



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Viabilidad del diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de infraworks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Rimachi Arimuya, Rosa Beatriz (ORCID: 0000-0002-4030-6229)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres, mis hermanos, mi esposo, mi adorada hijita Gloria Marina y a toda mi familia en general, que directa e indirectamente me brindaron su apoyo.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios por llenar mi vida de bendiciones, más aún en esta época difícil que nos tocó afrontar debido a la pandemia por el COVID-19. En segundo lugar, agradezco enormemente a mi querido esposo por proporcionarme incondicionalmente su ayuda, consejos, que, sin lugar a duda, fueron el impulso para recorrer este trayecto en mi vida. Finalmente, agradezco el apoyo incondicional de mis padres Elías Rimachi Sopla, Lourdes Marina Arimuya Silva y, a cada uno de mis hermanos, en especial a Segundo Elías Rimachi Arimuya.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variable, Operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	48
3.7. Aspectos éticos.....	49
IV. RESULTADOS.....	50
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Características de los elipsoides más utilizados en el mundo	8
Tabla 2. Técnicas de obtención de datos para la construcción del MDT.....	12
Tabla 3. Clasificación de las carreteras según DG-2018.....	15
Tabla 4. Características de vehículos tipo M para dimensionar carreteras	16
Tabla 5. Velocidad de diseño en función a la clasificación de carreteras.....	17
Tabla 6. Equipos utilizados para levantamiento topográfico.....	22
Tabla 7. Cuadrilla topográfica.....	23
Tabla 8. Tramos seleccionados.....	25
Tabla 9. Parámetros de diseño.....	38
Tabla 10. Partida de excavación en material suelto	42
Tabla 11. Partida terraplén con material propio.....	42
Tabla 12. Tramos en tangente y radios de curva	50
Tabla 13. Pendientes en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total	52
Tabla 14. Volumen de corte y relleno en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total.....	54
Tabla 15. Variación del costo directo de las partidas de corte y relleno	56
Tabla 16. Variación del costo de equipos para ejecutar las partidas de corte y relleno	58

Índice de figuras

Figura 1. Indicadores que define el elipsoide de referencia	8
Figura 2. Datum geocéntrico vs. datum local	9
Figura 3. Sistema de coordenadas geográficas vs. proyectadas	10
Figura 4. Tipos de proyecciones	11
Figura 5. Proyección Universal Transverse Mercator (UTM).....	11
Figura 6. Partes de la estación total	13
Figura 7. Componentes de diseño geométrico de carretera	15
Figura 8. Equipo topográfico	23
Figura 9. Cuadrilla topográfica	24
Figura 10. Plano de ubicación	25
Figura 11. Ubicación de los tramos seleccionados	26
Figura 12. Inicio del tramo San Ignacio – Puente Integración	26
Figura 13. Progresiva: Km. 0+000.00 al Km. 1+000.00.....	27
Figura 14. Progresiva: Km. 1+000.00 al Km. 2+000.00.....	27
Figura 15. Progresiva: Km. 2+000.00 al Km. 3+000.00.....	27
Figura 16. Km. 3+000.00 al Km. 4+000.00.....	28
Figura 17. Km. 4+000.00 al Km. 5+000.00.....	28
Figura 18. Km. 47+000.00 (Fin del tramo San Ignacio – Puente Integración).....	28
Figura 19. Generación de archivo en Civil 3D	30
Figura 20. Configuración del sistema de coordenadas en Civil 3D	31
Figura 21. Ubicación de San Ignacio en la zona 17 sur	31
Figura 22. Pasos para cargar a Civil 3D nube de puntos	32
Figura 23. Formato de nube de puntos	33
Figura 24. Creación de superficie en Civil 3D	33
Figura 25. Superficie en Civil 3D	34
Figura 26. Modelo digital de terreno con estación total	34
Figura 27. Generador de modelo	35
Figura 28. Área de terreno	36
Figura 29. Sistema de coordenadas.....	36
Figura 30. Modelo digital de terreno de InfraWorks.....	37
Figura 31. Configuración para crear el alineamiento horizontal	38
Figura 32. Alineamiento horizontal	39

Figura 33. Configuración para el alineamiento vertical.....	39
Figura 34. Creación del perfil longitudinal	40
Figura 35. Perfil longitudinal.....	40
Figura 36. Configuración para la creación del ensamblaje.....	41
Figura 37. Trazo de la carretera de planificación	43
Figura 38. Carretera de planificación	43
Figura 39. Configuración de los parámetros de diseño	44
Figura 40. Optimización de radio de curva.....	44
Figura 41. Selección de perfil longitudinal.....	45
Figura 42. Perfil longitudinal.....	45
Figura 43. Parámetros de diseño en sección transversal.....	46
Figura 44. Vista de la sección transversal.....	46
Figura 45. Pasos para exportar de InfraWorks a Civil 3D	47
Figura 46. Importación del modelo en Civil 3D.....	47
Figura 47. Tramos en tangente en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total	50
Figura 48. Radios de curvas en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total	51
Figura 49. Vista en planta de tramos en tangente y curvas utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total.....	51
Figura 50. Diferencia de pendientes en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total	53
Figura 51. Variación volumen de corte en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total	54
Figura 52. Variación volumen de relleno en el modelo digital de terreno con InfraWorks y estación total	55
Figura 53. Variación del costo directo de las partidas corte y relleno.....	57
Figura 54. Variación del costo de equipos para corte y relleno.....	59

Resumen

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021. La investigación fue de tipo, por enfoque, cuantitativo y por propósito, aplicada; el nivel explicativo y el diseño fue experimental, cuasi – experimental. La población estuvo constituida por la carretera San Ignacio – Puente Integración, que consta de 47 kilómetros de longitud, la muestra fue de 5 kilómetros y el muestreo fue probabilístico. Los principales resultados fueron que, los volúmenes de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks tienen un incremento considerable respecto a los volúmenes obtenidos del modelo digital de terreno con estación total; siendo este incremento de 234% para el volumen de corte y 483% para el volumen de relleno; asimismo el costo directo para ejecutar las partidas de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks exceden S/1,904,269.94 al costo directo obtenido a partir del modelo digital de terreno con estación total; siendo este excedente un incremento de 274.12%. Bajo estas condiciones, se determinó que el diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks no es viable, pues si bien, técnicamente cumple con los parámetros de diseño, económicamente no cumple, habida cuenta que los volúmenes de corte y relleno varían debido al error medio altimétrico que presentan los terrenos con pendientes pronunciadas.

Palabras clave: Viabilidad, Modelo Digital de Terreno, InfraWorks, Diseño Geométrico de Carreteras.

Abstract

The objective of this research study was to determine the feasibility of the geometric design of highways using the InfraWorks digital terrain model and total station in San Ignacio, Cajamarca - 2021. The research was type, by approach, quantitative and by purpose, applied; the explanatory level and the design was experimental, quasi-experimental. The population was constituted by the San Ignacio - Puente Integración highway, which is 47 kilometers long, the sample was 5 kilometers long and the sampling was probabilistic. The main results were that the cut and fill volumes using the InfraWorks digital terrain model have a considerable increase with respect to the volumes obtained from the digital terrain model with a total station; being this increase of 234% for the cut volume and 483% for the filling volume; likewise, the direct cost to execute the cut and fill items using the InfraWorks digital terrain model exceeds S/1,904,269.94 than the direct cost obtained from the digital terrain model with a total station; this surplus being an increase of 274.12%. Under these conditions, it was determined that the geometric design of highways using the InfraWorks digital terrain model is not feasible, because although it technically meets the design parameters, it does not meet the economic requirements, given that the cut and fill volumes vary. due to the mean altimetric error presented by land with steep slopes.

Keywords: Feasibility, Digital Terrain Model, InfraWorks, Geometric Design of Highways.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática: Los proyectos de infraestructura vial tienen mucha importancia dentro de la sociedad, puesto que, éstas no solo permitirán la intercomunicación entre poblaciones a nivel distrital, provincial, departamental, nacional e internacional, sino que también permitirá el intercambio comercial, el desarrollo económico, cultural y bienestar de la población. Debido a su importancia, es indispensable que estas se diseñen y ejecuten en el menor tiempo, costo y bajo las mejores condiciones de calidad. Sin lugar a duda, dentro de una obra de infraestructura vial, el movimiento de tierras es una actividad que requiere un diseño óptimo, el cual dependerá de la exactitud de los levantamientos de información topográfica, que es de vital importancia para el cálculo preciso de volúmenes de cortes y rellenos. En esa medida, se ha observado que son más los profesionales que hacen uso de herramientas digitales como Google Maps, Google Earth, BingMaps, entre otros, para la obtención del modelo digital de terreno, lo que implica que la metodología de trabajo tradicional o directa para la captación de la información topográfica de la zona de estudio mediante levantamientos topográficos in situ, viene siendo reemplazada por estos modelos de terreno basadas en imágenes satelitales. Dentro de los softwares más usados para planificar y diseñar carreteras está “InfraWorks” de la compañía Autodesk, que entre los principales beneficios que nos proporciona es que ya tiene incorporado dentro de su entorno el modelo digital de terreno basada en imágenes satelitales, proporcionada por Bing Maps de Microsoft. Otro de los beneficios que nos ofrece InfraWorks es la interacción con Civil 3D, lo que facilita el diseño de carreteras en tiempos muy cortos, convirtiéndolo así en una herramienta muy potente. Sin embargo, cabe preguntarnos, ¿qué tan confiable o preciso puede resultar el uso de esta herramienta para el cálculo de volúmenes de movimientos de tierra y el costo que implica en el diseño geométrico de obras viales? ¿Cómo varían los diseños en planta, perfil y sección transversal de la vía, respecto a levantamientos topográficos in situ? Actualmente se desconoce la real magnitud de la precisión entre el uso de las configuraciones de los terrenos obtenidos de InfraWorks y las efectuadas in situ, por lo que

necesitan ser corroboradas. Teniendo en cuenta lo antes expuesto, es necesario evaluar la viabilidad del diseño de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total; por lo que se plantea el siguiente enunciado como **problema general**: ¿Cuál es la viabilidad del diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021? En esa misma línea, se plantean los siguientes problemas específicos: **Pe1** ¿Cuál es la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a los tramos en tangente y radio de curva utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021?, **Pe2** ¿Cuál es la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a las pendientes utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021?, **Pe3** ¿Cuál es la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación al volumen de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021?, **Pe4** ¿cuál es la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo directo utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021?, **Pe5** ¿Cuál es la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo de equipos utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en san Ignacio, Cajamarca - 2021? Al respecto, el presente estudio de investigación tiene como **justificación práctica** proporcionar información precisa que disipe la incertidumbre del diseñador en cuanto a viabilidad de diseño de carreteras haciendo uso de la información topográfica contenida en el software InfraWorks. Asimismo, su **justificación social** se sustenta en el beneficio para todos los ingenieros civiles dedicados a la planificación y diseños de obras viales. Por lo expuesto anteriormente, se presenta como **objetivo general**: Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021; y, como **objetivos específicos** lo siguiente: **Oe1**. Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a los tramos en tangente y radio de curva utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021, **Oe2**.

Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a las pendientes utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021, **Oe3**. Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación al volumen de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021, **Oe4**. Calcular la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo directo utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021, y **Oe5**. Calcular la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo de equipos utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca - 2021. Seguidamente se presenta como **hipótesis general**: Es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras; y como **hipótesis específicas**: **He1**. Es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación a los tramos en tangente y radio de curva; **He2**. Es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación a las pendientes; **He3**. Es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación al volumen de corte y relleno; **He4**. Existe una variación del 10% en relación al costo directo utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras, e **He5**. Existe una variación del 10% en relación al costo de equipos utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes del presente estudio de investigación son:

Huacho y Mallma (2020), en su estudio de investigación titulada “*Evaluación de parámetros de diseño en la carretera Lircay – Secclla – Angaraes – Huancavelica*”. Tuvo como objetivo principal establecer los parámetros a evaluar para mejorar el diseño en la carretera Lircay – Secclla – Angaraes – Huancavelica. Este estudio fue de tipo cuantitativo; como población tuvo la carretera Lircay – Secclla, su muestra fue 4 kilómetros de carretera y el muestreo fue no probabilístico; utilizaron como instrumentos guías de observación. Asimismo, los principales resultados fueron: de un total de 69 curvas, el 78% cumple con los radios mínimos de diseño y el 28% no cumple; mientras que para tramos tangentes evidencio que el 48% cumple con la longitud mínima y el 52% no cumple. Se concluyó que las características geométricas de la carretera Lircay – Secclla no cumplen con algunos parámetros de diseño de la Norma DG-2018, definiendo que para el radio mínimo en esta vía es de 25 metros.

Balbín y Baldeón (2019), en su estudio de investigación titulada “*Propuesta de diseño geométrico en perfil para caminos de bajo volumen de tránsito de la provincia de canta*”. Tuvo como objetivo principal proponer los estándares de las pendientes longitudinales que facilitará el diseño geométrico en perfil de caminos de bajo volumen de tránsito para el vehículo tipo de la provincia de Canta. Este estudio fue de tipo cuantitativo; como población tuvo los caminos de bajo volumen de tránsito de la Provincia de Canta, su muestra fue los caminos de San Buenaventura Tambo y de Lachaqui a Quives; utilizaron como instrumentos guías de observación. Asimismo, los principales resultados fueron: pendiente máxima 15% y pendiente máxima excepcional 17%. Se concluyó que el diseño en perfil, para la región Lima, se puede utilizar pendiente máxima de 15% y máxima permisible de 17%.

Guardo, López y Bilmes (2021), en su artículo de investigación titulada *“Relevantamiento topográfico de alta resolución: comparación de modelos de terreno mediante estación total y fotogrametría SfM-MVS. Aplicación en una cantera de suelos seleccionados, La Plata, Argentina”*. Tuvo como objetivo obtener el modelo digital de terreno para compararlas, estudiar su alcance, restricciones y conocer la precisión en la cubicación de material extraído. Este artículo fue de tipo cuantitativo; como población tuvo la cantera de suelos seleccionados (La Plata – Argentina), su muestra la cantera Alonso – Di Ianni con una superficie de 18 ha y el muestreo fue probabilístico; utilizaron como instrumentos guías de observación. Asimismo, los principales resultados fueron que las mayores pendientes se encontraron en los márgenes de la cantera con superficies caracterizadas por gradientes entre 70 y 80°, mientras que pendientes suaves hacia el interior de la misma entre 0 y 10°, diferencia de alturas como mínimo -2.91 m y máximo de 2.44 m, diferencia en el cálculo de volúmenes correspondiente a 2749.77 m³. Se concluyó que la técnica SfM-MVS resulta más efectiva respecto a la estación total debido a su alta densidad de puntos, así también es más efectiva en cuanto a rapidez y costo.

Belette, Maceo y Batista (2021), en su artículo titulada *“Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico con estación total para el cálculo de volumen”*. Tuvo como objetivo elaborar una red de levantamiento topográfico para calcular volúmenes en donde se realicen movimiento de tierras. El artículo elaborado es del tipo cuantitativo; como población tuvo áreas donde se realizarán movimiento de tierras, la muestra fue 21 viviendas biplantas que presentaban pendientes menores a 4% situada en Guántamo; Base para tanque de lubricantes y combustibles, Mina Ernesto Che Guevara y Cantera La Balastera en Guantánamo, el muestreo fue no probabilístico; como instrumentos se utilizaron guías de observación. Como resultados se encontró que, en curvas de nivel generadas por una red de puntos cada 5, 10 y 15 metros respectivamente, no hay diferencia que influya en el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, pues mantiene su morfología; sin embargo, presenta variación en los volúmenes con relación a las pendientes. Se concluyó que para áreas con pendientes menores a 4%, el levantamiento a trazarse es cada 10 m y para pendientes mayores debe ser cada 5 metros.

Capachero, García y Obregón (2015), en su investigación titulada *“Análisis de la exactitud del modelo digital de terreno SRTM-30 para Colombia usando datos IGAC e IDEAM”*. Tuvo como objetivo estimar la exactitud vertical del MDT SRTM-30 para Colombia. Este estudio fue de tipo cuantitativo; como población presentó el modelo digital de terreno para Colombia, la muestra fue Colombia, el muestreo fue no probabilístico; como instrumentos utilizó guías de observación. Los principales resultados que se obtuvieron fueron que la precisión vertical del MDT SRTM-30 en relación a los datos de Alturas Geométricas IGAC, el **67%** del terreno colombiano con pendiente suave, obtuvo un error medio de **2.04 m**, el cual asciende con el aumento de la pendiente hasta alcanzar **10.96 m** para un terreno escarpado. Se concluyó que el error es mayor en terrenos de alta pendiente.

Rojas y Rojas (2015), en su investigación titulada *“Grado de precisión en el diseño geométrico de una carretera utilizando el modelo digital de terreno de Google Earth y GPS diferencial, en Camaná - Quilca”*. Tuvo como objetivo determinar el grado de precisión en el diseño geométrico de una carretera utilizando el modelo digital de terreno de Google Earth y GPS Diferencial en Camaná – Quilca. Como población de estudio presentó el tramo Camaná - Quilca, la muestra fue de 5 kilómetros; como instrumentos utilizó guías de observación. Los principales resultados que se obtuvieron fueron: variación de metrados entre los modelos digitales de terreno en 157,596.00 m³ para el volumen de corte y 21,597.30 m³ para el volumen de relleno; variación en el costo por ejecutar las partidas de corte en **S/ 572,073.48** y de relleno en **S/ 853,093.35**. Se concluyó que la mayor cantidad de puntos taquimétricos determinan la precisión en la obtención de detalle topográfico.

Guevara (2015), en su investigación titulada *“Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa”*. Tuvo como objetivo mostrar el análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra vial utilizando el diagrama de masas para aportar desde la perspectiva del ingeniero de producción, criterios para optimización en trabajos de movimiento de tierras. Fue un estudio de tipo cuantitativo; su población fue una obra vial en un proyecto minero en Morococha de 2.147 km,

la muestra fue de 500 metros, el muestreo es no probabilístico; los instrumentos empleados en este estudio fueron fichas técnicas. Los resultados que de acuerdo a los escenarios Obra vs escenario curva masa, el costo escenario obra para el costo de equipos es de S/ 500,572.74 y para el escenario Curva masa es de S/ 340,439.75. Se concluyó que el diagrama de masas permitirá evaluar de una forma más precisa los volúmenes de tierras a mover, y en base a ellos, establecer los equipos adecuados para dichos trabajos.

Se presenta seguidamente las siguientes **teorías**. La **Geodesia**, para Martínez, Muñoz y Navajo (2015), lo define como “la ciencia que estudia la forma y las dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la Tierra y la superficie del fondo oceánico”. La tierra no es perfectamente esférica, entonces, cuando tratamos de aproximarnos a la forma que asimile la tierra, según Olaya (2020), señala que existen dos concepciones básicas: el geoide y el elipsoide de referencia. **El Geoide**, para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2017), es “aquella superficie definida por el nivel medio del mar prolongado teóricamente por debajo de las masas continentales”. El **Elipsoide de Referencia**, según Olaya (2020), es “la forma geométrica que mejor se adapta a la forma real de la Tierra, y por tanto la que mejor permite idealizar esta, logrando un mayor ajuste”. Asimismo, de acuerdo a Wikipedia, “trata de una asimilación ideal a la forma de la Tierra, con la que es más fácil trabajar que con el geoide. Es relativamente fácil de describir un elipsoide de referencia utilizando fórmulas matemáticas”. Ahora bien, el elipsoide está determinado por sus semiejes mayor y menor; en comparación con la Tierra, éstos concernirían con el radio ecuatorial y polar respectivamente, así como se puede apreciar a continuación.

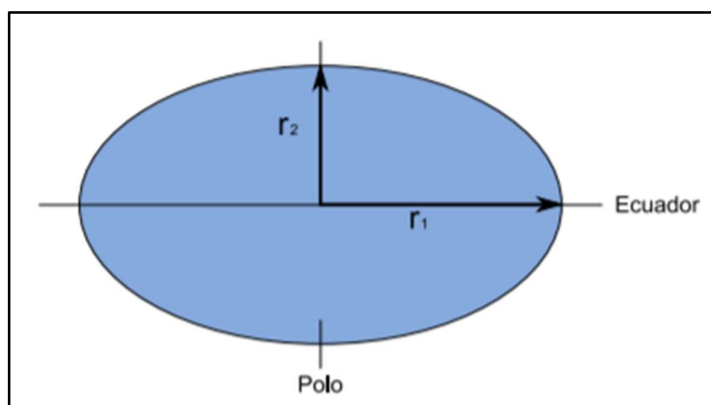


Figura 1. Indicadores que define el elipsoide de referencia

Fuente: *Sistemas de Información Geográfica por Víctor Olaya.*

A continuación, se muestra en la siguiente tabla algunos elipsoides de referencia más utilizados en distintos lugares del mundo con sus respectivas características.

Tabla 1. Características de los elipsoides más utilizados en el mundo

Elipsoide	Año	Longitud (metros)		Achatamiento	Uso local
		semieje a	semieje b		
WGS 84	1984	6.378.137	6.356.752,3	1/298.257	universal
GRS 80	1980	6.378.137	6.356.752,3	1 / 298.257	U.S. A
WGS 72	1972	6.378.135	6.356.750,5	1 / 298.26	U.S. A
Krasovsky	1940	6.378.245	6.356.863,0	1 / 298.30	RUSIA
Internacional	1924	6.378.388	6.356.911,9	1 / 297	Colombia, Europa
Clarke 80	1880	6.378.249	6.356.514, 9	1 / 293,46	Norte América
Clarke 66	1866	6.378.206,4	6.356.514,8	1 / 294,98	África
Bessel	1841	6.377.397,2	6.356.079, 0	1 / 299,15	Japón y Asia

Fuente: Referencias y proyección empleadas en la cartografía colombiana

El Datum, para Franz (2019), es “un sistema de referencia espacial que describe la forma y el tamaño de la tierra y establece un origen para los sistemas de coordenadas”. Existen dos principales tipos de datums: datums geocéntricos y datums locales. El **Datum geocéntrico**, para Wade y Sommer (2017), es un “datum geodésico horizontal basado en un elipsoide que tiene su origen en el centro de la masa de la tierra”. El **Datum local**, de acuerdo a

Wade y Sommer (2017), señala que “sirve como base para las mediciones realizadas en un área limitada de la tierra; que tiene su origen en un lugar de la superficie terrestre; que usa un elipsoide cuyas dimensiones se conforman adecuadamente a la región donde se usa”. En la siguiente imagen se puede observar ejemplos de datum local y datum geocéntrico.

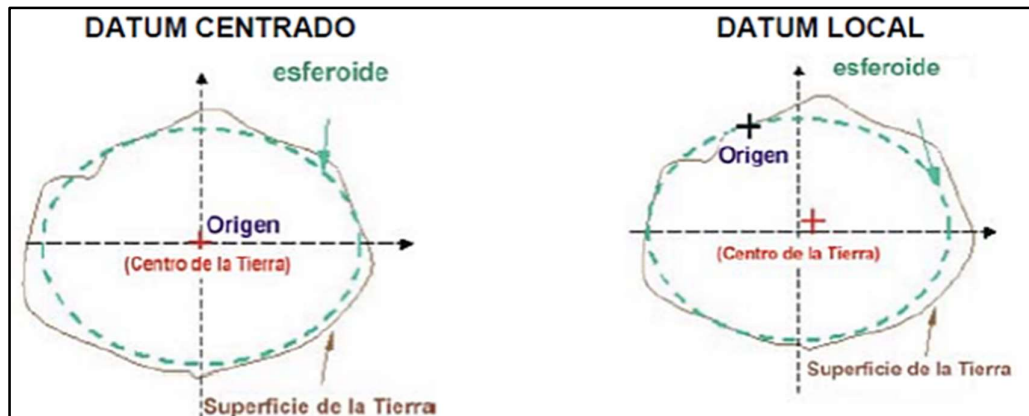


Figura 2. Datum geocéntrico vs. datum local

Fuente: Proyecciones cartográficas ¿Qué debo saber? Por Camila Garmendia

Ahora bien, con el modelo que define la forma de la Tierra, se puede establecer un sistema para codificar posiciones sobre la superficie terrestre y poder asignar sus coordenadas correspondientes. En tal sentido, existen **dos sistemas de coordenadas de referencia**: Coordenadas geográficas y coordenadas proyectadas o planas. **El Sistema de Coordenadas Geográficas**, según Smith (2020), señala que “registra ubicaciones en unidades angulares (generalmente grados). Utiliza una red de líneas imaginarias (longitud y latitud) para definir ubicaciones”; asimismo, para Morales (2022), lo define como “un sistema de coordenadas que utiliza una superficie esférica tridimensional (elipsoide) para definir ubicaciones en la tierra”. **El Sistema de coordenadas proyectadas o planas**, para Smith (2020) señala que, “les dice a los datos como dibujar en una superficie plana, como en un mapa de papel. Registra ubicaciones en unidades lineales (generalmente metros)”.

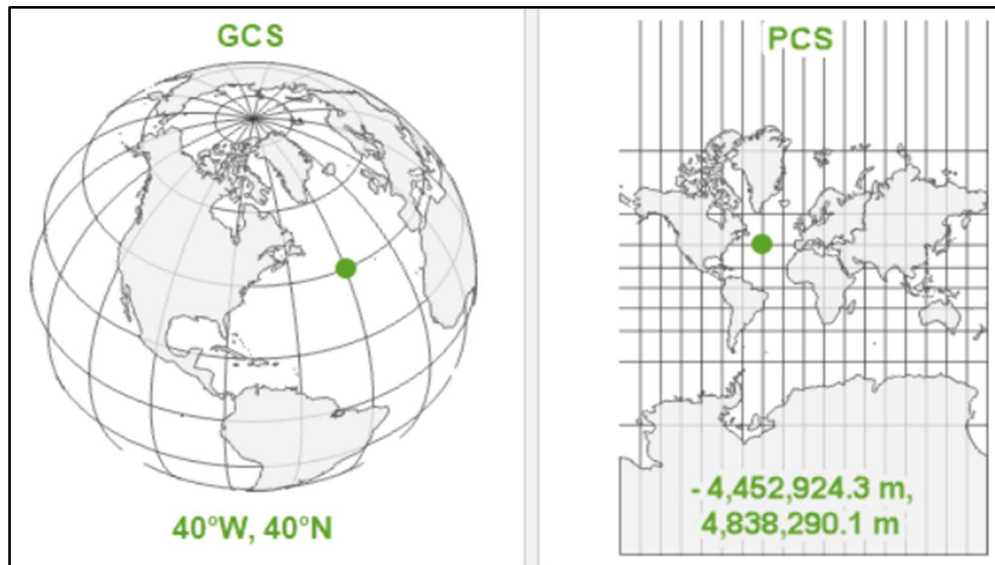


Figura 3. Sistema de coordenadas geográficas vs. proyectadas

Fuente: Blog de ArcGIS

Nota: A la izquierda ejemplo de coordenada geográfica, a la derecha ejemplo de coordenada proyectada.

Existen **tipos de proyecciones**, según ESRI (2016), entre las más habituales se pueden mencionar: cónica, cilíndrica y plana. Dentro de las proyecciones cilíndricas podemos encontrar: la normal, transversal y oblicua. En la normal el cilindro puede tocar el globo en una línea de latitud; en la transversal el cilindro puede tocar el globo en una línea de longitud y, mientras que en tipo oblicuo el globo puede tocar a lo largo de otra línea cualquiera. En la siguiente imagen se puede observar las proyecciones cilíndricas.

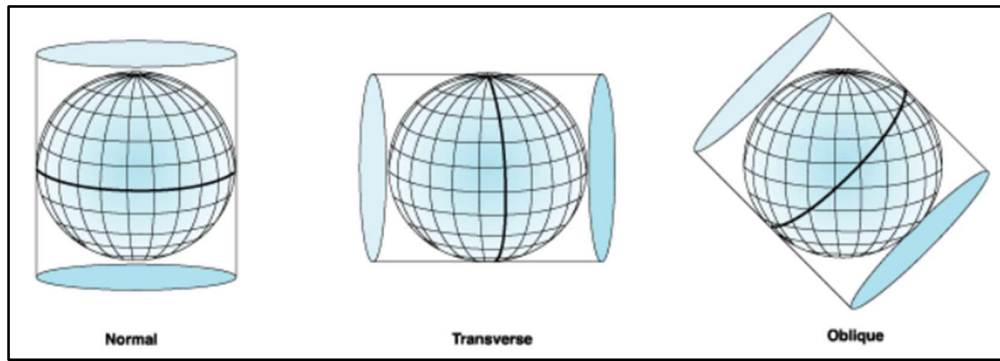


Figura 4. Tipos de proyecciones

Fuente: ESRI, ArcMap

Entre las proyecciones transversales encontramos a **la proyección UTM** (Universal Transverse Mercator), que según Ibarra (2014), es “un sistema cartográfico conforme que utiliza un cilindro transversal de radio levemente menor que el de la Tierra, que corta al elipsoide haciendo que este sea secante. El elipsoide está dividido en 60 zonas o husos, cada huso cubre 6° de longitud”; tal como se puede observar en la siguiente imagen.

