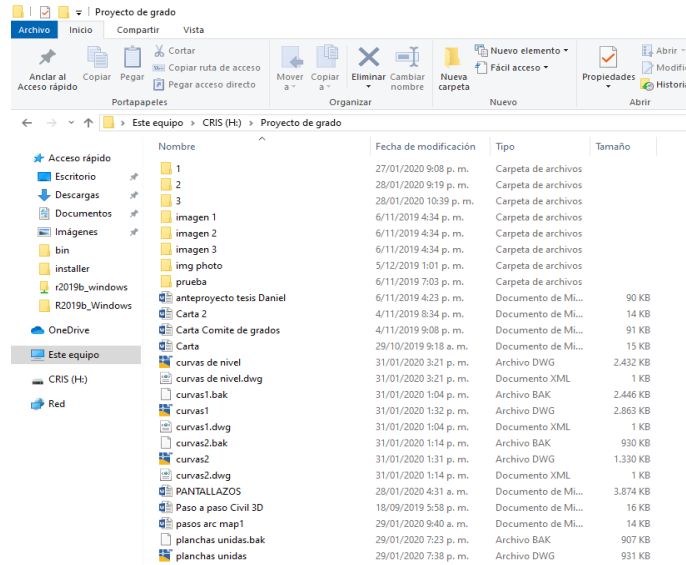
Anexo 32. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

2. Revisar la carpeta en donde se guardó el archivo CAD y se abre el programa y se deben evidenciar las curvas.

2.1 Búsqueda de documento CAD

Anexo 33 Exploración y verificación del documento CAD paso 1.

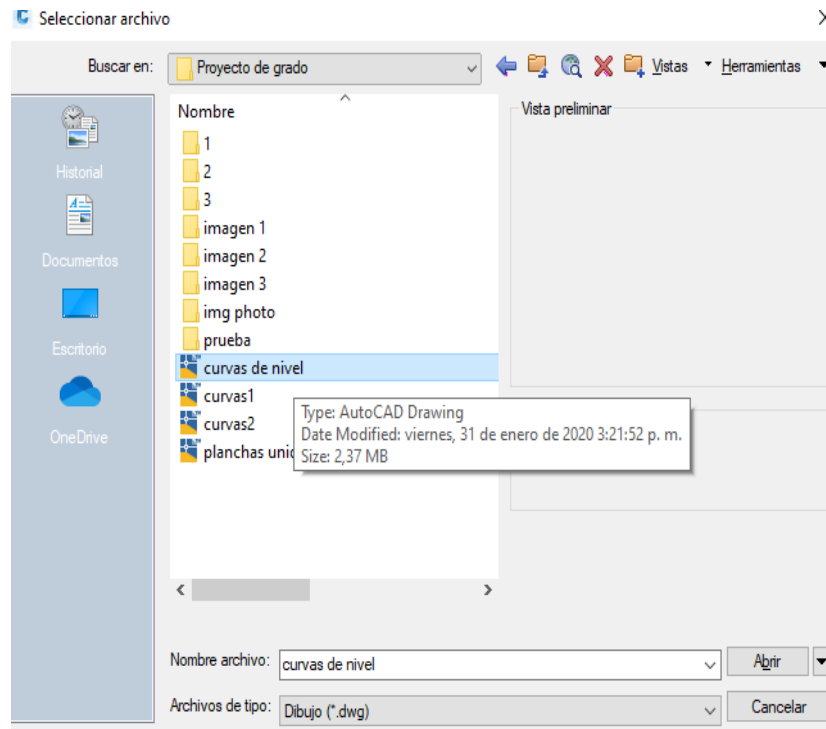


Anexo 33. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

2.2 (búsqueda de carpeta)

Anexo 34 Exploración y verificación del documento CAD paso 2.

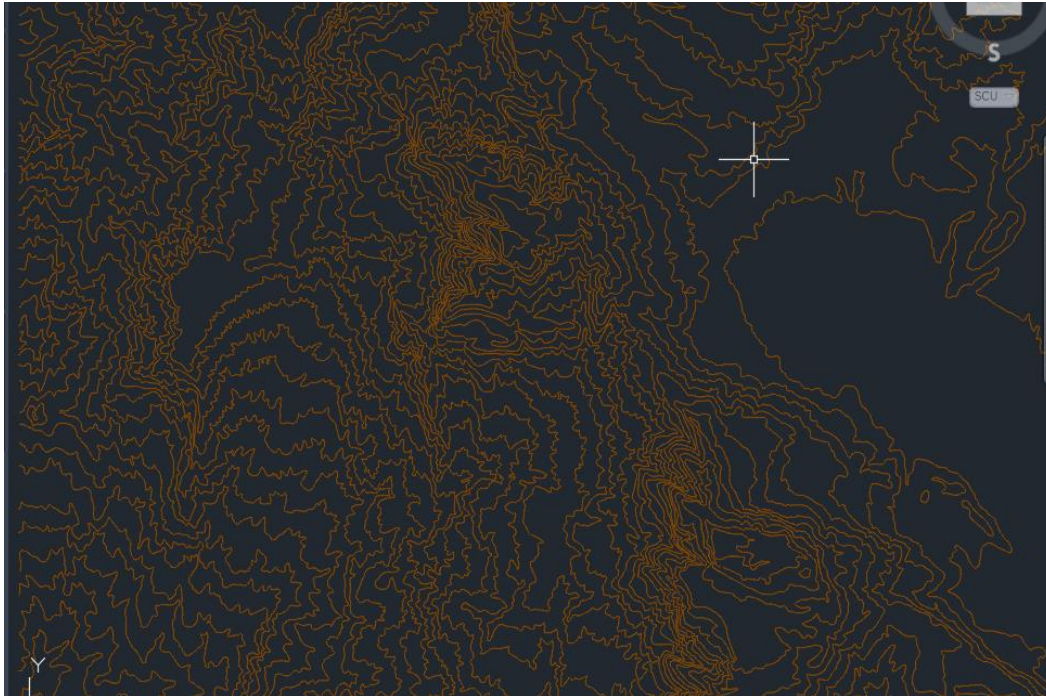


Anexo 34. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

2.3 (evidencia de las curvas de nivel)

Anexo 35 Exploración y verificación del documento CAD paso 3.

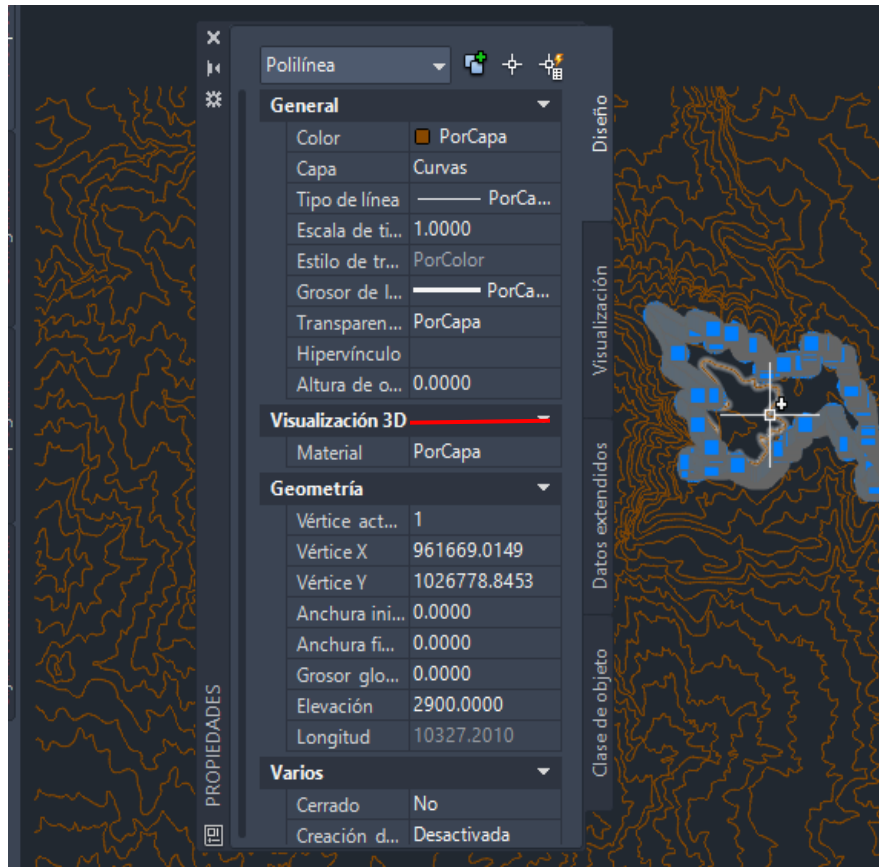


Anexo 35. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

3. Se debe verificar que las curvas sean contiguas y que tengan su respectiva elevación, para ello seleccionamos cualquier curva se da click derecho y se miran las propiedades, debe tener un valor asignado la elevación.

Anexo 36 Propiedades de las curvas de nivel.

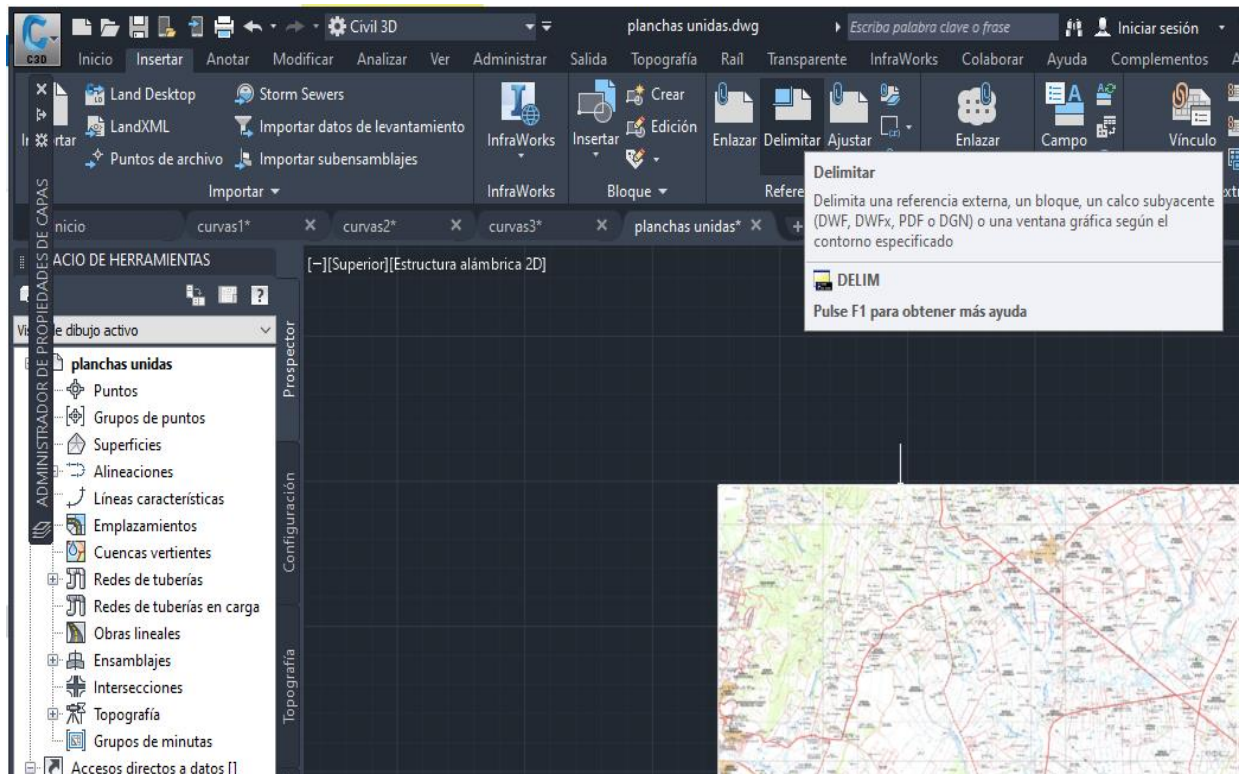


Anexo 36. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

4. Se debe repetir el proceso 2 y 3 con la cantidad de planchas que tenga el proyecto para nuestro caso 3 planchas.
5. Se insertan las imágenes de las planchas, se delimitan con el comando *delimitar*.

Anexo 37 Delimitación de imagen de plancha.

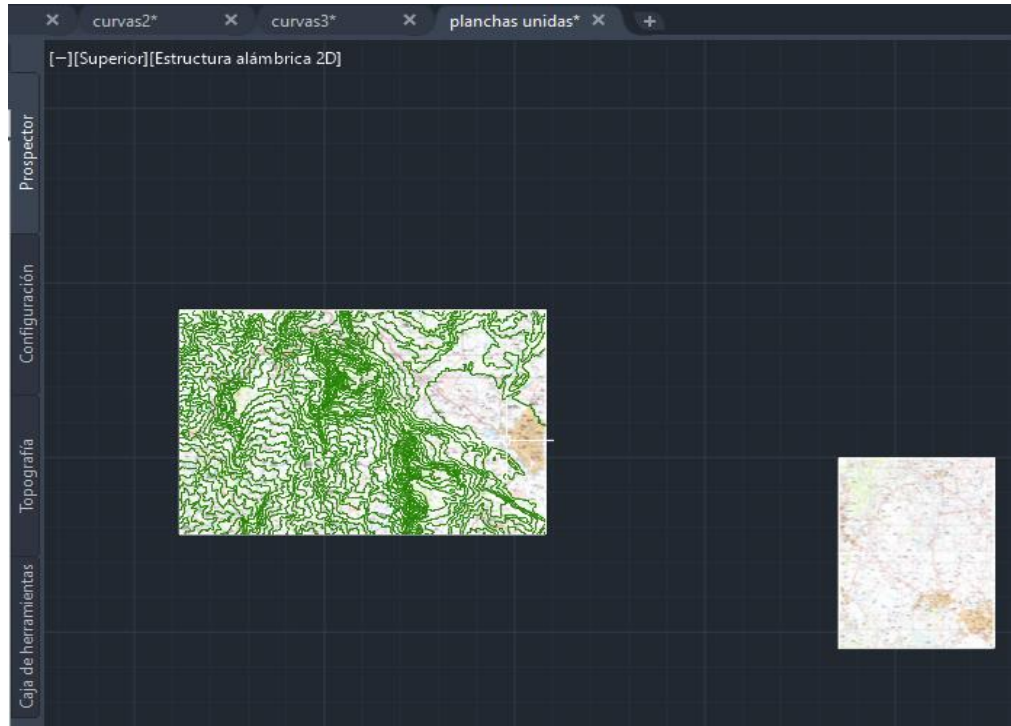


Anexo 37. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

6. Se escalan las imágenes concordantes a las curvas de nivel con el comando *escala*.

Anexo 38 Escalado de la imagen de la plancha.

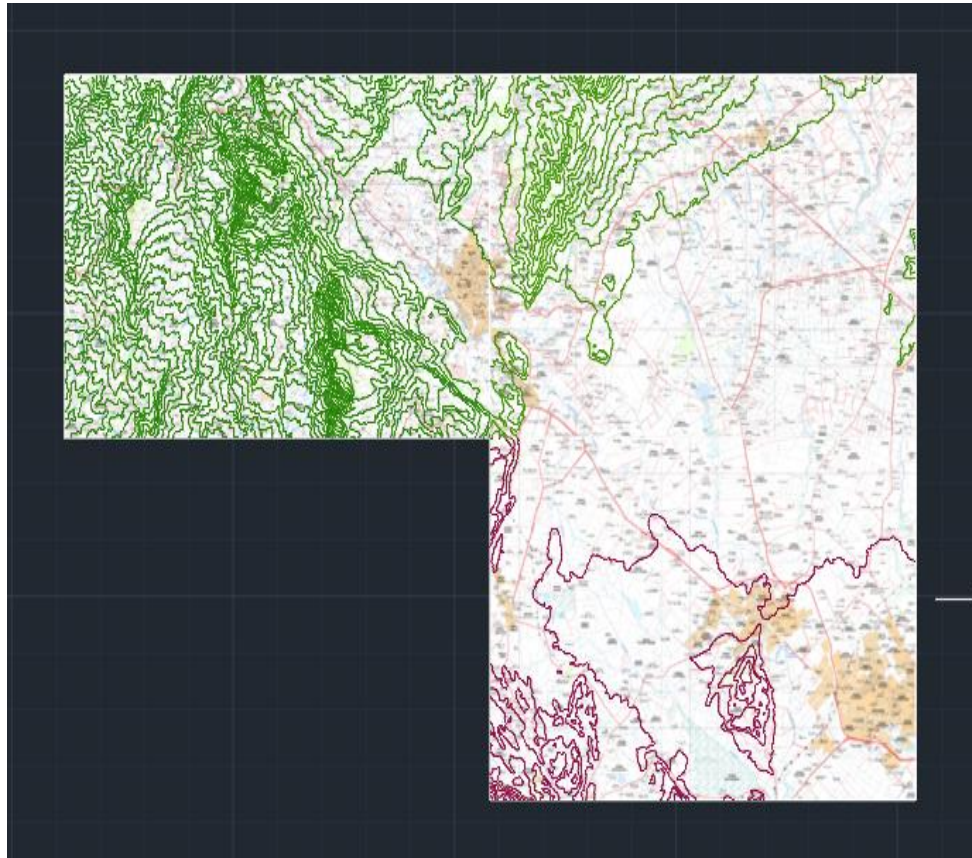


Anexo 38. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

7. Se repite el proceso 5 y 6 para las planchas necesarias en nuestro caso 3 planchas, una vez finalizado el proceso se debe ver de la siguiente manera.

Anexo 39 Unión de las planchas digitalizadas y escaladas.

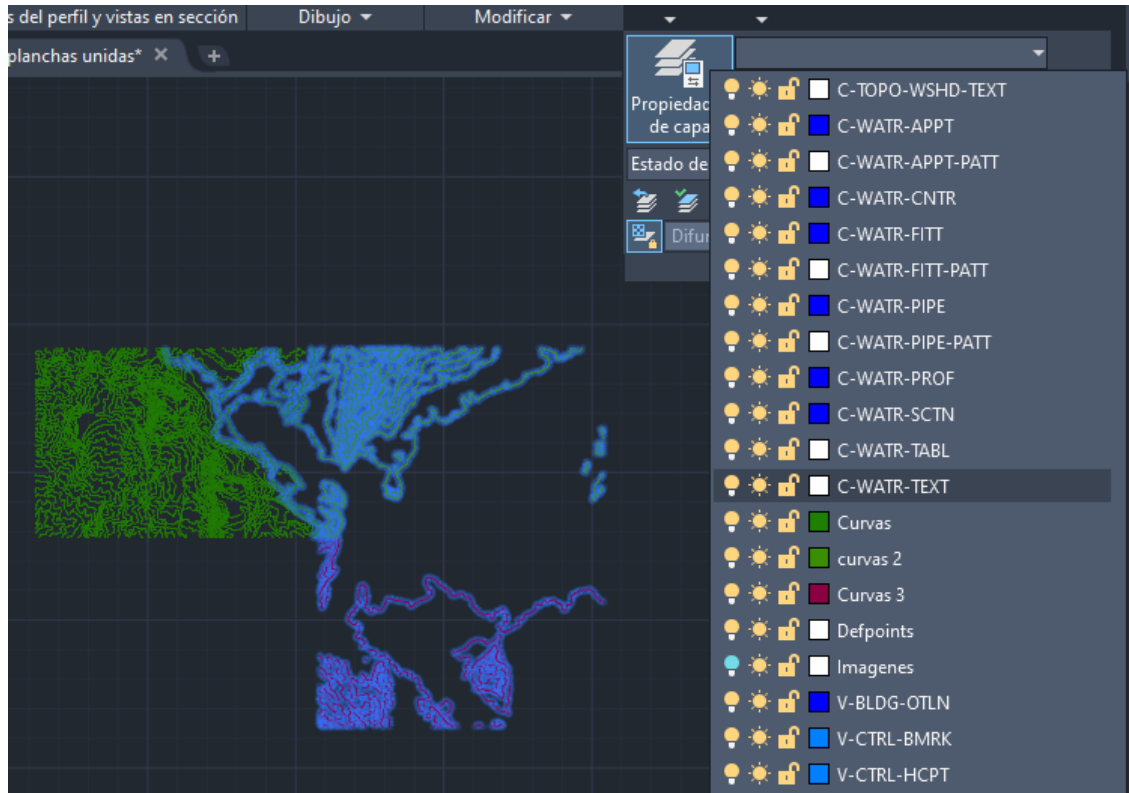


Anexo 39. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

8. Se debe crear un *layer* que contenga los 3 planos de las curvas de nivel y así unificarlas, se seleccionan todas las curvas de nivel se buscan las capas y se selecciona el *layer* curvas.

Anexo 40 Curvas de nivel digitalizadas en un mismo layer paso 1.

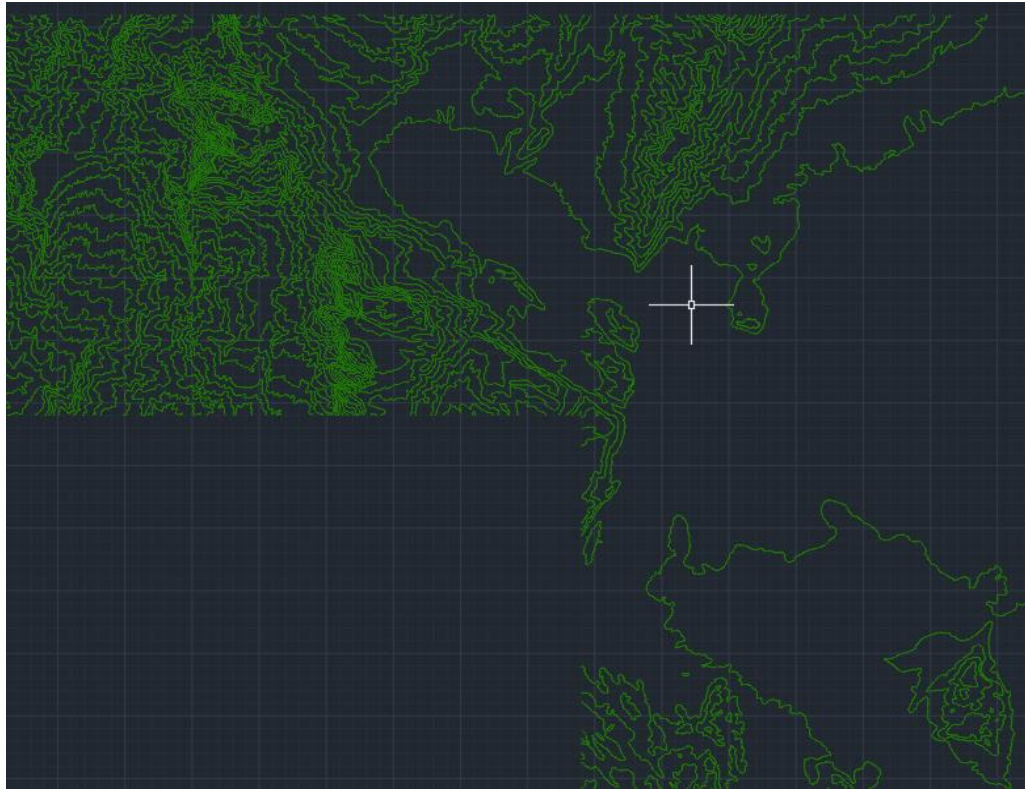


Anexo 40. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Se debe evidenciar que todas las curvas quedan del mismo color.

Anexo 41 Curvas de nivel digitalizadas en un mismo layer paso 2.