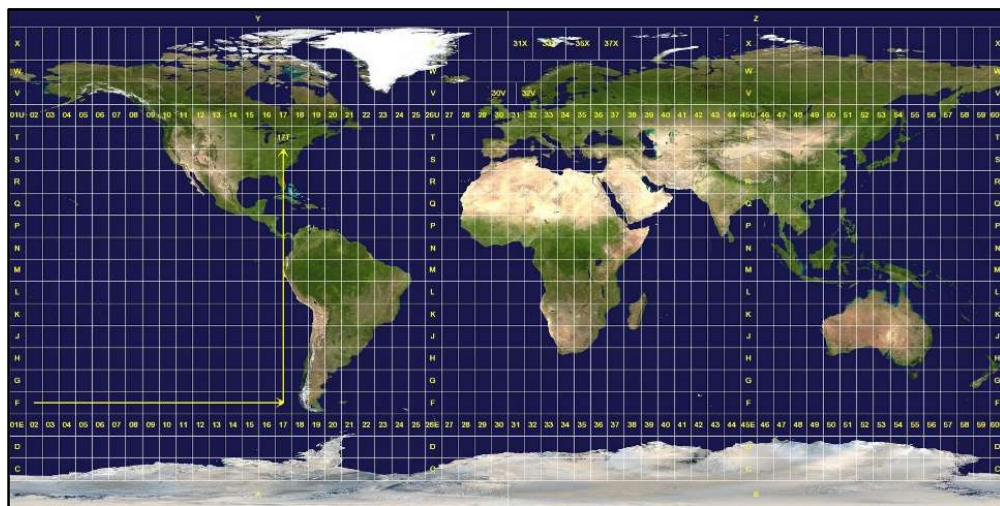


Figura 5. Proyección Universal Transverse Mercator (UTM)

Fuente: Enciclopedia libre Wikipedia

El Modelo Digital de Terreno (MDT), que de acuerdo a Calaña y Belete (2014) lo definen como “una representación numérica de las características topográficas del terreno, a partir de las coordenadas tridimensionales de los puntos que la definen”. Asimismo, Felicísimo (1994), lo define como “una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua”. Para García, Rosique y Segado (1994), señala que “consiste en una malla regular de puntos del terreno cuyas coordenadas X, Y y Z se tienen almacenadas en un ordenador”. Para la elaboración del MDT, es de suma importancia tener en consideración la forma de adquisición de datos, que no son más que una nube de puntos con coordenadas geométricas (x; y; z), que representen la superficie topográfica. Las formas o **métodos para capturar datos**, de acuerdo a Felicísimo (1994), nos señala el método directo y método indirecto; la Tabla 1 muestra ejemplos de estos métodos.

Tabla 2. *Técnicas de obtención de datos para la construcción del MDT*

DIRECTOS	ALTIMETRÍA	Altímetros transportados por plataformas aéreas
	GPS	Global positioning system, sistema de localización mediante satélites
	TOPOGRAFÍA	Mediante estaciones topográficas con salida digital
INDIRECTOS	RESTITUCIÓN	Origen digital: imágenes digitales captadas por satélites (p. ej. SPOT) con diferentes ángulos de visión
		Origen analógico: pares fotográficos convencionales (pancromático, color, infrarrojo)
	DIGITALIZACIÓN	Manual: mediante tableros digitalizadores Automática: mediante <i>scanners</i>

Fuente: Modelos Digitales de Terreno, Ángel Felicísimo

El Método directo para capturar datos, consiste en la obtención de información del terreno in situ, utilizando equipos topográficos de alta

precisión, tales como estación total, altímetros transportados por plataformas aéreas, GPS, entre otros; mientras que, **el método indirecto** emplea un conjunto de documentos elaborados anticipadamente. Uno de los métodos indirectos más utilizados es la de **imágenes captadas por satélite** que, según la Universidad de Ciencias y Humanidades (2018), consiste en la representación visual de la información de la superficie terrestre, capturada por un sensor instalado en un satélite artificial, el cual consecutivamente se envía a estaciones terrestres para su procesamiento convenientemente.

En el presente trabajo de investigación, el modelo digital de terreno se obtendrá a partir del método directo con estación total y el método indirecto con el software InfraWorks. Por lo que, de acuerdo a lo señalado es importante conocer sobre que es una estación total e InfraWorks.

La **estación total**, según Ojeda, Belete y Batista (2014), es “un instrumento utilizado para la implantación de obras, levantamientos topográficos, entre otros trabajos que no requieren de parámetros técnicos rigurosos para su ejecución. **Las partes** de la estación total se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 6. Partes de la estación total

Fuente: Topografía y servicios del sureste

Seguidamente podemos mencionar **los tipos de estaciones totales**, que según Topografía y Servicios de Sureste (2021) se puede identificar: estaciones electrónicas o convencionales, estaciones con GPS's y estaciones robóticas.

La estación total se puede emplear para: aplomar a partir de una altura, levantamientos y replanteos. Para el presente estudio de investigación, el uso que se dará a la estación total es para realizar un levantamiento con fines de diseño geométrico de carretera. En cuanto a **Infraworks**, según Renard (2021), “es un software desarrollado también por Autodesk y es usado para la planificación de proyectos, pero también para su diseño. Contiene herramientas para gestionar todo tipo de proyectos de infraestructura, como pueden ser carreteras, autovías, puentes, túneles y canalizaciones. También es un software basado en metodología BIM”. Para Esarte (2020), InfraWorks, “es un software de diseño conceptual para infraestructuras, que te permite modelar, analizar y visualizar tus conceptos de diseño en un contexto real dentro de su entorno natural y de construcción”. InfraWorks contiene **el generador de modelo** que, según Autodesk (2021), “utiliza la nube para buscar capas de datos y, a continuación, generar un modelo de un área que especifique”. Los orígenes de los datos del generador del modelo para Imágenes, cuentan con imágenes de satélite de Microsoft Bing Maps que cubre el terreno del modelo; para la elevación utiliza los datos de terreno globales disponibles en DEM de 10 y 30 metros en función de la ubicación geográfica del área de interés así, por ejemplo, los datos de terreno de Estados Unidos y sus territorios usa DEM USGS de 10 metros del NED (National Elevation Dataset). Entre -60° y $+60^{\circ}$ de latitud usa datos DEM SRTMGL1 de 30 m. Entre $+60^{\circ}$ y $+83^{\circ}$ de latitud usa datos DEM ASTER GDEM v2 de 30 m.

En relación a la definición de **diseño geométrico**, según Agudelo (2002), “se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda

circular de una manera cómoda y segura”. El diseño geométrico de una vía se realiza en consideración al diseño en planta, perfil y sección transversal, como podemos observar en la siguiente figura.

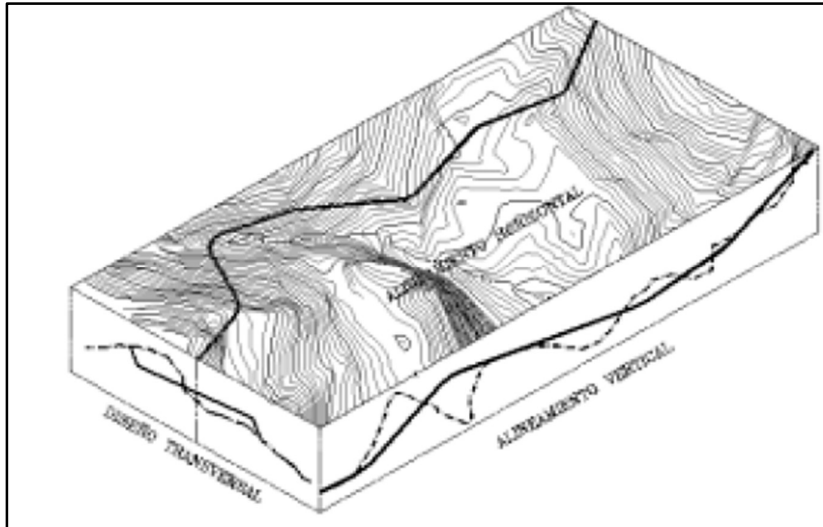


Figura 7. Componentes de diseño geométrico de carretera

Fuente: Diseño de Vías, John Jairo Agudelo Ospina

Para el diseño de la vía, se tendrá en cuenta la normatividad, clasificación de carreteras y criterios básicos de controles. Para la normatividad se ha tomado como base el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, que es un documento normativo y por tanto su aplicación es obligatoria. En relación a la clasificación de carreteras, de acuerdo al manual de diseño DG - 2018, una carretera puede clasificarse según Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las carreteras según DG-2018

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS		
Descripción	Tipo	Características
Por Demanda	Autopistas Primera Clase	IMDA > 6 000 veh/día
	Autopistas Segunda Clase	4001 < IMDA < 6000 veh/día
	Carreteras Primera Clase	2001 < IMDA < 4000 veh/día
	Carreteras Segunda Clase	400 < IMDA < 2000 veh/día
	Carreteras Tercera Clase	IMDA < 400 veh/día
	Trochas Carrozables	IMDA < 200 veh/día
Por Orografía	Terreno plano (tipo 1)	Se caracteriza por tener pendiente transversal al eje de la vía, menor o igual al 10% y su pendiente longitudinal son menores de tres por ciento (3%),
	Terreno ondulado (tipo 2)	Se caracteriza por tener pendiente transversal al eje de la vía entre 11% y 50% y su pendiente longitudinal se encuentran entre 3% y 6 %
	Terreno accidentado (tipo 3)	Se caracteriza por tener pendiente transversal al eje de la vía entre 51% y el 100% y su pendiente longitudinal se encuentra entre 6% y 8%
	Terreno escarpado (tipo 4)	Se caracteriza por tener pendiente transversal al eje de la vía superior al 100% y su pendiente longitudinale son superiores al 8%

Fuente: DG-2018

Seguidamente en cuanto a criterios básicos de controles se tendrá en cuenta los vehículos de diseño, las características de tránsito y la velocidad de diseño. En relación a los vehículos de diseño, según el manual, se definen como vehículos seleccionados, que poseen determinadas dimensiones, pesos y características que son empleados para establecer los criterios necesarios para la elaboración de proyectos viales, que seguidamente se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de vehículos tipo M para dimensionar carreteras

Tipo de vehículo	Alto	Ancho	Vuelo	Ancho	Largo	Vuelo	Separación	Vuelo	Radio
	total	Total	lateral	ejes	total	delantero	ejes	trasero	min. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: DG - 2018

Para las características del tránsito se tendrá en cuenta el índice medio diario anual (IMDA) que, de acuerdo al manual DG - 2018, representa el promedio de los volúmenes diarios de vehículos que transitan para todos los días del año. En relación a la velocidad de diseño, Agudelo (2002), lo define como la velocidad máxima que se puede transitar de manera cómoda y segura, bajo condiciones favorables, durante un determinado tramo de la vía”. Seguidamente se muestra la Tabla 5 las velocidades de diseño.

Tabla 5. Velocidad de diseño en función a la clasificación de carreteras

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: DG - 2018

En cuanto a los diseños en planta, perfil y sección transversal, **se define** según Agudelo (2002), **Diseño geométrico en planta:** está conformado por distancias y ángulos, formando un plano horizontal con coordenadas este y norte. **Diseño geométrico en perfil:** conformada por pendientes y distancias horizontales, generando un plano vertical con cotas y abscisas. **Diseño geométrico en secciones:** conformada por distancias horizontales y verticales que generan un plano transversal con cotas y distancias.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Por enfoque es cuantitativo, porque según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4). En ese sentido, de acuerdo a la definición precedente, la presente investigación por enfoque es de tipo cuantitativo, puesto que tiene como indicadores valores numéricos tanto para la variable independiente “Modelo digital de terreno de Infracworks y estación total”, como para la variable dependiente “Diseño Geométrico de Carreteras”.

Por propósito es aplicada porque para Tamayo (2004), “es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías” (p.43). Por consiguiente, de acuerdo a lo señalado, este estudio de investigación por propósito es aplicada.

Nivel de Investigación: Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), lo definen como alcance de la investigación a realizar y son: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativo. El nivel de investigación explicativa, de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), “pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (p. 83); en ese sentido, de acuerdo a la definición precedente, en vista que el presente estudio no solo pretende describir lo que está pasando, sino que también pretende encontrar las causas que lo originan, se concluye que el nivel de investigación es de tipo explicativo.

Diseño de investigación: Experimental. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), es una “situación de control en la cual se

manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (p.130). De acuerdo a lo señalado en la definición anterior, esta investigación presenta diseño experimental porque se manipulará una variable independiente y se evaluará los efectos sobre una variable dependiente. Asimismo, es de tipo **cuasi-experimental**, porque según Hedrick, Bickman y Rog (1993), los diseños cuasi-experimentales “tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables. Cuando la asignación aleatoria es imposible, los cuasi-experimentos (semejantes a los experimentos) permiten estimar los impactos del tratamiento o programa, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada” (p. 58).

3.2. Variable, Operacionalización

Variables: Para Kerlinger y Lee (2002), una variable es “una propiedad que asume diversos valores” (p. 36). En el presente estudio de investigación se tiene una variable independiente y una variable dependiente que, para Hernández, Fernández, Baptista (2014), la variable independiente “es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente)” (p.130).

De acuerdo a lo señalado en el párrafo anterior, esta investigación tiene como variable independiente (causa), al “Modelo digital de terreno”, porque es ésta la que será manipulada, y como variable dependiente al “Diseño geométrico de carreteras”, porque en ésta evaluaremos los efectos o consecuencias que surgen debido a la manipulación de la variable independiente.

Operacionalización: Se presenta matriz de operacionalización mediante Anexo N°02.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Según Pineda, Alvarado y Canales (1994), lo define como el “conjunto de elementos que presentan una característica o condición común que es objeto de estudio” (p. 110). Así también, Hernández, Fernández, Baptista (2014), lo define como un “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174). Por tanto, de acuerdo a la definición señalada, la población del presente trabajo de investigación es la Carretera San Ignacio – Puente Integración, consta de 47 kilómetros de longitud.

Muestra: Para Ávila (2006), la muestra “es una pequeña parte de la población estudiada” (p. 88). Entonces de acuerdo a lo señalado, de los 47 kilómetros de carretera, tramo San Ignacio – Puente Integración, se tomará como muestra 5 kilómetros de carretera.

Muestreo: Probabilístico. Según Muñoz (2015), define al muestreo probabilístico como el que “se seleccionan los elementos con base en probabilidades conocidas”. Por lo que, de acuerdo a lo señalado anteriormente, este estudio de investigación tendrá como muestreo el muestreo probabilístico, en vista que, de los 47 kilómetros de carretera, cada kilómetro de carretera tendrá la misma posibilidad de ser seleccionada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: Observación. Según Yuni, Urbano (2006) “alude a los procedimientos mediante los cuales se generan informaciones válidas y confiables, para ser utilizadas como datos científicos” (p. 29). Para Hernández, Fernández y Baptista (2014), consiste en “el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (p. 252). Por lo tanto, de acuerdo a las referencias, considerando que los datos para los resultados

se obtendrán de esta manera, la técnica de la presente investigación es la observación.

Instrumentos de recolección de datos: Guía de Observación. Según Tamayo (2004), lo define como “un formato en el cual se pueden recolectar los datos en sistemática y se pueden registrar en forma uniforme, su utilidad consiste en ofrecer una revisión clara y objetiva de los hechos, agrupa los datos según necesidades específicas, se hace respondiendo a la estructura de las variables o elementos del problema” (p.172). De acuerdo con la definición precedente, el instrumento de recolección de datos será mediante guías de observación (fichas técnicas) y son las siguientes: Ficha Técnica N°01 – Tramos en tangente y radio de curva, Ficha Técnica N°02 – Pendientes; Ficha Técnica N°03 – Volumen de Corte y Relleno; Ficha Técnica N°04 – Costo Directo y Ficha Técnica N°05 – Costo de equipos, las cuales se adjuntan mediante Anexo N°03.

Validez: Según Arribas (2004), lo define como “el grado en que un instrumento de medida mide aquello que realmente pretende medir o sirve para el propósito para el que ha sido construido” (p. 27).

El presente estudio de investigación, se validará mediante el juicio de expertos, que según Cabero y Llorente (2013), “consiste en solicitar una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto” (p. 14). En tal sentido, para validar el presente estudio de investigación, se presenta a continuación la relación de los siguientes expertos:

Experto 1: Ing. Homero Carrero García. CIP: 94595

Experto 2: Ing. Óscar Fernando Velarde Villar. CIP: 31632

Experto 3: Ing. José Luis Ponce Filios. CIP: 107402

Confiabilidad: De acuerdo a Ospino (2004), la confiabilidad de un instrumento lo define como “grado en que la aplicación repetida al mismo universo produce iguales resultados” (p. 168).

La confiabilidad de los resultados está relacionados a las condiciones de los equipos utilizados en el laboratorio. En el presente estudio de investigación se utilizará el siguiente equipo y software, para los cuales, mediante Anexo N°4 se adjuntan las licencias de uso (para el caso de los softwares) y certificado de calibración para la estación total.

Equipo 1: Estación Total - Certificado de calibración

Software: InfraWorks y Autodesk Civil 3D – Licencia de uso

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo del presente estudio de investigación, se tuvo el siguiente procedimiento; que, para fines didácticos, se clasificó en dos etapas. La primera etapa consiste en la obtención del modelo digital del terreno mediante dos métodos, una con estación total in situ, y otra haciendo uso del software InfraWorks. A continuación, se describen los procedimientos para cada etapa.

I. Primera Etapa: Elaboración del Modelo Digital de Terreno

1.1. Con datos obtenidos mediante estación total

- Adquisición de equipos topográficos

Los equipos adquiridos y utilizados para el levantamiento de datos en campo, fueron los que se detallan a continuación en el siguiente cuadro.

Tabla 6. *Equipos utilizados para levantamiento topográfico*



Figura 8. Equipo topográfico

- Disposición de cuadrilla topográfica

Para el levantamiento topográfico del tramo en estudio, se tuvo la disposición de la siguiente cuadrilla topográfica.

Tabla 7. Cuadrilla topográfica

Ítem	Cargo	Nombre
1.00	Operador de Estación Total	Rosa Beatriz Rimachi Arimuya
2.00	Ayudante de Operador (Prismero)	Elson Jara Alarcón
3.00	Ayudante de Operador (Prismero)	Orlando Jara Alarcón
4.00	Conductor de camioneta	Jorge Carhuapoma Cruz
5.00	Fotógrafo	Segundo Elías Rimachi Arimuya

Fuente: elaboración propia



Figura 9. Cuadrilla topográfica

- Levantamiento de datos en campo

El levantamiento de datos en campo, se llevó a cabo en la carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio – Rio Canchis, tramo: San Ignacio – Puente Integración, ubicado en el distrito de San Ignacio, provincia del mismo nombre y departamento de Cajamarca, tal como se puede observar a continuación en el siguiente plano de ubicación.

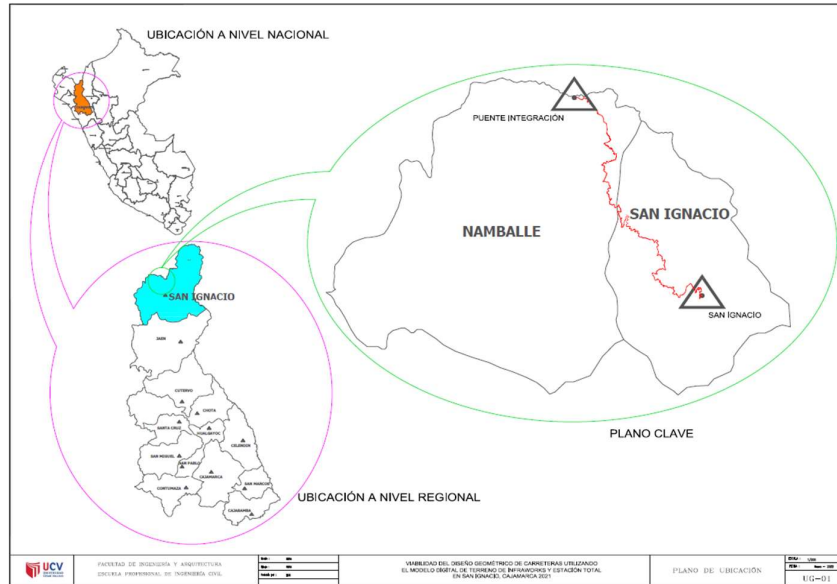


Figura 10. Plano de ubicación

De los 47 kilómetros de carretera, se levantó un tramo de 5 kilómetros, correspondiente al tamaño de la muestra del presente estudio de investigación, y, estuvo ubicado en el sector del Km. 0+000.00 al Km. 5+000.00, como se puede apreciar en el siguiente cuadro y plano de ubicación.

Tabla 8. Tramos seleccionados

Tramo N°	Progresiva		Longitud Km
	Desde Km	Hasta Km	
1.00	0+000.00	1+000.00	1.00
2.00	1+000.00	2+000.00	1.00
3.00	2+000.00	3+000.00	1.00
4.00	3+000.00	4+000.00	1.00
5.00	4+000.00	5+000.00	1.00
Total			5.00

Fuente: Elaboración propia

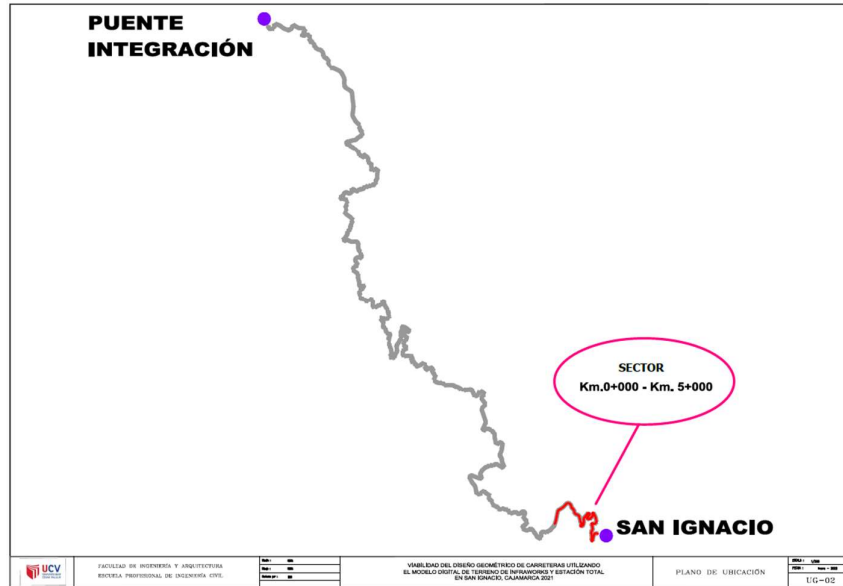


Figura 11. Ubicación de los tramos seleccionados

El trabajo de campo empezó con el recorrido de los 47 kilómetros de la vía, con la finalidad de hacer un reconocimiento de campo; ubicando nuestra población de estudio según define la progresiva de inicio Km. 0+000 hasta la progresiva Km. 47+085. Posteriormente se procedió con el levantamiento topográfico del tramo que conforma nuestra muestra de estudio; para lo cual, para el control de niveles, se inició del Bench Marck (BM) oficial y absoluto del Instituto Geográfico Nacional (IGN), ubicada en el jardín de la comandancia del Ejército en San Ignacio a 1284.2058 metros sobre el nivel del mar.



Figura 12. Inicio del tramo San Ignacio – Puente Integración



Figura 13. Progresiva: Km. 0+000.00 al Km. 1+000.00



Figura 14. Progresiva: Km. 1+000.00 al Km. 2+000.00



Figura 15. Progresiva: Km. 2+000.00 al Km. 3+000.00



Figura 16. Km. 3+000.00 al Km. 4+000.00



Figura 17. Km. 4+000.00 al Km. 5+000.00



Figura 18. Km. 47+000.00 (Fin del tramo San Ignacio – Puente Integración)

- Procesamiento de los datos de campo
 - a) Desde la estación total se procedió a exportar los puntos levantados hacia una memoria USB. Para ello, se conectó el USB al equipo y se realizó lo siguiente: Desde el menú del equipo se seleccionó el fichero “Transferir Datos”, luego seleccionando la opción “Exportar datos” nos permitió configurar el tipo de dispositivo (USB), tipo de dato (medidas), trabajo (trabajo simple), trabajo de selección (un trabajo específico) y después seleccionamos “Continuar”. Seguidamente emerge un menú en el que pregunta si queremos cambiar el nombre del fichero, como no es el caso, procedemos a “Continuar”, luego nos muestra un menú en el que elegimos el tipo de formato en el que queremos guardar el archivo, en el presente caso se definió como formato “txt” y seleccionamos “Continuar”. Posterior a ello emerge un nuevo menú “Definir exportación” en el que configuramos las opciones, delimitar (coma), unidad (metro), campo de datos (Punto, x, y, z, Descripción) y seleccionamos “Continuar”. Finalmente se obtiene un archivo con extensión .txt guardado en el USB. Ahora bien, este formato lo convertimos a Excel en extensión .csv (delimitado por coma), y finalmente será éste el que importaremos a Civil 3D.
 - b) Haciendo uso del software Autodesk Civil 3D, se generó un archivo nuevo, para lo cual nos dirigimos al icono “C” de Civil, seleccionamos “New” y elegimos la opción “Drawing”. Emerge una ventana denominada “Select template” y se procedió a guardarlo en una determinada carpeta con su respectivo nombre; tal como se puede observar a continuación.

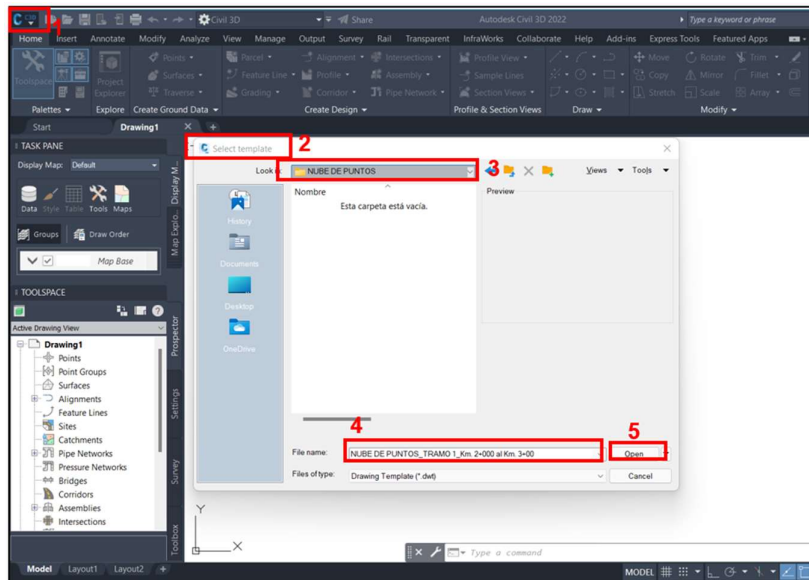


Figura 19. Generación de archivo en Civil 3D

- c) Seguidamente se procedió a configurar el sistema de coordenadas; para ello haciendo clic en la ficha “Home” ubicamos la herramienta “Toolspace”, hacemos clic en “Settings”, ubicamos “Drawing”, clic derecho en éste y seleccionamos “Edit Drawing Settings”, emerge una ventana en el que realizaremos la configuración de la zona. Seleccionamos el datum universal WGS84, proyección UTM y como San Ignacio se encuentra en la zona 17 Sur, entonces correspondería la siguiente configuración.

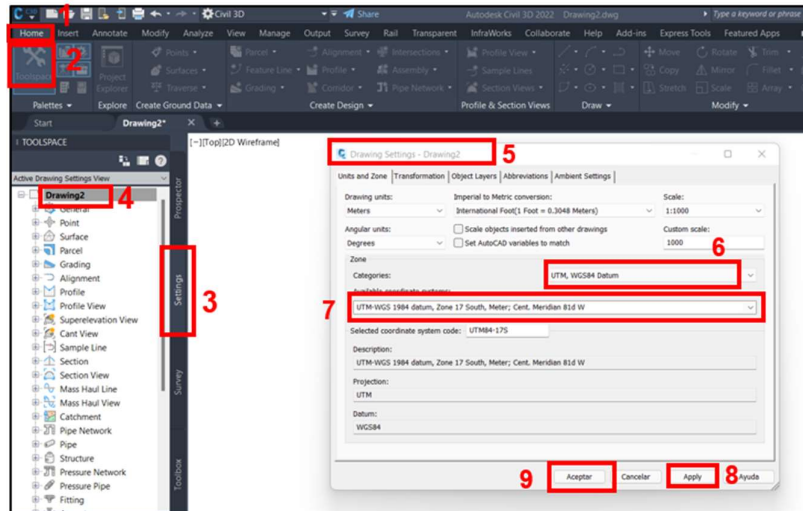


Figura 20. Configuración del sistema de coordenadas en Civil 3D



Figura 21. Ubicación de San Ignacio en la zona 17 sur

Fuente: Google Earth

- d) Después realizamos la importación de los puntos. Desde la ficha “Home” hacemos clic en la herramienta “Points”, seleccionamos “Point Creation Tools” y clic en “Import Points”. Emerge la ventana “Import Points”, desde aquí podremos subir nuestro archivo (configurada en el paso 1) y especificar el formato de archivo de puntos. Para subir nuestro archivo de datos, nos dirigimos a la sección “Selected Files” realizamos clic en el símbolo más (+), buscamos, seleccionamos y verificamos la extensión del archivo, para luego dar clic en

abrir. Para especificar el formato de archivo, nos ubicamos en la sección “Specify point file format” y aquí buscamos y seleccionamos el formato que corresponde al archivo establecido en el paso 1. A continuación, se presenta la configuración señalada del párrafo precedente mediante la siguiente imagen.

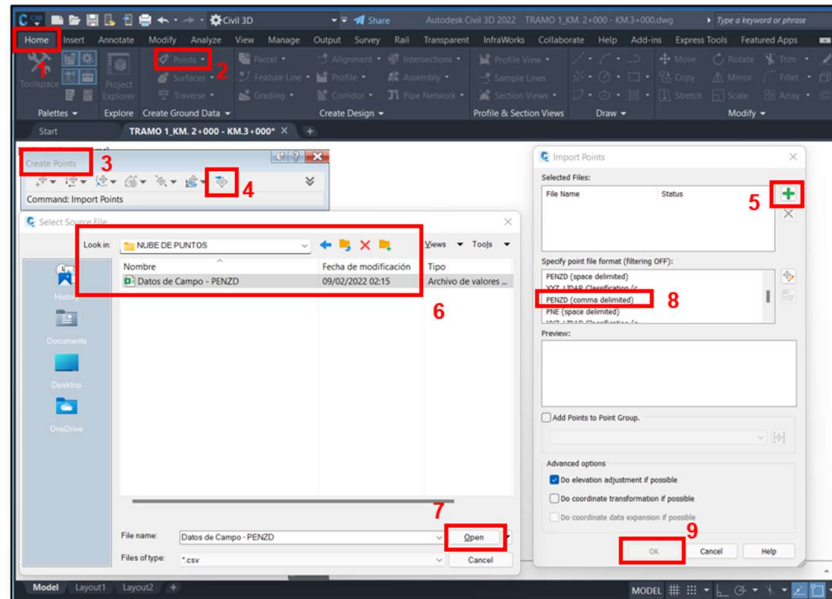


Figura 22. Pasos para cargar a Civil 3D nube de puntos

e) Continuamos con la edición de puntos, que consiste en asignar las escalas y el tamaño adecuado del texto. Para ello, hacemos clic derecho en un punto y elegimos la opción “Point Group Properties”. En esta ventana, en la pestaña “Information”, sección “Default styles”, tenemos dos opciones: “Point style” y “Point label style”; el primero nos permite configurar el estilo y formato para el bloque del punto y el segundo para configurar el estilo y formato para la etiqueta del punto. Así como se puede visualizar en la siguiente imagen.

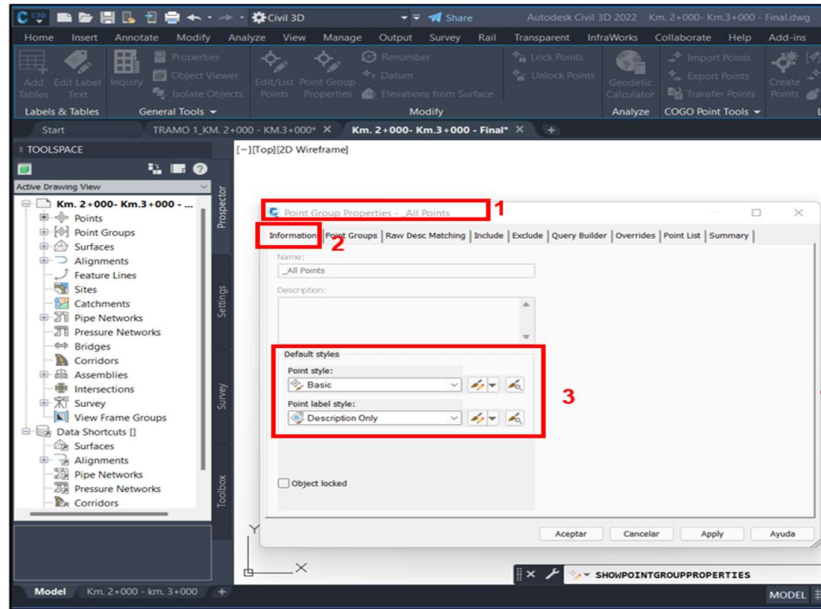


Figura 23. Formato de nube de puntos

- Creación de superficie

A partir de la nube de puntos procederemos a crear la superficie del terreno; para ello, nos dirigimos a "Home", hacemos clic en la herramienta "Surfaces" seleccionamos "Create Surface" y hacemos clic en "Ok", tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.

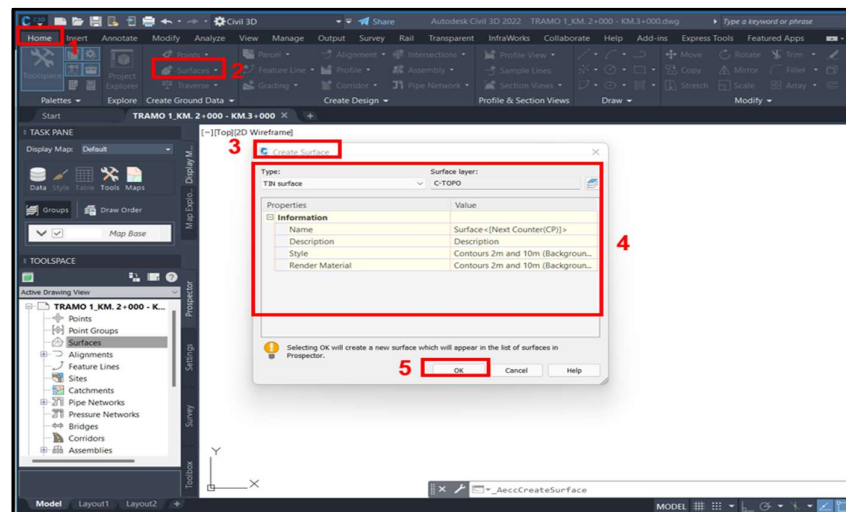


Figura 24. Creación de superficie en Civil 3D

De esta manera se ha creado la superficie, tal como podemos apreciar a continuación.

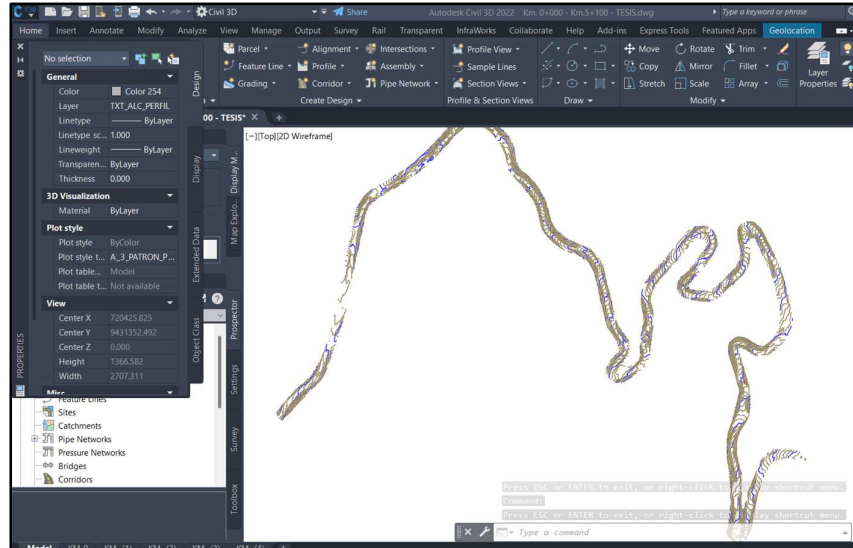


Figura 25. Superficie en Civil 3D

- Obtención del modelo de terreno

Finalmente, de acuerdo al paso precedente, se obtiene el modelo digital de terreno, tal como se aprecia en la siguiente imagen.



Figura 26. Modelo digital de terreno con estación total

1.2. Con datos obtenidos mediante InfraWorks

- Generador del Modelo

Al abrir el software InfraWorks, se podrá visualizar la imagen que se ve a continuación, hacemos clic en “Generador de modelos” para proceder a seleccionar el área de trabajo.

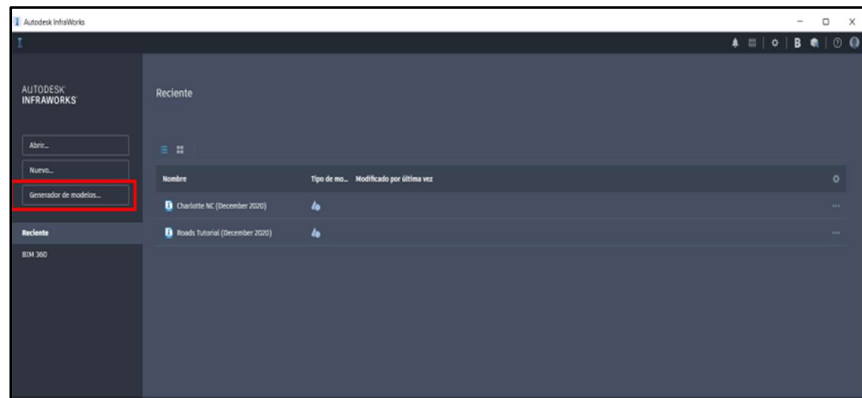


Figura 27. Generador de modelo

- Selección del Área de terreno

Al abrir el “Generador del modelo”, emerge el mapa topográfico proporcionado por Microsoft Bing, en el que podremos ubicar nuestro lugar de trabajo; en el presente estudio de investigación, nuestra ubicación es San Ignacio, Cajamarca. Seguidamente se procede a dibujar un polígono para delimitar nuestra área de trabajo, para lo cual seleccionamos la opción “Dibujar un polígono” y comenzamos a encerrar el área de interés, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.

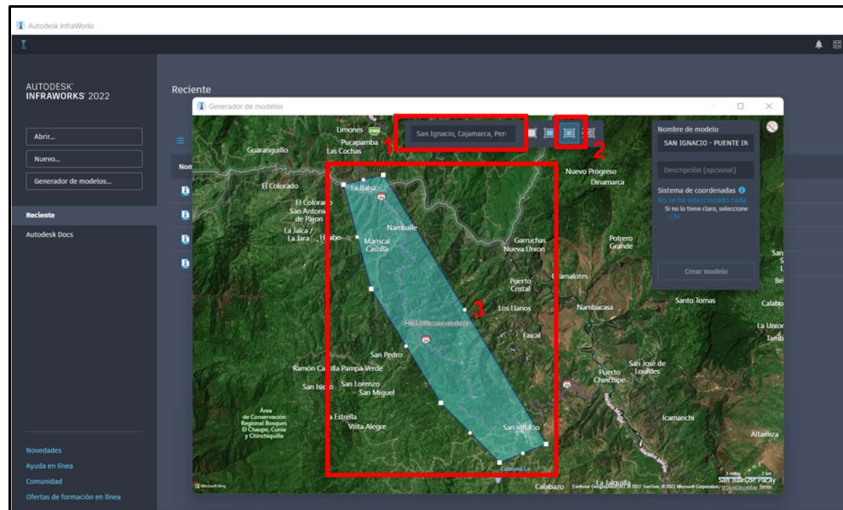


Figura 28. Área de terreno

- Selección del Sistema de Coordinadas

Después de delimitar el área de trabajo, se procede a seleccionar el sistema de coordenadas, para ello, en la ventana superior derecha designamos el nombre del proyecto, en el presente caso se denominó “San Ignacio – Puente Integración” y seguidamente (en la misma ventana) hacemos clic en “No se ha seleccionado nada”, emerge otra ventana en el que podremos elegir nuestro sistema de coordenadas, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.

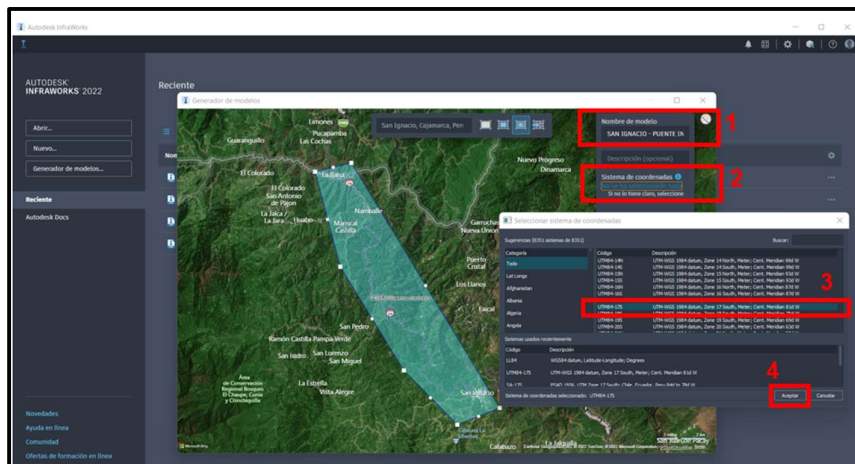


Figura 29. Sistema de coordenadas

- Obtención del modelo digital de terreno

Después de haber establecido el sistema de coordenadas, seleccionamos en la misma ventana la opción “Crear modelo”, y cerramos esta ventana “Generador de modelo”. Minutos después de haber cerrado el generador de modelo, aparecerá en el software el nombre del proyecto, abrimos con doble clic y nos muestra el modelo de terreno digital; como se puede apreciar a continuación.

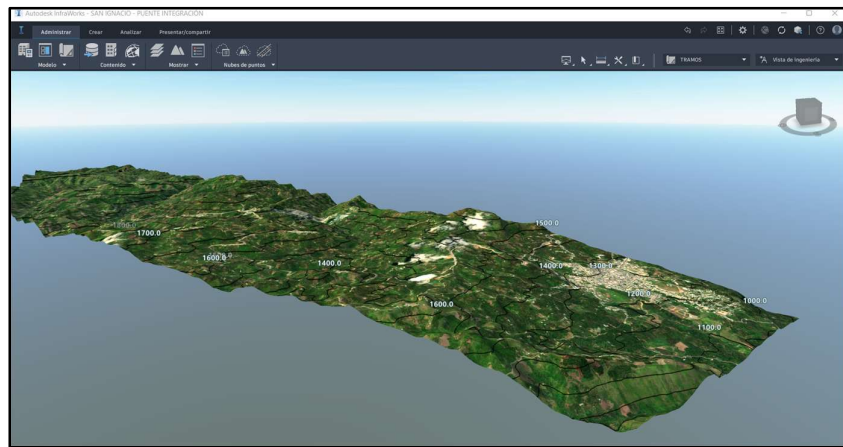


Figura 30. Modelo digital de terreno de InfraWorks

II. Segunda Etapa: Diseño Geométrico de Carreteras

2.1 Utilizando el Modelo Digital con Estación Total

El diseño geométrico de carretera a partir del modelo digital de terreno con estación total, se realizó teniendo en cuenta los parámetros de diseño de la tabla N°9. El diseño geométrico se llevó a cabo utilizando el software Civil 3D.

Tabla 9. Parámetros de diseño

Parámetros de Diseño			
Ítem	Descripción	Unidades	Cantidad
1.0	Clasificación por Demanda: Carretera de segunda clase		
2.0	Clasificación por Orografía: Tipo 3		
3.0	Velocidad de Diseño	km/h	30
4.0	Ancho de Calzada	m	6.6
5.0	Radio Mínimo de Curvas	m	30
6.0	Longitud Mínima de Tangente	m	42
7.0	Longitud Máxima de Tangente	m	500
8.0	Pendiente Máxima Longitudinal	%	10

- Diseño en planta

a) Se procede a crear el eje del alineamiento horizontal de la carretera, para ello, desde la ficha “Home” seleccionamos “Alignment”, luego “Alignment Creation Tools” y emerge una ventana en el que podremos configurar parámetros de diseño de la vía, tal como se muestra en la siguiente imagen.

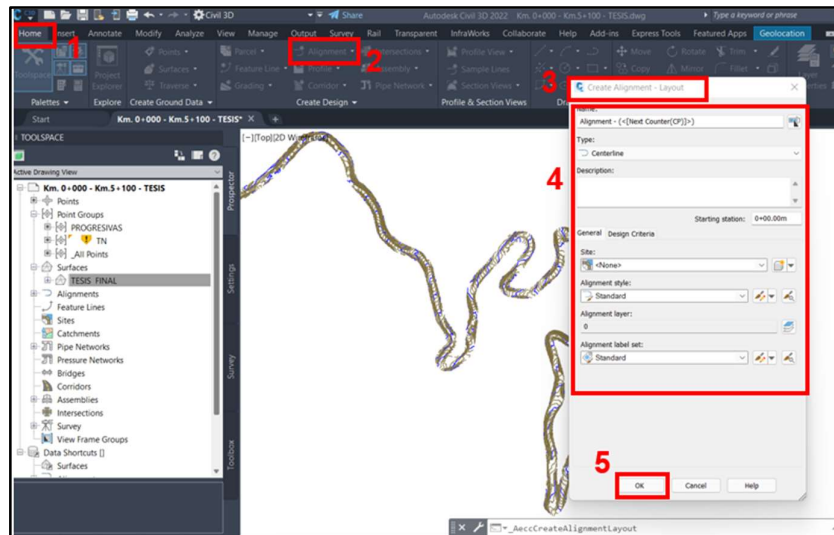


Figura 31. Configuración para crear el alineamiento horizontal

b) Seguidamente se procede con el trazo del alineamiento, es decir se traza líneas rectas y curvas, de tal manera que, se pueda unir el punto de inicio con el punto final. Así pues, se obtuvo el siguiente alineamiento en planta.

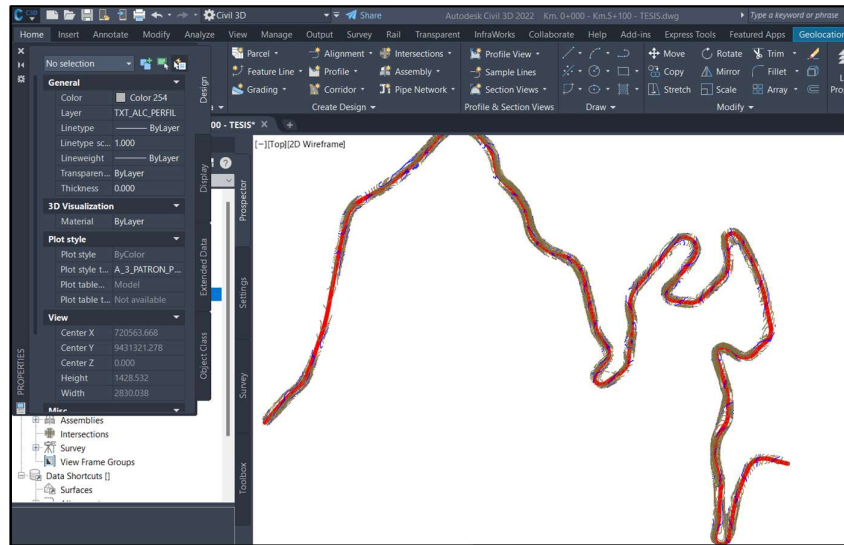


Figura 32. Alineamiento horizontal

- Diseño en perfil

a) En primer lugar, se procede a crear el perfil del terreno, para ello, desde la ficha “Home” seleccionamos “Profile”, luego “Create Surface Profile” y emerge una ventana en el que podremos añadir la superficie, tal como se muestra en la siguiente imagen.

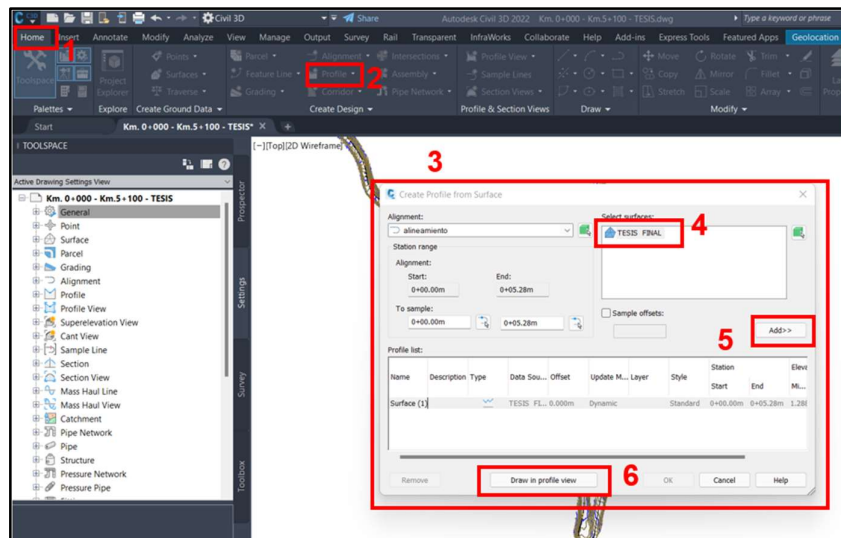


Figura 33. Configuración para el alineamiento vertical

Seguidamente, al hacer clic en el paso 6 “Draw in Profile viuw”

de la imagen anterior, se procede a crear el perfil longitudinal, como se observa a continuación.

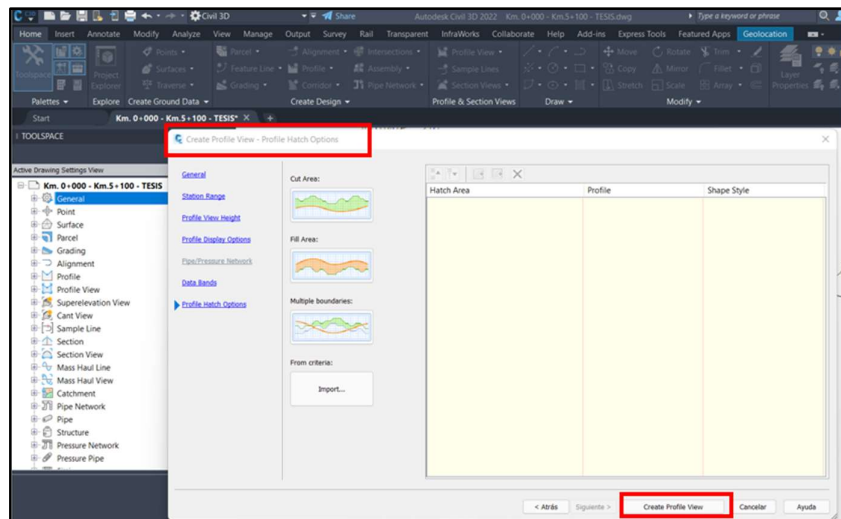


Figura 34. Creación del perfil longitudinal

De acuerdo al paso anterior, finalmente, se puede obtener el perfil, así como se aprecia a continuación.

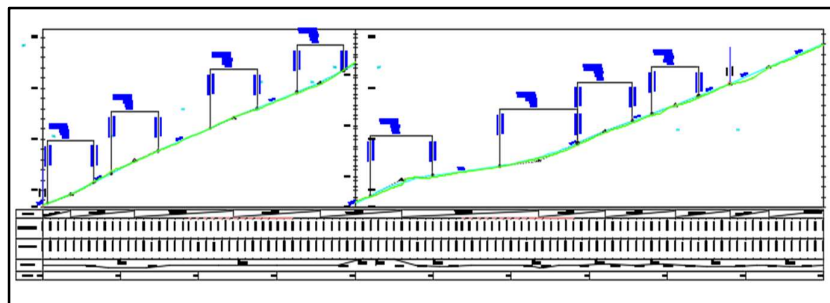


Figura 35. Perfil longitudinal

- Diseño en sección transversal
 - a) Se procede a realiza las configuraciones correspondientes de los parámetros de diseño como ancho de la vía, talud de los cortes, rellenos y cunetas. Para ello, primero creamos el ensamblaje de la siguiente manera, para posteriormente agregar los datos de diseño.

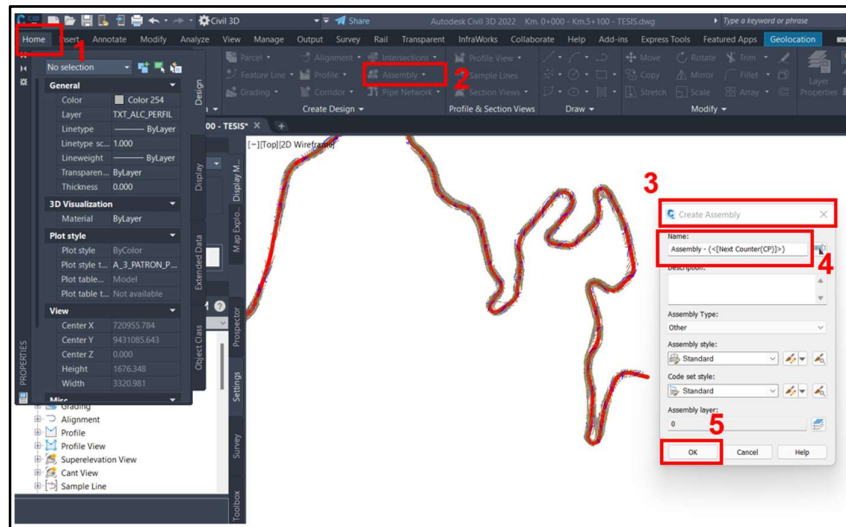


Figura 36. Configuración para la creación del ensamblaje

b) Seguidamente se procede a generar el corredor con el ensamblaje realizado. Para ello, seleccionamos el alineamiento y nos dirigimos a la ficha “Home” y seleccionamos “Corridor”, emerge una ventana en el que procederemos a editarlo, seleccionando nuestro ensamblaje y nuestra superficie de terreno.

- Obtención de volúmenes de corte y relleno

Seguidamente, se procede a realizar las configuraciones correspondientes para la obtención de los metrados de corte y relleno.

- Cálculo de costo directo

El costo para ejecutar las partidas de corte y relleno, se obtiene multiplicando el metrado de los volúmenes de corte y relleno por el costo unitario de cada una de las partidas. El costo unitario de cada partida se muestra a continuación en las siguientes imágenes.

Tabla 10. Partida de excavación en material suelto

Partida							EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMUN								
Rendimiento	m3/DIA	530.0000		EQ. 530.0000		Costo unitario directo por : m3	7.66								
	Descripción Recurso			Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.					
	Mano de Obra														
		CAPATAZ		hh		0.5000	0.0075	29.08		0.22					
		PEON		hh		2.0000	0.0302	17.29		0.52					
										0.74					
	Equipos														
		HERRAMIENTAS MANUALES		%MO			5.0000	0.74		0.04					
		EXCAVADORA SOBRE ORUGA 170-250 HP 1.1-2.75 yd3		hm		0.1000	0.0015	419.01		0.63					
		TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm		0.9000	0.0136	461.83		6.27					
										6.94					

Tabla 11. Partida terraplén con material propio

Partida							TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO								
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,000.0000		EQ. 1,000.0000		Costo unitario directo por : m3	15.30								
	Descripción Recurso			Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.					
	Mano de Obra														
		CAPATAZ		hh		1.0000	0.0080	29.08		0.23					
		PEON		hh		3.0000	0.0240	17.29		0.41					
										0.64					
	Equipos														
		HERRAMIENTAS MANUALES		%MO			5.0000	0.64		0.03					
		RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton		hm		1.0000	0.0080	209.02		1.67					
		TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP		hm		0.5000	0.0040	337.80		1.35					
		MOTONIVELADORA DE 145-150 HP		hm		1.0000	0.0080	279.43		2.24					
										5.29					
	Subpartidas														
		SELECCION DE MATERIAL DE CORTE		m3			1.2000	4.66		5.59					
		AGUA PARA OBRA		m3			0.1200	31.46		3.78					
										9.37					

- Cálculo de coto de equipos

El costo de equipos se obtuvo multiplicando la cantidad de horas máquinas por el costo de hora máquina del equipo.

2.2. Utilizando el Modelo Digital de Terreno de InfraWorks

- Diseño en Planta

a) Desde la pestaña “Crear” en el menú “Transporte”, seleccionamos “Carretera de planificación” y seguidamente elegimos el estilo de dibujo para luego empezar a dibujar el

alineamiento horizontal, tal como se aprecia en la siguiente imagen.

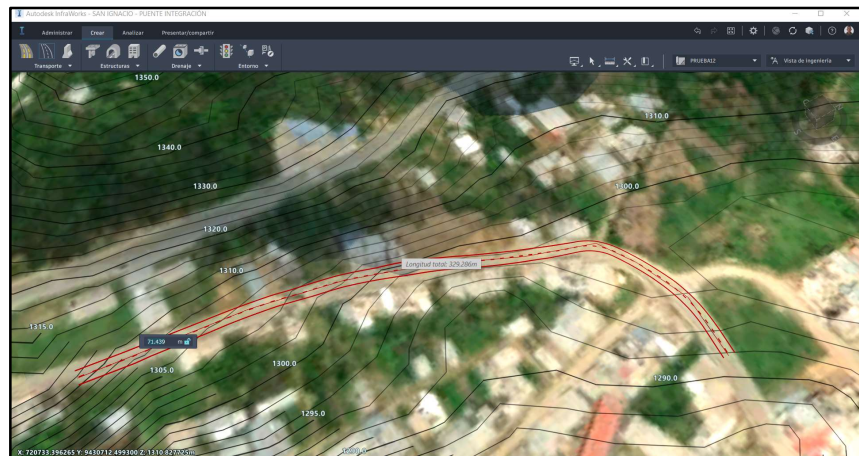


Figura 37. Trazo de la carretera de planificación

b) Cuando se haya terminado de realizar el trazo del alineamiento horizontal, se precede a convertir la carretera de planificación a carretera compuesta, para ello clic derecho sobre la vía y seleccionamos “Convertir a carretera compuesta”, como se puede ver en la siguiente imagen.

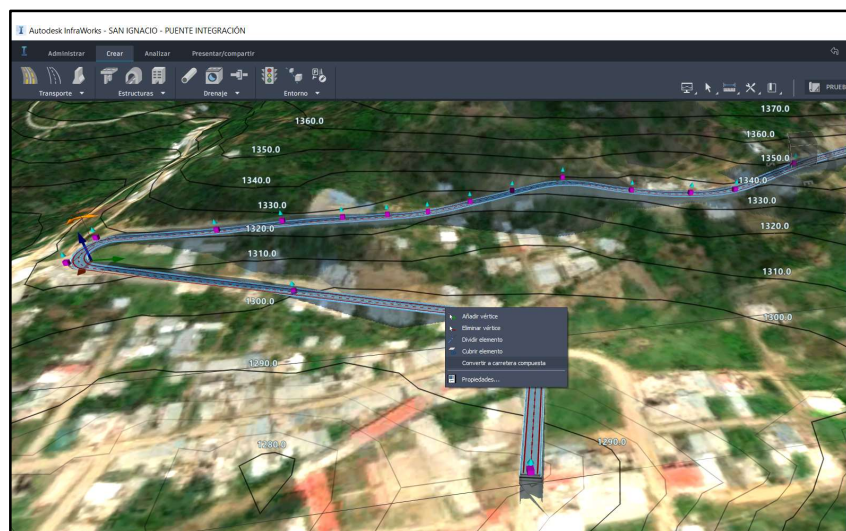


Figura 38. Carretera de planificación

c) Luego se procede a configurar los parámetros de diseño geométrico para una carretera de segunda, clase como por ejemplo velocidad de diseño, ancho de calzada, peralte, entre otros. Para ello se selecciona la vía y emerge la ventana, como se aprecia a continuación.