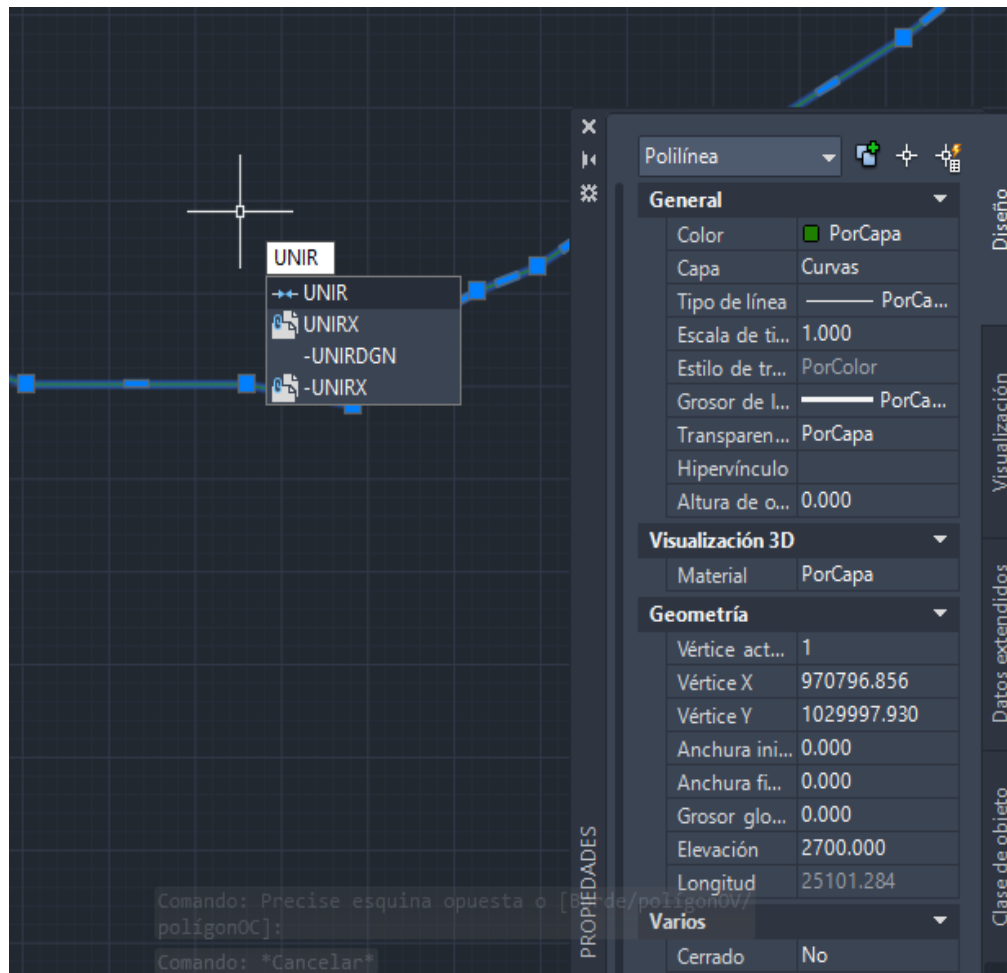


Anexo 41. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

9. Donde se intersecan los planos se deben unir las curvas de nivel ya que están desfasadas esto con ayuda del comando *unir*.

Anexo 42 Unión de curvas desfasadas.

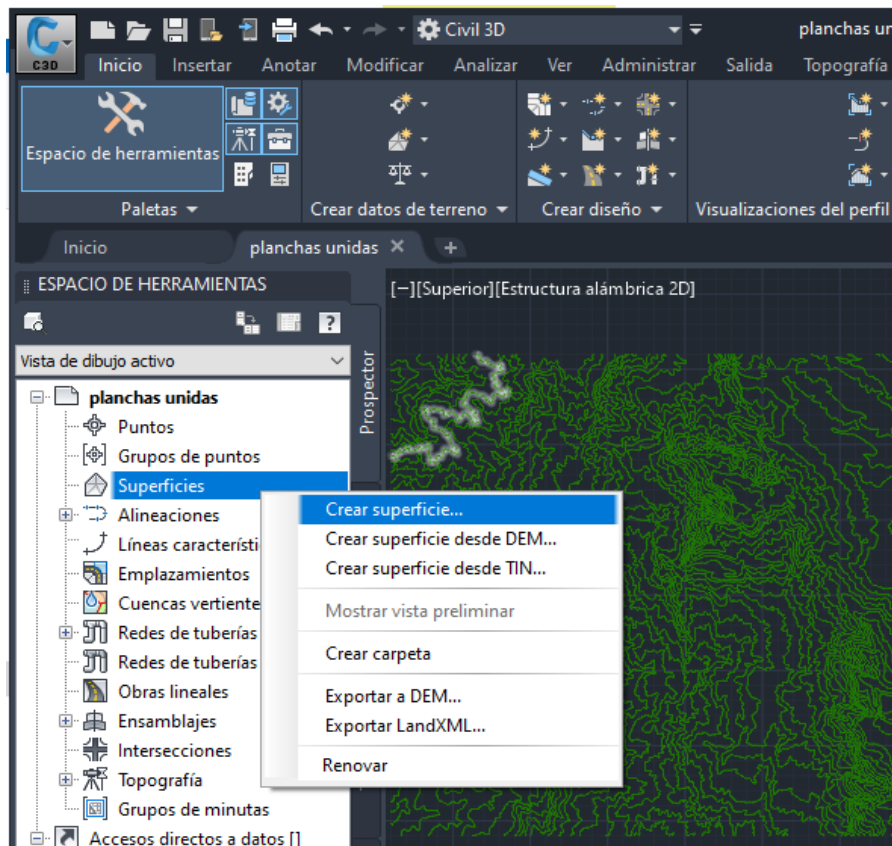


Anexo 42. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

10. Se procede a crear la superficie, se le da click derecho a la ventana *espacio de herramientas/prospector* y se crea la superficie, y se le da el nombre.

Anexo 43 Creación de la superficie del proyecto paso1.

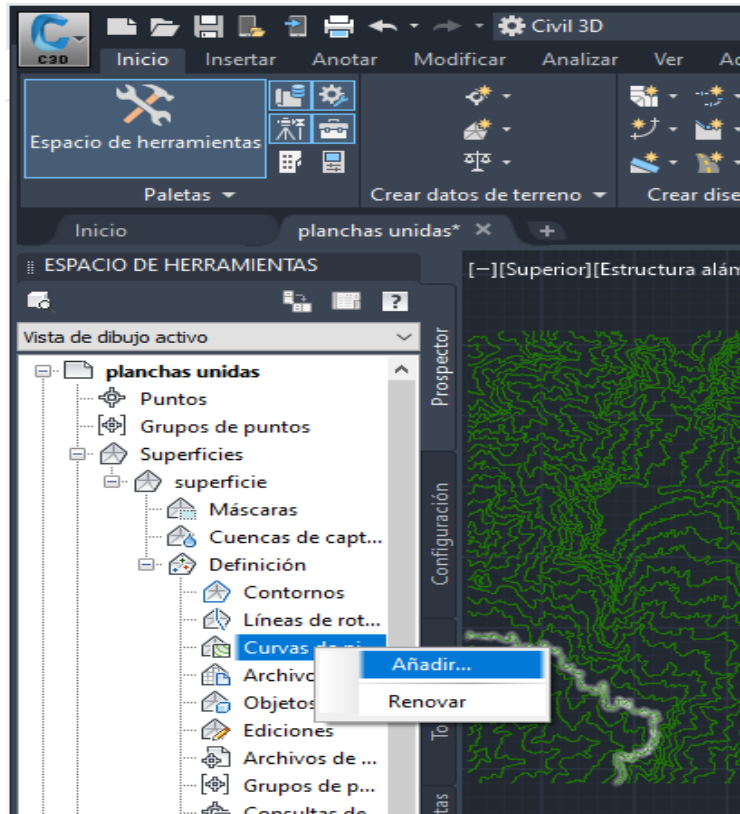


Anexo 43. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCAD que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

11. Se despliega la ventana crear superficie y se le da click, inmediatamente se despliega la ventana definición, y se la da click derecho en curvas de nivel, *añadir*, se abre una nueva ventana en la cual se indica el nombre y se da aceptar.

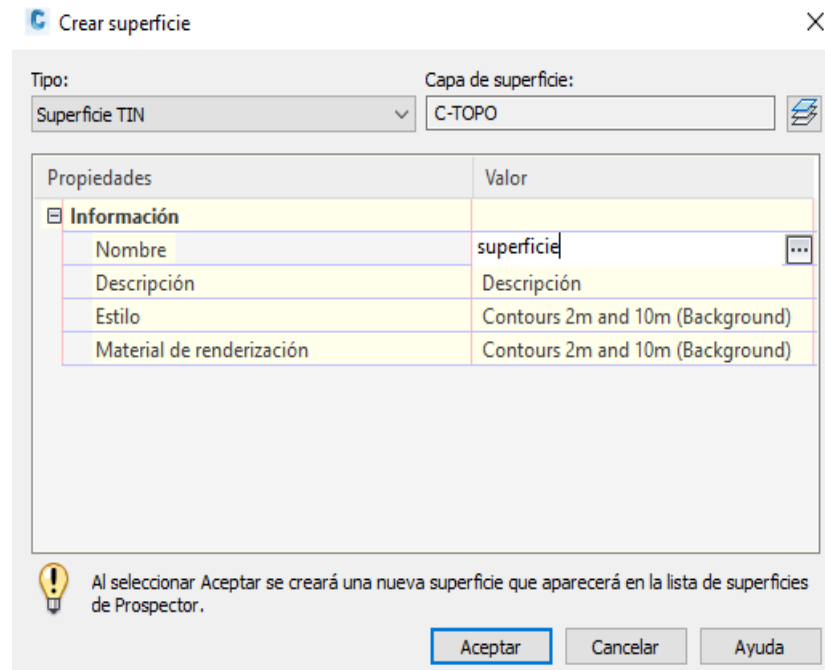
Anexo 44 Creación de la superficie del proyecto paso 2.



Anexo 44. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 45 Creación de la superficie del proyecto paso 3

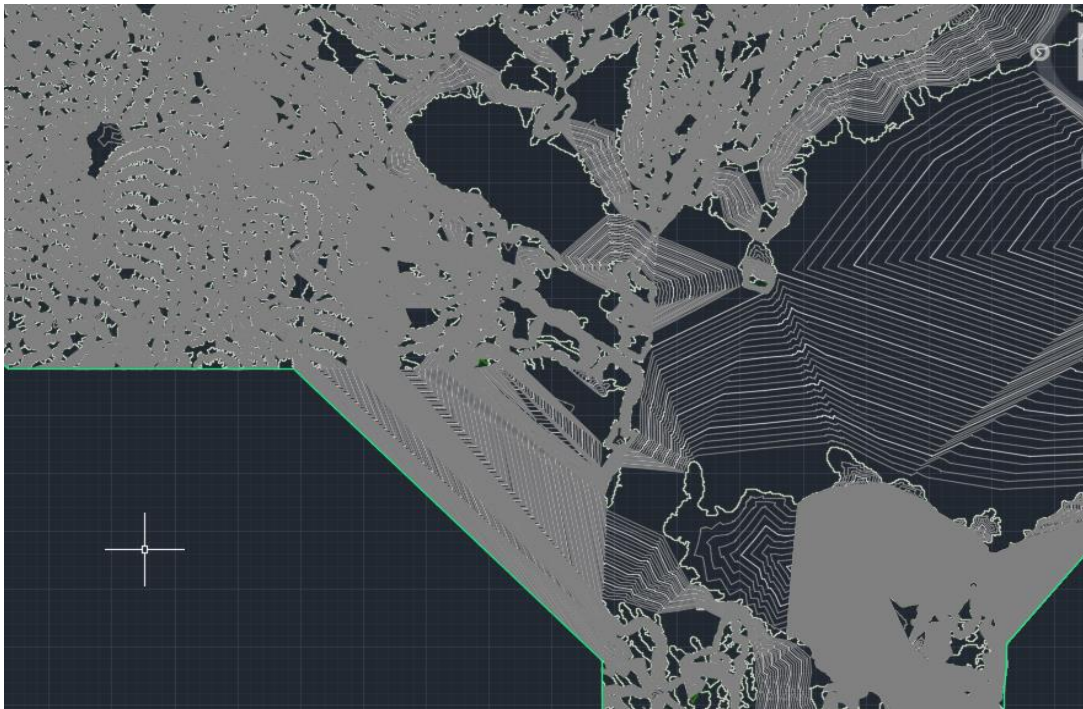


Anexo 45. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

12. Una vez se de aceptar se deben seleccionar todas las curvas de nivel y se da *enter* (el programa genera la superficie) si el procedimiento quedo mal se debe verificar el paso 9.
13. Si quedo bien ejecutado el procedimiento las curvas se ven en escalas de grises, además se puede verificar que quede en 3D cambiando las vistas.

Anexo 46 Superficie del proyecto completada viste en planta.



Anexo 46. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 47 Superficie del proyecto vista frontal.

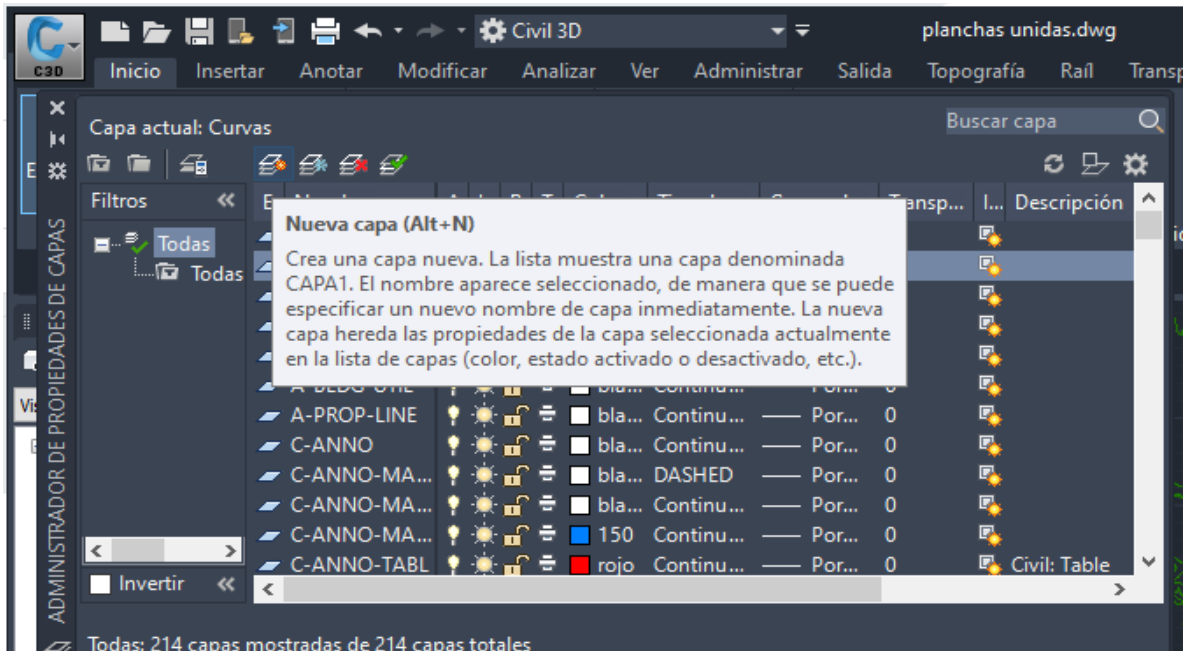


Anexo 47. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

14. Se crea un nuevo *Layer* y se le asigna el nombre de alineamiento, sin modificar ninguna de sus propiedades a excepción del grosor de la línea con el fin de evidenciar el trayecto del trazado.

Anexo 48 Layer para el trazado del alineamiento del proyecto.

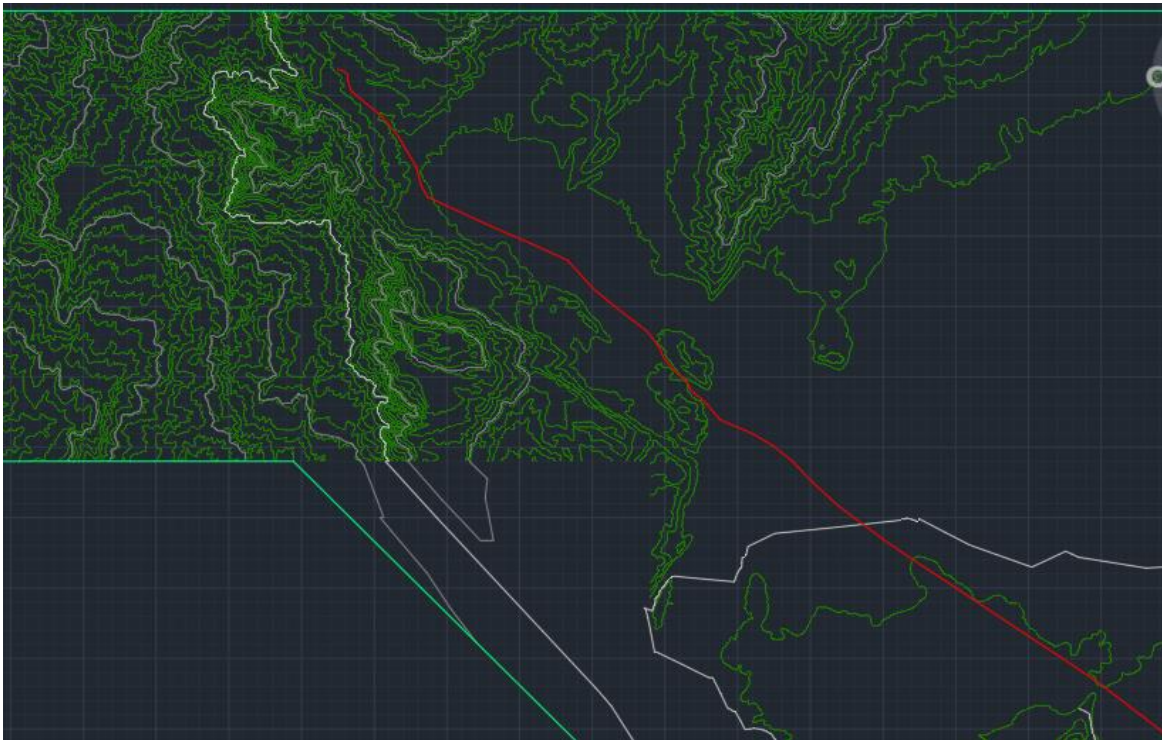


Anexo 48. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

15. Se traza el alineamiento teniendo en cuenta que lo que se busca es reducir la modificación del terreno (evitar cortes y rellenos), para tener una buena relación beneficios/costos, además el ferrocarril debe pasar por puntos estratégicos de la zona como lo son; poblaciones y áreas productivas.

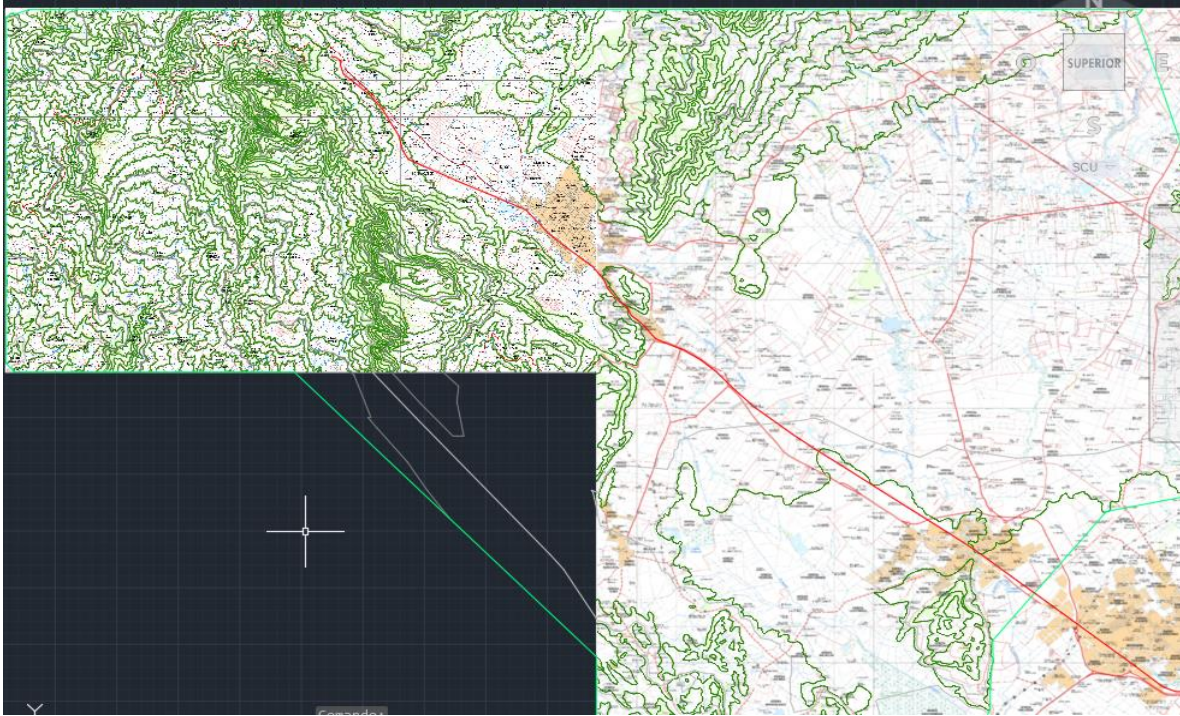
Anexo 49 Trazado del alineamiento.



Anexo 49 Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 50 Trazado del alineamiento con la imagen de la plancha.

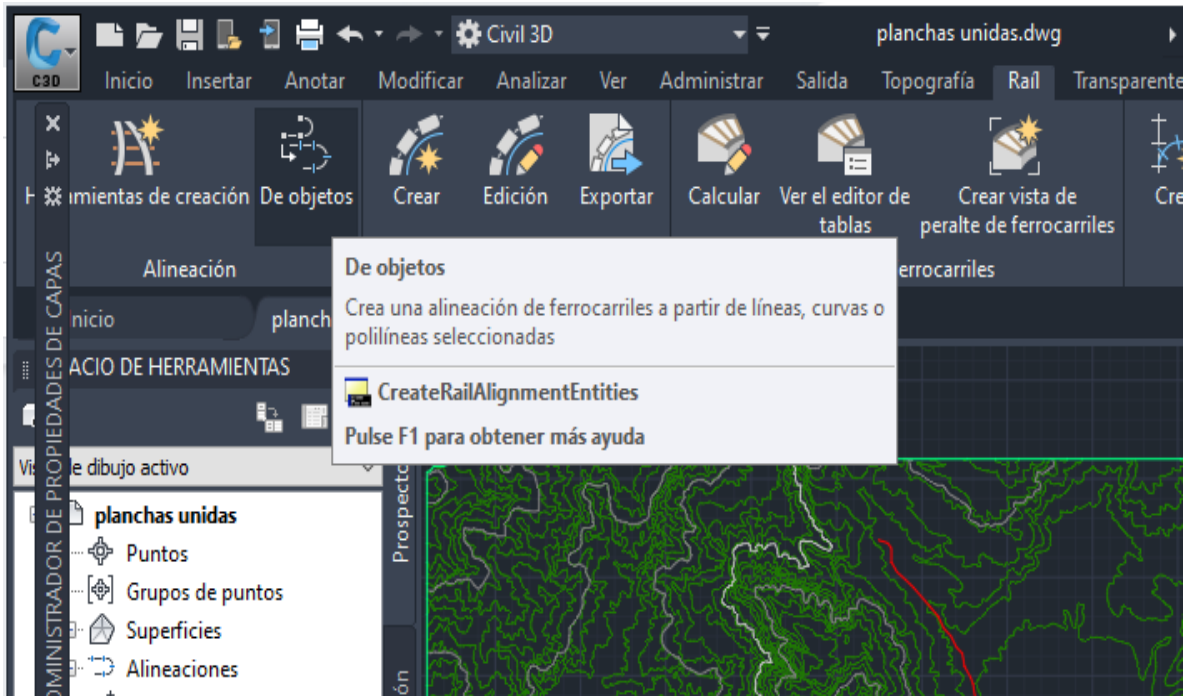


Anexo 50. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

16. Con ayuda de la paleta de herramientas *Rail* – se crea la alineación *De objetos*.

Anexo 51 A partir del alineamiento se crea la vía férrea.

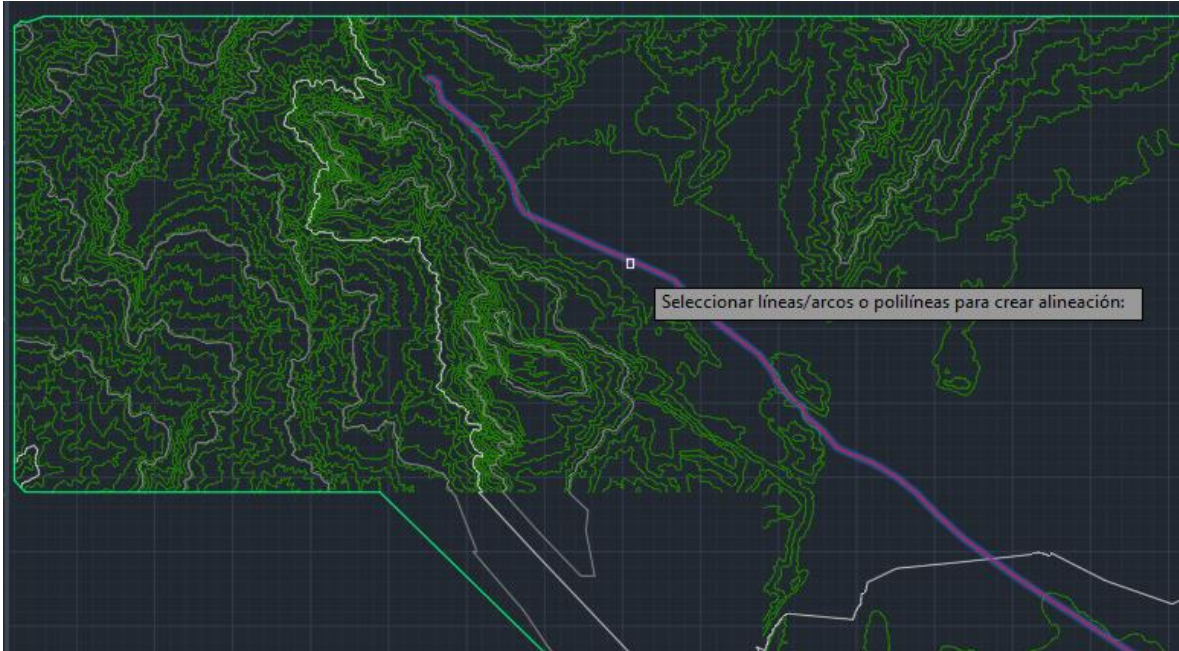


Anexo 51. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

17. Se selecciona el alineamiento y se le da *enter*, el programa nos pedirá seleccionar el sentido del ferrocarril, pero como es bidireccional lo omitimos y damos de nuevo *enter*.

Anexo 52 Sentido del trazado de la vía férrea.

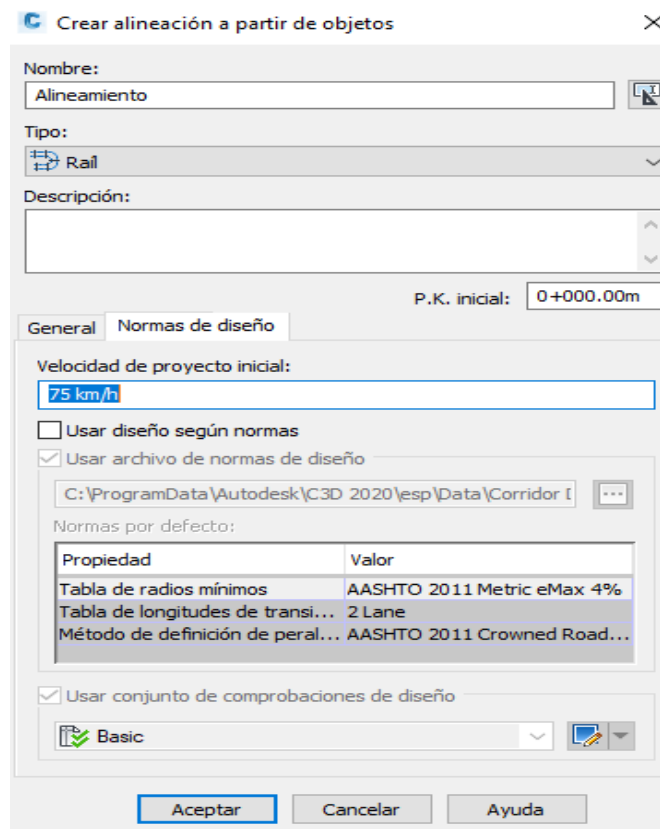


Anexo 52. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

18. Se abrirá una ventana para modificar el alineamiento, se le asigna nombre, y cambiamos al tipo *rail* el cual se usa para ferrocarril, y asignamos la velocidad, para nuestro caso 75km/h el cual es un promedio de las velocidades dadas por el documento técnico de la empresa férrea regional y le damos aceptar.

Anexo 53 Asignación de nombre, tipo de vía y velocidad.

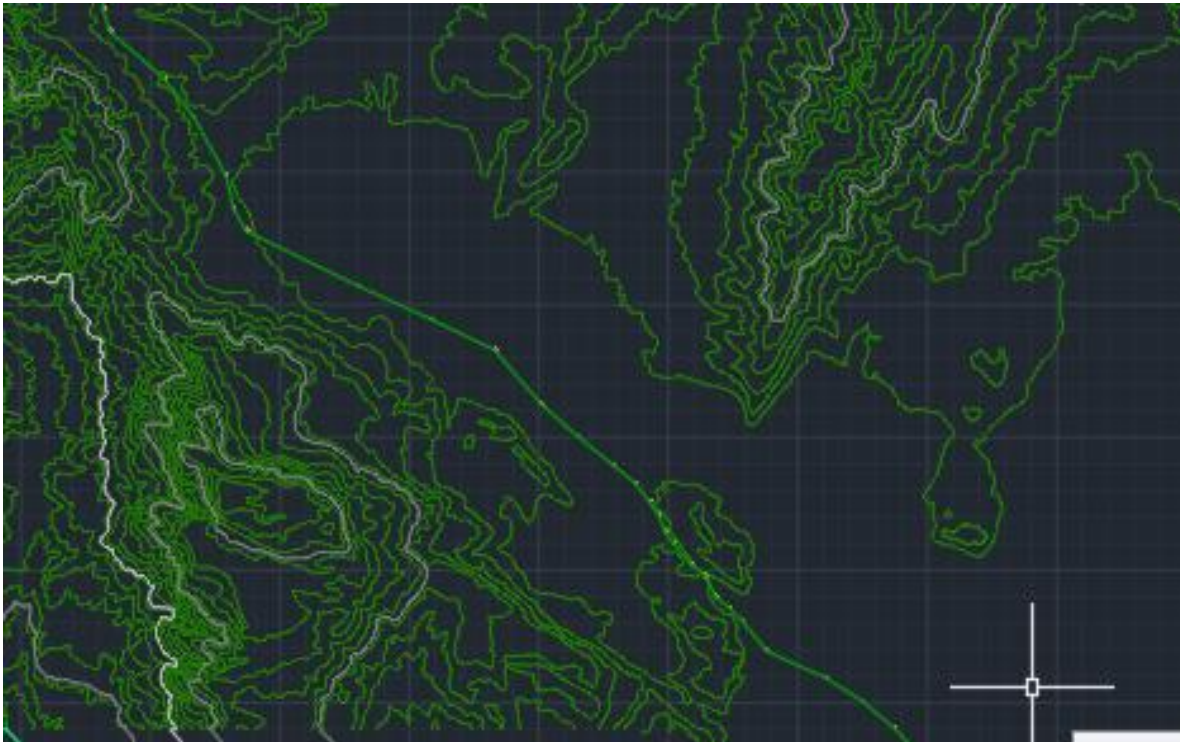


Anexo 53. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

19. El programa automáticamente dibuja el alineamiento donde se evidencian los radios y las curvas.

Anexo 54 Parte final de la creación del alineamiento.

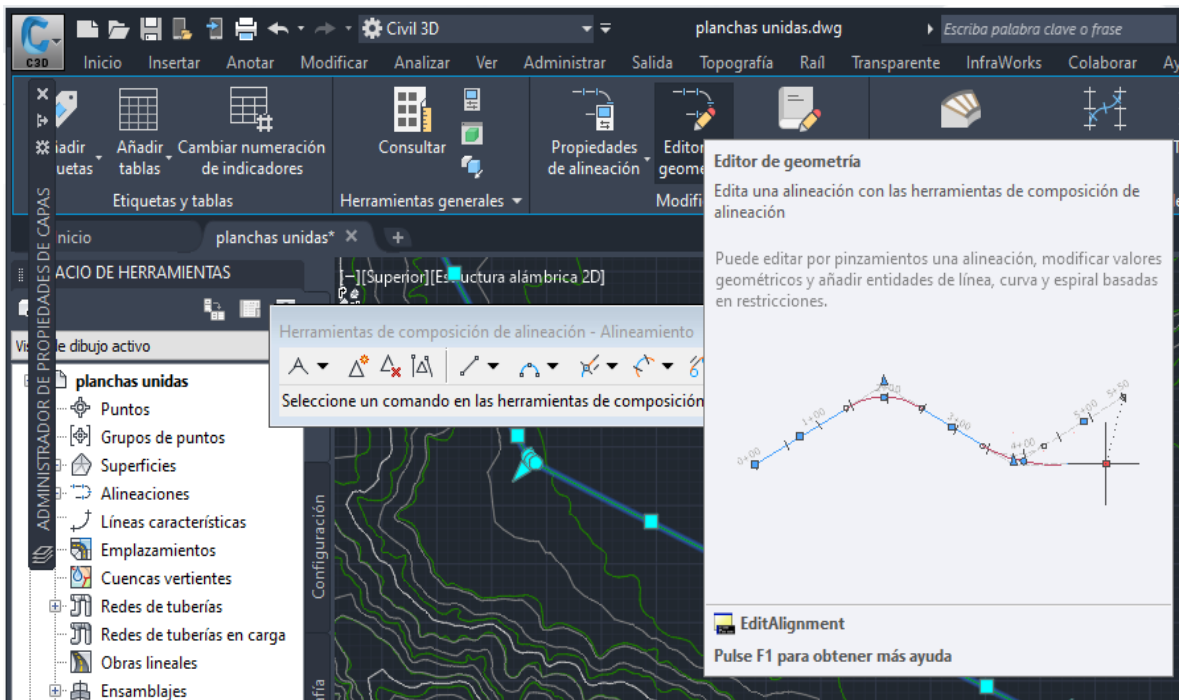


Anexo 54. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

20. Se selecciona el alineamiento, le damos en la herramienta *editor de geometría* y se abre una ventana de herramientas de composición de alineación.

Anexo 55 Herramienta editor de geometría

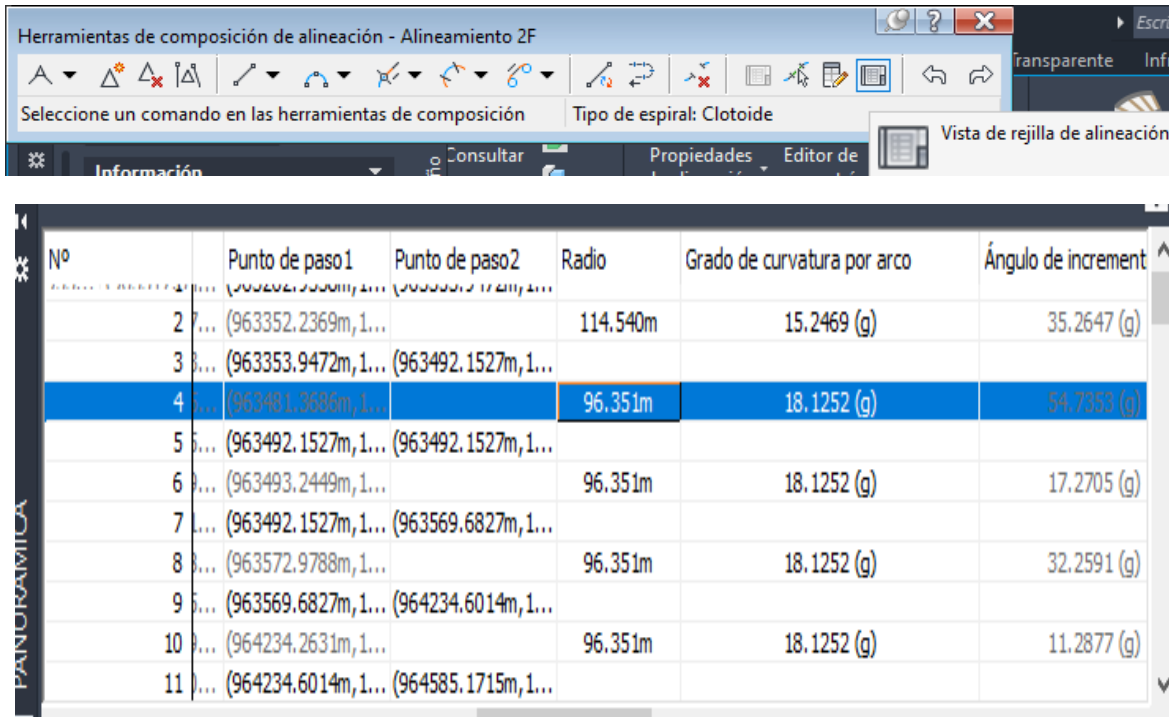


Anexo 55. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

21. Se abre la vista de rejilla de alineación, en la cual se pueden modificar los radios, entre tangencias, longitud de cuerda, etc, Las cuales están estipuladas en el Manual de normatividad férrea (AREMA)

Anexo 56 Cambio de características de la vía férrea.



Herramientas de composición de alineación - Alineamiento 2F

Seleccione un comando en las herramientas de composición Tipo de espiral: Clotoide

Vista de rejilla de alineación

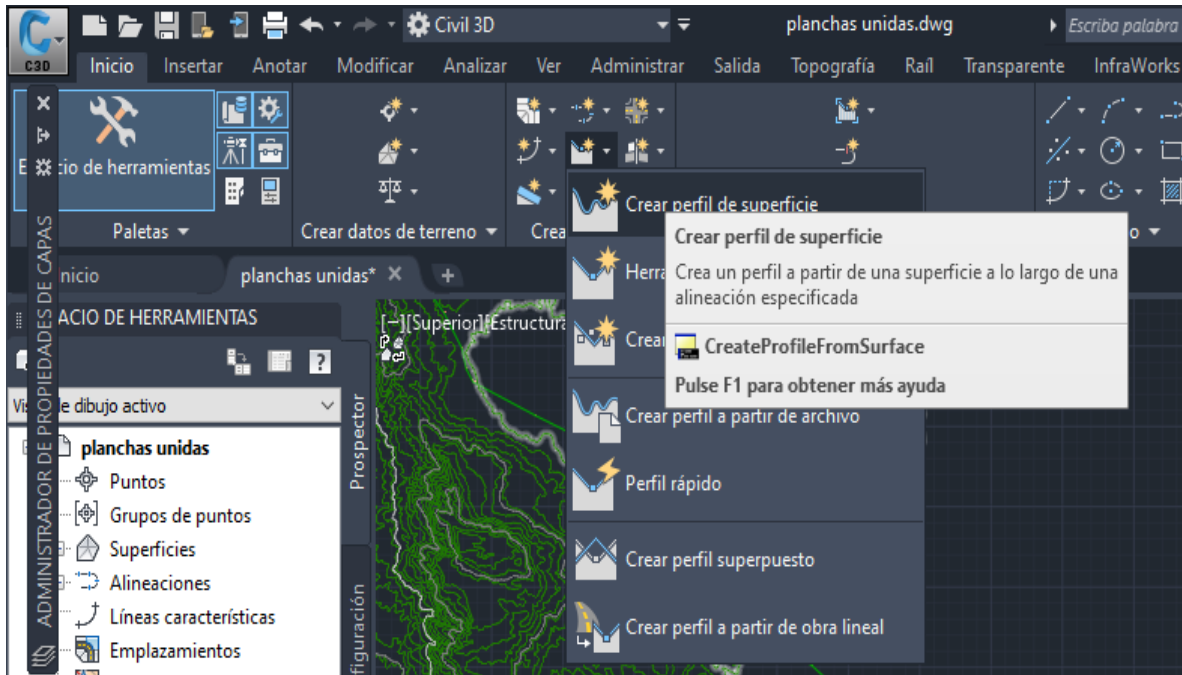
Nº	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de increment
2	(963352.2369m,1...		114.540m	15.2469 (g)	35.2647 (g)
3	(963353.9472m,1...	(963492.1527m,1...			
4	(963491.3686m,1...		96.351m	18.1252 (g)	54.7353 (g)
5	(963492.1527m,1...	(963492.1527m,1...			
6	(963493.2449m,1...		96.351m	18.1252 (g)	17.2705 (g)
7	(963492.1527m,1...	(963569.6827m,1...			
8	(963572.9788m,1...		96.351m	18.1252 (g)	32.2591 (g)
9	(963569.6827m,1...	(964234.6014m,1...			
10	(964234.2631m,1...		96.351m	18.1252 (g)	11.2877 (g)
11	(964234.6014m,1...	(964585.1715m,1...			

Anexo 56. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

22. Le damos en la herramienta *perfil – crear perfil de superficie*, se debe verificar que se tenga el alineamiento y la superficie previamente creadas.

Anexo 57 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 1.

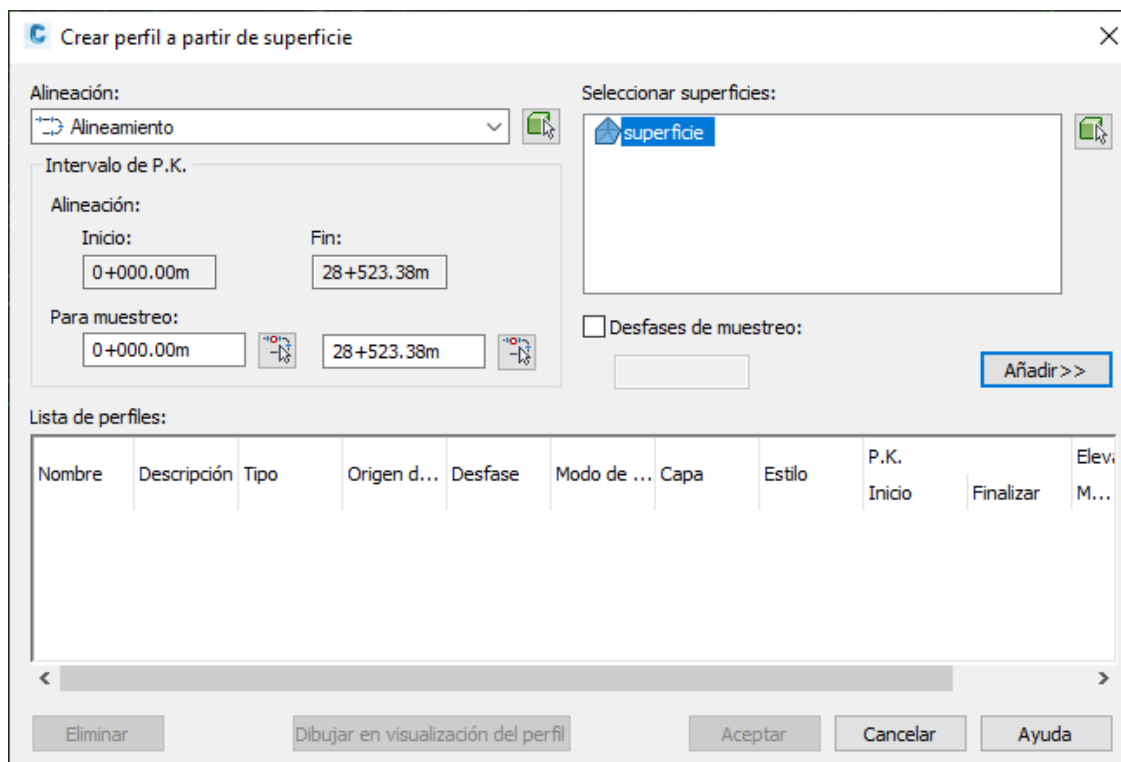


Anexo 57. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

23. Se le da añadir el alineamiento y la superficie a la lista de perfiles, posteriormente se le da en *Dibujar en visualización de perfil*.

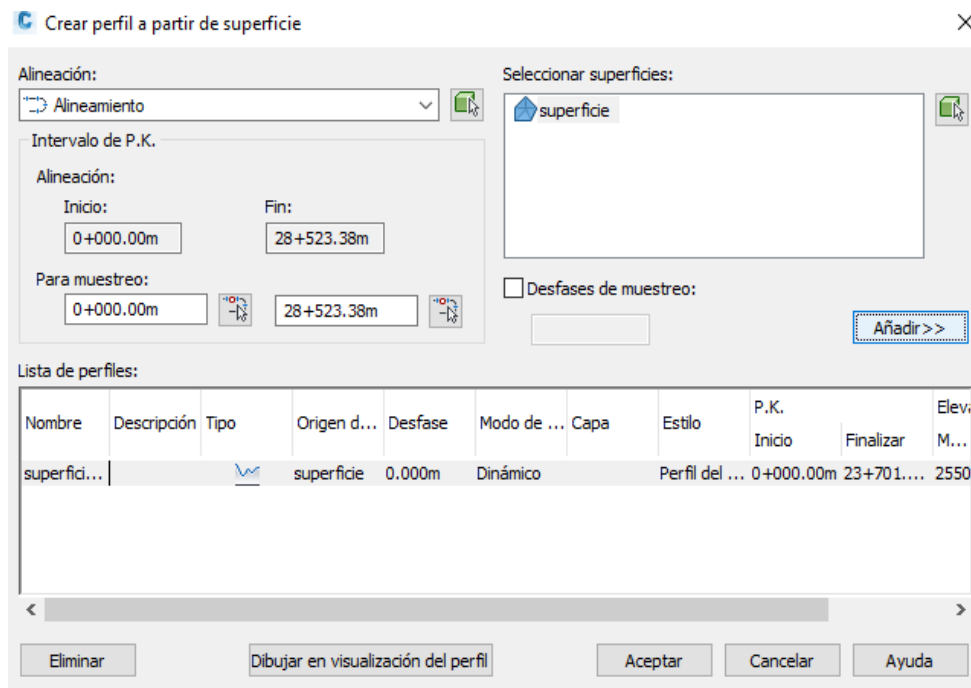
Anexo 58 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 2.



Anexo 58. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 59 Creación del Perfil del proyecto del alineamiento frente a la superficie paso 3.

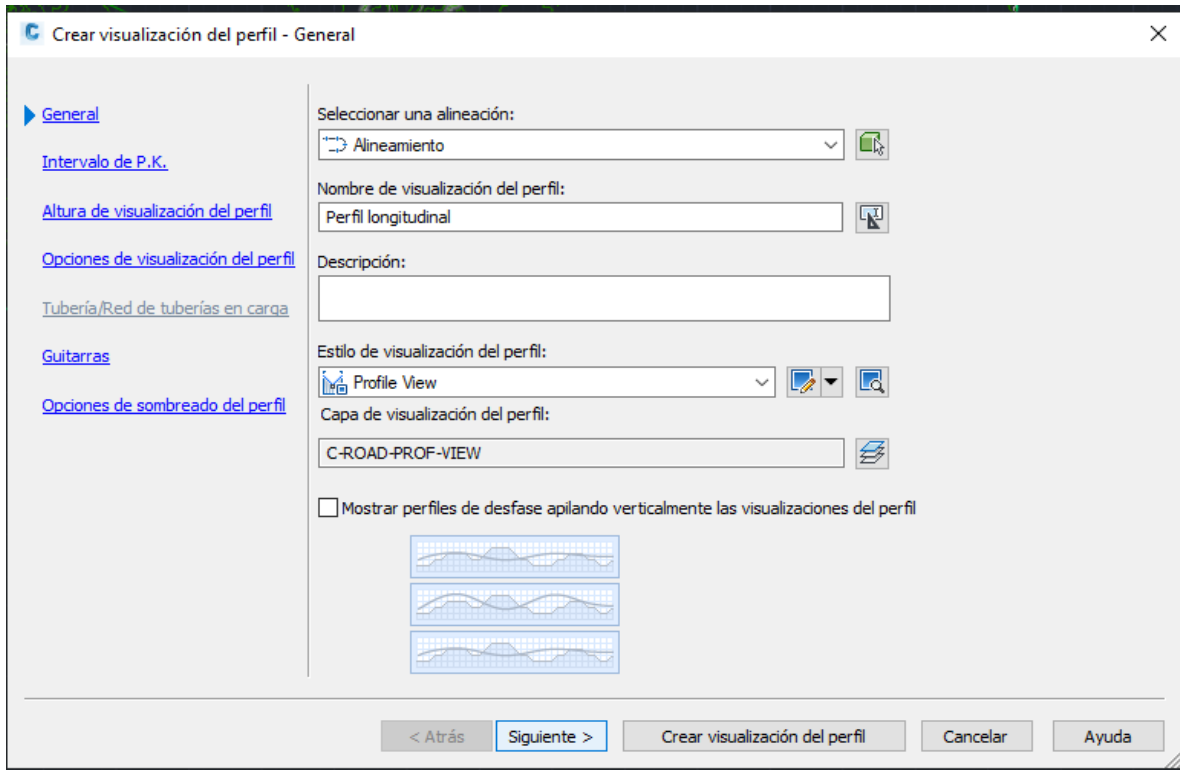


Anexo 59. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

24. Se abrirá una nueva ventana, modificamos el nombre, para nuestro caso “perfil longitudinal” y se verifica que todo este concorde a lo previamente establecido y se le da siguiente.