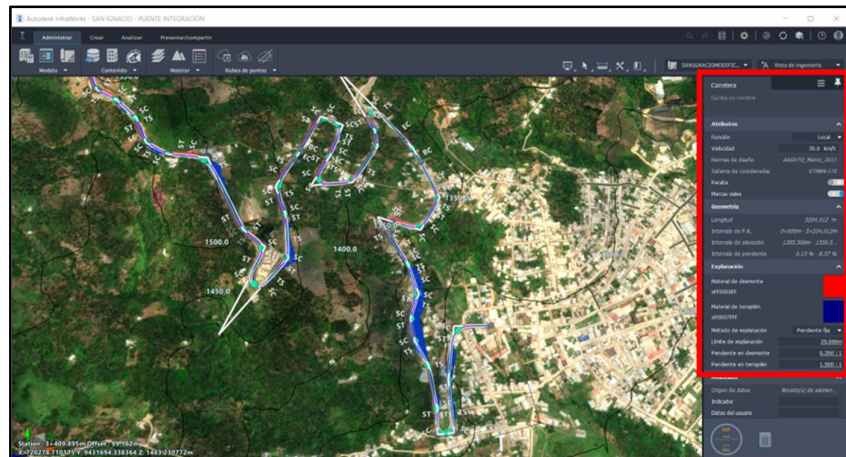


Figura 39. Configuración de los parámetros de diseño

d) Seguidamente se procede a optimizar los radios de curva en el alineamiento horizontal, para ello seleccionando la vía, podemos desplazar la curva hasta obtener el radio requerido.

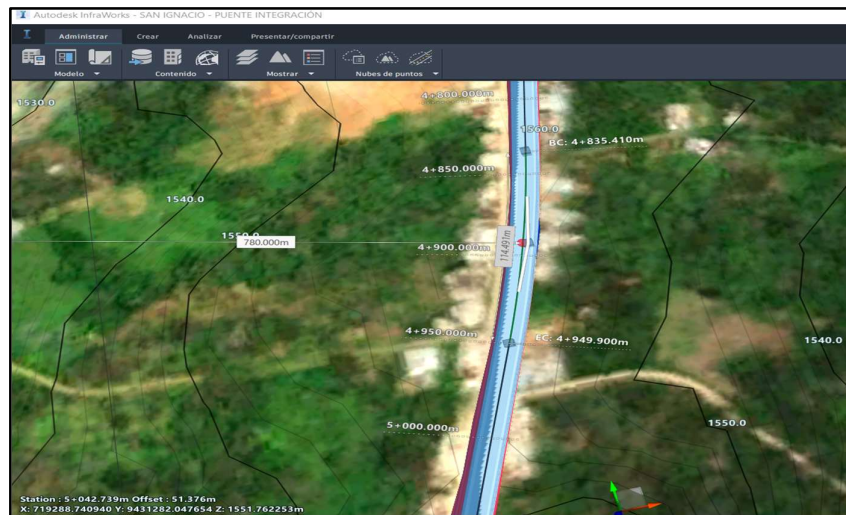


Figura 40. Optimización de radio de curva

- Diseño en Perfil

a) Seleccionamos la vía, realizamos clic en “Ver o mostrar” y elegimos perfil longitudinal, como se puede observar a continuación.

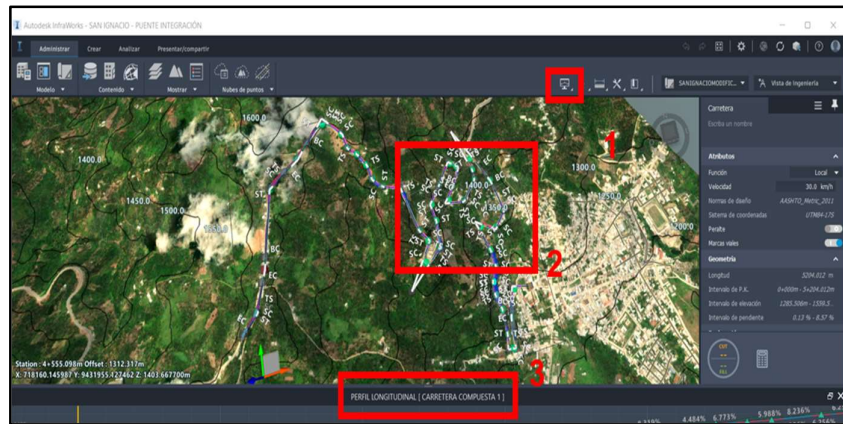


Figura 41. Selección de perfil longitudinal

b) Luego se procede a desplazar el PI de las parábolas, buscando optimizar las pendientes, de manera tal que, estas no excedan la pendiente máxima permisible de diseño. De esta manera se obtuvo el siguiente alineamiento vertical.

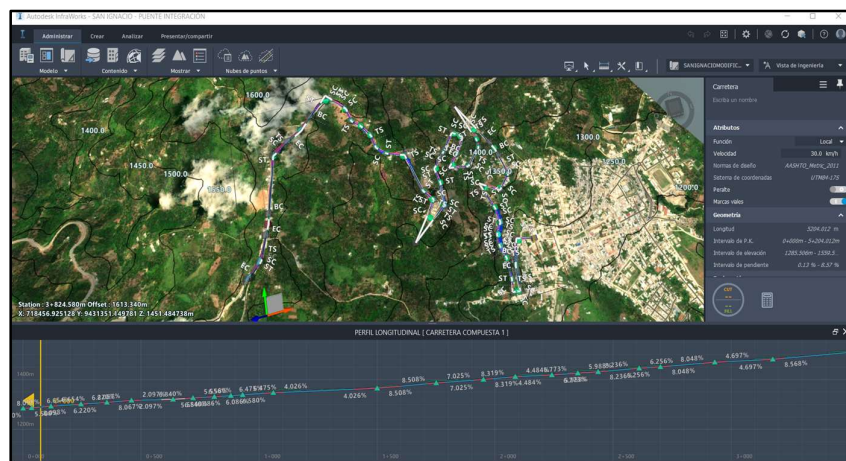


Figura 42. Perfil longitudinal

- Diseño en sección transversal

- a) Se configura los parámetros de diseño tales como ancho de bermas, bombeo, taludes de corte y relleno, tal como se aprecia en la siguiente imagen.

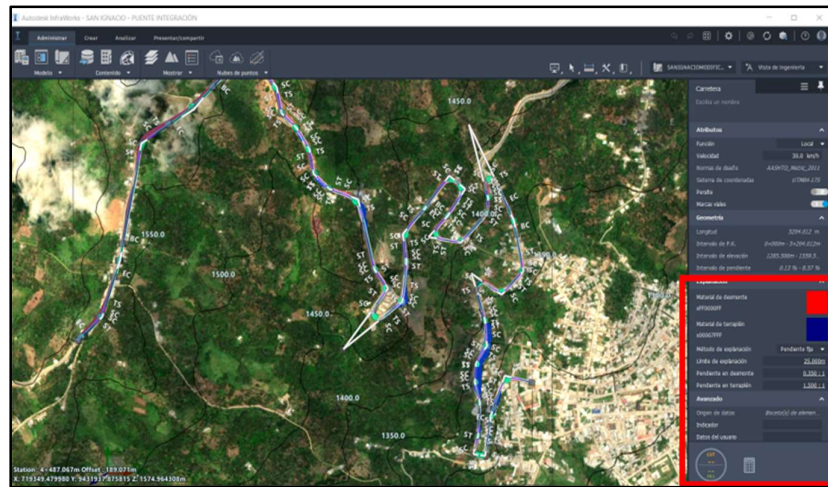


Figura 43. Parámetros de diseño en sección transversal

- b) Después de realizar la configuración del paso anterior, se tiene la vista de sección transversal de la figura siguiente, en el que nos muestra las áreas de corte y relleno, según la topografía del terreno.

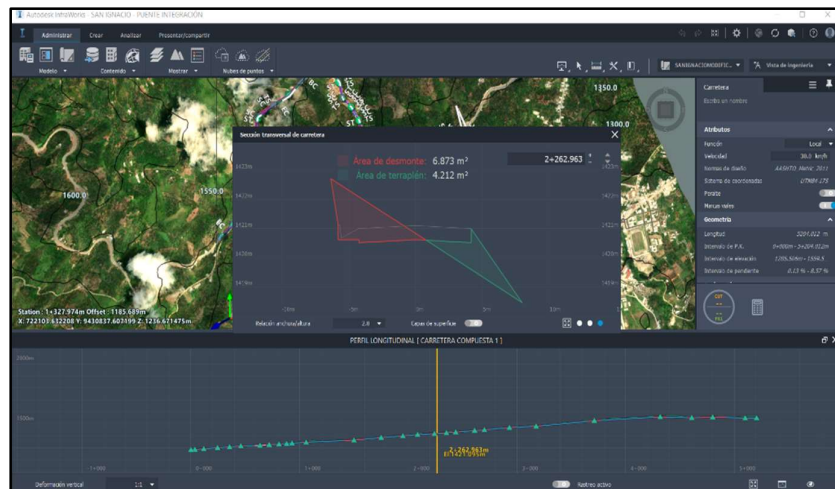


Figura 44. Vista de la sección transversal

- Interoperabilidad InfraWorks – Civil 3D

Culminada el diseño de la carretera en InfraWorks, se procede a exportar a Civil 3D, para ello, de acuerdo con la imagen siguiente realizamos:

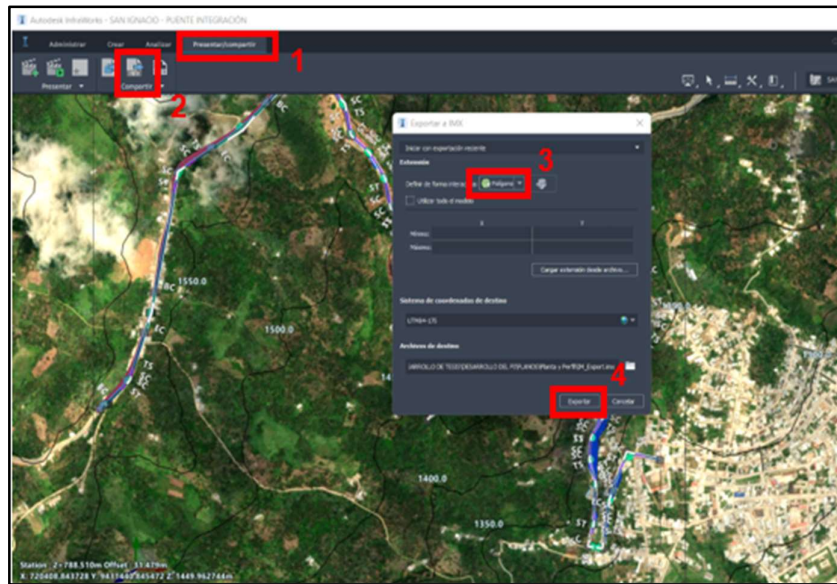


Figura 45. Pasos para exportar de InfraWorks a Civil 3D

- Importación del modelo en Civil 3D

El diseño geométrico generado en InfraWorks se importa en Civil 3D, para ello se realiza los siguientes pasos.

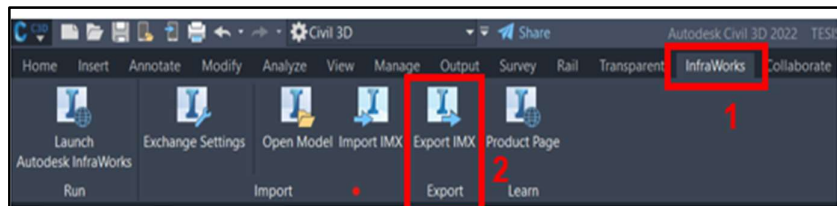


Figura 46. Importación del modelo en Civil 3D

- Obtención de volúmenes de corte y relleno

Ya con el diseño en Civil 3D, se procede a realizar las configuraciones correspondientes para la obtención de los metrados de corte y relleno.

- Cálculo de costo directo

El costo para ejecutar las partidas de corte y relleno, se obtiene multiplicando el metrado de los volúmenes de corte y relleno por el costo unitario de cada una de las partidas. El costo unitario de cada partida son los mismos que figuran en el procedimiento establecido con estación total.

- Cálculo de coto de equipos

El costo de equipos se obtuvo multiplicando la cantidad de horas máquinas por el costo de hora máquina del equipo.

El diseño geométrico de la carretera (planta, perfil y sección transversal), tanto en el Modelo Digital de Terreno de InfraWorks como en el Modelo Digital de Terreno con Estación Total, se adjuntan mediante Anexo N°6.

3.6. Método de análisis de datos

La contrastación de hipótesis de las variables que se muestran en el presente estudio de investigación, variables explicativas, se realizará utilizando la estadística descriptiva mediante gráficos descriptivos, tablas, cuadros, medidas estadísticas.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio de investigación se llevará a cabo respetando los procedimientos éticos correspondiente a las autorizaciones respectivas en el uso de los datos de la entidad pública del MTC; se respetará el derecho de autor haciendo la referencia correspondiente, que a su vez se verá reflejado en el porcentaje máximo de similitud que la universidad propone que es del 25%.

IV. RESULTADOS

En el presente estudio de investigación para la obtención de los resultados y contrastación de las hipótesis de cada indicador de la variable dependiente, se empleó la estadística descriptiva.

4.1. Indicador 1: Tramos en tangente y radio de curva (m)

Tabla 12. Tramos en tangente y radios de curva

Resultados obtenidos a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total					
Descripción	Und	Tramos en Tangente		Radio de Curva	
		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
Total Evaluadas	und	24.00	24.00	40.00	40.00
Longitud Mínima	m	11.60	11.60	22.00	22.00
Longitud Máxima	m	274.84	278.49	780.00	780.00
Cumple Diseño Mínimo	%	62.50	62.50	85.00	85.00
No Cumple Diseño Mínimo	%	37.50	37.50	15.00	15.00

Fuente: Elaboración propia

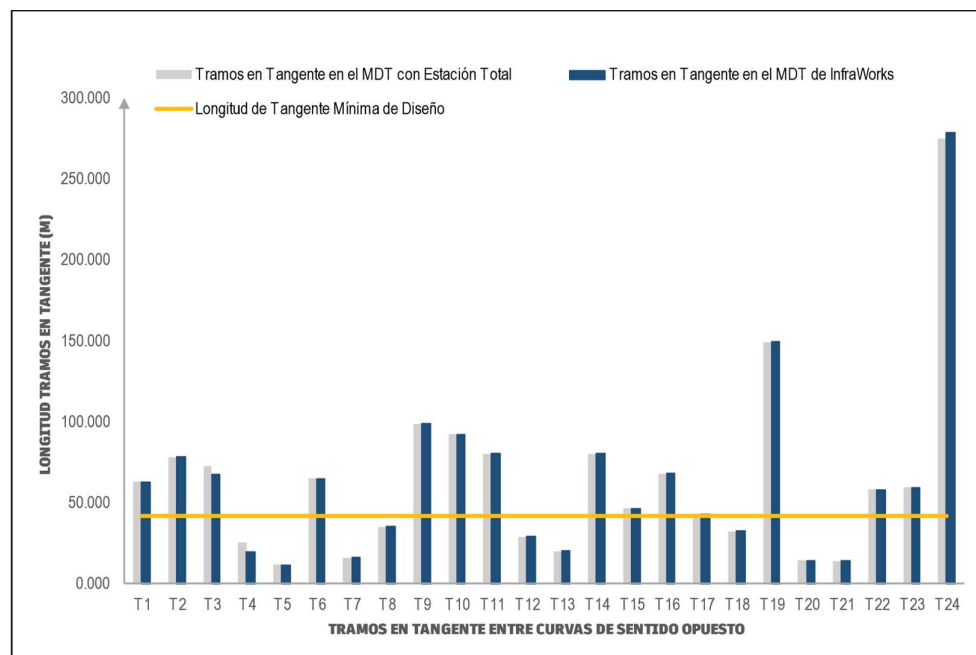


Figura 47. Tramos en tangente en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total

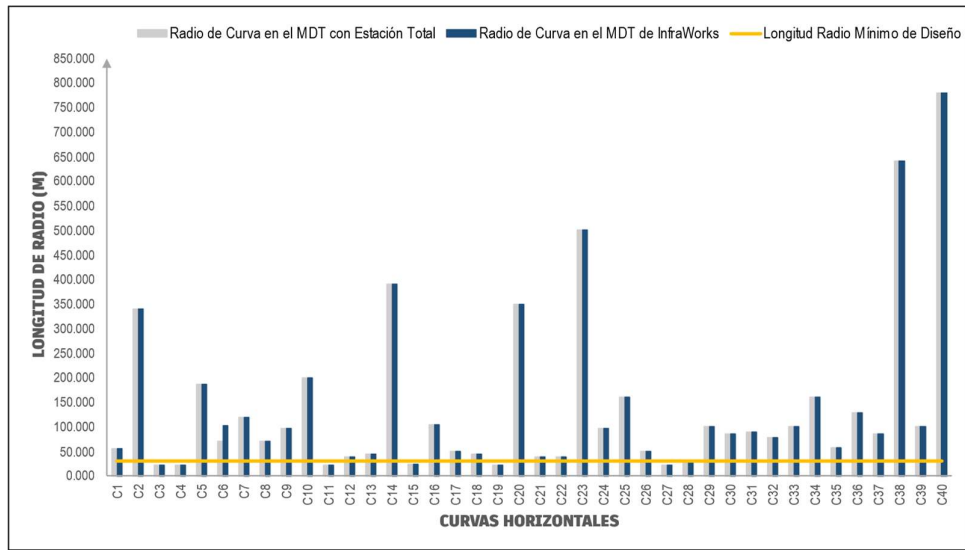


Figura 48. Radios de curvas en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total

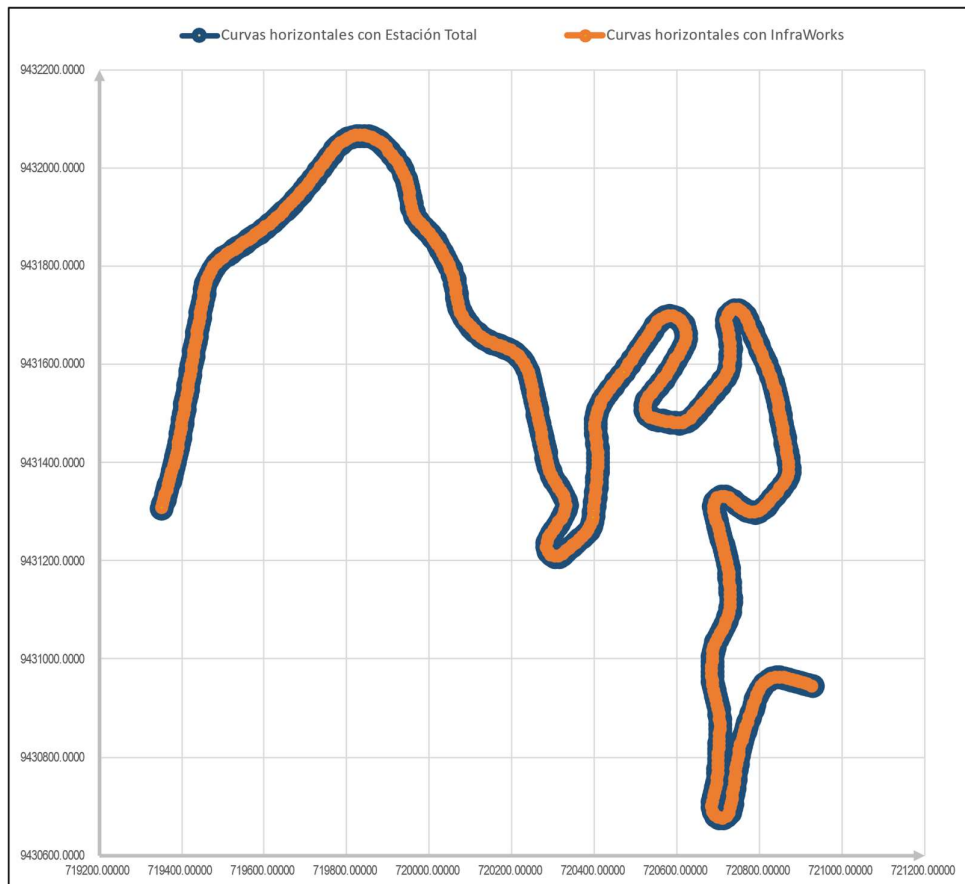


Figura 49. Vista en planta de tramos en tangente y curvas utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total

Interpretación

Según la tabla N°12 y las figuras N° 47, 48 y 49, se puede advertir que los tramos en tangente y radios de curvas son viables tanto en el diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks, como en el diseño geométrico de carreteras con estación total; verificándose que el 62.5%, para tramos en tangente (tramos entre curvas de sentido opuesto), y el 85%, de los radios de curva, cumplen con los requerimientos mínimos de diseño (carreteras de segunda clase), establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), que para tramos en tangente entre curvas de sentido opuesto la longitud mínima es 42 metros y la longitud máxima 500 metros; mientras que, para el radio de curva la longitud mínima es 30 metros.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis “es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación a los tramos en tangente y radio de curva” se acepta, puesto que, dichos parámetros cumplen las especificaciones mínimas de diseño establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018).

4.2. Indicador 2: Pendientes (%)

Tabla 13. *Pendientes en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total*

Descripción	Und	Cantidad
Pendiente Máxima en el Modelo Digital de Terreno con Estación Total	%	8.57
Pendiente Mínima en el Modelo Digital de Terreno con Estación Total	%	-2.86
Pendiente Máxima en el Modelo Digital de Terreno con InfraWorks	%	8.57
Pendiente Mínima en el Modelo Digital de Terreno con InfraWorks	%	-2.85
Diferencia promedio de pendientes	%	0.01

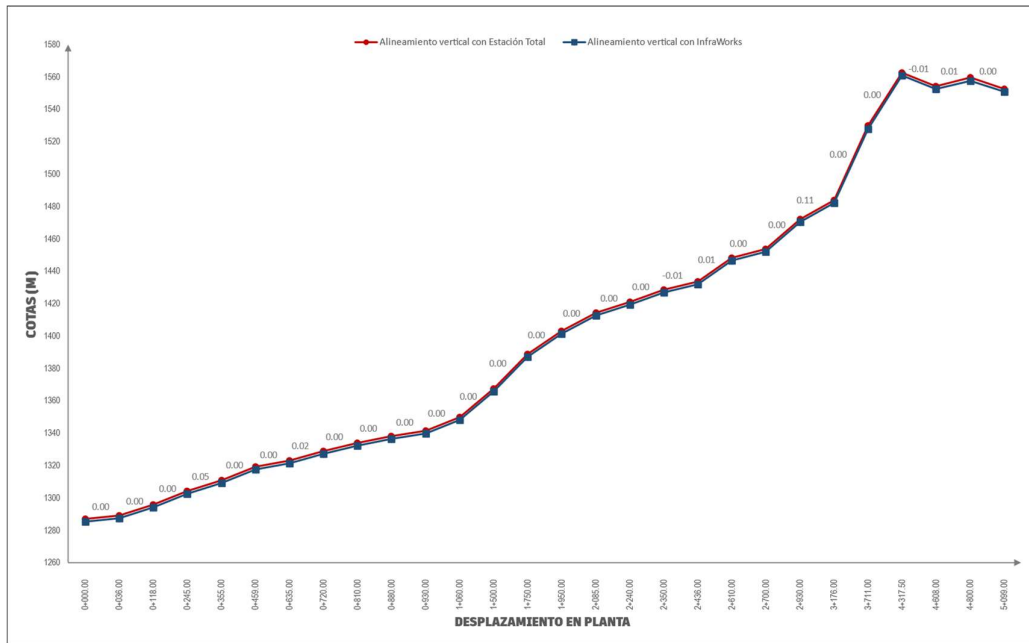


Figura 50. Diferencia de pendientes en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total

Interpretación

De acuerdo a la tabla N° 13 y la figura N°50, se puede observar que no existe mayor diferencia de pendientes en el alineamiento vertical de la carretera entre los modelos digitales de terreno. Así, las pendientes mínimas y máximas son 2.86% y 8.57%, respectivamente, en el modelo digital de terreno con estación total; mientras que, del modelo digital de terreno de InfraWorks se obtuvo pendientes mínimas y máximas de 2.85% y 8.57%, respectivamente. En esa medida, se puede concluir que el diseño geométrico de carreteras es viable en ambos modelos digitales de terreno, en vista que, se ha verificado que las pendientes obtenidas a partir de los modelos digitales de terreno, satisfacen las pendientes mínimas y máximas para carreteras de segunda clase, que establece el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) que corresponde a 0.5 % y 10%.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis “es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación a las pendientes” se acepta, puesto que, las pendientes del alineamiento vertical obtenidas a partir de este modelo digital se encuentran entre 0.5 % y 10% que señala el manual DG-2018 para carreteras de segunda clase.

4.3. Indicado 3: Volumen de corte y relleno (m3/km)

Tabla 14. *Volumen de corte y relleno en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total*

Volumen de Corte y Relleno a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total								
Progresiva			Volumen de Corte			Volumen de Relleno		
Tramo N°	Desde	Hasta	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Variación	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Variación
	Km	Km						
Tramo 1	0+000.00	0+500.00	3,614.90	5,827.01	- 2,212.11	177.78	8,197.86	- 8,020.08
Tramo 2	0+500.00	1+000.00	4,554.40	9,298.96	- 4,744.56	75.28	26,595.01	- 26,519.73
Tramo 3	1+000.00	1+500.00	10,352.30	30,103.65	- 19,751.35	34.40	65.18	- 30.78
Tramo 4	1+500.00	2+000.00	8,487.18	27,929.75	- 19,442.57	2.43	31.28	- 28.85
Tramo 5	2+000.00	2+500.00	7,018.04	28,510.85	- 21,492.81	36.63	383.11	- 346.48
Tramo 6	2+500.00	3+000.00	12,185.60	15,772.36	- 3,586.76	5,411.81	3,665.70	1,746.11
Tramo 7	3+000.00	3+500.00	5,226.10	21,951.78	- 16,725.68	640.09	3,071.78	- 2,431.69
Tramo 8	3+500.00	4+000.00	12,800.93	39,748.20	- 26,947.27	631.79	576.46	55.33
Tramo 9	4+000.00	4+500.00	7,688.95	57,201.00	- 49,512.05	196.29	-	196.29
Tramo 10	4+500.00	5+000.00	3,980.30	17,212.30	- 13,232.00	94.00	4.30	89.70
m3			75,908.70	253,555.86	- 177,647.16	7,300.50	42,590.68	- 35,290.18
m3/km			15,181.74	50,711.17	- 35,529.43	1,460.10	8,518.14	- 7,058.04

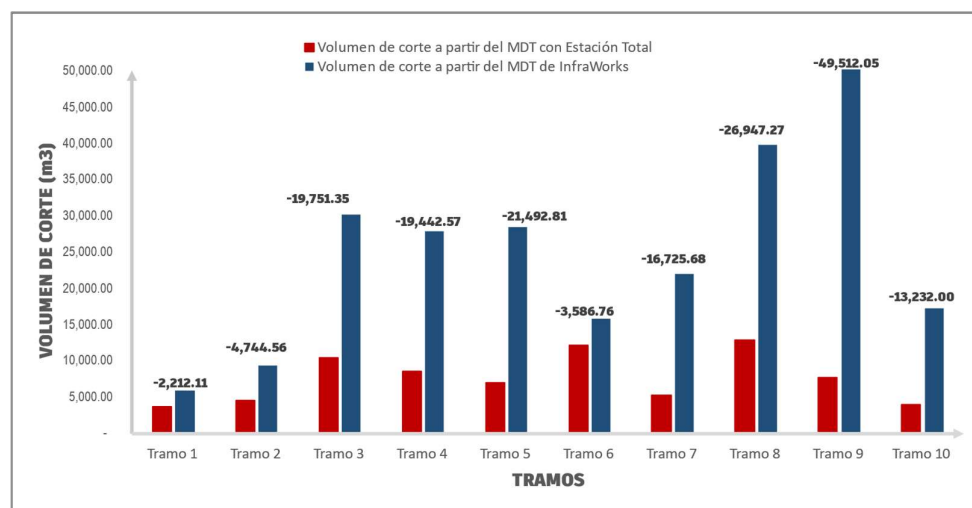


Figura 51. Variación volumen de corte en el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total

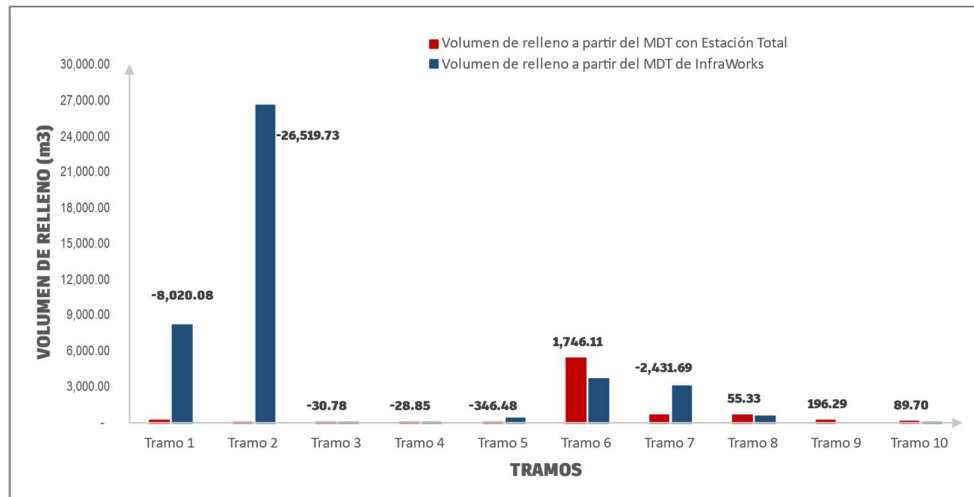


Figura 52. Variación volumen de relleno en el modelo digital de terreno con InfraWorks y estación total

Interpretación

De acuerdo a la tabla N° 14 y la figura N°51 y N°52, se puede evidenciar que, los volúmenes de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks tienen un incremento considerable respecto a los volúmenes obtenidos del modelo digital de terreno con estación total; siendo este incremento de **234%** para el volumen de corte y **483%** para el volumen de relleno. La diferencia volumétrica se debe al error que presenta el modelo digital de terreno de InfraWorks en cuanto a la altimetría que, de acuerdo a estudios realizados, para terrenos con pendiente suave el error medio es de 2.04 m y este error asciende con el aumento de la pendiente hasta alcanzar 10.96 m para terrenos escarpados. Por otra parte, se ha verificado que las obras viales ejecutadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), para altitudes comprendidas entre 1200 y 3500 metros sobre el nivel del mar, el volumen promedio de corte es 18,899 m³/km y el volumen promedio de relleno es 5,998.22 m³/km; bajo esta condición se ha establecido que el mejor resultado será el que menos se aleje dichos valores. En tal sentido, se evidenció que los resultados obtenidos a partir del modelo digital de terreno de InfraWorks es el que más se aleja de dichos valores y por lo

tanto no es viable, en vista que el volumen de corte promedio obtenido fue de 50,711.17 m³/km y el volumen de relleno 8,518.14 m³/km, siendo estos resultados superiores en 162% al volumen de corte, y, 42 % al volumen de relleno respecto a los volúmenes promedio ejecutados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis, “es viable utilizar el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras en relación al volumen de corte y relleno” se rechaza, en vista que, los volúmenes calculados para corte y relleno se incrementan del volumen ejecutado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en 162 % para el volumen de corte y 42% para el volumen de relleno.