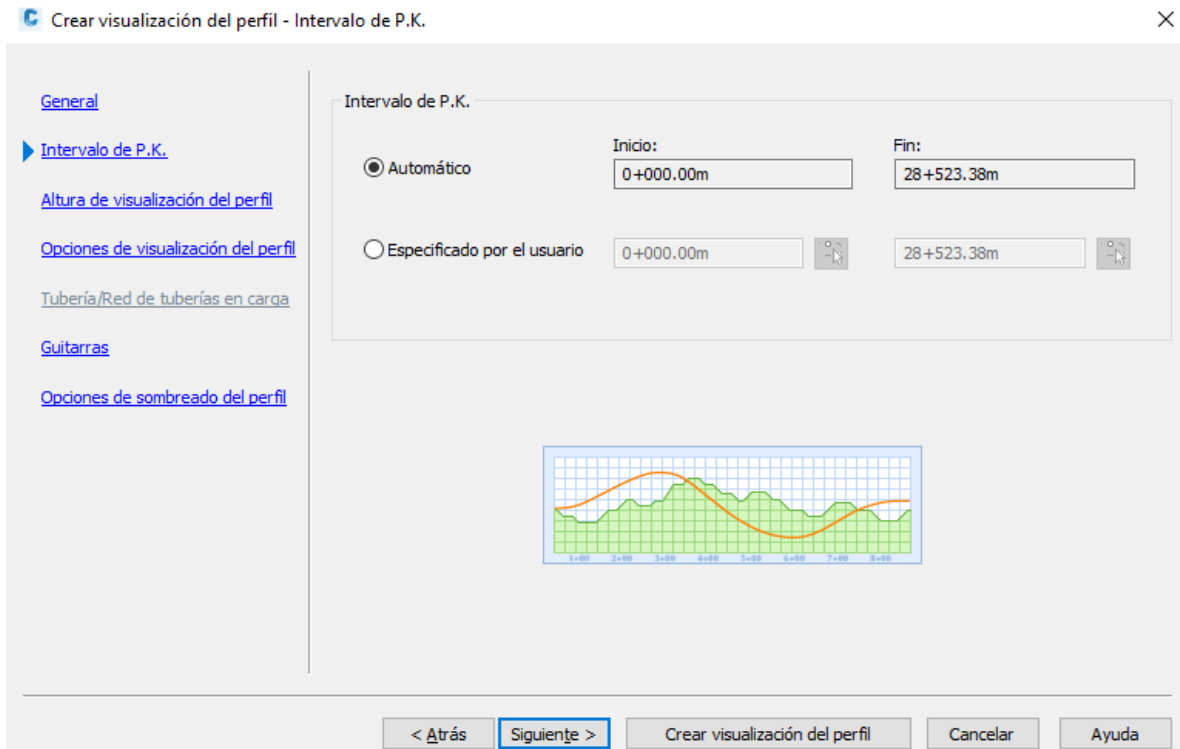
Anexo 60 Visualización del perfil paso 1.



Anexo 60. Este ejercicio se realizó bajo la licenciada de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 61 Visualización del perfil intervalo de P.K paso 2.



Anexo 61. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 62 Visualización del perfil, altura de visualización paso 3.

Crear visualización del perfil - Altura de visualización del perfil ×

[General](#)
[Intervalo de P.K.](#)
▶ [Altura de visualización del perfil](#)
[Opciones de visualización del perfil](#)
[Tubería/Red de tuberías en carga](#)
[Guitarras](#)
[Opciones de sombreado del perfil](#)

Altura de visualización del perfil

Automática Mínima: Máxima:

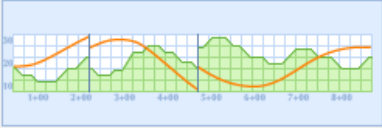
Especificada por el usuario

Visualización del perfil dividida

Estilo de visualización con primera división: P.K. dividido:

Estilo de visualización con división intermedia: Opción de cota de referencia:

Estilo de visualización con última división:

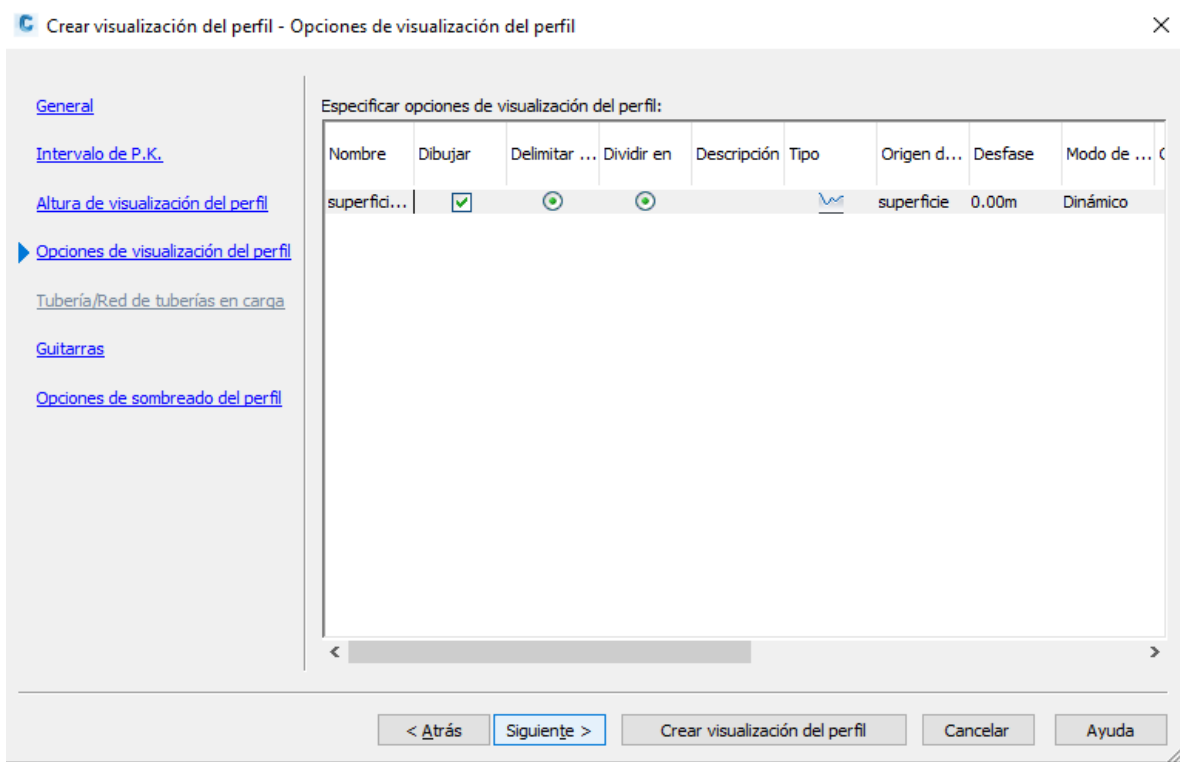


< [Atrás](#) [Siguiente](#) >

Anexo 62. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

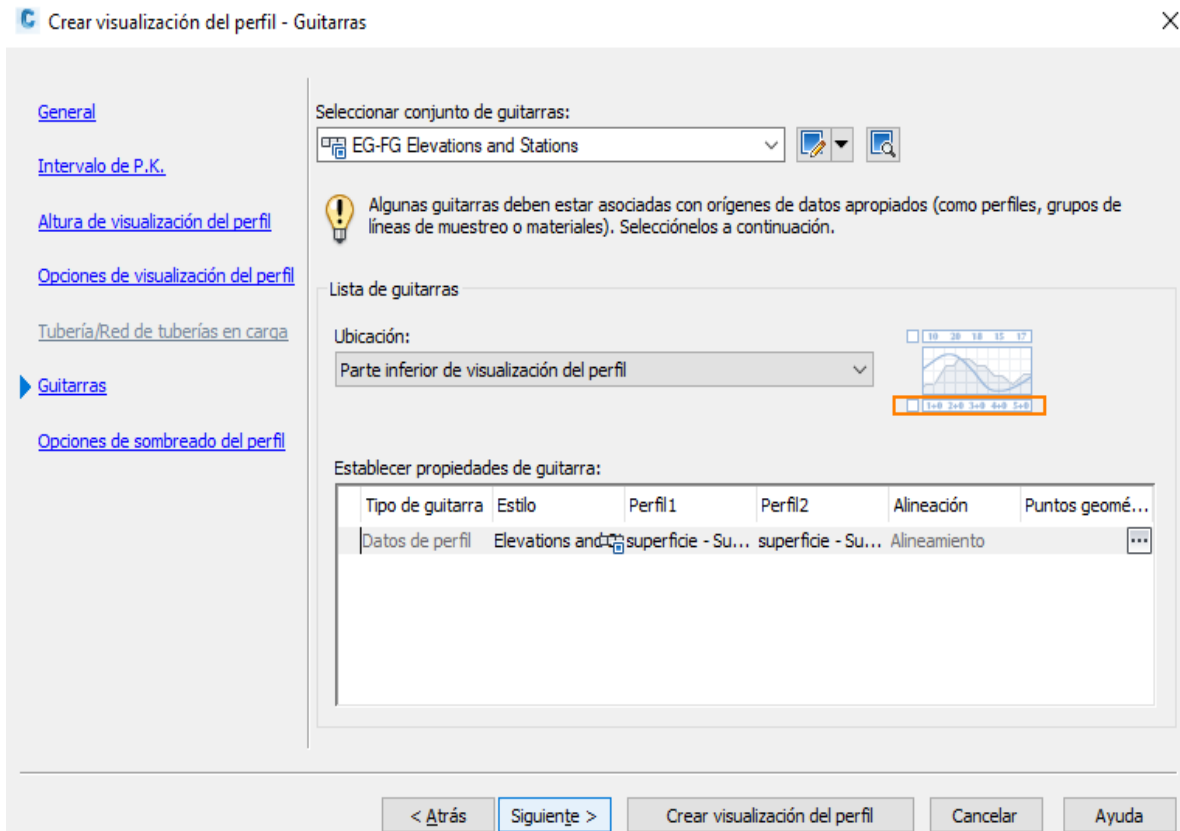
Anexo 63 Visualización del perfil, opciones de visualización paso 4.



Anexo 63. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

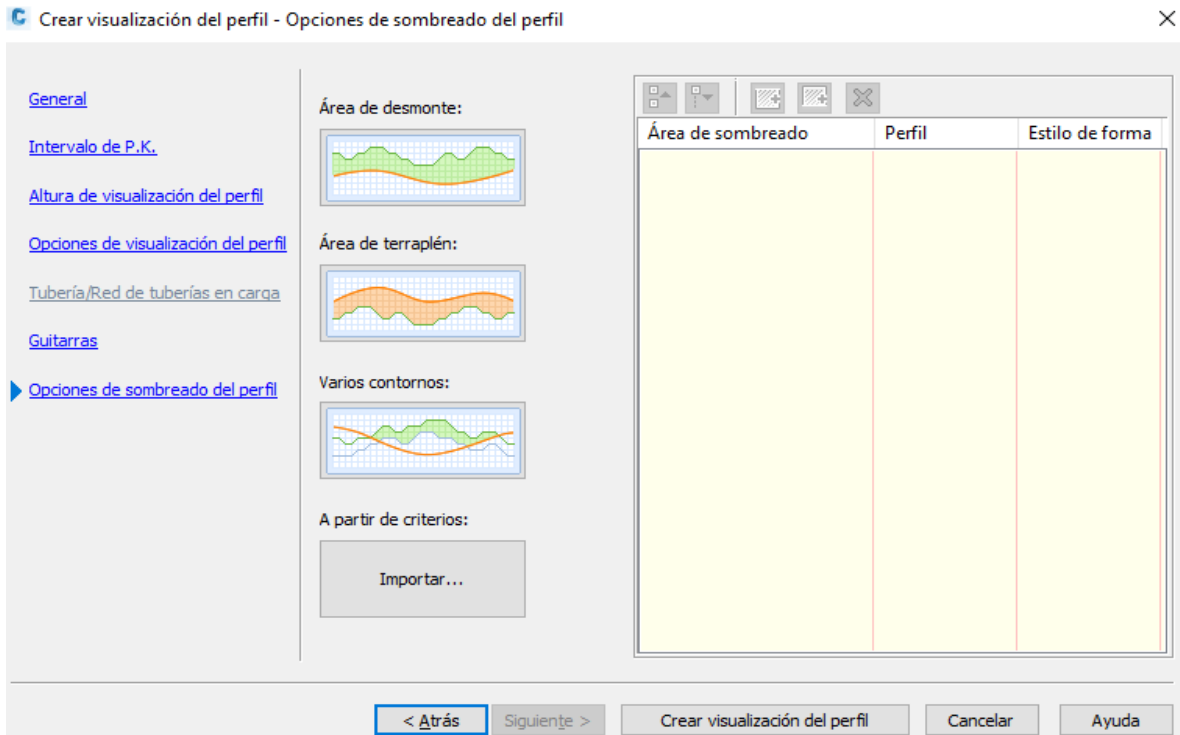
Anexo 64 Visualización del perfil, guitarras paso 5.



Anexo 64. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 65 Visualización del perfil, opciones de sombreado paso 6.

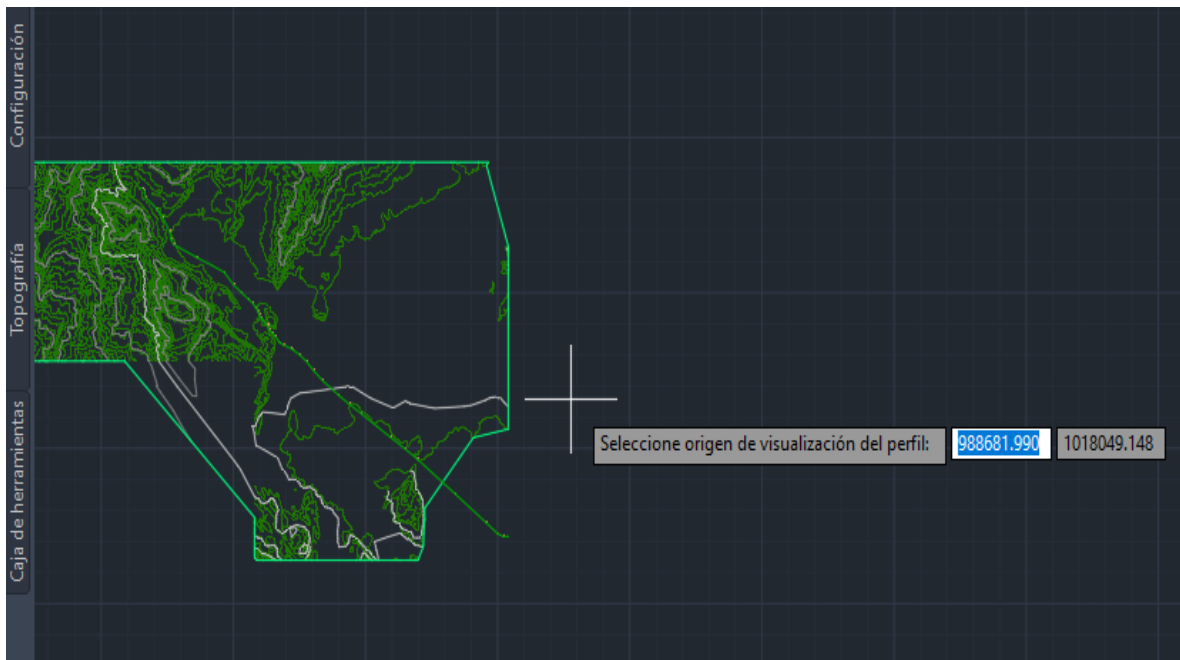


Anexo 65. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

25. Se le da crear visualización del perfil y el programa nos pedirá un punto de referencia para ubicar el perfil longitudinal, el cual debe aparecer como se muestra a continuación, este perfil presenta la elevación (m) en las ordenadas Y, y la distancia (km) en las ordenadas X.

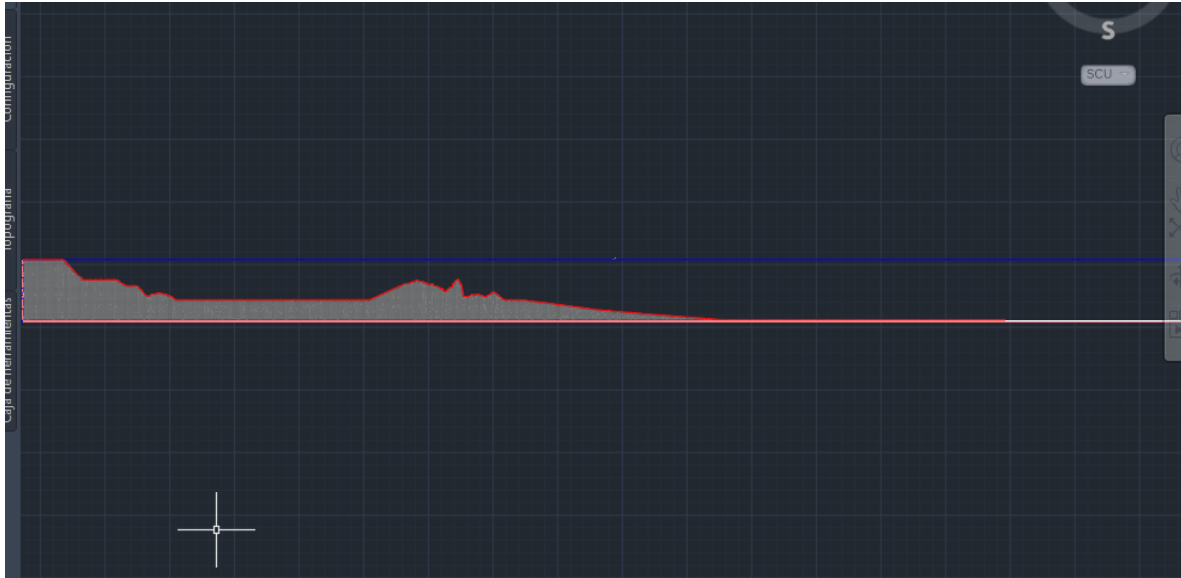
Anexo 66 Punto de origen para la creación del perfil.



Anexo 66. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 67 Finalización y resultado del procedimiento de creación del perfil.

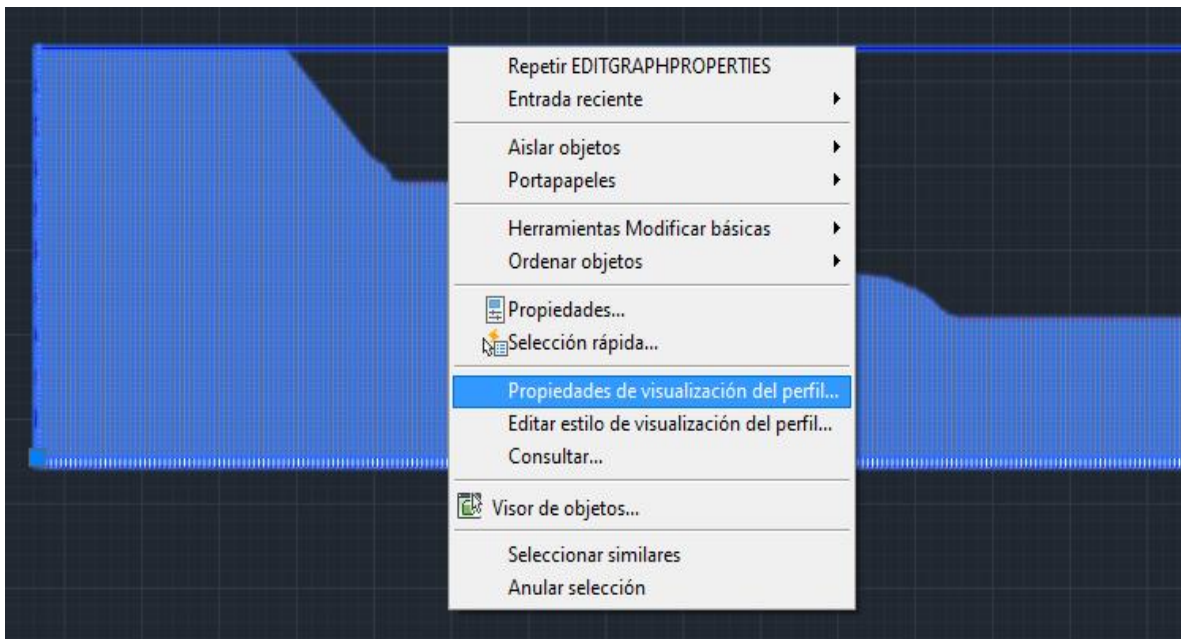


Anexo 67. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

26. Para evitar que las curvas horizontales choquen con las curvas verticales, se genera una guitarra donde se denotan las curvas horizontales, se selecciona todo el perfil longitudinal se le da *click derecho*, propiedades de la visualización del perfil.

Anexo 68 Propiedades de visualización.

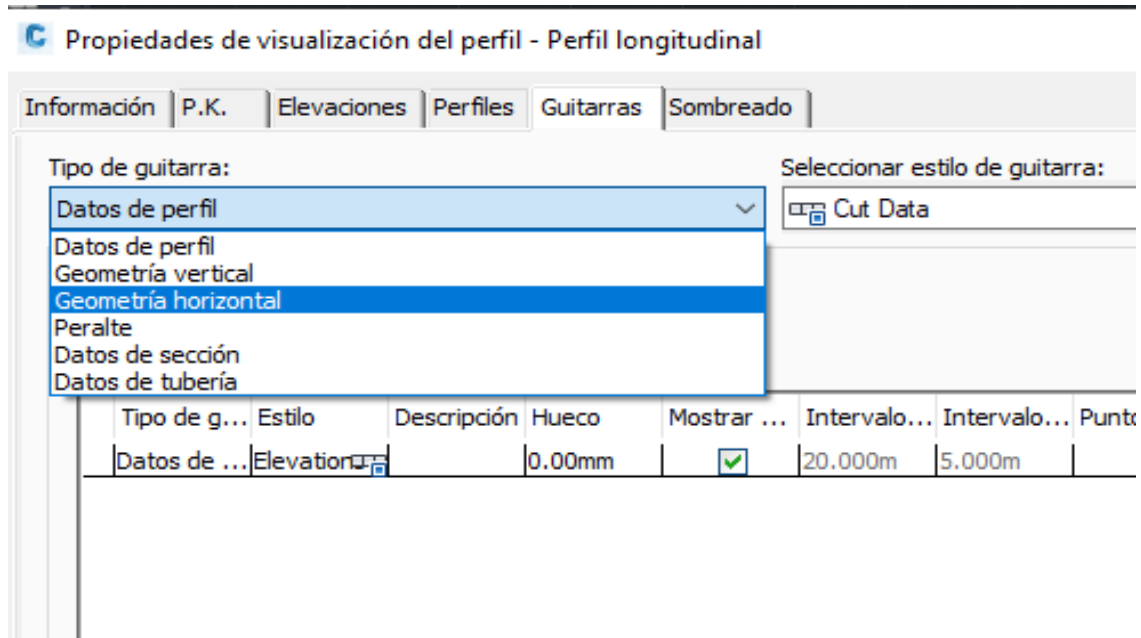


Anexo 68. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

27. Se abre la ventana propiedades de visualización del perfil, seleccionamos guitarras, y en tipo de guitarra seleccionamos *geometría horizontal* y se le da añadir y debe aparecer en la tabla.