4.4. Indicador 4: Costo Directo de cortes y rellenos (S/ x km)

Tabla 15. Variación del costo directo de las partidas de corte y relleno

Costo Directo de Cortes y Rellenos obtenidos a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total										
Ítem	Descripción	Und	Metrado		Precio (S/)	Parcial (S/)		Variación	Costo por kilómetro (S/ x km)	
			Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
1.00.00	Movimiento de Tierras									
1.01.00	Excavación en material suelto (Corte)	m3	75,908.70	253,555.86	7.68	582,978.82	1,947,309.00	1,364,330.19	116,595.76	389,461.80
1.02.00	Terraplen con material propio (Relleno)	m3	7,300.50	42,590.68	15.30	111,697.65	651,637.40	539,939.75	22,339.53	130,327.48
	Costo Directo					694,676.47	2,598,946.41	1,904,269.94		

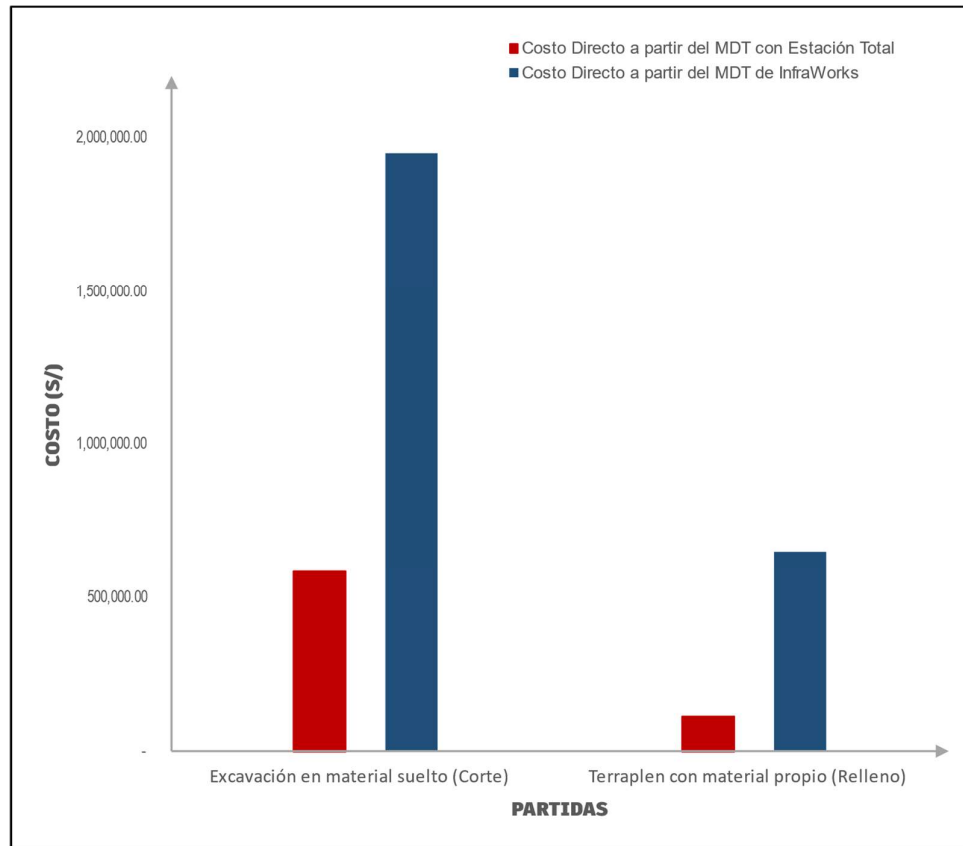


Figura 53. Variación del costo directo de las partidas corte y relleno

Interpretación

De acuerdo a la tabla N° 15 y el gráfico de la figura N° 53, se puede observar que el costo directo para ejecutar las partidas de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks exceden **S/1,904,269.94** al costo directo obtenido a partir del modelo digital de terreno con estación total; siendo este excedente un incremento de **274.12%**. Por otra parte, se ha verificado que el costo directo promedio de obras viales ejecutadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones bajo las mismas condiciones de terreno (sierra), altitud y longitud, es de **S/69,528.41** por kilómetro, para corte, y **S/71,570.47** por kilómetro para relleno. Bajo estas condiciones de costo, se determinó que el mejor resultado será el que menos se aleje dichos valores. En tal sentido, se evidenció que los resultados obtenidos a partir del modelo digital de

terreno de InfraWorks se alejó en **378.57%** al volumen de corte y **246.74%** al volumen de relleno; mientras que los resultados obtenidos a partir del modelo digital de terreno con estación total se alejaron en **43.27%** al volumen de corte y **40.57%** al volumen de relleno. En consecuencia, se manifiesta que resulta inviable el diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks resulta inviable, por el argumento antes señalado.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis. “existe una variación del 10% en relación al costo directo utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras” se rechaza, porque la variación calculada fue de **378.57%** para el volumen de corte y **246.74%** para el volumen de relleno.

4.5. Indicador 5: Costo de Equipos (S/)

Tabla 16. Variación del costo de equipos para ejecutar las partidas de corte y relleno

COSTO DE EQUIPOS								
Ítem	Descripción	Und	Medrado		Precio (S/)	Parcial (S/)		Variación S/
			Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	
1.00	Equipo para Corte							
1.01	Excavadora sobre oruga 170-250 HP 1.1-2.75 yd3	hm	113.86	380.33	419.01	47,709.76	159,363.66	- 111,653.90
1.02	Tractor de orugas de 190-240 HP	hm	1,032.36	3,448.36	461.83	476,774.04	1,592,555.96	- 1,115,781.92
1.03	Cargador sobre llantas 125-155 HP 3 yd3	hm	1,009.59	3,372.29	239.98	242,280.38	809,282.86	- 567,002.48
2.00	Equipos para Relleno							
2.01	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101-135 HP 10-12T	hm	58.40	340.73	209.02	12,207.60	71,218.43	- 59,010.83
2.02	Tractor de orugas de 140-160 HP	hm	29.20	170.36	337.8	9,864.44	57,548.53	- 47,684.09
2.03	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	58.40	340.73	279.43	16,319.83	95,208.91	- 78,889.08
Total						805,156.05	2,785,178.35	- 1,980,022.30

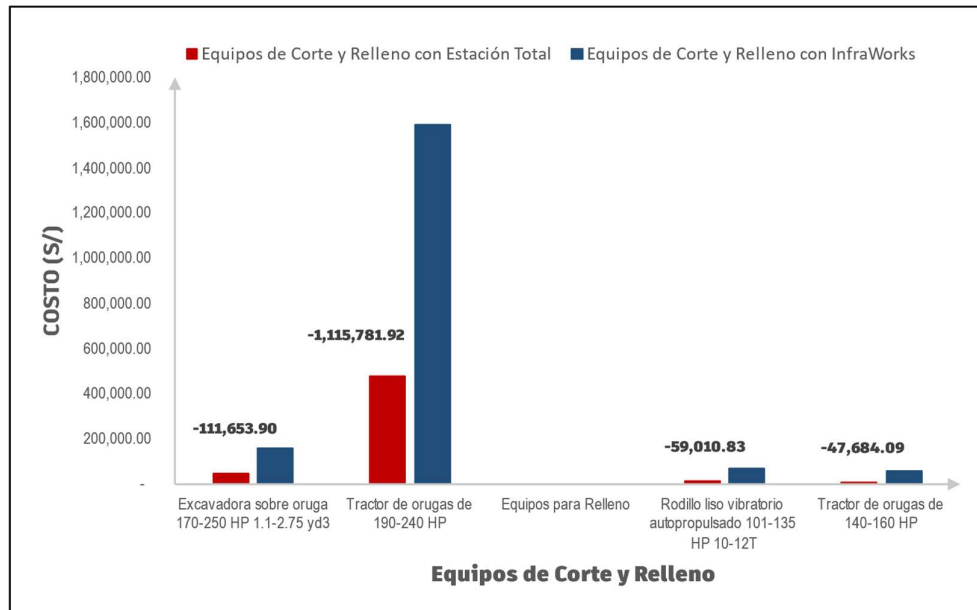


Figura 54. Variación del costo de equipos para corte y relleno

Interpretación

De acuerdo a la tabla N° 16 y la figura N° 54, se puede observar cómo varían los costos de equipos para ejecutar las partidas de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total. En esa medida, se puede apreciar que el costo total de equipos haciendo uso el modelo digital de terreno de InfraWorks excede en **S/ 1,980,022.30** al costo total de equipos obtenido a partir del modelo digital de terreno con estación total, lo que representa un incremento del **251.06%**.

Contrastación de hipótesis

La hipótesis, “existe una variación del 10% en relación al costo de equipos utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks en el diseño geométrico de carreteras” se rechaza, porque la variación en el costo de equipos para ejecutar las partidas de corte y relleno fue de **251.06%**.

V. DISCUSIÓN

5.1. Indicador 1: Tramos en tangente y radio de curva (m)

El presente estudio de investigación tuvo como resultado: El diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total, el 62.5% de los tramos en tangente y el 85% de radios de curva, cumplen con el requerimiento mínimo de diseño establecido en el Manual de Diseño Geométrico. Por otra parte, el estudio realizado por Huacho y Mallma (2020), tuvo como resultado que: El 48% de tramos en tangente y el 78% de radios de curva, cumplen con el parámetro de diseño en la carretera Lircay – Secclla – Angaraes – Huancavelica. Como se puede apreciar, los resultados obtenidos en ambos estudios de investigación difieren en 14.5% para tramos tangentes y 7% para radios de curva; sin embargo, ambos estudios coinciden que no existe el cumplimiento de los parámetros mínimos de diseño al 100%, esto debido a, que las características del relieve del terreno condicionan la geometría de la vía, haciendo que se incumpla los parámetros mínimos de diseño.

5.2. Indicador 2: Pendientes (%)

Para el presente indicador se tuvo como resultado: Las pendientes alcanzadas utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks fueron 2.85% como pendiente mínima y 8.57% como pendiente máxima; mientras que, las pendientes alcanzadas utilizando el modelo digital de terreno con estación total fueron 2.86% como pendiente mínima y 8.57% como pendiente máxima. Por lo contrario, el estudio realizado por Balbín y Baldeón (2019) presentaron como resultado: Pendiente máxima de 15% y pendiente máxima excepcional 17% como propuesta alternativa a la pendiente máxima 12% para carreteras de bajo volumen de tránsito, y en consideración al vehículo tipo de la zona como vehículo de diseño. Al comparar estos resultados, se puede evidenciar que las pendientes

máximas obtenidas por Balbín y Baldeón superan 8%, aproximadamente, a las pendientes máximas calculadas en el presente estudio de investigación; siendo las causas generadoras de dicho incremento la topografía del terreno y el tipo de carretera identificada como no pavimentada de bajo volumen de tránsito, el cual se rige por la Norma del Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Por su parte, el presente estudio de investigación se rige bajo la normativa del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

5.3. Indicador 3: Volumen de corte y relleno (m³/km)

El resultado obtenido fue: El volumen de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks son 50,711.17 m³/km y 8,518 m³/km, respectivamente; mientras que, el volumen de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno con estación total son 15,181.74 m³/km y 1,460.10 m³/km, respectivamente. Asimismo, la variación que existe entre los volúmenes, tanto para corte como para relleno, utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total es de 35,529.43 m³/km para corte y 7,058.04 m³/km. Por otra parte, los resultados obtenidos por Guardo, López y Bilmes (2021), fue que la diferencia en el cálculo de volumen fue de 2,749.77 m³. La diferencia entre ambos resultados se sustenta en que los estudios realizados por Guardo, López y Bilmes se ejecutó sobre una cantera y utilizó técnica SfM-MVS para comparar su data respecto a la estación total; mientras que la presente investigación se realiza en una carretera y se utilizó el modelo digital de terreno (SRTM) incluida en InfraWorks para compararlas respecto a los datos obtenidos a partir de estación total.

5.4. Indicador 4: Costo directo (S/ x km)

Se presenta los siguientes resultados: Se determinó que utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks el costo de corte es S/ 389,461.80

por kilómetro y para relleno es S/ 130,327.48 por kilómetro; por su parte, utilizando el modelo digital de terreno con estación total el costo de corte es S/ 116,595.76 por kilómetro y para relleno es S/ 22,339.53 por kilómetro. Además, se determinó que existe una variación de los costos entre los modelos digitales, siendo para la partida de corte de **S/ 272,866.04** por kilómetro y para la partida de relleno **S/107,987.95** por kilómetro. Los resultados que obtuvieron Rojas y Rojas (2015), fueron: variación en el costo entre los modelos digitales para ejecutar la partida de corte en **S/ 572,073.48** y de relleno en **S/ 853,093.35**. La diferencia entre los resultados obtenidos en ambos estudios, se debe en primer lugar, que el presente estudio proporciona costo por kilómetro, mientras que Rojas y Rojas proporciona un costo total por 5 kilómetros; en segundo lugar difiere debido a la ubicación geográfica, siendo el estudio realizado por Rojas y Rojas ubicada en la costa peruana entre altitudes de 0 a 100 metros sobre el nivel del mar, es decir se desarrolla en un terreno plano, lo que permite menores volúmenes de corte y relleno y por ende menores costos. Mientras que el presente estudio de investigación se realizó en la sierra peruana, entre altitudes de 1200 a 1600 metros sobre el nivel del mar y se desarrolla en un terreno escarpado, lo que implica mayores volúmenes de corte y relleno y por tanto los costos se incrementan; asimismo difieren en la metodología de obtención de datos para la elaboración del modelo digital de terreno, en la que Rojas y Rojas utilizaron datos a partir de GPS Diferencial y Google Earth, mientras que el presente estudio utilizó la estación total y el modelo de terreno incorporada en InfraWorks.

5.5. Indicador 5: Costo de equipos (S/)

Para este indicador se obtuvo el siguiente resultado: El costo de equipos para ejecutar las partidas de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks es de **S/ 2,785,178.35** y utilizando el modelo digital de terreno con estación total es de **S/ 805,156.05**. Los resultados obtenidos por Guevara (2015) fueron: costos de equipos en un escenario

de obra es S/ 500,572.74 y para el escenario curva masa es de S/ 340,439.75. Los resultados obtenidos en ambos estudios difieren porque el presente estudio de investigación se realizó en base a costos de equipos para realizar actividades de corte sin clasificar asumiendo un material suelto y relleno con material propio; mientras que los resultados obtenidos por Guevara, incluyen cortes clasificados y material de cantera para rellenos, en el que intervienen los transportes.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo Específico N°1:

Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a los tramos en tangente y radio de curva utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021.

De acuerdo al estudio realizado, se determinó que el diseño geométrico de carreteras, es viable utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks, así como también utilizando el modelo digital de terreno con estación total, en vista que, ambos cumplen con el parámetro mínimo de diseño establecido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Por lo tanto, su viabilidad viene determinada por la seguridad y comodidad que brinda al usuario al desplazarse por la vía.

Objetivo Específico N°2:

Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación a las pendientes utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en san Ignacio, Cajamarca – 2021.

En el estudio realizado, se ha determinado que el diseño geométrico de carreteras, en relación a las pendientes, es viable utilizando los modelos digitales de terreno tanto de Infracworks como de estación total, esto debido a, que cumplen con los parámetros de pendientes mínima y máxima establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

Objetivo Específico N°3:

Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras en relación al volumen de corte y relleno utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021.

El diseño geométrico de carreteras, en relación al volumen de corte y relleno, se ha determinado que no es viable utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks, puesto que, se aleja bastante a los metrados promedios ejecutados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, esto debido a la falta de precisión en la información topográfica que posee; mientras que, los metrados obtenidos a partir del modelo digital de terreno con estación total si es viable, puesto que los metrados calculados se acercan a los metrados promedios ejecutados por el Ministerio.

Objetivo Específico N°4:

Calcular la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo directo utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021.

La variación del costo directo para ejecutar las partidas de corte y relleno entre los modelos digitales de terreno de InfraWorks y estación total es de **S/ 272,866.04** por kilómetro, para corte y **S/ 107,987.95** por kilómetro, para relleno.

Objetivo Específico N°5:

Calcular la variación del diseño geométrico de carreteras en relación al costo de equipos utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021.

De acuerdo al estudio realizado, se calculó que la variación de costos de equipo, obtenidos a partir del modelo digital de terreno de InfraWorks respecto al obtenido a partir del modelo digital de terreno con estación total es de **S/ 1,980,022.30**.

Objetivo General: Determinar la viabilidad del diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks y estación total en San Ignacio, Cajamarca – 2021.

De acuerdo al estudio realizado, se ha determinado que el diseño geométrico de carreteras utilizando el modelo digital de terreno de InfraWorks no es viable, pues si bien, técnicamente cumple con los parámetros de diseño, económicamente no cumple, habida cuenta que los volúmenes de corte y relleno varían debido al error medio altimétrico que presentan los terrenos con pendientes pronunciadas.

VII. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que los parámetros de diseño como los tramos en tangente, radio de curva y pendientes, para una carretera de segunda clase, diseñada utilizando el modelo digital del terreno de Infracworks y estación total cumplen con las estipulaciones contenidos en las DG-2018, se recomienda utilizar el modelo digital de terreno de Infracworks para el diseño de anteproyecto, para que luego sea optimizado en un estudio definitivo a partir del modelo digital de terreno con estación total.
- En vista que existe el 37% de tramos en tangente (entre curvas de sentido opuesto) y 15% de radios de curva que no cumplen con los parámetros mínimos de diseño, se recomienda corregir el diseño en dichos tramos, de manera tal que el 100% de estos cumplan la Norma; esto con la finalidad de evitar posibles accidentes.
- Vista las secciones transversales obtenidas a partir del modelo digital de terreno de Infracworks y modelo digital de terreno con estación total, se recomienda utilizar el modelo digital de terreno de Infracworks, solo en anteproyectos, toda vez que el modelo digital de terreno de InfracWorks no representa con exactitud el relieve del terreno, en vista que presenta variaciones considerables en terrenos, haciendo que los volúmenes sean mayores a los obtenidos con estación total.

REFERENCIAS

AGUDELO, John. Diseño geométrico de vías: ajustado al manual colombiano. Trabajo de grado (Especialista en Vías y Transporte). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de minas, 2002. 531pp.

AUTODESK. 28 de septiembre de 2021. Disponible en: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/infraworks/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ESP/InfraWorks-UserHelp/files/GUID-071FB6F4-AE4A-4F3D-8869-9F39D9988561-htm.html>

AVILA, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación [En línea]. México: Eumed.com, 2006. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/203/8469019996.pdf>. ISBN: 8469019996

BELETTE Orlando, MACEO Alfredo y BATISTA Yordanys. Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico con estación total para para el cálculo de volumen. Revista de Topografía Azimut [en línea]. Vol.12 Num.1, marzo-junio 2020. [Fecha de consulta: 20 enero 2021]. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/azimut>. ISSN: 1090-647X

BALBIN Santiago y BALDEÓN Diego. Propuesta de diseño geométrico en perfil para caminos de bajo volumen de tránsito de la provincia de Canta. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2019. 166 pp.

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3.^a ed. Colombia: Pearson educación, 2010. 320 pp. ISBN: 9789586991285

CABERO Julio y LLORENTE Carmen. La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Revista tecnológica de información y comunicación en educación [en línea]. Vol.7 Num.2. [Fecha de consulta: julio 2013].

Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/260750592_La_aplicacion_del_juicio_de_experto_como_tecnica_de_evaluacion_de_las_tecnologias_de_la_informacion_y_comunicacion_TIC

CÁRDENAS, James. Diseño geométrico de carreteras. 2.^a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013. [495] pp. ISBN: 9789586488594

CAPACHERO Carlos, GARCÍA Pedro y OBREGÓN Nelson. Análisis de la exactitud del modelo digital de terreno SRTM-30 para Colombia usando datos IGAC e IDEAM. Revista de investigaciones Universidad del Quindío [en línea]. vol. 27. núm. 1. noviembre 2014-mayo 2015. [Fecha de consulta: 29 enero 2022]. Disponible en: <https://ojs.uniquindio.edu.co/ojs/index.php/riuq/article/view/20>. ISSN: 1794-631X

CALAÑA Antonio y BELETE Orlando. Análisis de la precisión de los interpoladores del Surfer en la modelación de relieves con pendientes abruptos. *Minería y Geología [en línea]*. vol. 30, núm. 4. Octubre-diciembre 2014. [Fecha de consulta: 2 de febrero de 2022]. Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A470159900/AONE?u=anon~15f3d463&sid=googleScholar&xid=8bee232f. ISSN: 1993-8012

ESARTE Ander, 2020. InfraWorks. De Autodesk ¿Qué es InfraWorks? En: Blog de BIM [en línea].

Disponible en:
<https://www.espaciobim.com/infraworks#:~:text=InfraWorks%20es%20un%20software%20de,los%20resultados%20de%20tus%20proyectos>. [Fecha de consulta: 27 enero 2022].

FELICÍSIMO, Ángel. Modelos Digitales del Terreno Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales. Oviedo: [s.n.], 1994. 117 pp. ISBN: 8478484752

GUARDO Nicolás, LÓPEZ Luciano y BILMES Andrés. High resolution topographic survey: comparison of terrain models using Total Station and SfM-MVS photogrammetry. Application in a quarry of selected soils, La Plata, Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina [en línea]. Vol.78. Núm.4. noviembre 2020 – enero 2021. [Fecha de consulta: 29 enero 2022].

Disponible en: <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/596>.

ISSN: 1851-8249

GARCÍA Antonio, ROSIQUE Manuel y SEGADO Francisco. Topografía básica para ingenieros. [s.l.]: Universidad de Murcia, 1994. 273 pp. ISBN: 8476845685

GARMENDIA Camila. Proyecciones cartográficas ¿Qué debo saber? [en línea]. IDECOR, 29 enero 2020. [Fecha de consulta: 1 febrero 2022]. Disponible en: <https://idecor.cba.gov.ar/proyecciones-cartograficas-que-debo-saber/>

GUEVARA, Francisco. Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa. Tesis (Master en Ingeniería Civil). Lima: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 86 pp.

HEDRICK Terry, BICKMAN Leonard y ROG Debra. Applied research design: A practical guide. Newbury Park: SAGE Publication, 1993. 156 pp.

ISBN: 9780803932340

HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la Investigación. 6.^a ed. México: McGraw-Hill Education, 2014. 589 pp.

ISBN: 9781456223960

HUACHO Víctor y MALLMA Ana. Evaluación de parámetros de diseño de la carretera en la carretera Lircay – Secclla – Angaraes - Huancavelica. Tesis (Título

Profesional de Ingeniero Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental, 2020. 142 pp.

Ingeniería electrónica con mención en telecomunicaciones. 6 de abril de 2018. Disponible en: <http://blog.uch.edu.pe/ingenieria-electronica-con-mencion-en-telecomunicaciones/que-son-las-imagenes-satelitales/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Guía metodológica de la red geodésica gravimétrica 2017.

Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=Gu%C3%ADa+metodol%C3%B3gica+de+la+red+geod%C3%A9sica+gravim%C3%A9trica+2017>

KERLINGER Fred y LEE Howard. Investigación del comportamiento: métodos de investigación en ciencias sociales. 4.^a ed. México: MCGRAW-HILL, 2002. 850 pp. ISBN: 9789701030707

LOPEZ, Serafín, “*et al*”. Topografía. 2.^a ed. Madrid: Ediciones mundi-prensa, 1996. 474 pp. ISBN: 8471146339.

MARTINEZ Joan, MUÑOZ Maite y NAVAJO Natalia. Geodesia física [en línea]. Barcelona: Iniciativa digital politécnica, 2015. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/77058>. ISBN: 9788498805482

Ministerio De Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. DG-2018. Lima: 2018. 284 pp.

MORALES Aurelio, 2022. Diferencias entre los sistemas de coordenadas geográficas y proyectadas. En: MappingGIS [en línea]. Disponible en: <https://mappinggis.com/2022/02/diferencias-entre-los-sistemas-de-coordenadas-geograficas-y-proyectadas/#more-34997>. [Fecha de consulta: 1 febrero 2022]

MUÑOZ, Carlos. Metodología de la investigación. México: Editorial Progreso, 2015. [307]pp. ISBN: 9786074265422

OJEDA Fabian, BELETE Orlando y BATISTA Yordanis. Elaboración del modelo digital de elevaciones mediante tecnología 3D láser escáner. Minería y Geología [en línea]. Vol. 30. Núm. 1. Enero-marzo 2014. [Fecha de consulta: 26 enero 2022]. Disponible en: http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/Ojeda/pdf_17. ISSN: 1993-8012

OLAYA Víctor. Sistemas de Información Geográfica [en línea] [Fecha de consulta: 1 febrero 2022]. Disponible en: <http://volaya.github.io/libro-sig/>. ISBN: 9781716777660

OSPINO, Jairo. Metodología de la investigación en ciencias de la salud. Colombia: Universidad cooperativa de Colombia, 2004. [234] pp. ISBN: 9588205557

PINEDA Elia, ALVARADO Elva y CANALES Francisca. Metodología de la Investigación. 2.^a ed. E.U.A: Organización panamericana de la salud, 1994. 110 pp. ISBN: 9275321353

RINCÓN Mario, VARGAS Wilson y GÓNZALES Carlos. Topografía Conceptos y Aplicaciones. Bogotá: ECOE Ediciones, 2017. 380 pp. ISBN: 9789587715064.

RENARD, Eduardo. Modelado BIM con Autodesk Civil 3D. [España]: Marcombo, 2021. 500 pp. ISBN: 9788426733931

SMITH, Heather, 2020. Geographic vs Projected Coordinate Systems. En: *ArcGIS Blog* [en línea]. Disponible en: https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/mapping/gcs_vs_pcs/ [consulta: 2 febrero 2022].

ROJAS Eleazar y ROJAS Franklin. Grado de precisión en el diseño geométrico de una carretera utilizando modelo digital de terreno de Google Earth y GPS Diferencial en Camaná – Quilca. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 2015. 125 pp.

SERRATO Karin. Referencias y proyección empleadas en la cartografía colombiana. Perspectiva Geográfica [en línea]. Vol. 14. marzo 2011. [Fecha de consulta: 1 febrero 2022]. 67-98

Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1718>
ISSN: 0123-3769

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica: Incluye evaluación y administración de proyectos de investigación. 4.^a ed. México: Limusa Noriega Editores, 2004. 435 pp. ISBN: 9681858727

TELEDET [en línea] [Fecha de consulta: 15 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>

TOPOSERVIS [en línea] [Fecha de consulta: 1 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.toposervis.com/estacion-total-lo-que-necesitas-saber/>

WADE Tasha y SOMMER Shelly. SIG de la A a la Z: Diccionario ilustrado de los sistemas de información geográfica [en línea]. California: Esri Press, 1 febrero 2015. [Fecha de consulta: febrero 2015].

Disponible en: [https://www.proquest.com/docview/2135006272/\\$N?accountid=37408](https://www.proquest.com/docview/2135006272/$N?accountid=37408).
ISBN: 9781589483002.

Wikipedia [en línea] [Fecha de consulta: 2 febrero 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Elipsoide_de_referencia

YUNI José y URBANO Claudio. Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. 2.^a ed. Argentina: editorial Brujas, 2006. 112 pp. ISBN: 9875910201

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de Consistencia

Anexo N°2: Matriz de Operacionalización

Anexo N°3: Instrumentos de Recolección de Datos

Ficha N°1 – Tramos en tangente y radio de curva

Ficha N°2 – Pendientes

Ficha N°3 – Volumen de corte y relleno

Ficha N°4 – Costo directo

Ficha N°5 – Costo de equipos

Anexo N°4 – Certificado de Calibración (Estación Total) y Licencias de uso de Software (InfraWorks y Civil 3D)

Anexo N°5 – Diseño en planta, perfil y sección transversal en el Modelo Digital de Terreno de InfraWorks y Estación Total

Anexo N°1

Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

PROBLEMAS PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿CUÁL ES LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	ES VIABLE UTILIZAR EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	V. INDEPENDIENTE MODELO DIGITAL DE TERRENO	INFRAWORKS (SRTM)	IMAGEN SATELITAL (pixel)
					GENERADOR DE MODELO (Km ²)
				ESTACIÓN TOTAL	PLANIMETRÍA (m)
					ALTIMETRÍA (m)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE		
¿CUÁL ES LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LOS TRAMOS EN TANGENTE Y RADIO DE CURVA UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LOS TRAMOS EN TANGENTE Y RADIO DE CURVA UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	ES VIABLE UTILIZAR EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LOS TRAMOS EN TANGENTE Y RADIO DE CURVA	DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	ASPECTOS TÉCNICOS	TRAMOS EN TANGENTE Y RADIO DE CURVA (m)
¿CUÁL ES LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LAS PENDIENTES UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LAS PENDIENTES UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	ES VIABLE UTILIZAR EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN A LAS PENDIENTES			PENDIENTES (%)
¿CUÁL ES LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	ES VIABLE UTILIZAR EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO			VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO (m ³ /km)
¿CUÁL ES LA VARIACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL COSTO DIRECTO UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	CALCULAR LA VARIACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL COSTO DIRECTO UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	EXISTE UNA VARIACIÓN DEL 10% EN RELACIÓN AL COSTO DIRECTO UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS		ASPECTOS ECONÓMICOS	COSTO DIRECTO (\$/ x Km)
¿CUÁL ES LA VARIACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL COSTO DE EQUIPOS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021?	CALCULAR LA VARIACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS EN RELACIÓN AL COSTO DE EQUIPOS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021	EXISTE UNA VARIACIÓN DEL 10% EN RELACIÓN AL COSTO DE EQUIPOS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS			COSTO DE EQUIPOS (\$/)

Anexo N°2

Matriz de Operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: VIABILIDAD DEL **DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS** UTILIZANDO EL **MODELO DIGITAL DE TERRENO** DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V. INDEPENDIENTE					
MODELO DIGITAL DE TERRENO	<p>Un modelado digital de terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.</p> <p style="text-align: center;">(Ángel M. Felicísimo, 1994)</p>	<p>Para la elaboración del MDT con InfraWorks, se generará a partir del generador de modelo; que consiste en seleccionar el área de trabajo del mapa digital de Bing Maps (basada en imágenes satelitales del WorldViuw 2 con una precisión de 4,5 píxeles por metro); y para las elevaciones utiliza datos del satélite Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 30 m de precisión. Mediante este generador se podrá captar toda la información topográfica del terreno para el modelado de la carretera.</p> <p>Para le elaboración del MDT con estación total, se generará mediante el levantamiento topográfico in situ, con una estación total de precisión 0.1", mediante el cual se obtendrá la planimetría y altimetría para el trazo y diseño de la carretera.</p>	<p style="text-align: center;">INFRAWORKS (SRTM)</p>	<p>IMAGEN SATELITAL (pixel)</p>	Razón
				<p>GENERADOR DE MODELO (Km2)</p>	Razón
			ESTACIÓN TOTAL	<p>PLANIMETRÍA (m)</p>	Razón
				<p>ALTIMETRÍA (m)</p>	Razón
V. DEPENDIENTE					
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	<p>Se encarga de determinar las características geométricas de una vía, a partir de factores como el tránsito, topografía y velocidades, de modo que la circulación se realice de una manera cómoda y segura.</p> <p style="text-align: center;">(John Jairo Agudelo Ospina, 2008)</p>	<p>Se procesará la información obtenida en campo, para el caso del levantamiento con estación total, con el software Civil 3D y mediante una configuración de interfaz para el caso del Software InfraWorks. A partir de esta data procesada se generarán planos en planta, perfil y sección transversal; asimismo con esta información se calculará los costos de equipos y el costo directo haciendo uso de excel.</p>		<p>Tramos en tangente y Radio de Curva (m)</p>	Razón
			ASPECTOS TÉCNICOS	<p>Pendientes (%)</p>	Razón
				<p>Volumen de Corte y Relleno (m3/km)</p>	Razón
			ASPECTOS ECONÓMICOS	<p>Costo Directo (S/ x km)</p>	Razón
				<p>Costo de Equipos (S/)</p>	Razón

Anexo N°3

Instrumentos de Recolección de Datos

FICHA TÉCNICA N° 1

Indicador N° 1: Tramos en Tangente y Radio de Curva (m)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

Tramos en tangente y Radios de Curva en el Diseño Geométrico obtenidos a partir de Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total

Curva	Resultados a partir del MDT con Estación Total						Resultados a partir del MDT de InfraWorks						Evaluación de Parámetros Mínimos de Diseño (DG-2018)			
	PI		Radio de Curva (m)	Tramos en tangente entre curvas de sentido opuesto			PI		Radio de Curva (m)	Tramos en tangente entre curvas de sentido opuesto			Radios de Curva		Tramos en tangente entre curvas de sentido opuesto	
	Este (X)	Norte (Y)		Inicio	Fin	Longitud (m)	Este (X)	Norte (Y)		Inicio	Fin	Longitud (m)	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
C1	720813.782	9430971.825	55.000	ST C1	PC C2	62.920	720813.782	9430971.825	55.000	ST C1	PC C2	62.924	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C2	720752.677	9430819.925	340.000	PT C2	TS C3	78.130	720752.677	9430819.925	340.000	PT C2	TS C3	78.133	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C3	720728.080	9430670.391	22.093				720728.080	9430670.391	22.093				No Cumple	No Cumple		
C4	720679.037	9430678.563	22.093				720679.037	9430678.563	22.093				No Cumple	No Cumple		
C5	720699.122	9430749.849	185.900	ST C5	TS C6	72.810	720699.122	9430749.849	185.900	ST C5	TS C6	67.654	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C6	720706.263	9430877.283	70.000	ST C6	TS C7	25.340	720706.263	9430877.283	101.820	ST C6	TS C7	19.990	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C7	720684.555	9430955.282	120.000				720684.555	9430955.282	120.000				Cumple	Cumple		
C8	720688.892	9431025.213	70.000				720688.892	9431025.213	70.000				Cumple	Cumple		
C9	720733.503	9431092.167	96.300	ST C9	TS C10	11.600	720733.503	9431092.167	96.300	ST C9	TS C10	11.600	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C10	720725.730	9431189.230	200.000	ST C10	TS C11	64.890	720725.730	9431189.230	200.000	ST C10	TS C11	64.887	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C11	720669.390	9431364.289	22.000	ST C11	TS C12	16.180	720669.390	9431364.289	22.000	ST C11	TS C12	16.180	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
C12	720790.662	9431283.948	40.000	ST C12	TS C13	35.270	720790.662	9431283.948	40.000	ST C12	TS C13	35.268	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C13	720877.589	9431371.672	45.000	ST C13	PC C14	98.730	720877.589	9431371.672	45.000	ST C13	PC C14	98.733	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C14	720838.044	9431557.911	390.000	PT C14	TS C15	92.310	720838.044	9431557.911	390.000	PT C14	TS C15	92.312	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C15	720657.903	9431908.896	23.400				720657.903	9431908.896	23.400				No Cumple	No Cumple		
C16	720731.922	9431639.060	105.000				720731.922	9431639.060	105.000				Cumple	Cumple		
C17	720727.415	9431579.882	51.000	ST C17	TS C18	80.340	720727.415	9431579.882	51.000	ST C17	TS C18	80.341	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C18	720622.636	9431474.677	45.000	ST C18	TS C19	28.980	720622.636	9431474.677	45.000	ST C18	TS C19	28.984	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C19	720495.458	9431494.043	22.000				720495.458	9431494.043	22.000				No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
C20	720570.719	9431569.579	350.000	ST C20	TS C21	20.130	720570.719	9431569.579	350.000	ST C20	TS C21	20.133	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C21	720638.594	9431665.394	39.160				720638.594	9431665.394	39.160				Cumple	Cumple		
C22	720576.277	9431712.298	39.160	ST C22	PC C23	79.950	720576.277	9431712.298	39.160	ST C22	PC C23	80.103	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C23	720482.124	9431594.452	500.000	PT C23	TS C24	46.440	720482.124	9431594.452	500.000	PT C23	TS C24	46.447	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C24	720396.627	9431501.906	96.176				720396.627	9431501.906	96.176				Cumple	Cumple		
C25	720411.694	9431404.670	160.000	ST C25	TS C26	67.990	720411.694	9431404.670	160.000	ST C25	TS C26	67.989	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C26	720395.216	9431263.996	50.000	ST C26	TS C27	43.210	720395.216	9431263.996	50.000	ST C26	TS C27	43.108	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C27	720173.387	9431099.100	23.000	ST C27	TS C28	32.060	720173.387	9431099.100	23.000	ST C27	TS C28	32.308	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
C28	720342.680	9431310.708	30.000				720342.680	9431310.708	30.000				Cumple	Cumple		
C29	720292.465	9431375.317	100.000	ST C29	TS C30	149.280	720292.465	9431375.317	100.000	ST C29	TS C30	149.213	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C30	720234.263	9431616.334	85.000	ST C30	TS C31	14.540	720234.263	9431616.334	85.000	ST C30	TS C31	14.542	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C31	720129.298	9431649.709	90.000				720129.298	9431649.709	90.000				Cumple	Cumple		
C32	720073.422	9431700.069	78.440				720073.422	9431700.069	78.440				Cumple	Cumple		
C33	720060.078	9431782.111	100.000	ST C33	TS C34	13.900	720060.078	9431782.111	100.000	ST C33	TS C34	13.904	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
C34	720014.093	9431853.557	160.000				720014.093	9431853.557	160.000				Cumple	Cumple		
C35	719961.203	9431900.298	57.980				719961.203	9431900.298	57.980				Cumple	Cumple		
C36	719945.940	9431986.411	128.410				719945.940	9431986.411	128.410				Cumple	Cumple		
C37	719834.349	9432106.094	85.000	ST C37	PC C38	57.980	719834.349	9432106.094	85.000	ST C37	PC C38	57.977	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C38	719656.114	9431905.861	640.000	PT C38	TS C39	59.700	719656.114	9431905.861	640.000	PT C38	TS C39	59.132	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C39	719465.774	9431794.484	100.000	ST C39	PC C40	274.840	719465.774	9431794.484	100.000	ST C39	PC C40	278.485	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
C40	719388.279	9431406.233	780.000	PT C40	TS C41		719388.279	9431406.233	780.000	PT C40	TS C41		Cumple	Cumple		

FICHA TÉCNICA N° 1

Indicador N° 1: Tramos en Tangente y Radio de Curva (m)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

Validación: Juicio de Experto	Firma	Rango de Calificación (0 - 1)
Experto 1: Ing. Homero Carrero Garcia CIP: 94595		0.8
Experto 2: Ing. Óscar Fernando Velarde Villar CIP: 31632		0.9
Experto 3: Ing. José Luis Ponce Filios CIP: 107402		0.7
Promedio		0.8

FICHA TÉCNICA N° 2

Indicador N° 2: Pendientes (%)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

Pendientes obtenidas a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total

Progresiva		Distancia	Resultados a partir del MDT con Estación Total (Carretera Segunda Clase)			Resultados a partir del MDT de InfraWorks (Carretera Segunda Clase)			Evaluación Pendiente Máxima de Diseño (DG-2018) Carretera de Segunda Clase	
Desde Km	Hasta Km	m	Cota Inicial	Cota Final	Pendiente (%)	Cota Inicial	Cota Final	Pendiente (%)	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
	0+000.00			1287.128			1285.506			
0+000.00	0+036.00	36.00	1287.128	1289.108	5.50	1285.506	1287.486	5.50	Cumple	Cumple
0+036.00	0+118.00	82.00	1289.108	1295.748	8.10	1287.486	1294.126	8.10	Cumple	Cumple
0+118.00	0+245.00	127.00	1295.748	1304.198	6.65	1294.126	1302.576	6.65	Cumple	Cumple
0+245.00	0+355.00	110.00	1304.198	1311.098	6.27	1302.576	1309.419	6.22	Cumple	Cumple
0+355.00	0+459.00	104.00	1311.098	1319.488	8.07	1309.419	1317.808	8.07	Cumple	Cumple
0+459.00	0+635.00	176.00	1319.488	1323.178	2.10	1317.808	1321.499	2.10	Cumple	Cumple
0+635.00	0+720.00	85.00	1323.178	1329.008	6.86	1321.499	1327.313	6.84	Cumple	Cumple
0+720.00	0+810.00	90.00	1329.008	1334.008	5.56	1327.313	1332.313	5.56	Cumple	Cumple
0+810.00	0+880.00	70.00	1334.008	1338.268	6.09	1332.313	1336.573	6.09	Cumple	Cumple
0+880.00	0+930.00	50.00	1338.268	1341.558	6.58	1336.573	1339.863	6.58	Cumple	Cumple
0+930.00	1+060.00	130.00	1341.558	1349.975	6.47	1339.863	1348.282	6.48	Cumple	Cumple
1+060.00	1+500.00	440.00	1349.975	1367.688	4.03	1348.282	1365.996	4.03	Cumple	Cumple
1+500.00	1+750.00	250.00	1367.688	1388.958	8.51	1365.996	1387.266	8.51	Cumple	Cumple
1+750.00	1+950.00	200.00	1388.958	1403.008	7.02	1387.266	1401.316	7.02	Cumple	Cumple
1+950.00	2+085.00	135.00	1403.008	1414.238	8.32	1401.316	1412.548	8.32	Cumple	Cumple
2+085.00	2+240.00	155.00	1414.238	1421.188	4.48	1412.548	1419.498	4.48	Cumple	Cumple
2+240.00	2+350.00	110.00	1421.188	1428.638	6.77	1419.498	1426.949	6.77	Cumple	Cumple
2+350.00	2+436.00	86.00	1428.638	1433.778	5.98	1426.949	1432.099	5.99	Cumple	Cumple
2+436.00	2+610.00	174.00	1433.778	1448.118	8.24	1432.099	1446.429	8.24	Cumple	Cumple
2+610.00	2+700.00	90.00	1448.118	1453.748	6.26	1446.429	1452.06	6.26	Cumple	Cumple
2+700.00	2+930.00	230.00	1453.748	1472.258	8.05	1452.06	1470.571	8.05	Cumple	Cumple
2+930.00	3+176.00	246.00	1472.258	1484.078	4.80	1470.571	1482.126	4.70	Cumple	Cumple
3+176.00	3+711.00	535.00	1484.078	1529.918	8.57	1482.126	1527.964	8.57	Cumple	Cumple
3+711.00	4+317.50	606.50	1529.918	1562.728	5.41	1527.964	1560.777	5.41	Cumple	Cumple
4+317.50	4+608.00	290.50	1562.728	1554.420	2.86	1560.777	1552.493	2.85	Cumple	Cumple
4+608.00	4+800.00	192.00	1554.420	1559.553	2.67	1552.493	1557.605	2.66	Cumple	Cumple
4+800.00	5+099.00	299.00	1559.553	1552.619	2.32	1557.605	1550.673	2.32	Cumple	Cumple
Promedio de Pendientes (%)					6.02			6.01		

Validación: Juicio de Experto	Firma	Rango de Calificación (0 - 1)
Experto N°1: Ing. Homero Carrero García CIP: 94595		0.8
Experto N°2: Ing. Óscar Fernando Velarde Villalpando CIP: 31632		0.9
Experto N°3: Ing. José Luis Ponce Filios CIP: 107402		0.8
Promedio		0.83

FICHA TÉCNICA N° 3

Indicador N° 3: Volumen de Corte y Relleno (m3/km)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

Volumen de Corte y Relleno a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total

Progresiva	Volumen de Corte			Volumen de Relleno			Volumen promedio ejecutado en la Sierra por el MTC		Evaluación de acuerdo a volumen promedio ejecutados en la sierra por el MTC					
	Desde Km	Hasta Km	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Variación	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Variación	Volumen de Corte/km	Volumen de Relleno/km	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
Tramo 1	0+000.00	0+500.00	3,614.90	5,827.01	- 2,212.11	177.78	8,197.86	- 8,020.08	22,889.45	5,736.81	Óptimo	No Óptimo	Óptimo	No Óptimo
Tramo 2	0+500.00	1+000.00	4,554.40	9,298.96	- 4,744.56	75.28	26,595.01	- 26,519.73						
Tramo 3	1+000.00	1+500.00	10,352.30	30,103.65	- 19,751.35	34.40	65.18	- 30.78						
Tramo 4	1+500.00	2+000.00	8,487.18	27,929.75	- 19,442.57	2.43	31.28	- 28.85						
Tramo 5	2+000.00	2+500.00	7,018.04	28,510.85	- 21,492.81	36.63	383.11	- 346.48						
Tramo 6	2+500.00	3+000.00	12,185.60	15,772.36	- 3,586.76	5,411.81	3,665.70	1,746.11						
Tramo 7	3+000.00	3+500.00	5,226.10	21,951.78	- 16,725.68	640.09	3,071.78	- 2,431.69						
Tramo 8	3+500.00	4+000.00	12,800.93	39,748.20	- 26,947.27	631.79	576.46	55.33						
Tramo 9	4+000.00	4+500.00	7,688.95	57,201.00	- 49,512.05	196.29	-	196.29						
Tramo 10	4+500.00	5+000.00	3,980.30	17,212.30	- 13,232.00	94.00	4.30	89.70						
m3			75,908.70	253,555.86	- 177,647.16	7,300.50	42,590.68	- 35,290.18						
m3/km			15,181.74	50,711.17	- 35,529.43	1,460.10	8,518.14	- 7,058.04						

Validación: Juicio de Experto	Firma	Rango de Calificación (0 - 1)
Experto N°1: Ing. Homero Carrero García CIP: 94595		0.8
Experto N°2: Ing. Óscar Fernando Velarde V CIP: 31632		0.9
Experto N°3: Ing. José Luis Ponce Filios CIP: 107402		0.8
Promedio		0.83

FICHA TÉCNICA N° 4

Indicador N° 4: Costo Directo Cortes y Rellenos (S/)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL **DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS** UTILIZANDO EL **MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS** Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

Costo Directo de Cortes y Rellenos obtenidos a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT) de InfraWorks y Estación Total

Ítem	Descripción	Und	Metrado		Precio (S/)	Parcial (S/)		Variación S/	Costo por kilómetro (S/ x km)			Evaluación de acuerdo al costo promedio de obras viales ejecutados en la sierra por el MTC	
			Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	De las obras viales ejecutadas en la Sierra por el MTC	Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks
1.00.00	Movimiento de Tierras												
1.01.00	Excavación en material suelto (Corte)	m3	75,908.70	253,555.86	7.68	582,978.82	1,947,309.00	1,364,330.19	116,595.76	389,461.80	69,528.41	No Óptimo	No Óptimo
1.02.00	Terraplen con material propio (Relleno)	m3	7,300.50	42,590.68	15.30	111,697.65	651,637.40	539,939.75	22,339.53	130,327.48	71,570.47	Óptimo	No Óptimo
	Costo Directo					694,676.47	2,598,946.41	1,904,269.94					


Validación: Juicio de Experto	Firma	Rango de Calificación (0 - 1)
Experto N°1: Ing. Homero Carrero Garcia CIP: 94595		0.7
Experto N°2: Ing. Óscar Fernando Velarde Villar CIP: 31632		0.8
Experto N°3: Ing. José Luis Ponce Filios CIP: 107402		0.7
Promedio		0.73

FICHA TÉCNICA N° 5

Indicador N° 5: Costo de Equipos (S/)

TÍTULO: VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA - 2021

COSTO DE EQUIPOS								
Ítem	Descripción	Und	Metrado		Precio (S/)	Parcial (S/)		Variación S/
			Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks		Del MDT con Estación Total	Del MDT de InfraWorks	
1.00	Equipo para Corte							
1.01	Excavadora sobre oruga 170-250 HP 1.1-2.75 yd3	hm	113.86	380.33	419.01	47,709.76	159,363.66	- 111,653.90
1.02	Tractor de orugas de 190-240 HP	hm	1,032.36	3,448.36	461.83	476,774.04	1,592,555.96	- 1,115,781.92
1.03	Cargador sobre llantas 125-155 HP 3 yd3	hm	1,009.59	3,372.29	239.98	242,280.38	809,282.86	- 567,002.48
2.00	Equipos para Relleno							
2.01	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101-135 HP 10-12T	hm	58.40	340.73	209.02	12,207.60	71,218.43	- 59,010.83
2.02	Tractor de orugas de 140-160 HP	hm	29.20	170.36	337.8	9,864.44	57,548.53	- 47,684.09
2.03	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	58.40	340.73	279.43	16,319.83	95,208.91	- 78,889.08
Total						805,156.05	2,785,178.35	- 1,980,022.30

Validación: Juicio de Experto		Firma	Rango de Calificación (0 - 1)
Experto N°1: Ing. Homero Carrero Garcia	CIP: 94595		0.7
Experto N°2: Ing. Óscar Fernando Velarde Villar	CIP: 31632		0.8
Experto N°3: Ing. José Luis Ponce Filios	CIP: 107402		0.8
Promedio			0.77

Anexo N°4

Certificado de calibración (Estación Total) –
Licencia uso de Software (InfraWorks y Civil 3D)



SERVIG XCVI S.A.C.

COMPRA, ALQUILER Y VENTA ALQUILER DE EQUIPO INGENIERIA
ALQUILER DE EQUIPO VIA TRANSPORTE VIA TERRESTRE
SERVICIOS Y REPARACIONES DE INSTRUMENTOS GEODESICOS DE TODAS LAS MARCAS
SERVICIOS DE POSICIONAMIENTO SATELITAL

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 6776

OTORGADO A:

JORGE JUNIOR VASQUEZ ACOSTA

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE
ESTACION TOTAL	LEICA	TS09 PLUS 1s	N° 1401262

VALOR DE PATRON DE MEDICION		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
360	00	01

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	360	0	0
HORIZ.	360	0	0

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	00	00	00
HORIZ.	00	00	00

RANGO DE TOLERANCIA			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+	360	0	1
-	359	59	59

SISTEMA DE MEDICION DE DISTANCIA

PATRON DE MEDICION	15.000mts	30.000mts	60.000mts	90.000mts	209.000mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.000	30.000	60.000	90.000	209.000
ERROR A CORREGIR	00mm	00mm	00mm	00mm	00mm

PRECISION DEL INSTRUMENTO

- Sistema Angular según normas DIN 18723.
- Sistema de Medición de Distancia.
- Precisión de 1".

PATRON UTILIZADO

Colimador Modelo ITC-509, indicado por el fabricante TOPCON en su manual de mantenimiento y reparación. Se hace una línea al horizonte enfocado al infinito con un grosor de 1.5" del trazo del retículo, este colimador es patronado periódicamente con un teodolito Kern Modelo DKM-2A desviación estándar 1" y estima al décimo del segundo con lectura directa 90° 00' 00" e invertido 270° 00' 00".

SERVIG XCVI SAC, mediante su Área de Servicio Técnico el cual cuenta con su respectivo laboratorio, en donde se certifica que los equipos en mención se encuentran en totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos; se sugiere efectuar una calibración en un periodo máximo de 6 meses:

Fecha de Calibración: 16 de agosto del 2021.

Fecha de Re calibración: 16 de febrero del 2022.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

San Martín de Porres, 16 de agosto del 2021.


SERVIG XCVI S.A.C.
JOSE R. ZAMORA GONZALES
DIRECTOR GERENTE



EDUCATION ACCESS

Hi Segundo Elías Rimachi Arimuya,

You're all set! InfraWorks is yours to install and use until your educational access expires on April 5, 2023.

Best,
Autodesk

Autodesk, Inc. • 111 McInnis Parkway • San Rafael, CA 94903

© Autodesk, Inc. All rights reserved. [Legal Notices & Trademarks](#). [Privacy Policy](#)

This is an operational email.

Please do not reply to this email. Replies to this email will not be responded to or read.

Autodesk and the Autodesk logo are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.



EDUCATION ACCESS

Hi Segundo Elías Rimachi Arimuya,

You're all set! Civil 3D is yours to install and use until your educational access expires on April 5, 2023.

Best,
Autodesk

Autodesk, Inc. • 111 McInnis Parkway • San Rafael, CA 94903

© Autodesk, Inc. All rights reserved. [Legal Notices & Trademarks](#). [Privacy Policy](#)

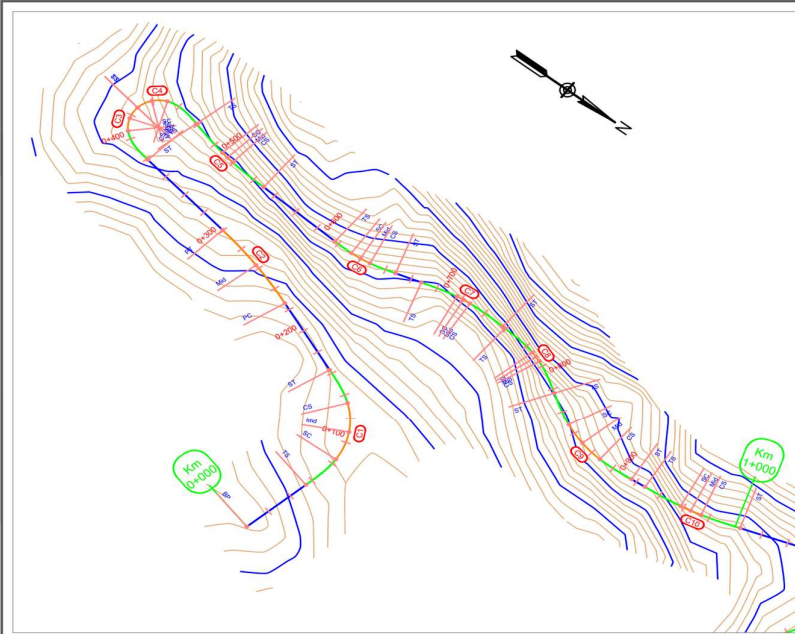
This is an operational email.

Please do not reply to this email. Replies to this email will not be responded to or read.