Anexo 69 Creación de la guitarra para la geometría horizontal.

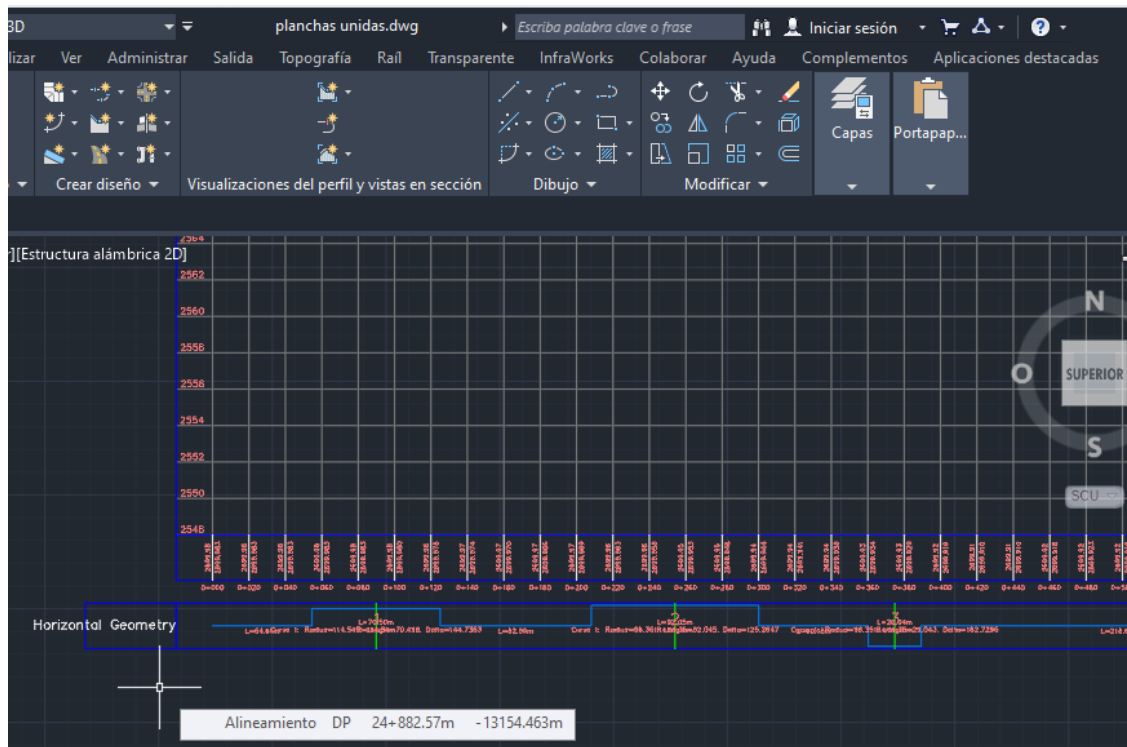


Anexo 69. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

28. Se aplica, se acepta y se debe evidenciar la geometría horizontal debajo del perfil longitudinal.

Anexo 70 Guitarra de las curvas horizontales.

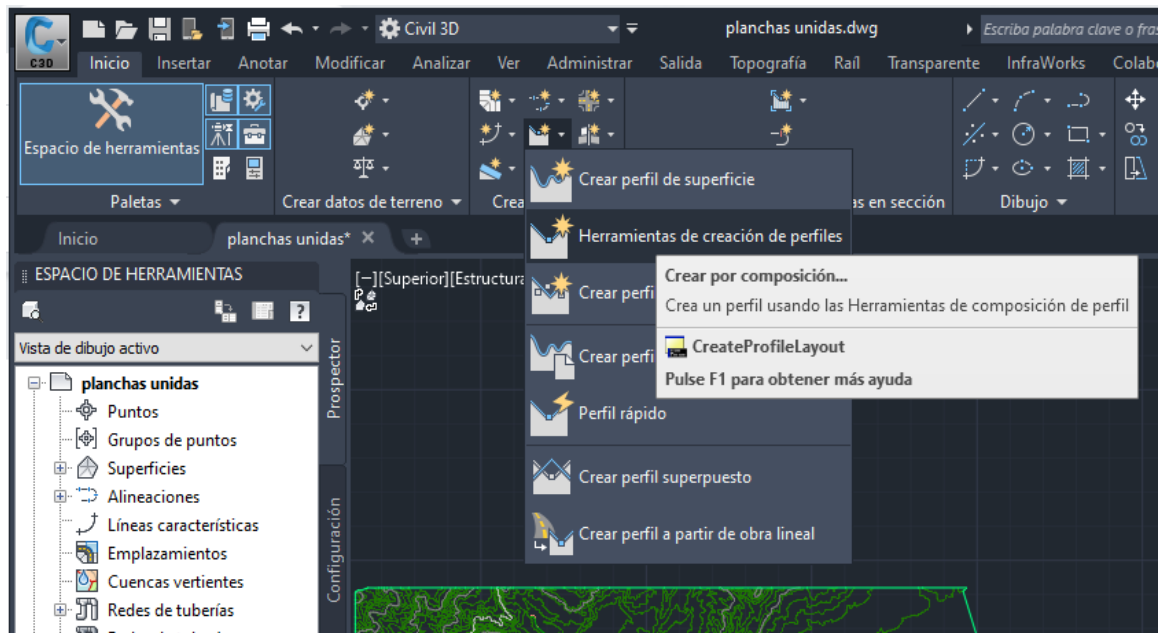


Anexo 70. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

29. Para crear la rasante vamos a la herramienta *perfil*, y seleccionamos *herramientas de creación de perfiles*.

Anexo 71 Creación de la rasante del proyecto.

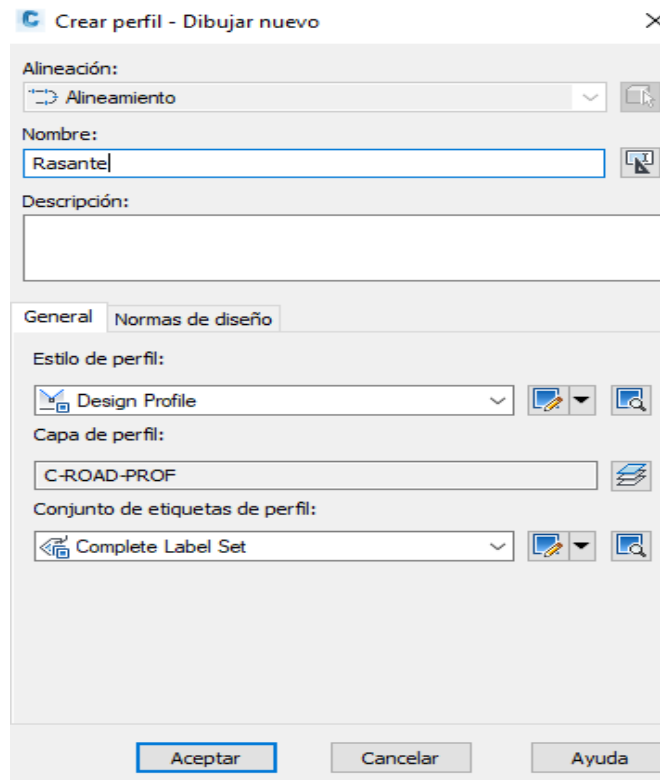


Anexo 71. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

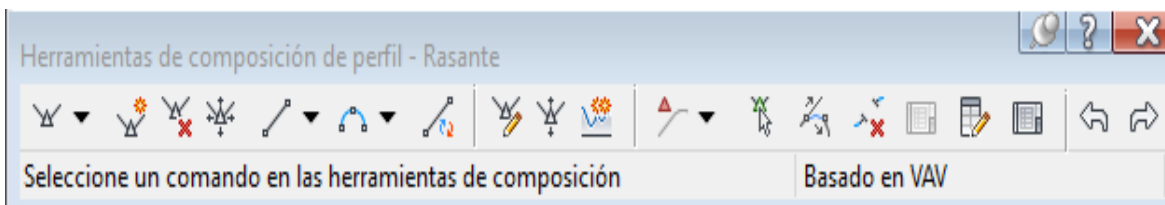
30. Se selecciona el perfil longitudinal y se abre una ventana en la cual solo modificaremos el nombre “rasante” y se debe abrir una ventana de herramientas de composición de perfil.

Anexo 72 Características de la rasante.



Anexo 72. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

Anexo 73 Herramientas de composición de perfil para la creación de la rasante.

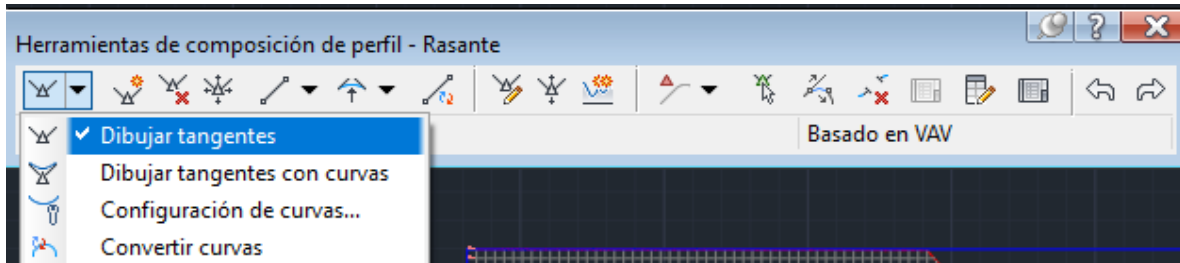


Anexo 73. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

31. Se dibujan las tangentes con el comando *dibujar tangentes*.

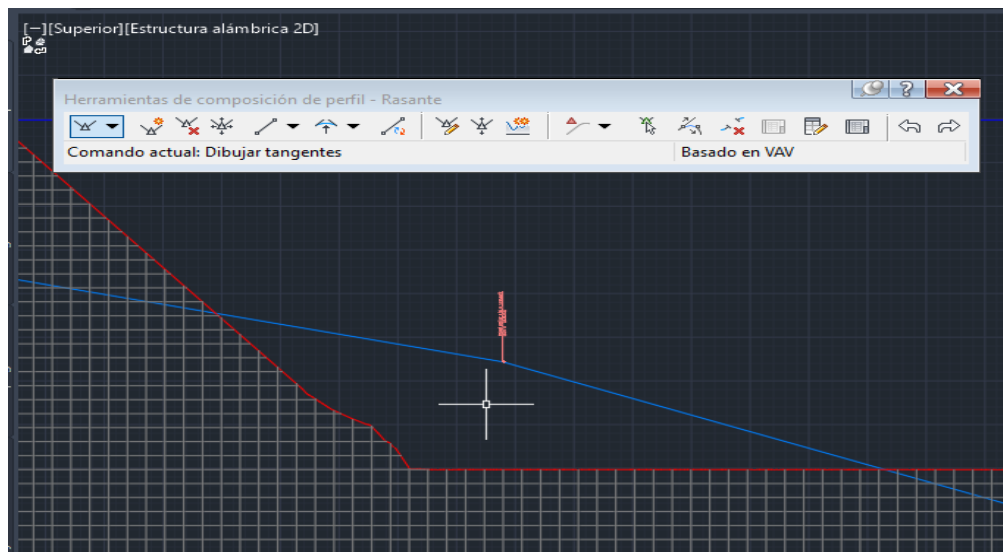
Anexo 74 Selección de herramienta para el trazado de la tangente de la rasante.



Anexo 74. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

32. Se debe tener especial cuidado al trazar la tangente, tratando de compensar cortes con rellenos, y evitar que choquen las curvas verticales con las horizontales con ayuda de la guitarra, además no debe pasar la pendiente máxima de 4% que está establecida en el documento de estructuración técnico del Regiotram.

Anexo 75 Trazado de tangente de la rasante.

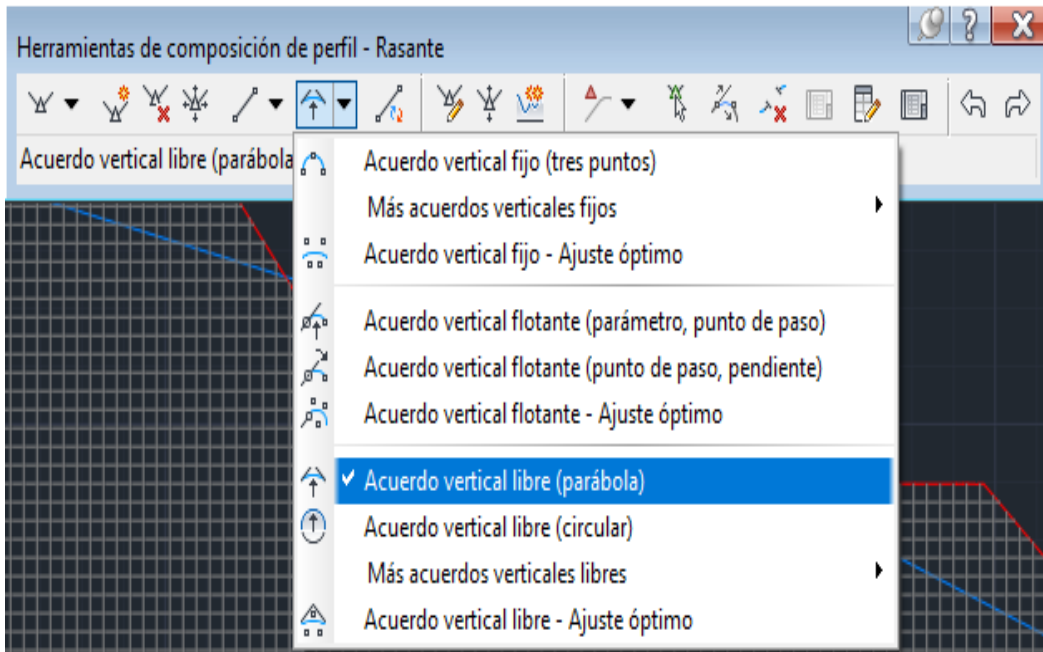


Anexo 75. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

33. Seleccionamos la herramienta *acuerdo vertical libre (parábola)*

Anexo 76 Uso de la herramienta acuerdo vertical libre (parábola).

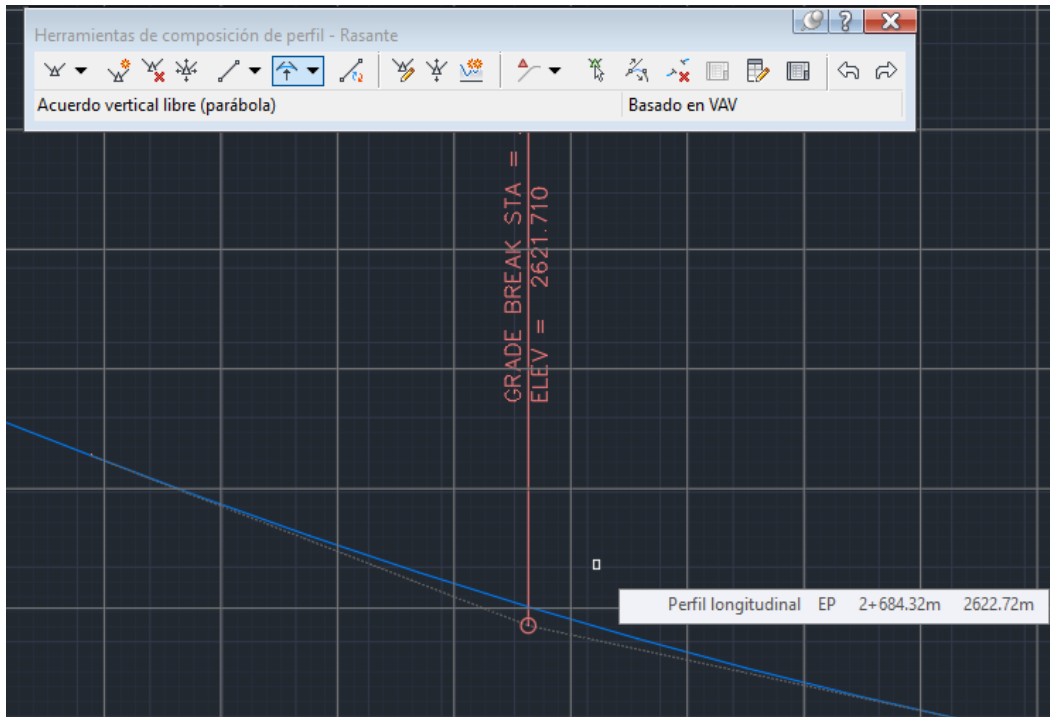


Anexo 76. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

34. Seleccionamos la primera entre tangencia y la que le sigue y se le da *enter*, el programa automáticamente debe crear las curvas verticales, se debe repetir el proceso hasta terminar todas las entre tangencias.

Anexo 77 Creación de las curvas verticales.

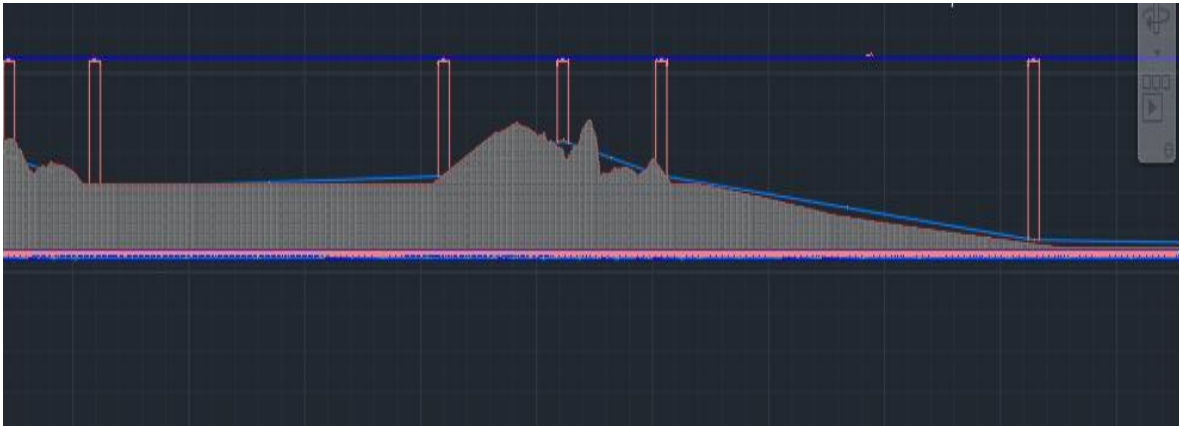


Anexo 77. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

35. Una vez finalizado el proceso debe verse de la siguiente manera.

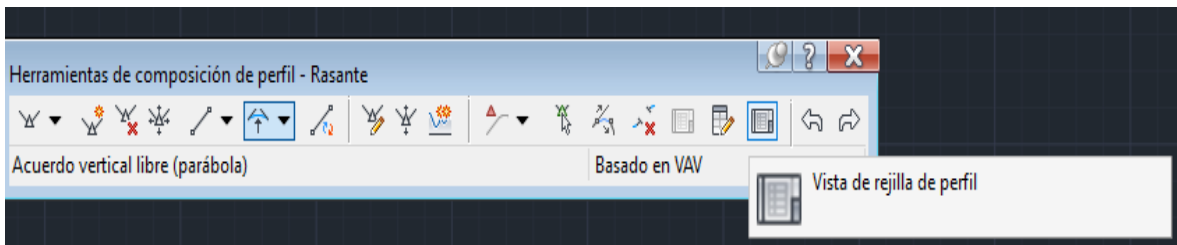
Anexo 78 Finalización del trazado de la tangente de la rasante.



Anexo 78. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

36. Con la ventana herramientas de composición de perfil, seleccionamos *vista de rejilla de perfil* y se debe abrir una tabla donde se puede verificar y modificar, el valor de las pendientes, curvas, radios de curvas, etc.

Anexo 79 Vista de rejilla de perfil para ver parámetros de la rasante.



Anexo 79. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

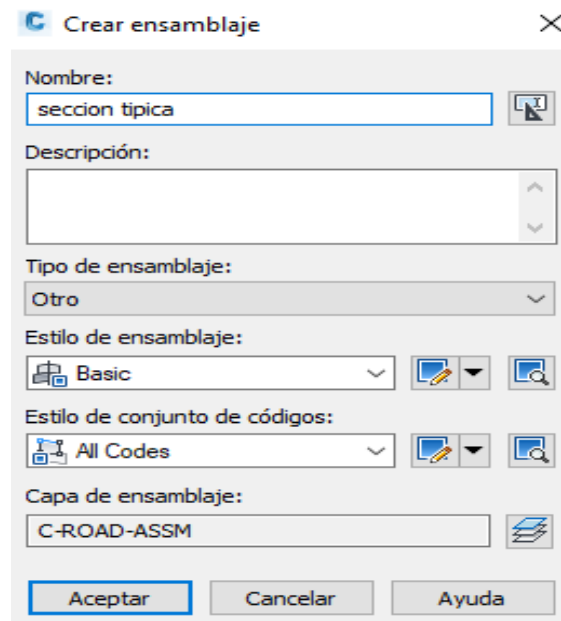
Anexo 80 Valores de los parámetros de la rasante.

Nº	.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K
1		-1.90%			
2		-3.89%	1.98%	Convexo	50.428
3		-2.11%	1.77%	Cóncavo	56.355
4		0.20%	2.31%	Cóncavo	43.254
5		1.73%	1.53%	Cóncavo	65.300
6		-2.06%	3.79%	Convexo	26.392
7		-1.01%	1.05%	Cóncavo	95.107
8		-0.09%	0.91%	Cóncavo	109.461
9					

Anexo 80. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

37. Para crear la sección típica o corredor, con la herramienta *crear ensambles*, Se despliega la ventana crear ensamble y se la cambia el nombre a “sección típica” y no se modifica nada más y se le da aceptar.

Anexo 81 Creación del corredor a partir de la herramienta crear ensamblaje.

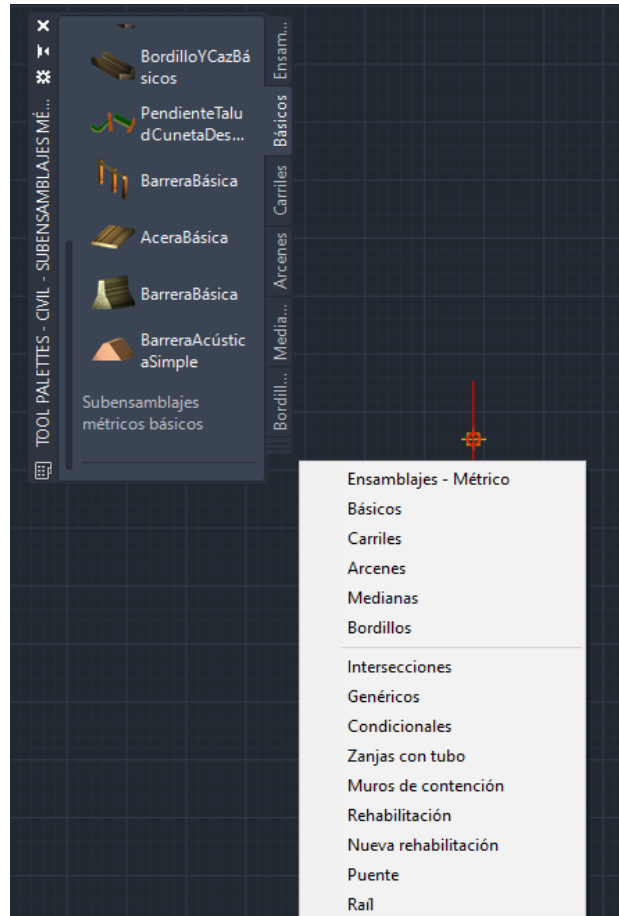


Anexo 81. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

38. Se desplegará una ventana y se le da *click* y se selecciona la opción *Rail*

Anexo 82 Paleta de herramientas para completar la creación del corredor y/o ensamblaje.



Anexo 82. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

39. Se abrirá una nueva ventana y seleccionaremos la opción “peralte de ferrocarriles dobles con capas adicionales”.

Anexo 83 Peralte de ferrocarriles dobles.

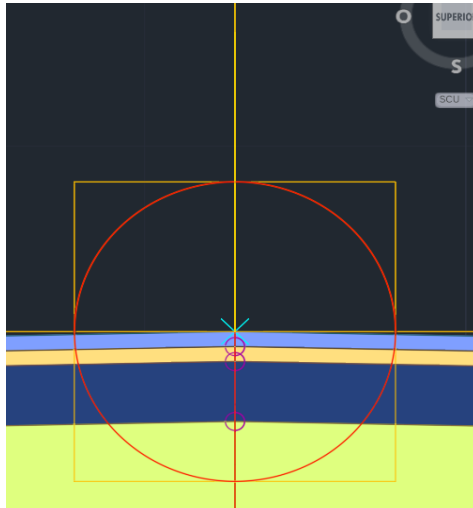


Anexo 83. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

40. Se le dará *click* en el ensamble creado anteriormente y se debe evidenciar la sección típica.

Anexo 84 Evidencia de la herramienta de peraltes de ferrocarriles dobles en la sección típica.



Anexo 84. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

Anexo 85 Evidencia de la herramienta de peraltes de ferrocarriles dobles en la sección típica.

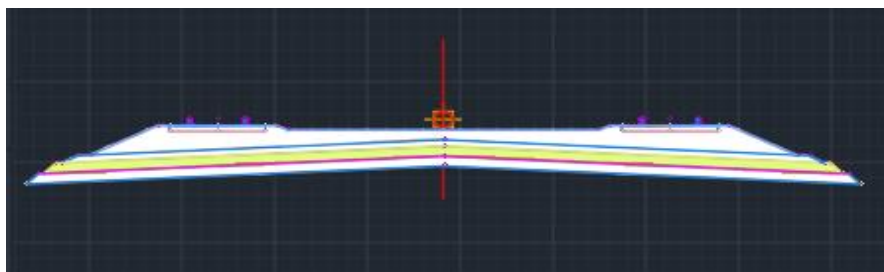
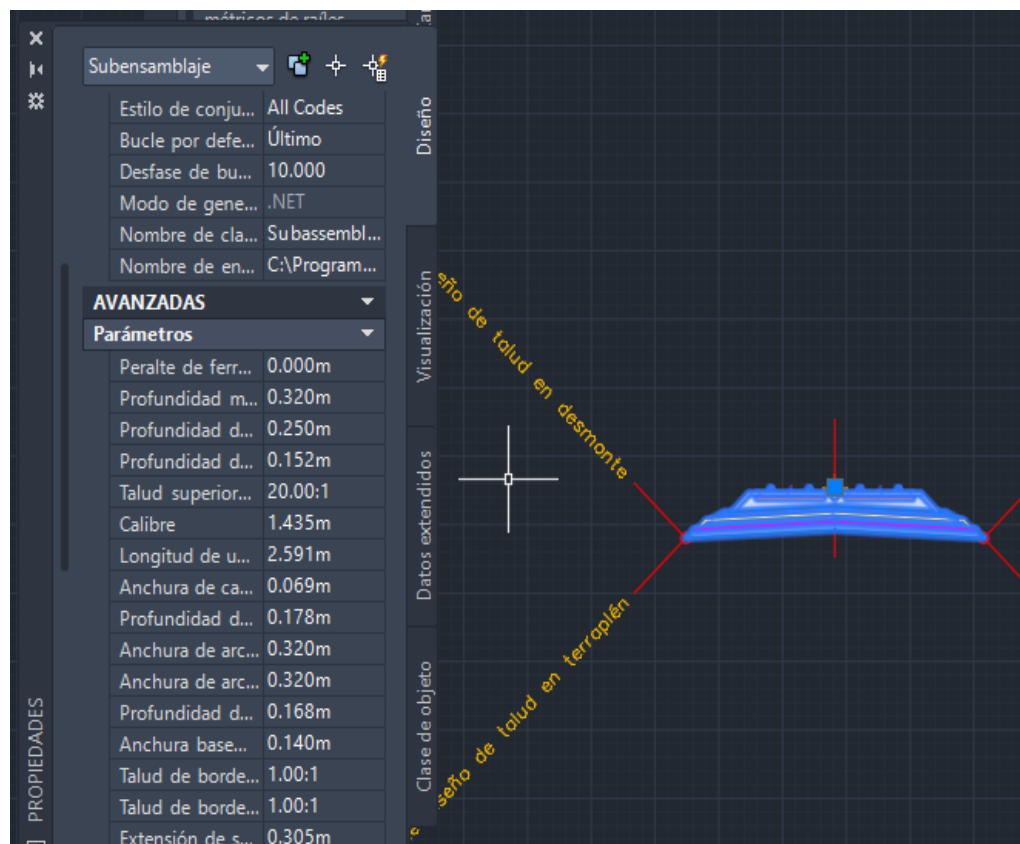


Figura 85. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

41. Se selecciona una banda de la sección típica y se miran los parámetros para modificarlos según el documento de estructuración técnica del Regiotram.

Anexo 86 Modificación de parámetros en la pestaña de propiedades de la sección típica.

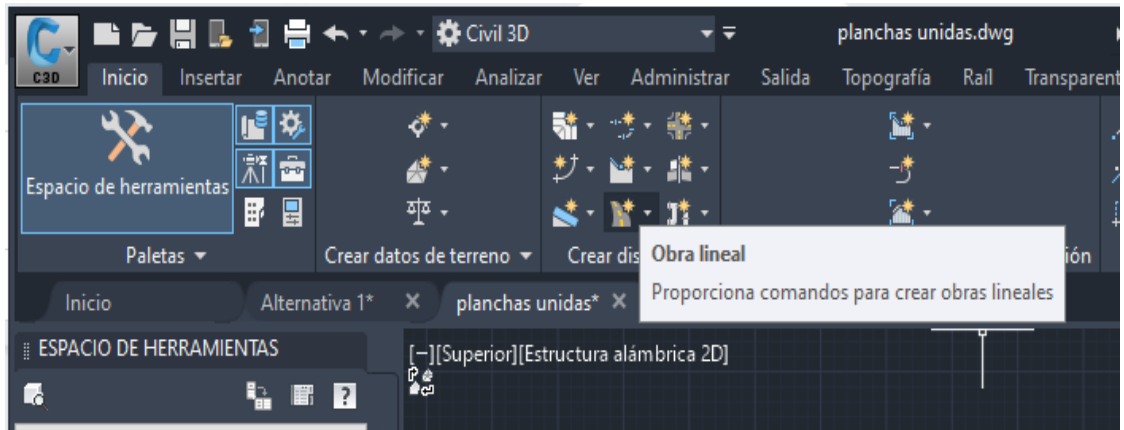


Anexo 86. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

42. Con el comando *obra lineal*, se abre una ventana se le asigna el nombre y se verifica que el alineamiento, la rasante, sección típica y la superficie sean las que se habían verificado anteriormente y se le da aceptar.

Anexo 87 Uso del comando obra lineal para crear el corredor.



Anexo 87. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 88 Pestaña para crear el corredor con la herramienta obra lineal.

Crear obra lineal

Nombre:
Corredor F

Descripción:

Estilo de obra lineal:
Basic

Capa de obra lineal:
C-ROAD-CORR

Tipo de línea base:
 Alineación y perfil
 Línea característica

Alineación:
Alineamiento F

Perfil:
Rasante F

Ensamblaje:
<ninguno>

Superficie de objetivo:
<ninguno>

Definir línea base y parámetros de región

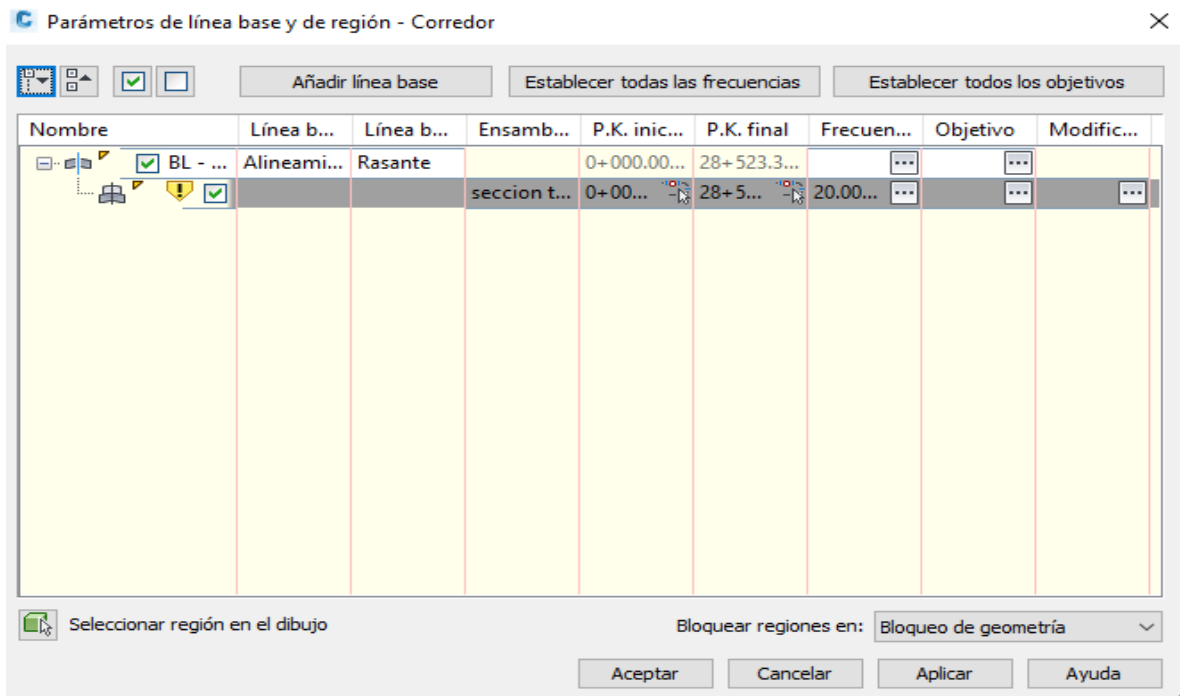
Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 88. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

43. Se abre una nueva ventana llamada parámetros de línea base y de región y se verifica nuevamente que los parámetros coincidan con los creados anteriormente.

Anexo 89 Verificación de parámetros del corredor.



Anexo 89. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

44. Se le debe asignar nombre y se le da aplicar, regenerar la obra lineal y el programa genera el corredor automáticamente.

Anexo 90 Asignación de objetivo para generar el corredor.

Asignación de objetivo

Nombre de obra lineal:
Corredor

Nombre de ensamblaje: Basic Assembly P.K. inicial: 0+000.00 P.K. final: 28+523.38

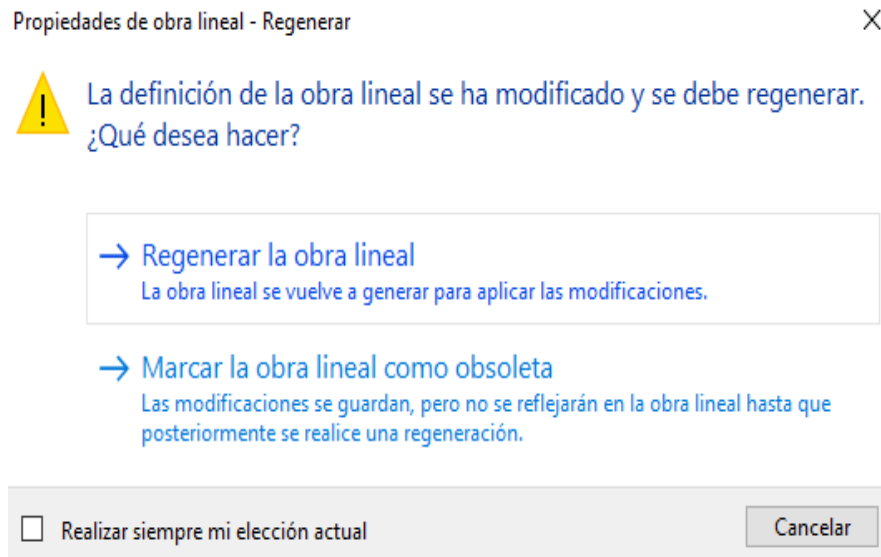
Objetivo	Nombre de objeto	Subensamblaje	Grupo de ensamblajes
Superficies	<Haga clic aquí para d...>		
Superficie de objetivo	superficie	BasicSideSlopeCutDitc...	Group - (1)
Superficie de objetivo	superficie	BasicSideSlopeCutDitc...	Group - (2)
Objetivos de anchura o desfase			
Objetivo de anchura	<Ninguno>	LaneSuperelevationAO...	Group - (1)
Objetivo de anchura	<Ninguno>	LaneSuperelevationAO...	Group - (2)
Objetivos de talud o elevación			
Objetivo de elevación exte...	<Ninguno>	LaneSuperelevationAO...	Group - (1)
Objetivo de elevación exte...	<Ninguno>	LaneSuperelevationAO...	Group - (2)

Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 90. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 91 Confirmación para regenerar el corredor.

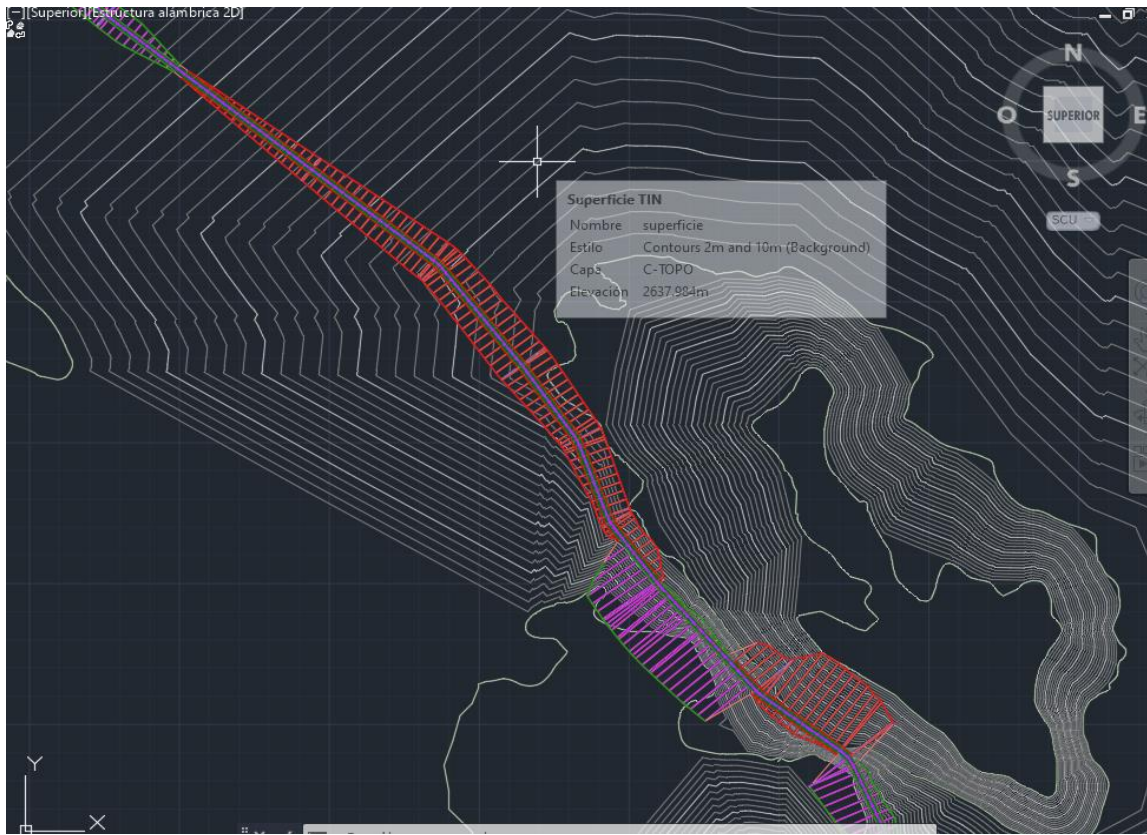


Anexo 91. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

45. Si se realizó el procedimiento de la forma correcta se debe evidenciar el corredor férreo en el programa.

Anexo 92 Evidencia del corredor férreo con colores rojo, verde y morado.

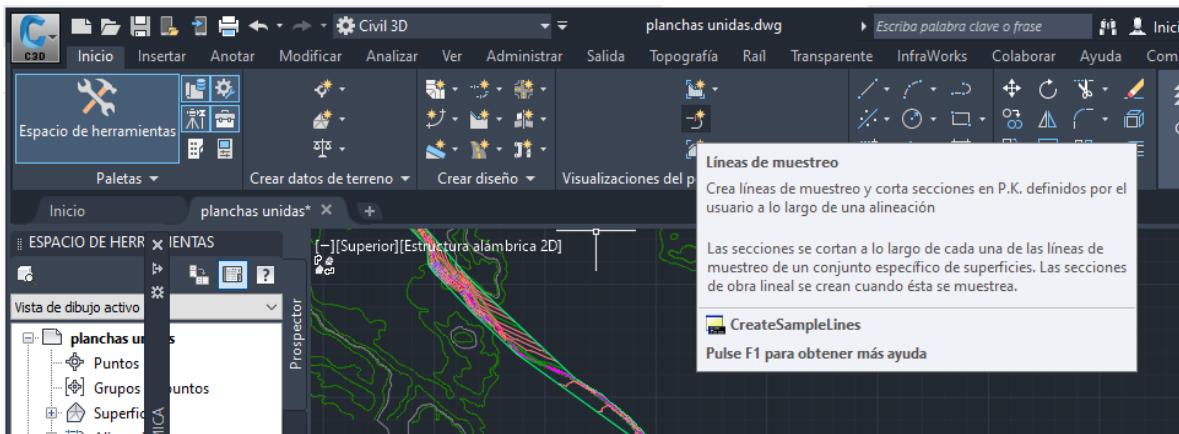


Anexo 92. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

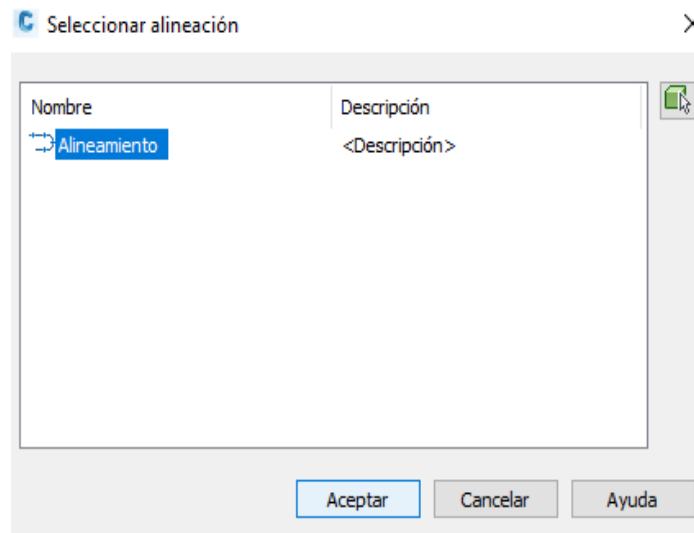
46. Se procede a hacer las líneas de muestreo, se da *click derecho* en la pantalla y debe aparecer la ventana de selección de alineación.

Anexo 93 Creación de líneas de muestreo o muestreo.



Anexo 93. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCAD que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

Anexo 94 Selección de alineación para las líneas de muestreo.

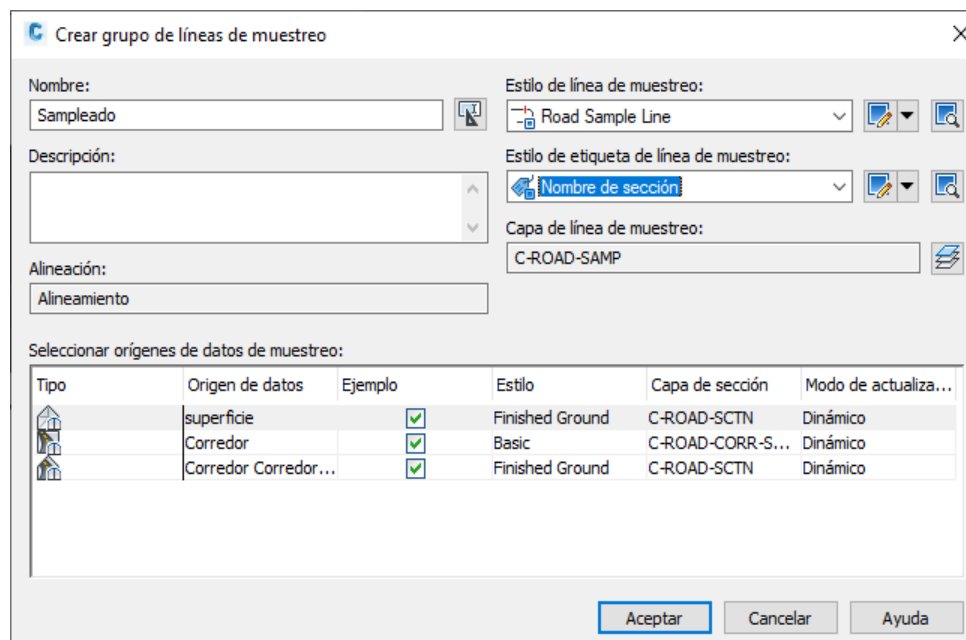


Anexo 94. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCAD que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

47. Se selecciona alineamiento y se acepta, se debe seleccionar en la ventana crear grupo de líneas de muestreo, se le da el nombre de muestreo y aceptar.

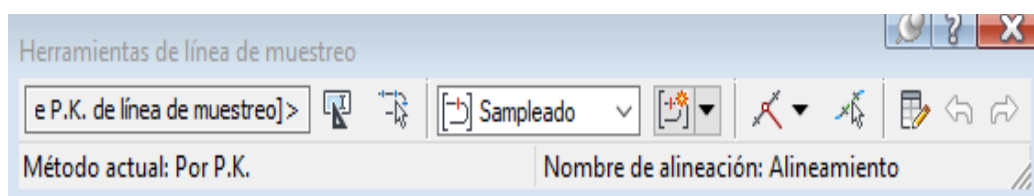
Anexo 95 Creación de grupos de línea de muestreo.



Anexo 95. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

48. Se debe abrir la ventana herramientas de líneas de muestreo, se selecciona el método por intervalo de P.K y se verifica que incremento a través de las curvas sea de 25m.

Anexo 96 Herramientas de línea de muestreo

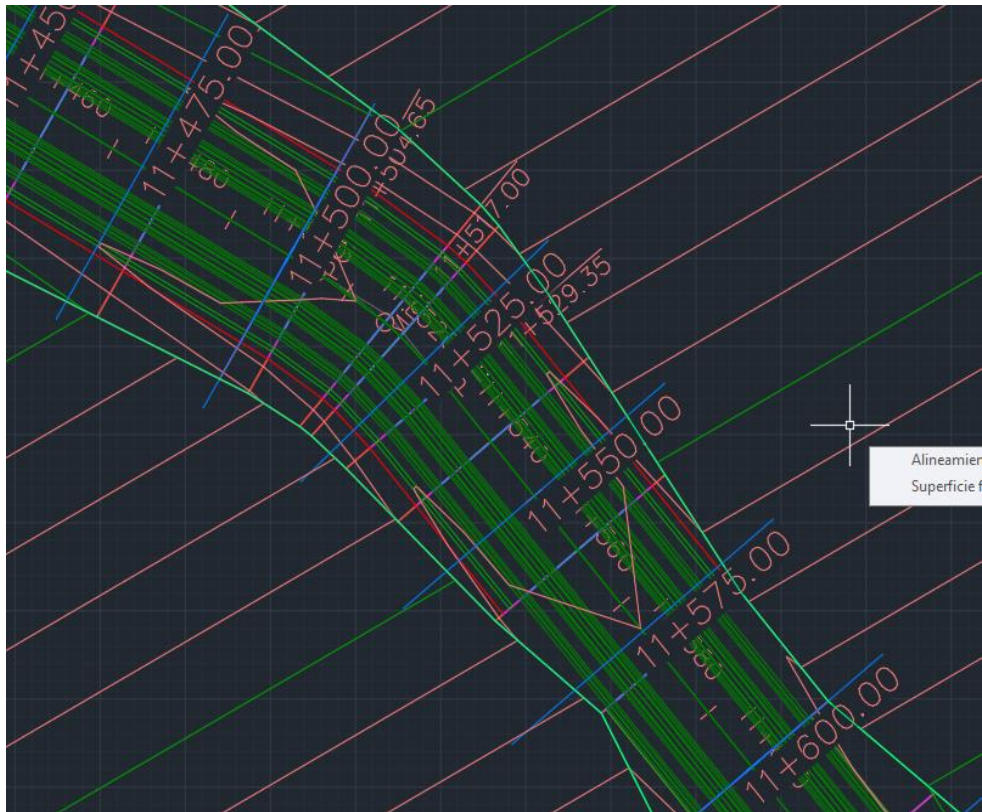


Anexo 96. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

49. Si el procedimiento quedo bien ejecutado se deben evidenciar las líneas de muestreo de la siguiente manera.

Anexo 97 Evidencia de las líneas de muestreo.