Autodesk and the Autodesk logo are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

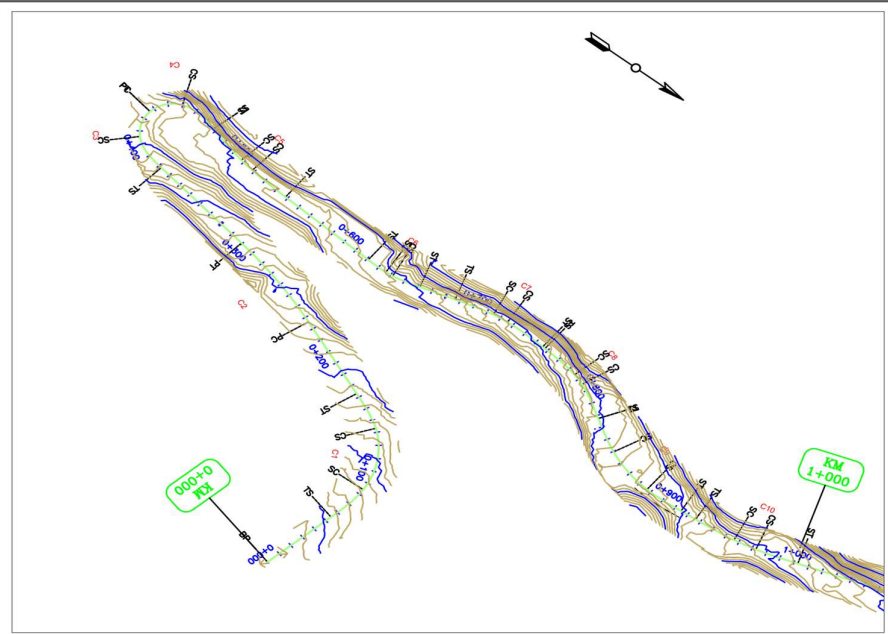
Anexo N°5

Diseño en planta, perfil y sección transversal en el Modelo Digital
de Terreno de InfraWorks y Estación Total



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS
 ESCALA: S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
C/N	S	Δ	Radio	Tang	Lc	Ext	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
1	I	50° 43' 58"	55.000	26.076	48.700	5.869	0+110.420	0+084.344	0+133.044	9430960.341	720819.657
2	I	12° 34' 21"	340.000	37.454	74.607	2.057	0+263.422	0+225.968	0+300.575	9430819.925	720752.677
3	D	53° 47' 32"	22.093	11.207	20.742	2.680	0+417.914	0+406.707	0+427.450	9430672.430	720715.868
4	D	120° 47' 41"	22.000	12.649	22.959	3.377	0+440.512	0+427.963	0+450.522	9430676.303	720692.223
5	I	3° 16' 54"	185.900	5.325	10.648	0.076	0+513.959	0+508.634	0+519.282	9430750.054	720697.890
6	I	8° 54' 44"	101.820	7.935	15.838	0.309	0+639.871	0+631.936	0+647.774	9430875.688	720705.220
7	D	5° 15' 17"	120.000	5.507	11.008	0.128	0+721.270	0+715.764	0+726.769	9430954.858	720688.480
8	D	7° 12' 29"	70.000	4.400	8.806	0.130	0+791.196	0+786.777	0+795.583	9431024.308	720691.578
9	I	21° 35' 41"	96.300	18.366	36.295	1.730	0+869.952	0+851.587	0+887.882	9431093.235	720729.380
10	I	4° 40' 01"	200.000	8.150	16.291	0.166	0+965.632	0+957.492	0+973.773	9431188.064	720724.307



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO CON ESTACION TOTAL
 ESCALA: S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
C/N	S	Delta	Radio	Tang	Lc	EXT.	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
1	I	80° 59' 47"	50.000	82.620	48.700	18.430	0+117.660	0+084.344	0+133.044	9430971.825	720815.765
2	I	12° 34' 21"	340.000	38.590	76.630	2.190	0+263.422			9430819.925	720752.677
3	D	80° 07' 10"	22.093	23.600	20.750	2.680	0+413.729	0+405.772		9430870.391	720728.080
4	D	98° 18' 30"	22.093	38.630	23.120	3.410	0+452.848		0+449.848	9430876.563	720879.037
5	I	12° 31' 41"	185.900	35.420	10.850	1.320	0+513.077	0+507.652	0+518.306	9430748.846	720699.122
6	I	18° 45' 38"	70.000	38.170	15.840	2.170	0+640.910	0+636.105	0+641.524	9430677.283	720706.283
7	D	19° 08' 05"	120.000	35.110	11.010	0.130	0+720.883	0+714.630	0+725.638	9430955.282	720684.555
8	D	30° 07' 54"	70.000	32.890	8.810	2.970	0+790.894	0+785.644	0+794.492	9431025.213	720688.892
9	I	18° 15' 13"	96.300	47.910	36.290	5.990	0+869.958	0+850.454	0+886.748	9431093.187	720733.903
10	I	13° 15' 41"	200.000	38.270	16.280	1.540	0+964.817	0+958.348	0+972.842	9431188.230	720725.730

LEYENDA	
EC/PC	PUNTO DE INICIO DE LA CURVA (FIN DE LA ESPIRAL)
CE/PT	PUNTO DE FIN DE LA CURVA (INICIO DE LA ESPIRAL)
PI	PUNTO DE INFLEXION HORIZONTAL
PI	COORDENADAS DEL PI
Delta	ANGULO DE DEFLEXION
Radio	RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
Lc	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (m)
Tang	LONGITUD DE LA TANGENTE (PC a PI y PI a PT)
EXT	DISTANCIA TOTAL EXTERNA
E.K	E.K DE REPLANTEO
Km 0+000	NUMERO DE KILOMETRO



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

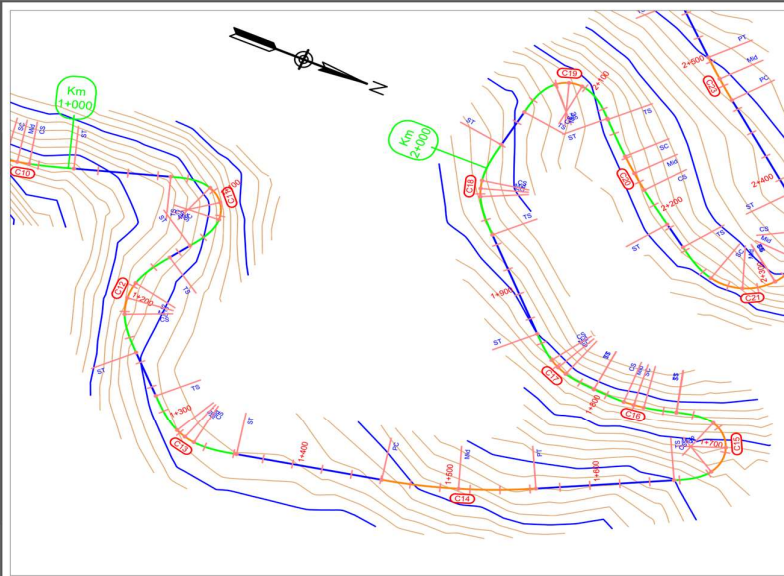
Diseño : RBFA
 Dibujo : RBFA
 Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
 EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACION TOTAL
 EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

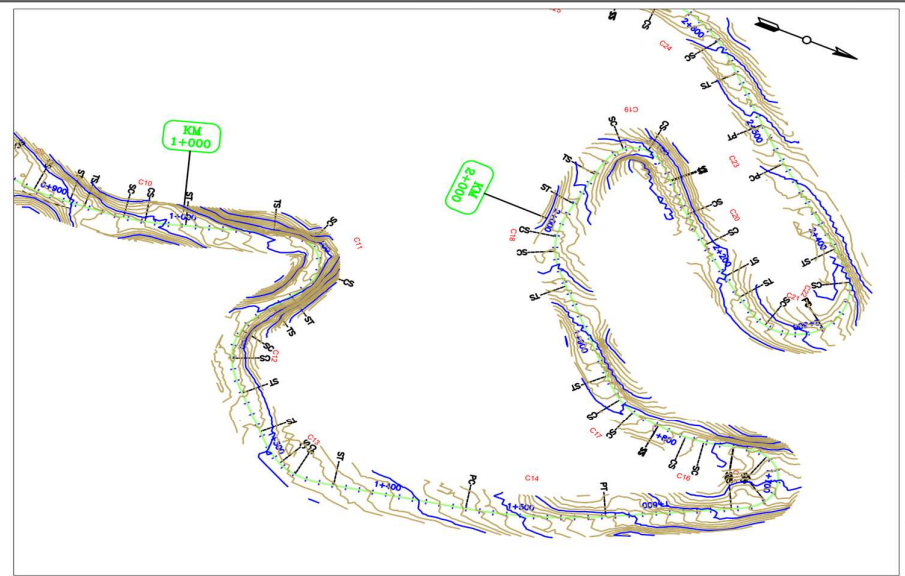
PLANTA EN EL MODELO DIGITAL
 DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
 ESTACION TOTAL
 Km 0+000 - Km 1+000

ESCALA : S/E
 LAMINA :

PP-01



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS
ESCALA: S/C



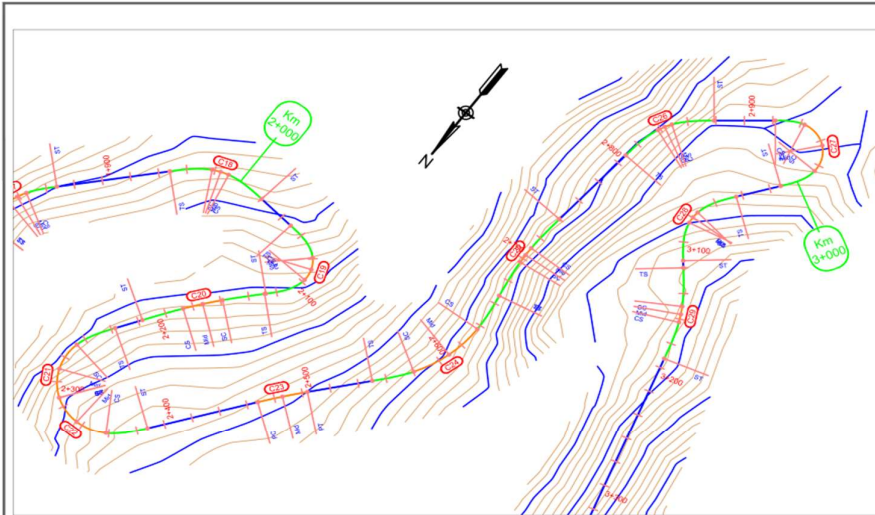
PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO CON ESTACION TOTAL
ESCALA: S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	Δ	Radio	Tang	Lc	Ext	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
11	D	68° 26' 31"	22.000	14.963	26.280	4.606	1+111.623	1+096.660	1+122.939	9431328.966	720696.161
12	I	35° 48' 48"	40.000	12.925	25.033	2.036	1+210.044	1+197.119	1+222.121	9431294.620	720789.544
13	I	16° 31' 45"	45.000	7.340	14.533	0.966	1+524.750	1+517.589	1+531.042	9431573.501	720871.365
14	I	15° 10' 52"	380.000	51.972	103.334	3.448	1+512.646	1+460.675	1+564.009	9431557.911	720838.044
15	I	104° 30' 31"	23.400	30.220	42.682	14.825	1+172.547	1+682.321	1+725.003	9431722.120	720730.552
16	D	7° 41' 24"	305.000	7.057	14.003	0.237	1+780.378	1+773.321	1+787.414	9431638.914	720736.401
17	D	15° 48' 46"	51.000	7.083	14.075	0.489	1+636.632	1+631.550	1+645.625	9431581.255	720724.418
18	D	15° 34' 38"	45.000	6.155	12.234	0.419	1+984.121	1+977.906	1+990.200	9431480.343	720620.770

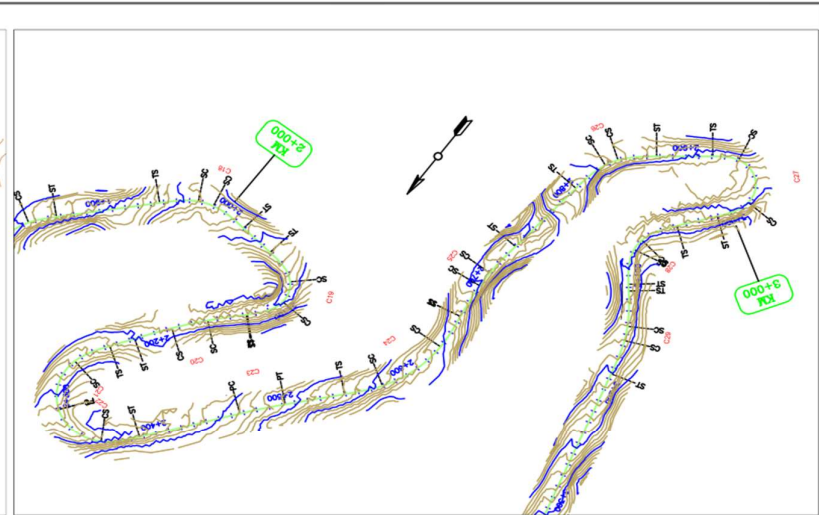
CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	EXT	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
10	I	13° 15' 41"	200.000	38.270	16.290	1.540	0+964.617	0+956.344	0+972.644	9431188.230	720725.730
11	D	141° 21' 50"	22.000	60.750	26.280	48.930	1+148.273	1+095.528	1+121.808	9431364.286	720669.390
12	I	78° 47' 07"	40.000	48.540	25.000	12.970	1+214.529	1+195.998	1+220.968	9431283.648	720790.862
13	I	56° 43' 56"	45.000	38.660	14.950	7.090	1+325.943	1+316.250	1+330.650	9431371.672	720877.589
14	I	15° 10' 51"	380.000	51.970	103.330	3.450	1+511.913			9431557.911	720838.044
15	I	168° 10' 14"	23.400	290.230	42.680	215.230	1+905.418	1+881.190	1+723.872	9431908.898	720657.903
16	D	15° 48' 46"	108.000	26.260	14.090	1.770	1+776.448	1+775.163	1+786.295	9431638.914	720736.401
17	D	46° 31' 43"	51.000	29.960	14.090	3.790	1+436.378	1+430.421	1+444.468	9431576.882	720727.415
18	D	53° 48' 28"	45.000	38.180	12.230	6.390	1+985.019	1+976.837	1+988.071	9431474.877	720622.638

LEYENDA	
EGPC	PUNTO DE INICIO DE LA CURVA (FIN DE LA ESPIRAL)
CEPT	PUNTO DE FIN DE LA CURVA (INICIO DE LA ESPIRAL)
PI	PUNTO DE INFLEXION HORIZONTAL
NORTE/ESTE	COORDENADAS DEL PI
Delta	ANGULO DE DEFLEXION
Radio	RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
Lc	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (m)
Tang	LONGITUD DE LA TANGENTE (PC a PI y PI a PT)
EXT	DISTANCIA TOTAL EXTERNA
S/C	S/E DE REPLANTEO
Km 0+000	NUMERO DE KILOMETRO

 <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	Diseño : RBFA	<p>VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021</p>	<p>PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL Km 1+000 - Km 2+000</p>	ESCALA : S/E
	Dibujo : RBFA			LAMINA
	Revisado por : HCG			PP-02



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS
ESCALA S/C



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO CON ESTACIÓN TOTAL
ESCALA S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	A	Radio	Tang	Lc	Ext	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
18	D	15° 34' 38"	45.000	6.155	12.234	0.419	1+984.121	1+977.966	1+990.200	9431480.343	720620.770
19	I	48° 06' 24"	22.000	19.820	18.472	2.092	2+089.004	2+078.184	2+097.656	9431502.884	720522.313
20	I	4° 47' 15"	350.000	14.274	29.532	0.291	2+172.740	2+159.460	2+186.960	9431570.251	720589.921
21	D	68° 23' 18"	39.100	25.600	45.374	7.638	2+292.751	2+267.131	2+312.520	9431673.431	720607.868
22	I	66° 36' 22"	39.100	25.726	45.523	7.695	2+538.285	2+512.530	2+558.063	9431704.320	720586.856
23	D	4° 06' 35"	500.000	17.939	39.864	0.322	2+485.805	2+467.866	2+503.729	9431594.452	720482.124
24	I	33° 40' 07"	96.176	29.100	56.516	4.306	2+609.276	2+585.176	2+636.692	9431469.937	720403.062
25	D	4° 44' 46"	190.000	16.631	13.254	0.337	2+753.324	2+748.993	2+759.947	9431494.841	720476.122
26	D	12° 18' 59"	50.000	5.395	10.748	0.290	2+843.331	2+837.938	2+848.684	9431266.490	720390.902
27	I	105° 28' 37"	23.000	30.234	42.341	14.988	2+973.025	2+942.792	2+985.133	9431201.053	720282.923

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	Deflex	Radio	Tang	Lc	EXT	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
18	D	53° 46' 26"	45.000	36.180	12.230	6.390	1+985.019	1+976.837	1+989.071	9431474.677	720622.636
19	D	125° 14' 15"	22.000	61.480	18.470	30.370	2+095.531	2+078.054	2+095.528	9431484.043	720465.458
20	I	09° 34' 06"	350.000	44.340	28.530	1.340	2+171.678	2+167.334	2+185.669	9431569.579	720570.719
21	I	88° 29' 43"	39.100	39.000	45.380	7.640	2+288.948	2+286.001		9431685.394	720638.584
22	I	86° 29' 43"	39.100	35.940	45.380	7.640	2+350.390		2+356.763	9431712.298	720676.277
23	D	04° 06' 35"	500.000	17.940	39.870	0.330	2+484.858			9431684.452	720482.124
24	I	91° 32' 29"	96.176	61.610	56.520	11.080	2+610.637	2+579.028	2+635.548	9431501.906	720396.627
25	D	19° 28' 21"	180.000	36.790	13.250	1.710	2+702.333	2+695.548	2+708.800	9431404.670	720411.894
26	D	44° 41' 38"	50.000	36.860	10.750	5.270	2+843.448	2+836.798	2+847.537	9431263.596	720385.218
27	D	185° 17' 10"	23.000	199.427	42.800	184.981	3+111.448	3+941.244	3+963.844	9431098.100	720773.367

LEYENDA	
EO-PC	PUNTO DE INICIO DE LA CURVA (FIN DE LA ESPIRAL)
CE-PT	PUNTO DE FIN DE LA CURVA (INICIO DE LA ESPIRAL)
PI	PUNTO DE REFLEXIÓN HORIZONTAL
NORTE-ESTE	COORDENADAS DEL PI
Deflex	ÁNGULO DE DEFLEXIÓN
Radio	RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
Lc	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (m)
Tang	LONGITUD DE LA TANGENTE (PC a PI y PI a PT)
EXT	DISTANCIA TOTAL EXTERNA
S/C	E.S. DE REPLANTEO
Km 2+000	NÚMERO DE KILOMETRO



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

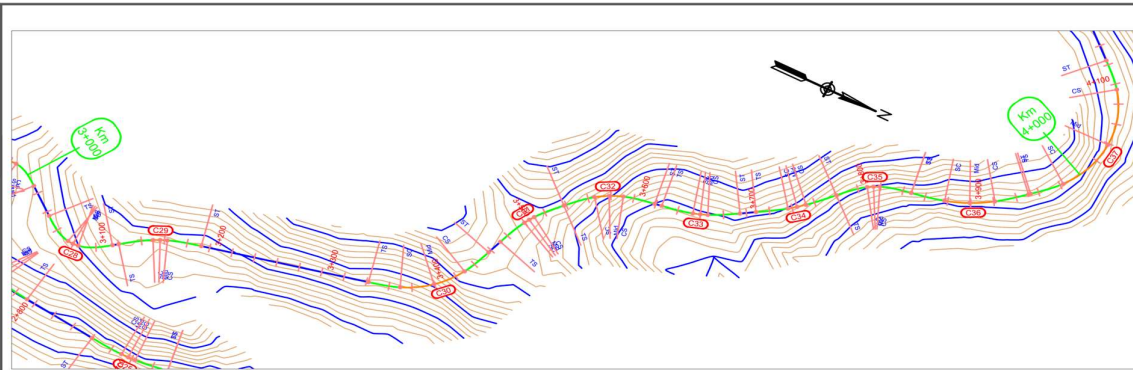
Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

PLANTA EN EL MODELO DIGITAL
DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
ESTACIÓN TOTAL
Km 2+000 - Km 3+000

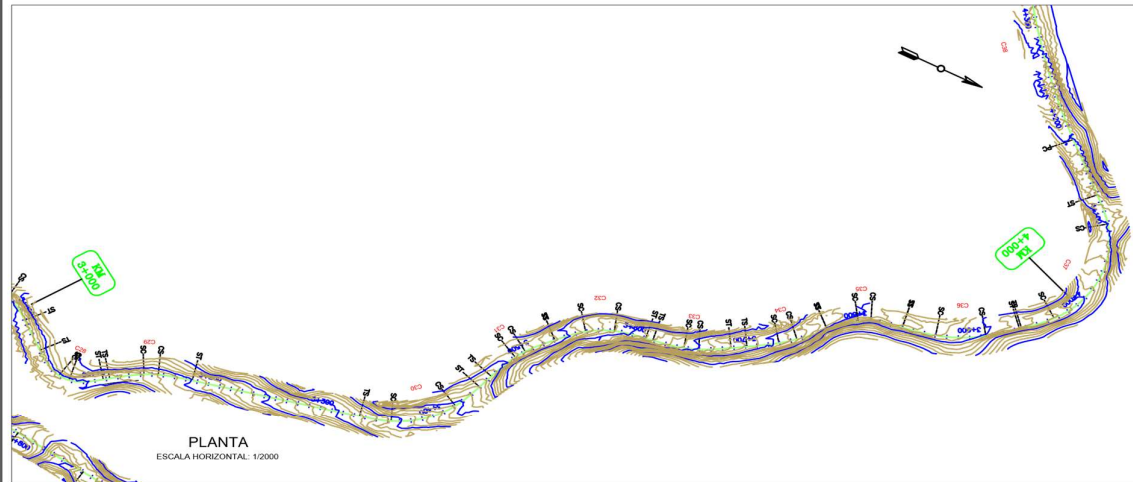
ESCALA : S/E
LÁMINA :

PP-03



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS
ESCALA S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	Δ	Radio	Tang	Lc	Ext	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
28	D	19° 16' 19"	30.000	5.094	10.091	0.429	3+079.534	3+074.440	3+084.531	9431310.937	720333.314
29	B	7° 09' 52"	100.000	6.260	12.504	0.196	3+156.306	3+150.045	3+162.550	9431376.368	720294.707
30	I	39° 54' 40"	85.000	30.863	59.209	5.430	3+400.626	3+369.763	3+428.972	9431011.175	720228.725
31	D	4° 33' 49"	90.000	5.161	10.310	0.148	3+504.675	3+499.513	3+509.825	9431651.705	720130.443
32	D	18° 16' 54"	78.440	12.621	25.028	1.009	3+578.447	3+565.826	3+590.854	9431702.050	720077.054
33	I	7° 29' 08"	100.000	6.542	13.065	0.214	3+659.928	3+653.366	3+666.451	9431781.290	720057.963
34	I	5° 44' 18"	160.000	8.019	16.024	0.201	3+744.374	3+736.355	3+752.370	9431852.550	720012.931
35	D	10° 48' 46"	57.960	5.489	10.940	0.259	3+813.987	3+808.380	3+819.321	9431992.141	719944.488
36	I	19° 33' 30"	128.400	22.130	43.830	1.893	3+899.454	3+877.324	3+921.154	9431984.666	719942.444
37	I	75° 06' 30"	85.000	65.351	111.425	22.218	4+048.325	3+982.975	4+094.400	9432096.445	719834.576



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO CON ESTACION TOTAL
ESCALA S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
C-N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	EXT	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
27	D	169° 17' 10"	23.000	199.427	42.600	164.661	3+111.446	2+941.244	2+983.844	9431099.100	720173.387
28	I	7° 10' 58"	30.000	36.910	10.060	9.790	3+076.783	3+067.273	3+077.257	9431310.708	720342.680
29	D	24° 11' 43"	100.000	36.590	12.370	2.670	3+149.600	3+143.076	3+155.602	9431375.371	720292.465
30	I	58° 47' 08"	85.000	62.080	98.210	13.000	3+386.810	3+382.732	3+421.840	9431616.334	720234.283
31	D	24° 23' 18"	90.000	33.520	10.310	2.450	3+498.002	3+492.464	3+502.783	9431646.708	720159.298
32	D	38° 44' 02"	78.440	41.700	26.030	9.150	3+572.496	3+558.795	3+583.623	9431705.099	720073.422
33	I	23° 31' 41"	100.000	34.890	13.060	2.480	3+653.236	3+646.306	3+659.419	9431782.111	720060.078
34	I	15° 45' 55"	160.000	36.180	16.030	1.730	3+737.500	3+729.303	3+745.346	9431853.557	720014.093
35	D	38° 28' 52"	57.960	34.410	10.940	4.030	3+807.795	3+801.249	3+812.289	9431900.298	719941.263
36	I	32° 58' 47"	128.410	53.090	43.840	5.900	3+893.336	3+875.990	3+914.195	9431996.411	719945.940
37	I	95° 19' 50"	85.000	108.770	111.430	41.670	4+054.711	3+975.643	4+087.368	9432106.094	719834.349

LEYENDA	
PC-PI	PUNTO DE INICIO DE LA CURVA (FIN DE LA ESPIRAL)
PI-PT	PUNTO DE FIN DE LA CURVA (INICIO DE LA ESPIRAL)
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN HORIZONTAL
NORTE/ESTE	COORDENADAS DEL PI
Delta	ÁNGULO DE DEFLEXIÓN
Radio	RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
Lc	LONGITUD DE CURVA CIRCULAR (PI)
Tang	LONGITUD DE LA TANGENTE (PC a PI y PI a PT)
EXT	DISTANCIA TOTAL EXTERNA
E.E.	EJE DE RECLAMATIO
Km 0+000	NÚMERO DE KILOMETRO



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA

Dibujo : RBRA

Revisado por : HCG

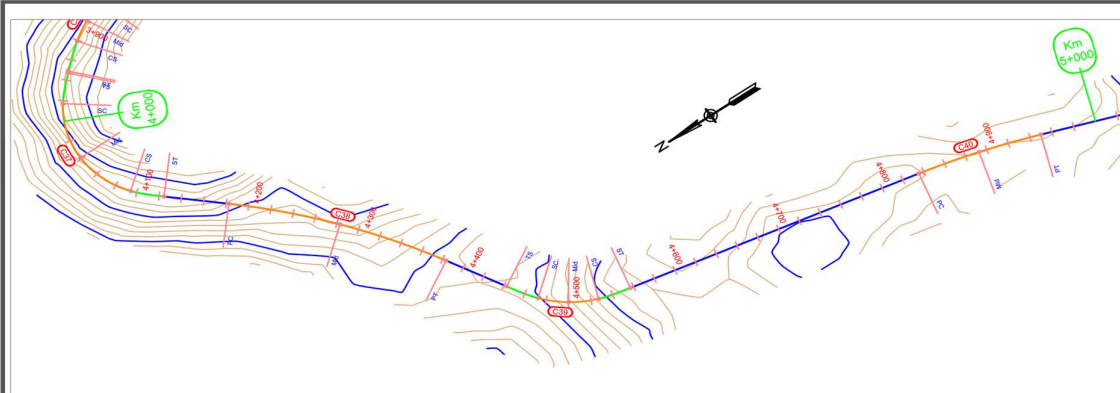
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

PLANTA EN EL MODELO DIGITAL
DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
ESTACIÓN TOTAL
Km 3+000 - Km 4+000

ESCALA : S/E

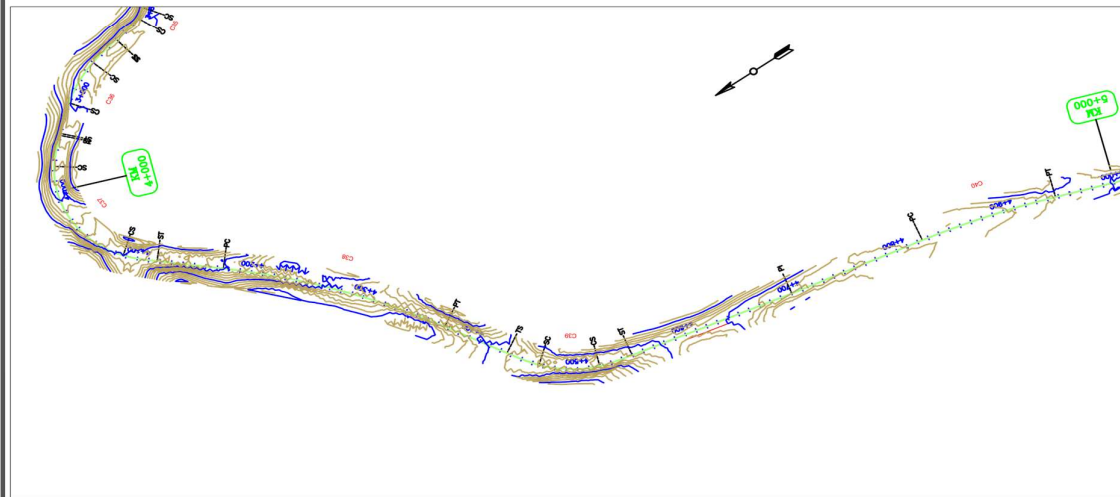
LÁMINA :

PP-04



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS
ESCALA: S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
CN°	S	Δ	Radio	Tang	Lc	Ext	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
37	I	75° 06' 30"	85.000	65.351	111.425	22.218	4+048.325	3+982.975	4+094.400	9432086.445	719834.576
38	D	17° 59' 33"	640.000	101.324	200.979	7.971	4+283.701	4+182.378	4+383.357	9431905.861	719856.114
39	I	31° 11' 22"	100.000	27.911	54.436	3.822	4+500.399	4+472.889	4+526.925	9431790.877	719470.834
40	D	8° 24' 38"	780.000	57.348	114.491	2.105	4+892.758	4+835.410	4+949.800	9431409.233	719388.279
41	D	8° 59' 16"	90.000	7.074	14.118	0.278	5+089.956	5+082.892	5+097.000	9431221.383	719319.397



PLANTA EN EL MODELO DIGITAL DE TERRENO CON ESTACION TOTAL
ESCALA: S/C

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS Y COORDENADAS											
C N°	S	Delta	Radio	Tang	Lc	EXT.	PI	PC	PT	NORTE	ESTE
37	I	85° 19' 50"	85.000	108.770	111.430	41.870	4+054.711	3+975.843	4+087.366	9432106.094	719834.349
38	D	17° 59' 33"	640.000	101.320	200.980	7.870	4+278.866	4+178.866	4+378.866	9431905.861	719856.114
39	I	48° 22' 42"	100.000	80.080	54.440	10.040	4+485.330	4+466.027	4+519.511	9431794.454	719465.774
40	D	08° 24' 38"	780.000	57.350	114.490	2.110	4+885.937	4+800.204	4+900.204	9431588.753	719422.871
41	D	27° 12' 11"	90.000	35.850	14.730	2.970	5+083.377	5+075.520	5+090.250	9431219.854	719321.589

LEYENDA	
EG/PC	PUNTO DE INICIO DE LA CURVA (FIN DE LA ESPIRAL)
CE/PT	PUNTO DE FIN DE LA CURVA (INICIO DE LA ESPIRAL)
PI	PUNTO DE INFLEXION HORIZONTAL
NORTE/ESTE	COORDENADAS DEL PI
Delta	ANGULO DE DESVIACION
Radio	RADIO DE LA CURVA CIRCULAR
Lc	LONGITUD DE CURVA CIRCULAR (m)
Tang	LONGITUD DE LA TANGENTE (PC a PI y PI a PT)
EXT	DISTANCIA TOTAL EXTERNA
	EJE DE REPLANTEO
	NUMERO DE KILOMETRO