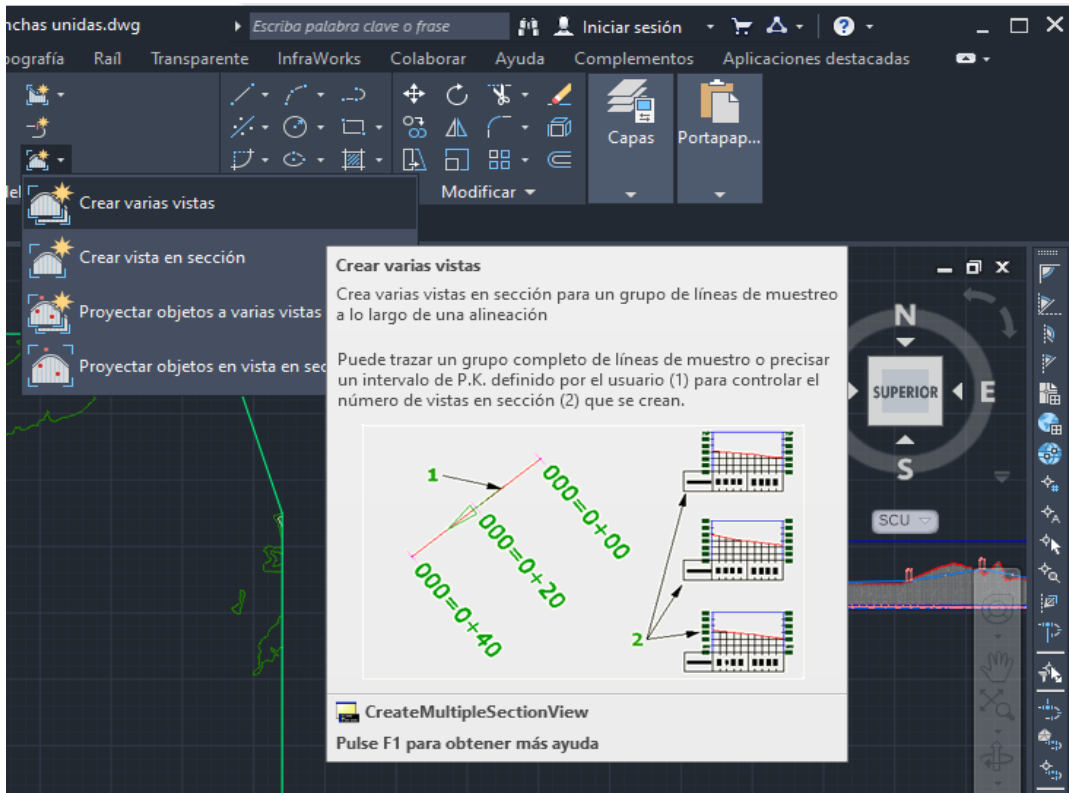


Anexo 97. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

50. Para ver el recorrido frontal de la vista del ferrocarril, se crean secciones con la herramienta *vistas en sección – crear varias vistas*.

Anexo 98 Creación de varias secciones típicas o varias vistas.



Anexo 98. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

51. Se abre una ventana y se le da el nombre “vistas” y posteriormente se verifica que el alineamiento y el muestreo sean los creados anteriormente y se le da siguiente.

Anexo 99 Crear varias vistas en sección, general paso1.

Crear varias vistas en sección - General

General

Inserción de sección

Intervalo de desfase

Intervalo de elevación

Opciones de visualización de sección

Guitarras

Tablas de vistas en sección

Seleccionar una alineación: Alineamiento

Nombre de grupo de líneas de muestreo: Muestreo

Intervalo de P.K.

Automático

Inicio: 0+000.00m

Fin: 28+523.38m

Especificado por el usuario: 0+000.00m 28+523.38m

Nombre de vista en sección: Vistas

Descripción:

Capa de vista en sección: C-ROAD-SCTN-VIEW

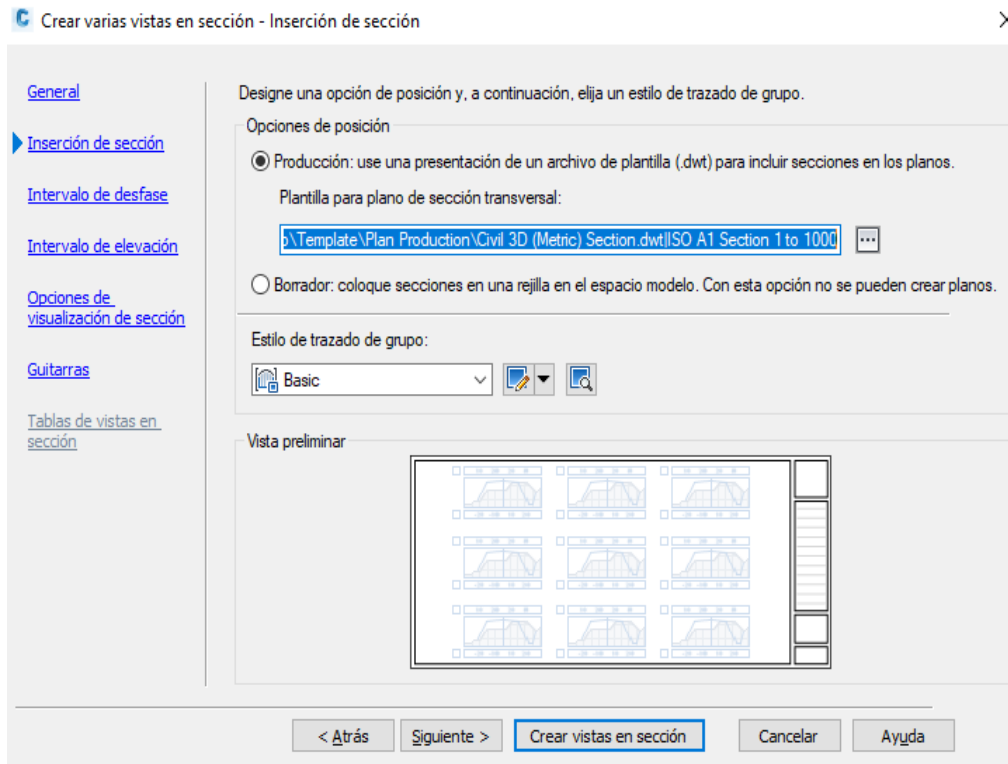
Estilo de vista en sección: Road Section

< Atrás Siguiete > Crear vistas en sección Cancelar Ayuda

Anexo 99. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

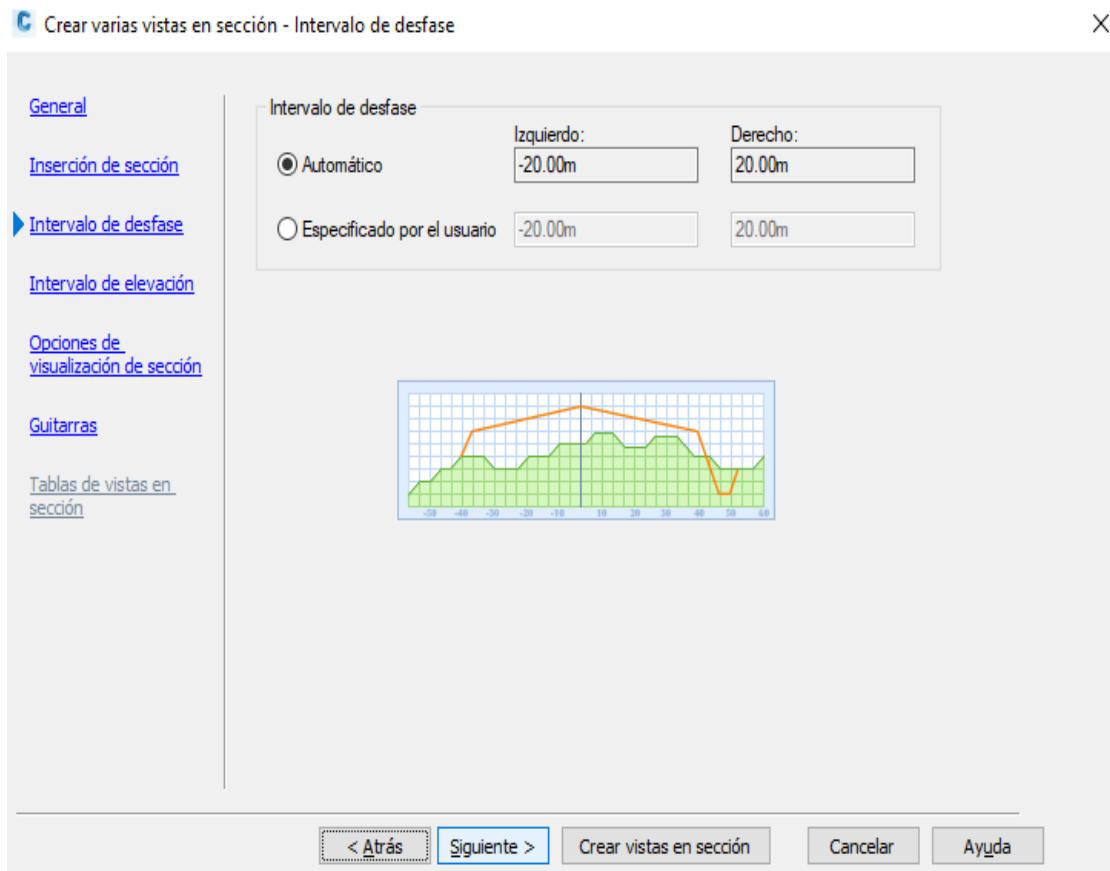
Anexo 100 Crear varias vistas en sección, inserción de sección paso 2.



Anexo 100. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 101 Crear varias vistas en sección, intervalo de desfase paso 3.



Anexo 101. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 102 Crear varias vistas en sección, intervalo de elevación paso 4.

Crear varias vistas en sección - Intervalo de elevación

[General](#)
[Inserción de sección](#)
[Intervalo de desfase](#)
[Intervalo de elevación](#)
[Opciones de visualización de sección](#)
[Guitarras](#)
[Tablas de vistas en sección](#)

Intervalo de elevación

Automático Mínimo: Máximo:

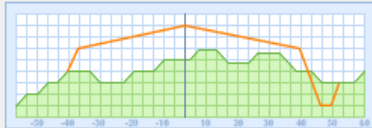
Especificado por el usuario Altura:

Opción de altura de vistas en sección:

Desde las elevaciones más bajas de todas las secciones

Desde las elevaciones medias de todas las secciones

Seguir una sección Seleccionar una sección:

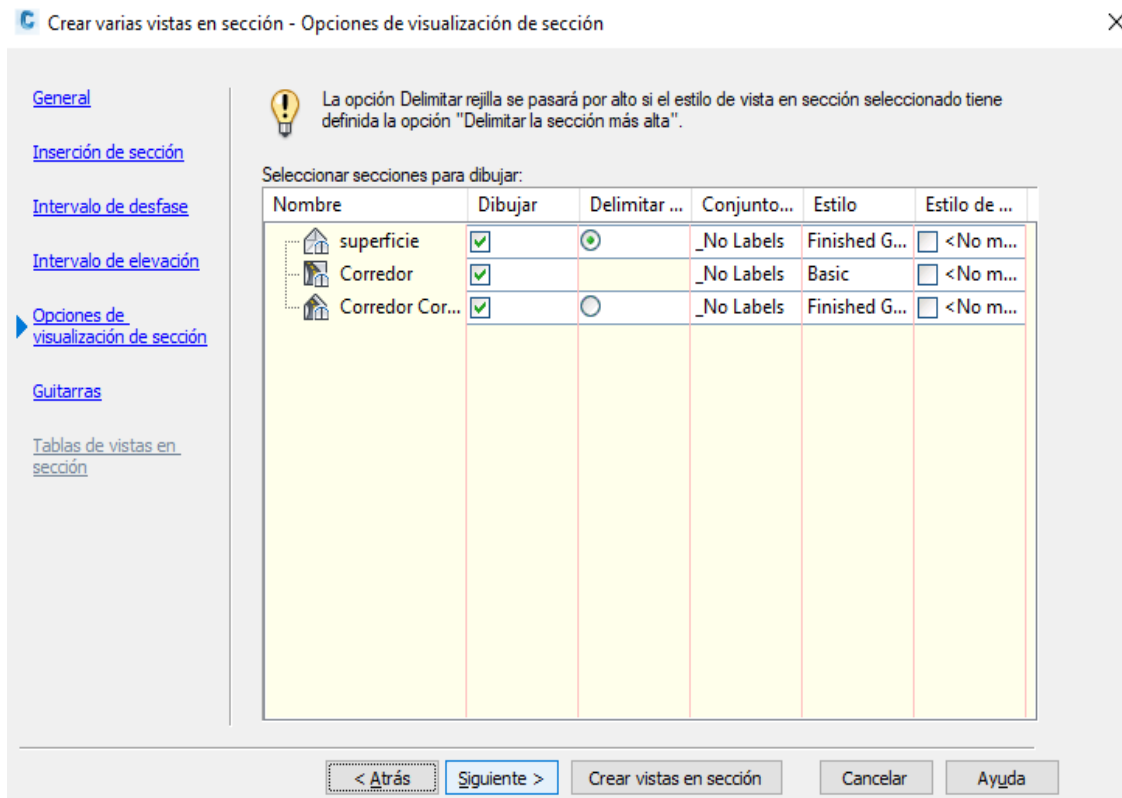


< Atrás Siguiente > **Crear vistas en sección** Cancelar Ayuda

Anexo 102. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

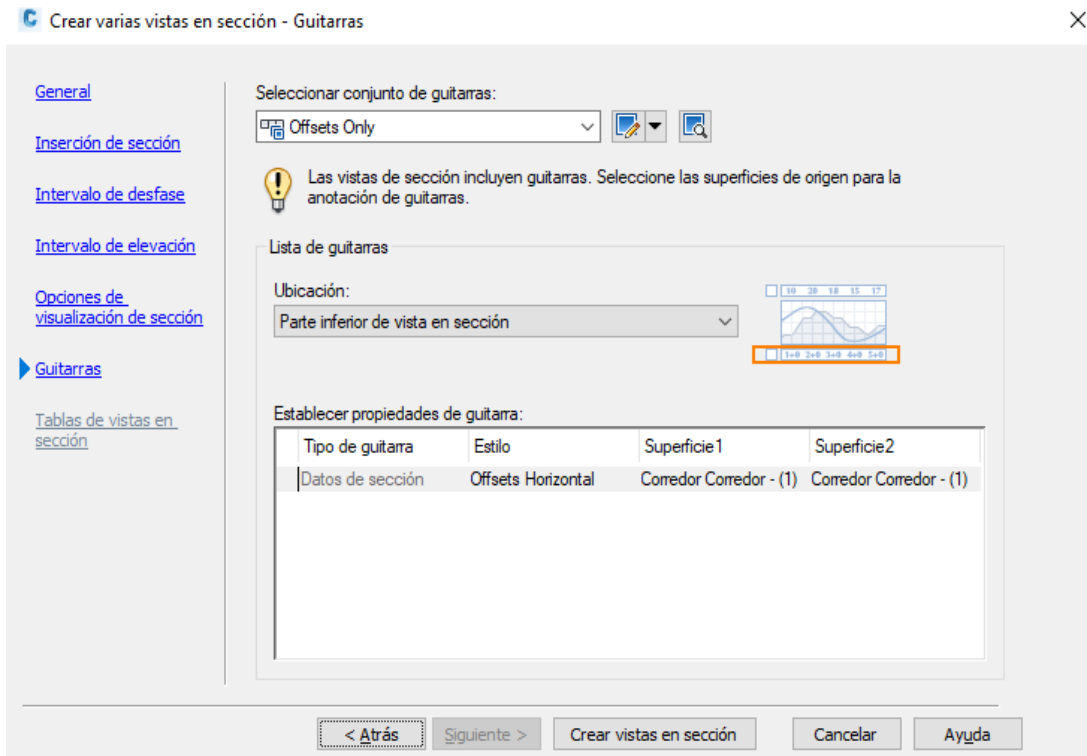
Anexo 103 Crear varias vistas en sección, opciones de visualización de sección paso 5.



Anexo 103. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 104 Crear varias vistas en sección, guitarras paso 6.

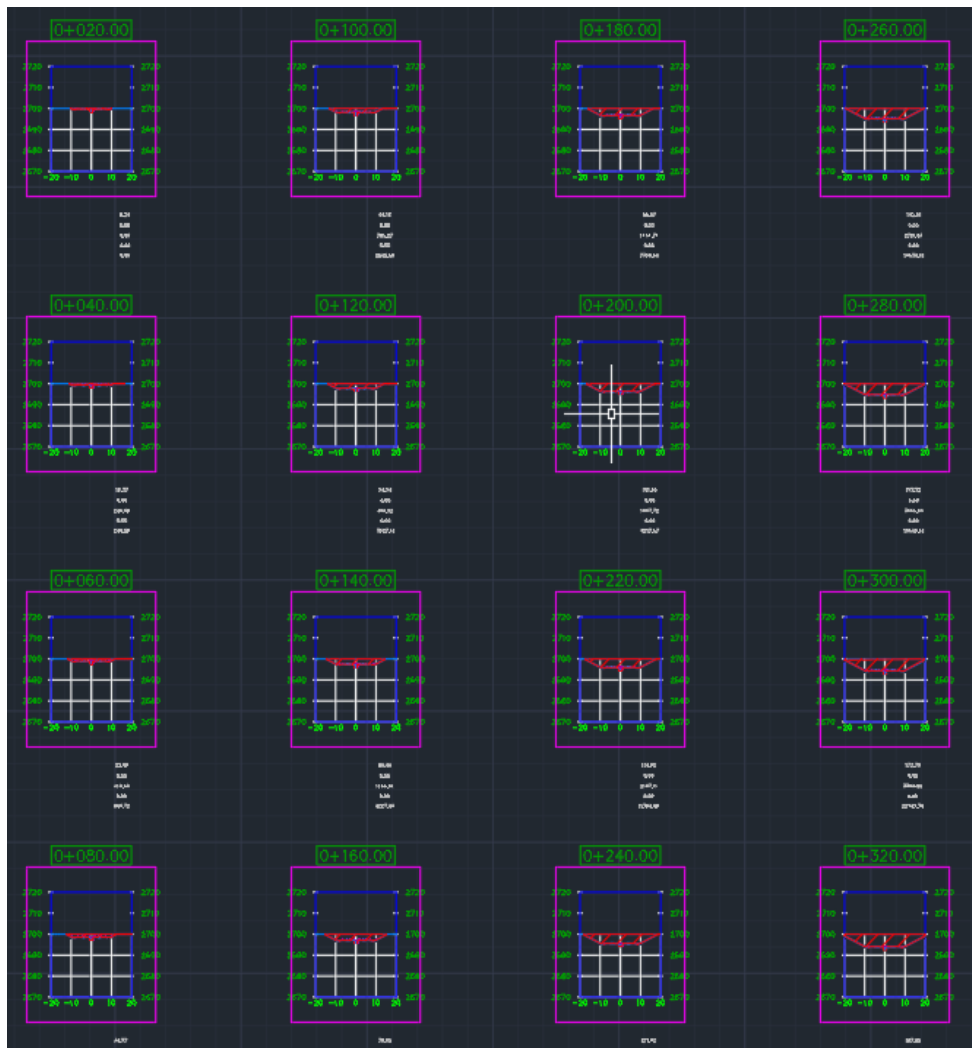


Anexo 104. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

52. Se crean las vistas en sección y se selecciona un punto de referencia donde se evidenciarán.

Anexo 105 Creación de las secciones típicas o varias vistas.

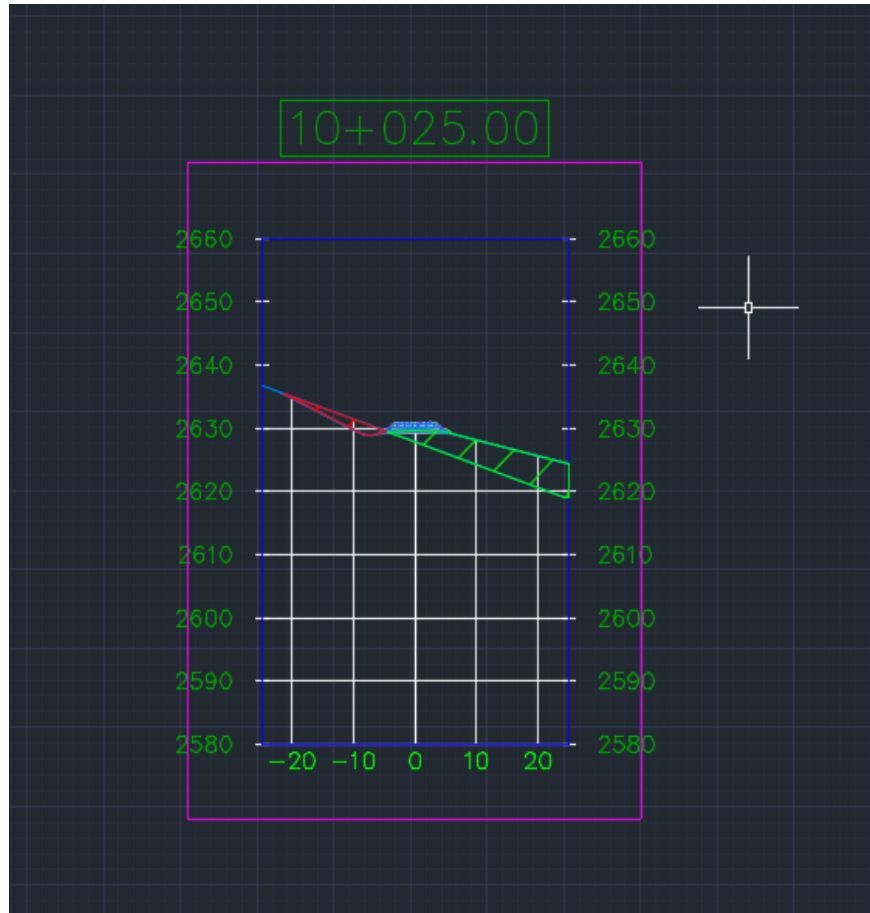


Anexo 105. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCAD que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

53. Muestra de la sección típica k10+025

Anexo 106 Muestra de una sola sección típica o una vista.

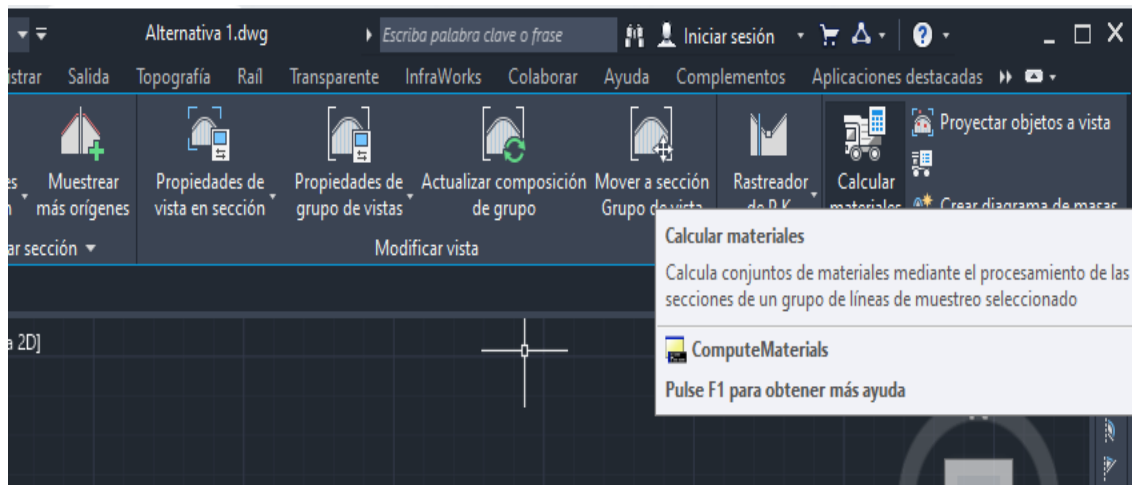


Anexo 106. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

54. Se selecciona la sección típica, y seleccionamos la herramienta calcular materiales.

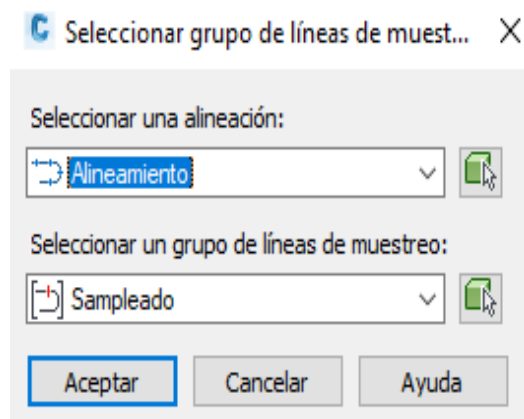
Anexo 107 Calculo de materiales para saber valores de corte y relleno.



Anexo 107. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

55. Se verifica nuevamente que este creado el alineamiento y el muestreo y se le da aceptar.

Anexo 108 Selección de grupo de líneas de muestreo para el cálculo de materiales.

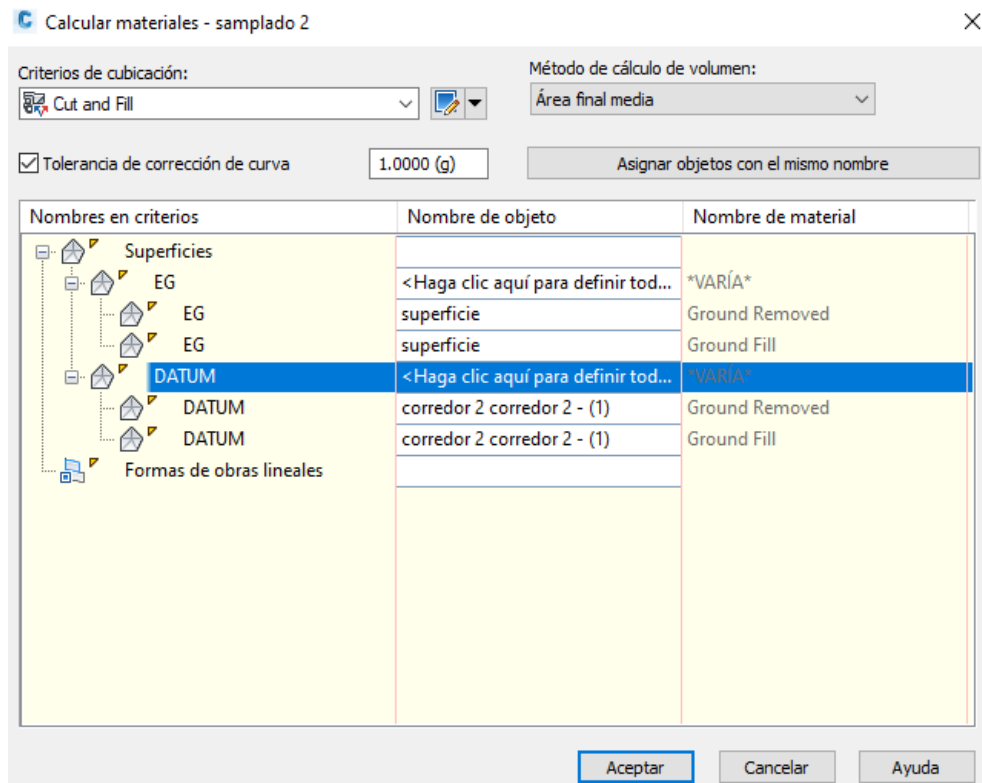


Anexo 108. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

56. Se abre una nueva ventana y se selecciona en el EG la superficie, y en el DATUM el corredor y se le da aceptar.

Anexo 109 Selección de la superficie y el corredor para el cálculo de materiales.

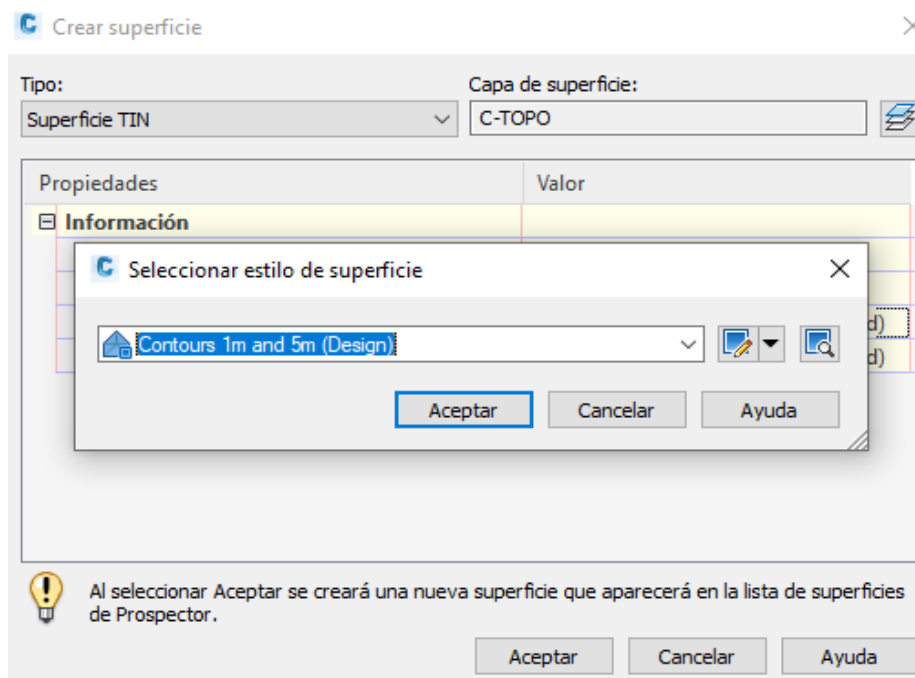


Anexo 109. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

57. Se procede a recortar la superficie de la superficie, para que se evidencie el corredor férreo de la manera correcta, para ello se crea una nueva superficie la cual llamaremos “superficie final” y cambiamos el valor del estilo a (contorno 1m y 5m (diseño)).

Anexo 110 Creación de superficie nueva para que el corredor férreo se vea de la manera correcta

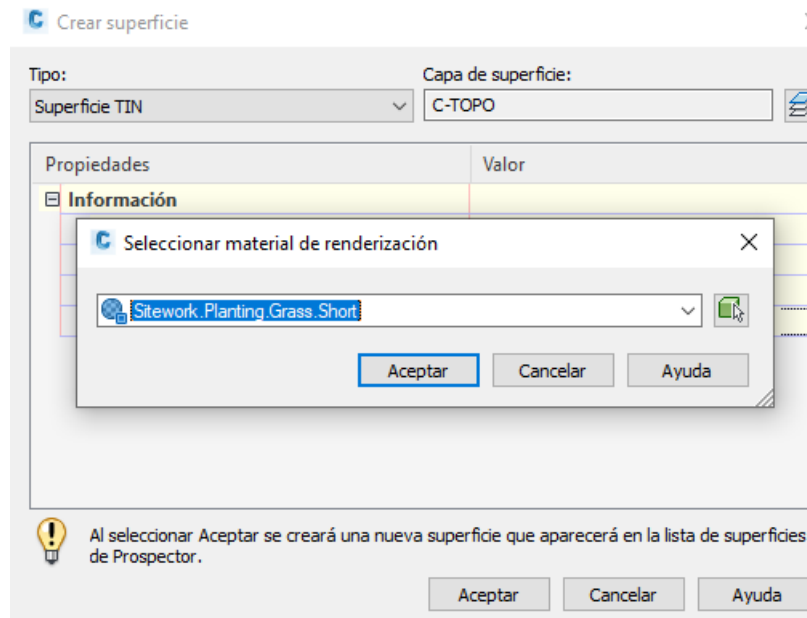


Anexo 110. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. AutoDesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

58. Y el material de renderización se cambia a *Sitework.Planting.Grass.short* y se acepta.

Anexo 111 Creación de superficie cambiar el tipo de material.

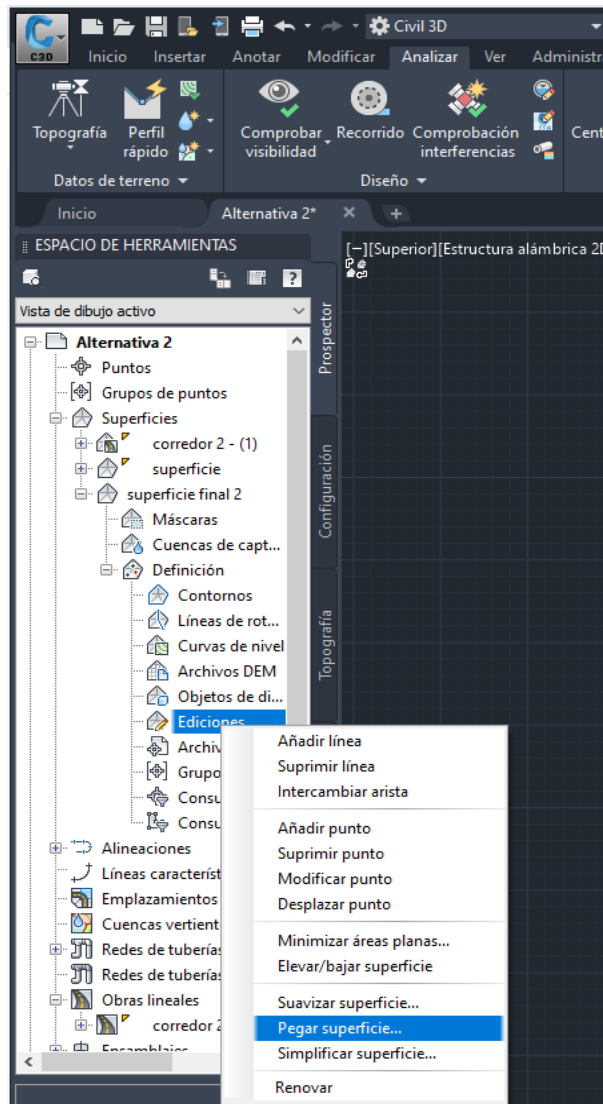


Anexo 111. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

59. Con la ventana *prospector* buscamos la superficie final y en ediciones pegamos la superficie.

Anexo 112 Pegado de superficie nueva, paso 1.

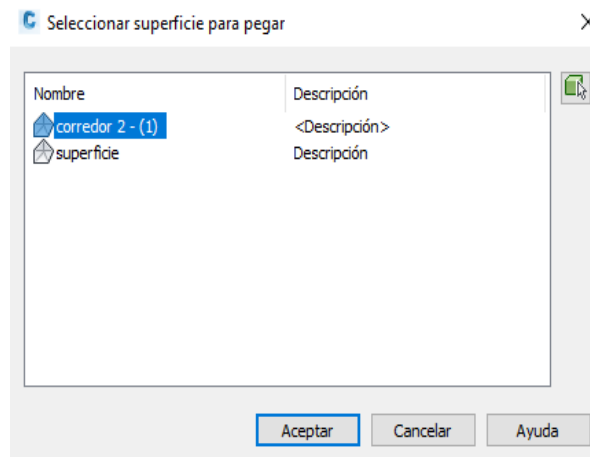


Anexo 112. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

60. Se abre una nueva ventana y seleccionamos la superficie original para pegarla en la superficie final.

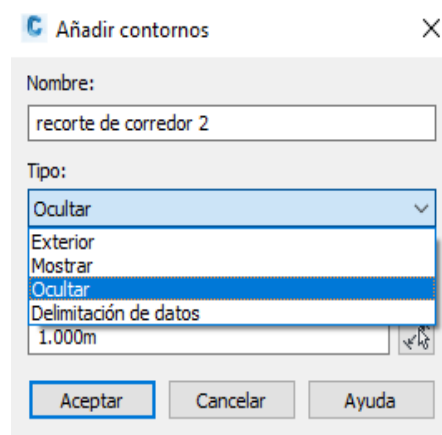
Anexo 113 Pegado de superficie nueva paso 2.



Anexo 113. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

61. Con la ventana *prospector* buscamos la superficie final y en contorno añadimos un nuevo contorno con el nombre “recorte de corredor” y en el tipo lo cambiamos a ocultar finalmente se acepta.

Anexo 114 Añadir contorno nuevo y modificación del tipo.

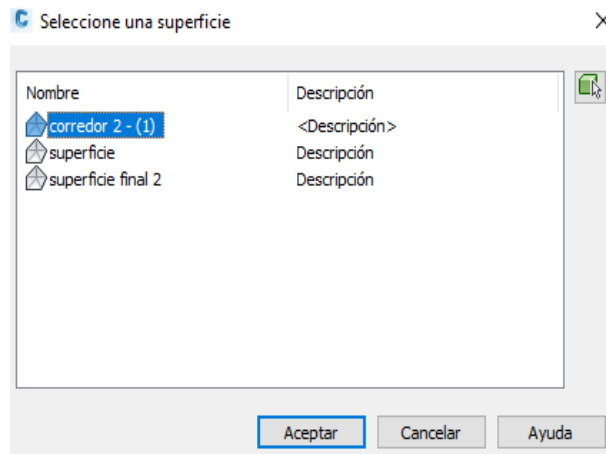


Anexo 114. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

62. Se debe abrir una nueva ventana y para finalizar el recorte se selecciona el corredor y se le da aceptar.

Anexo 115 Selección de la superficie correcta para ver el recorte de este en el corredor.

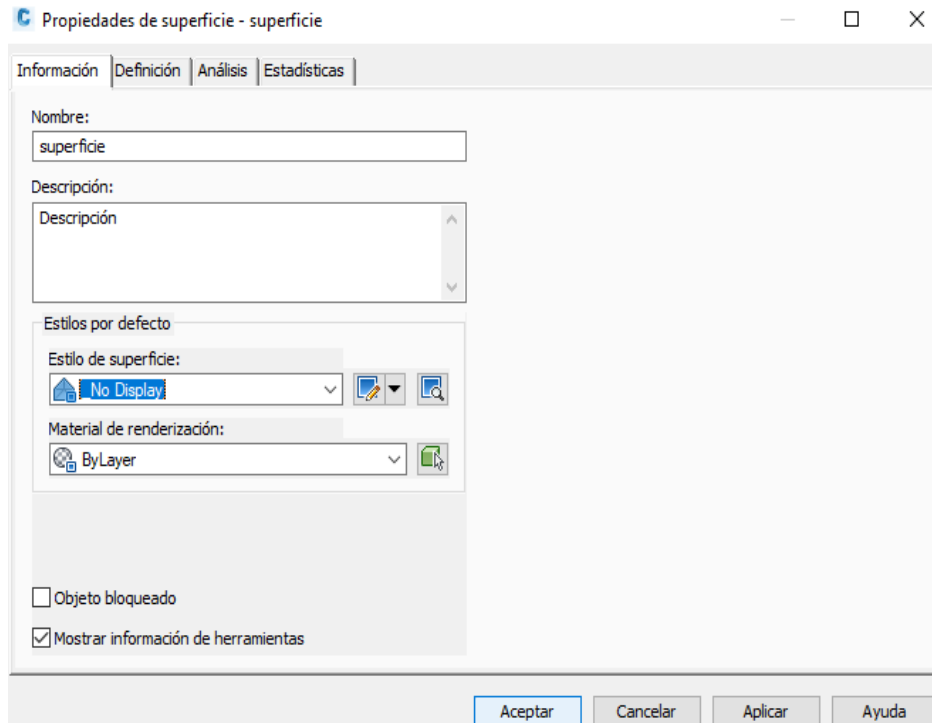


Anexo 115. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

63. Finalmente, a la superficie original, le damos propiedades de superficie y en estilo de superficie seleccionamos “*No display*” ya que queremos que no lo muestre y se acepta.

Anexo 116 Propiedades de superficie, cambiar estilo a no display.

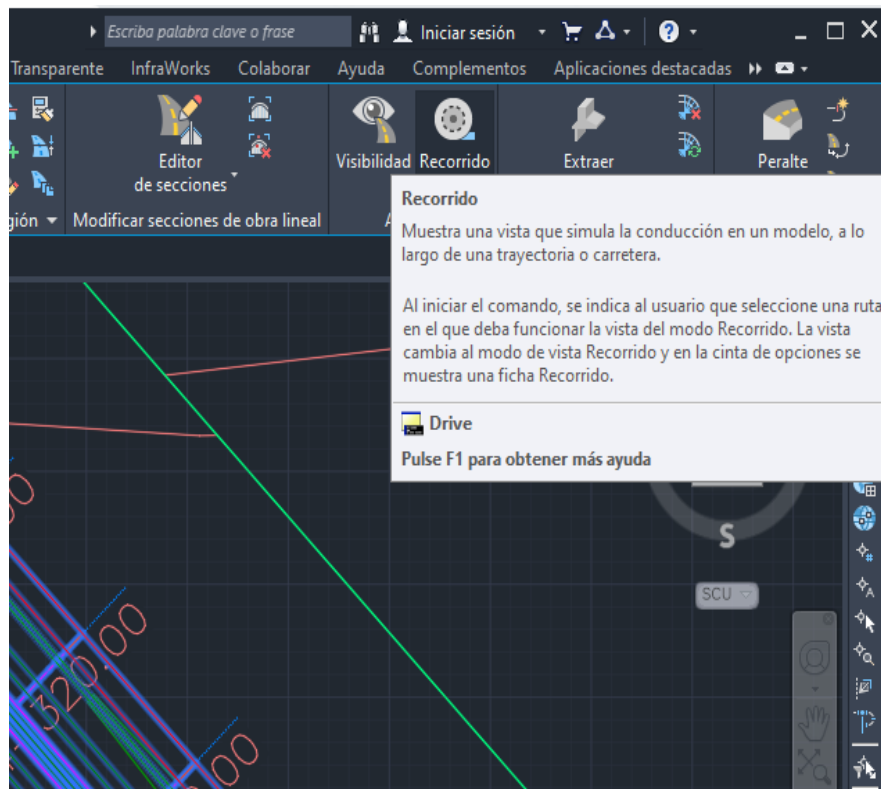


Anexo 116. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

64. Para ver el recorrido del tren, se selecciona el alineamiento y le damos *click* en recorrido, y se selecciona la rasante.

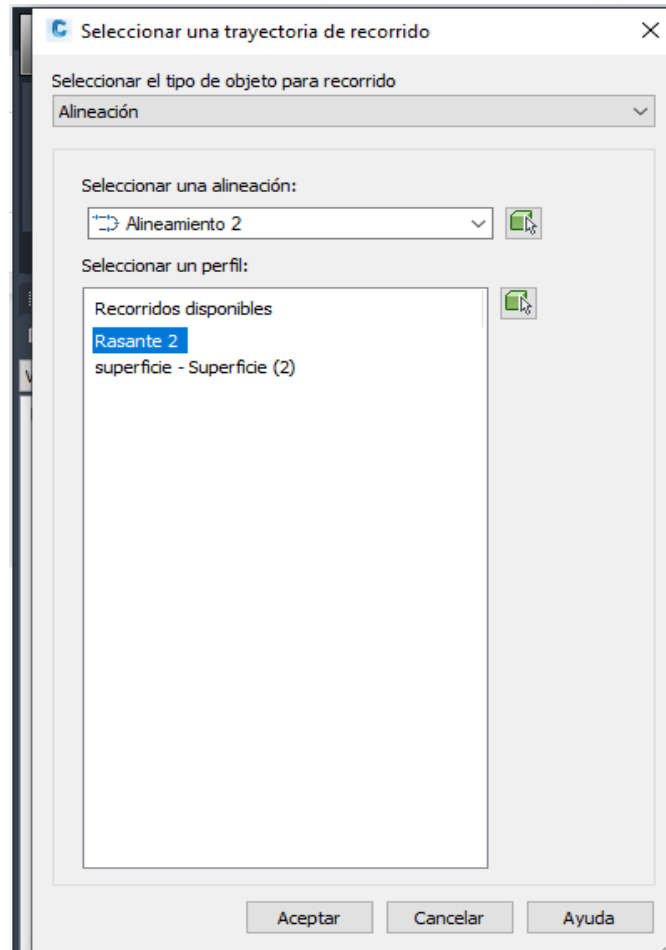
Anexo 117 Recorrido simulado del tren con la herramienta recorrido



Anexo 117. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

Anexo 118 Selección de la trayectoria del recorrido por la rasante previamente creada.

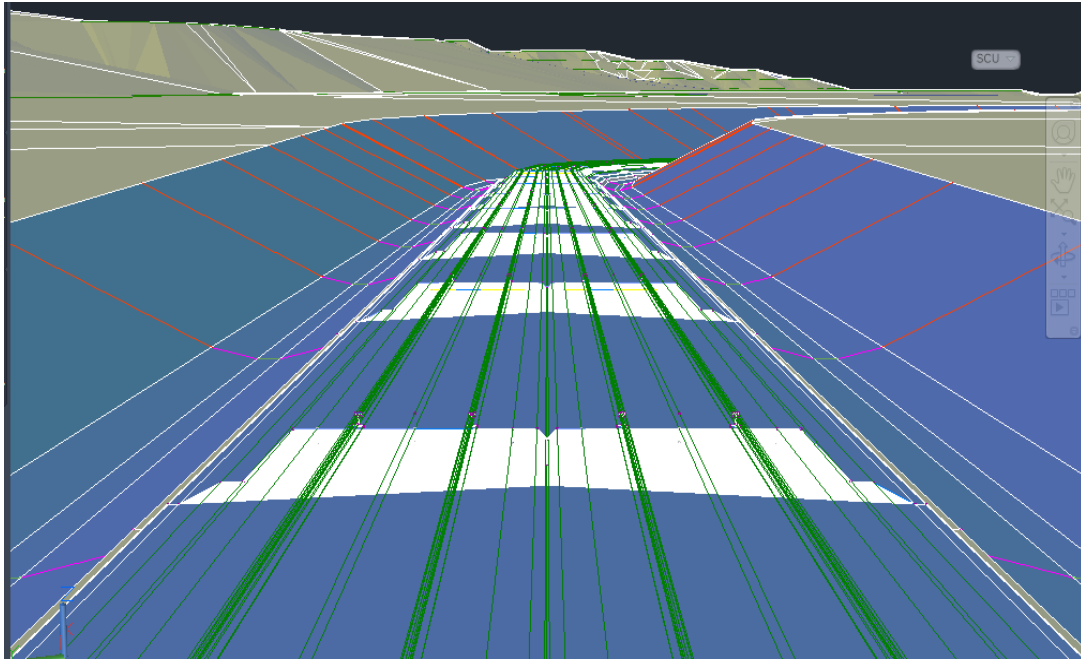


Anexo 118. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).

DISEÑO GEOMÉTRICO DE 3 ALTERNATIVAS PARA EL CORREDOR FÉRREO DEL REGIOTRAM (FACATATIVÁ-MADRID)

65. Si el procedimiento quedo bien ejecutado debe quedar de la siguiente manera.

Anexo 119 Vista final de cómo se vería el corredor férreo.



Anexo 119. Este ejercicio se realizó bajo la licencia de AutoCad que se suscribe en la Universidad Santo Tomás. Autodesk. (2020). AutoCAD [computer software]. California (Estados Unidos).