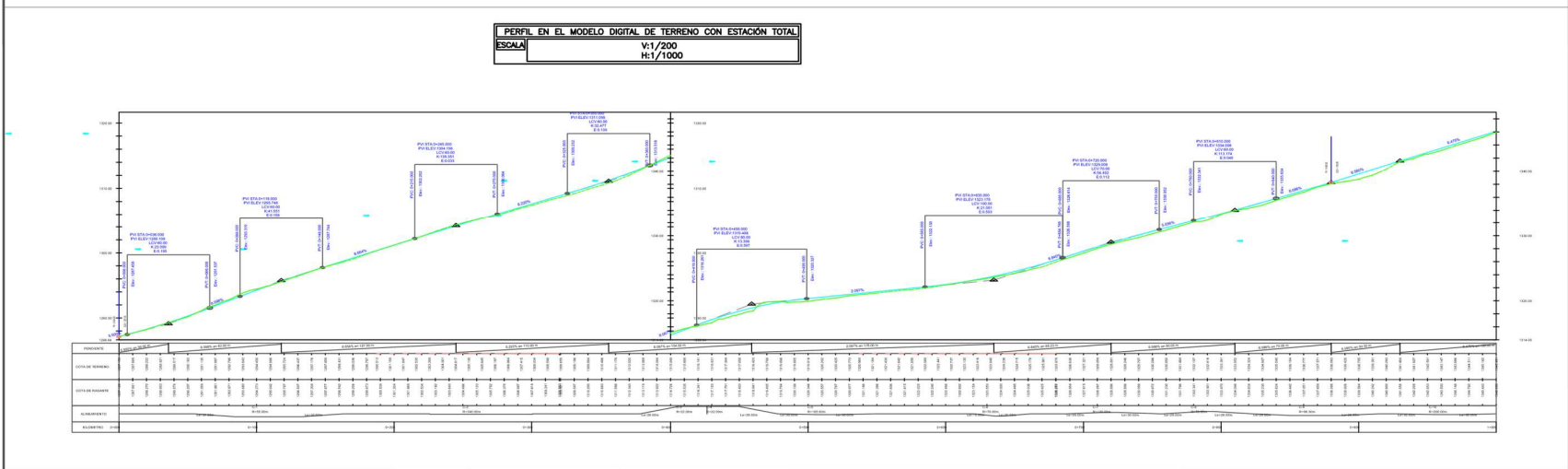
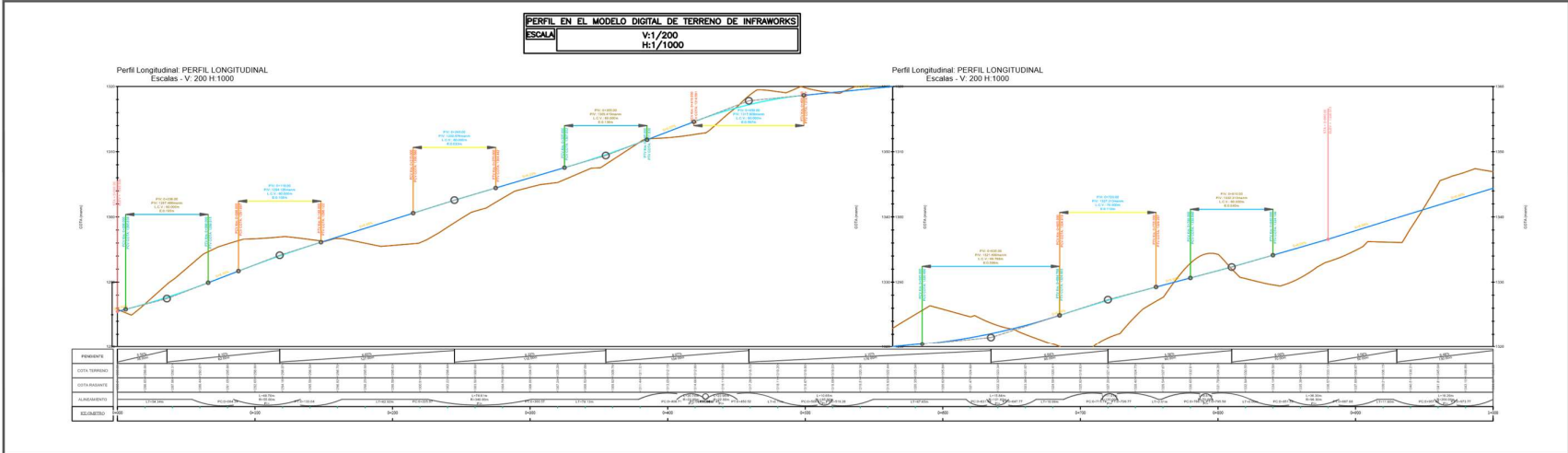
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

PLANTA EN EL MODELO DIGITAL
DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
ESTACIÓN TOTAL
Km 4+000 - Km 5+000

ESCALA : S/E
LAMINA :
PP 05



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
 Dibujo : RBRA
 Revisado por : HCG

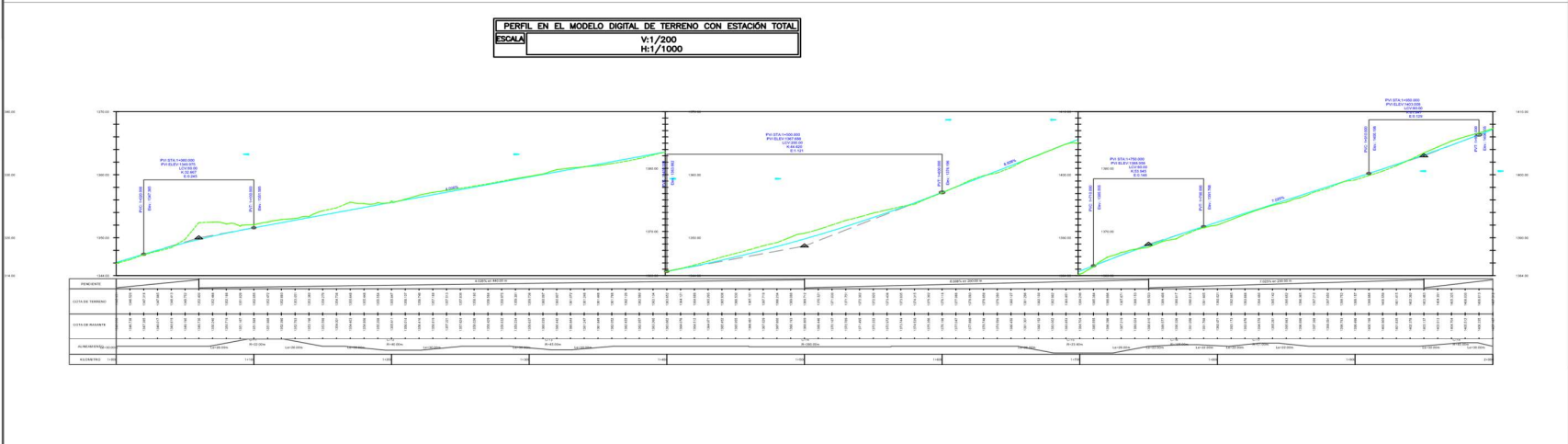
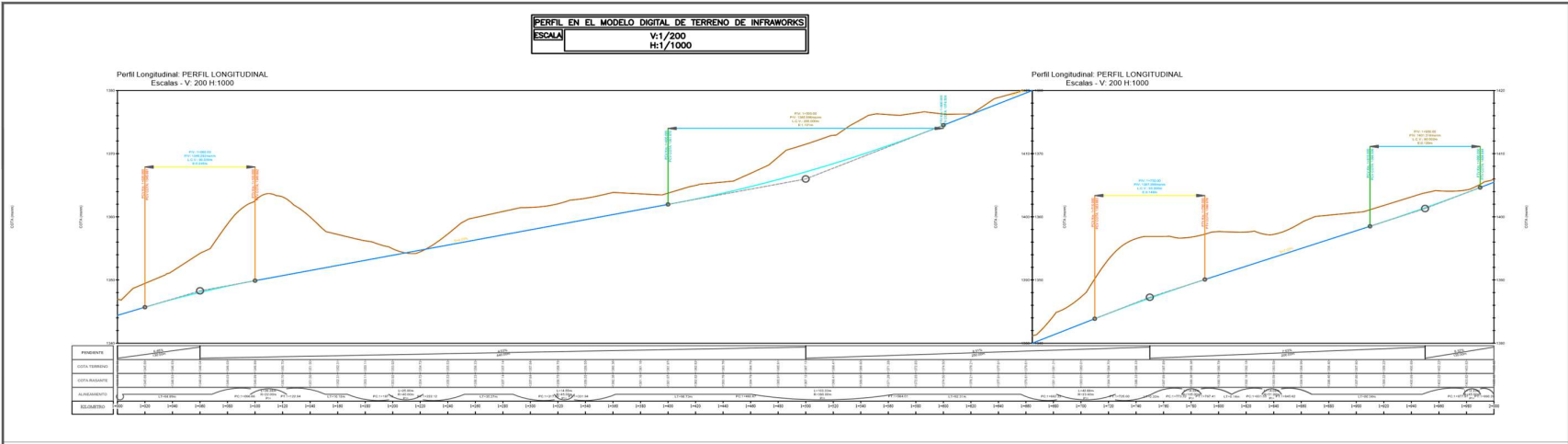
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
 EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
 EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

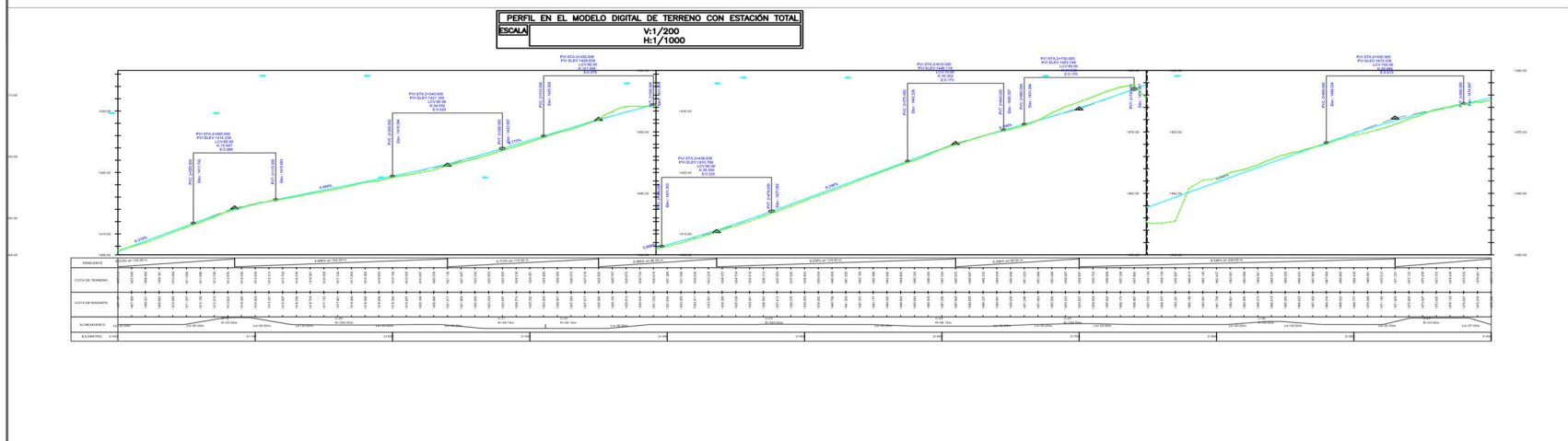
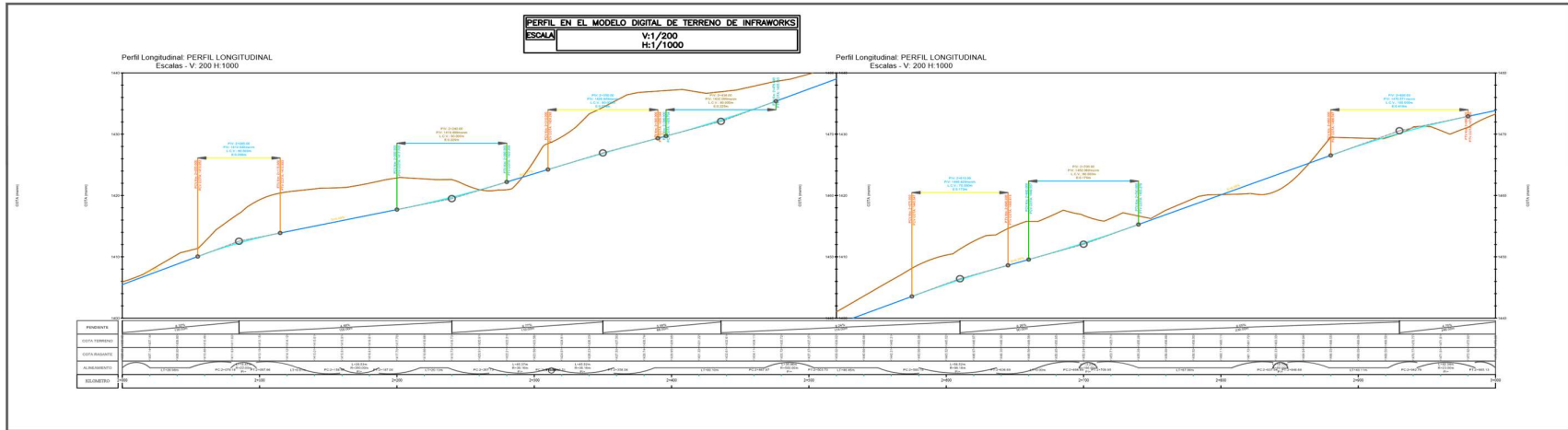
PERFIL EN EL MODELO DIGITAL
 DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
 ESTACIÓN TOTAL
 Km 0+000 - Km 1+000

ESCALA : INDICADA

LÁMINA :

PP-01





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

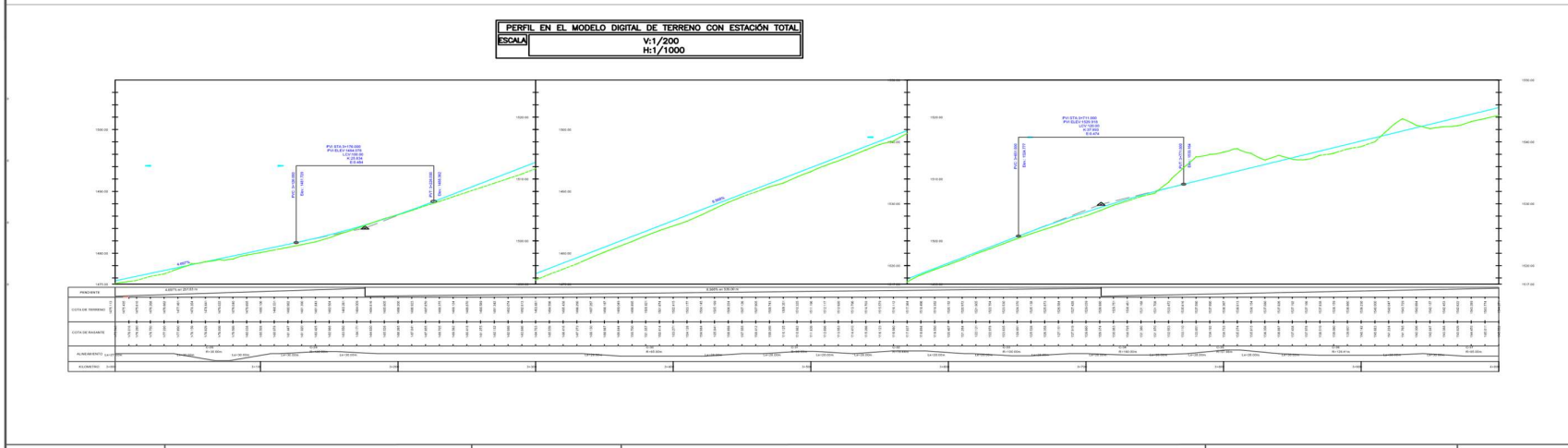
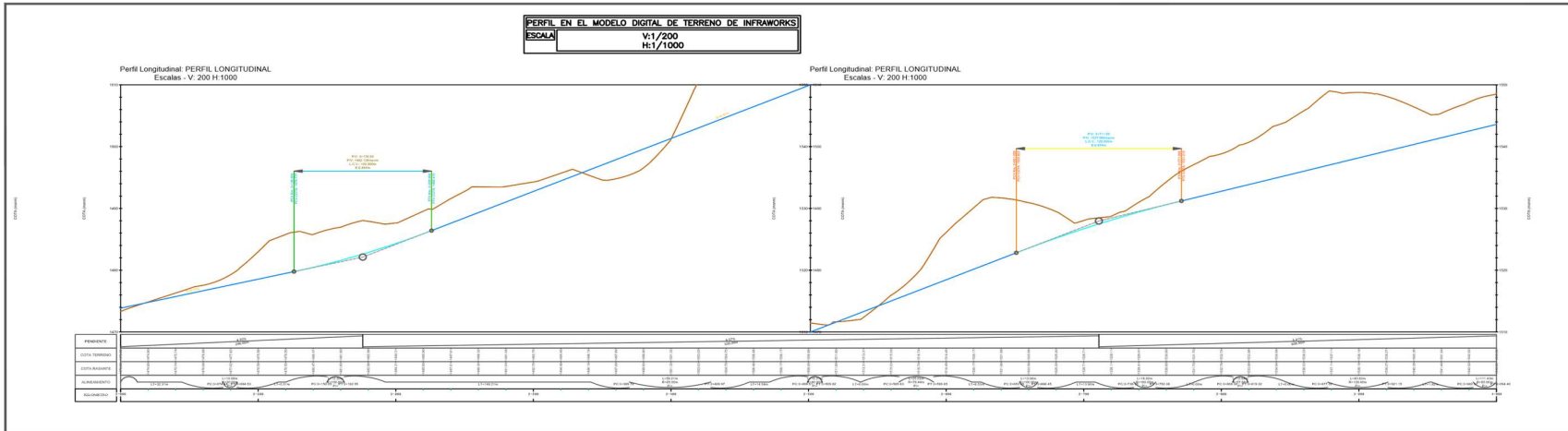
Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

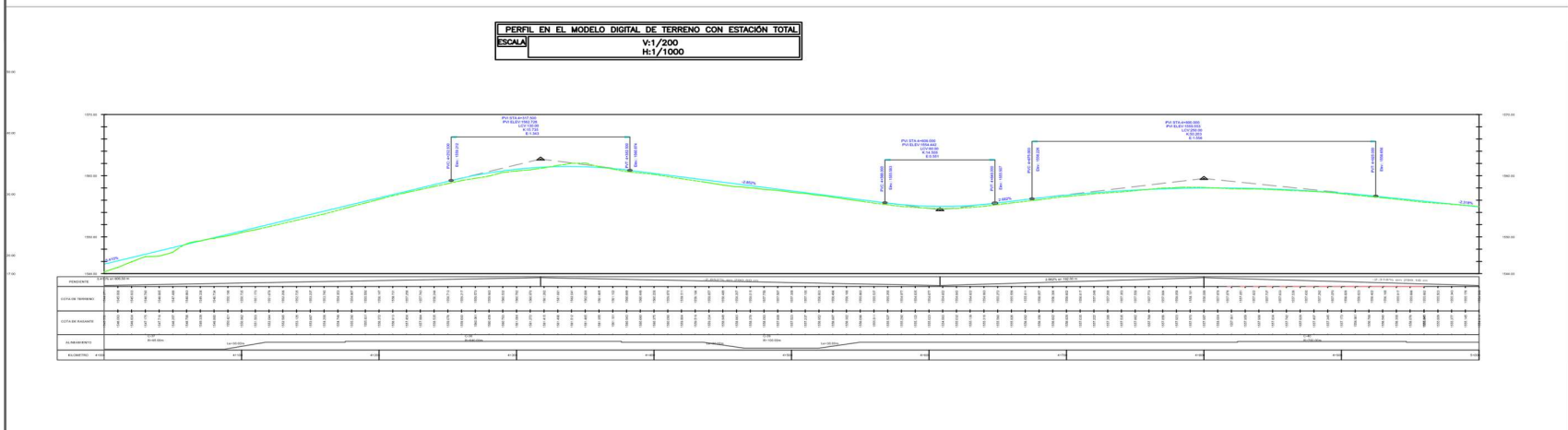
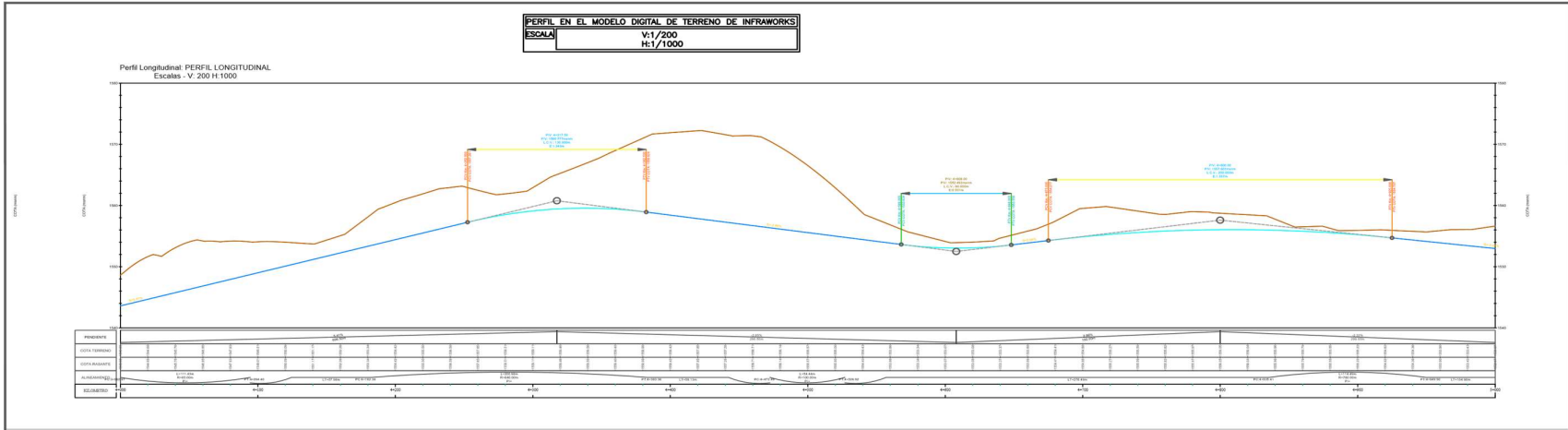
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

PERFIL EN EL MODELO DIGITAL
DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
ESTACIÓN TOTAL
Km 2+000 - Km 3+000

ESCALA : INDICADA

LÁMINA :
PP-03





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

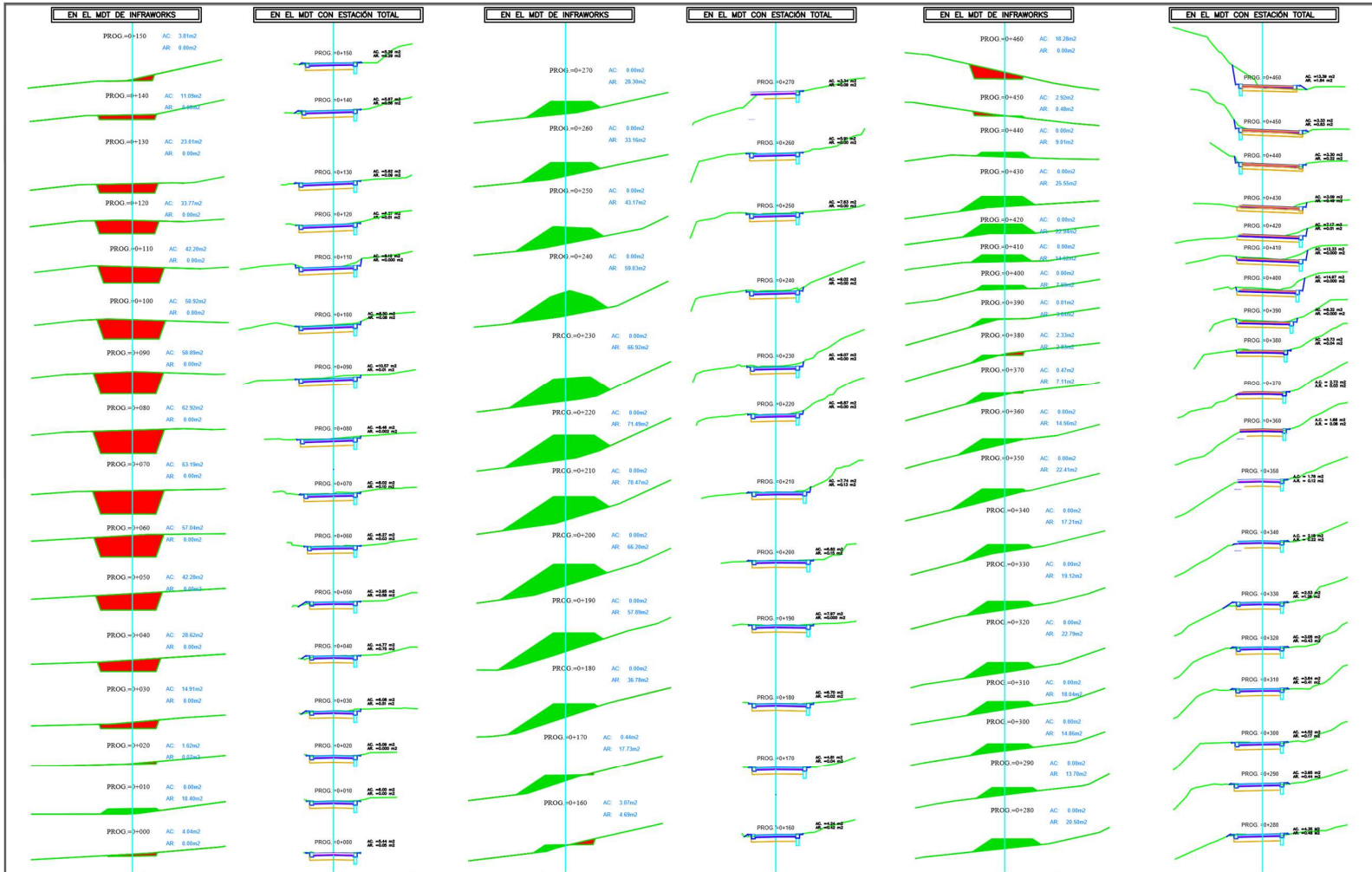
Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

PERFIL EN EL MODELO DIGITAL
DE TERRENO DE INFRAWORKS Y
ESTACIÓN TOTAL
Km 4+000 - Km 5+000

ESCALA : INDICADA
LÁMINA :

PP-05



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

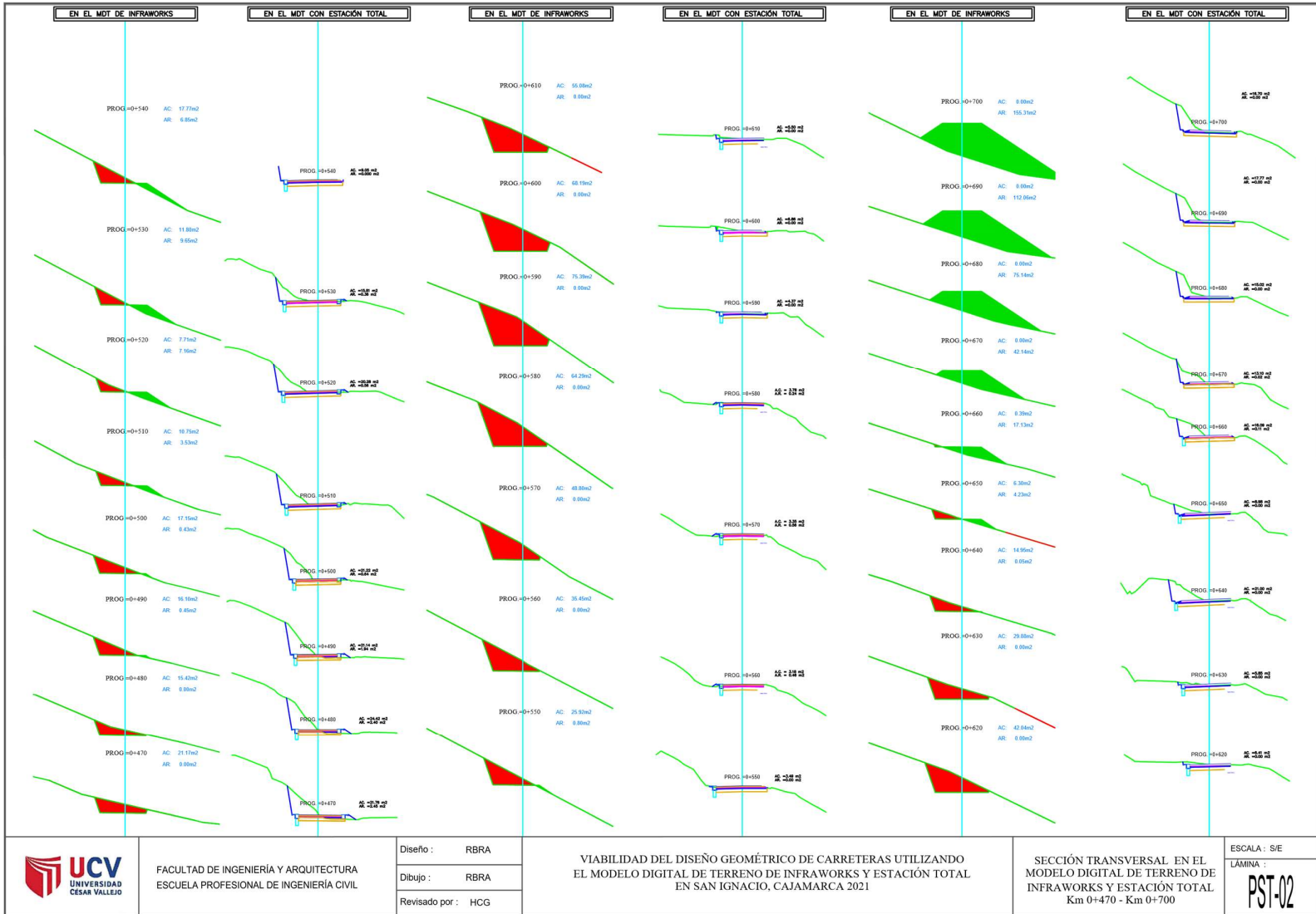
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 0+000 - Km 0+460

ESCALA : S/E

LÁMINA :

PST-01



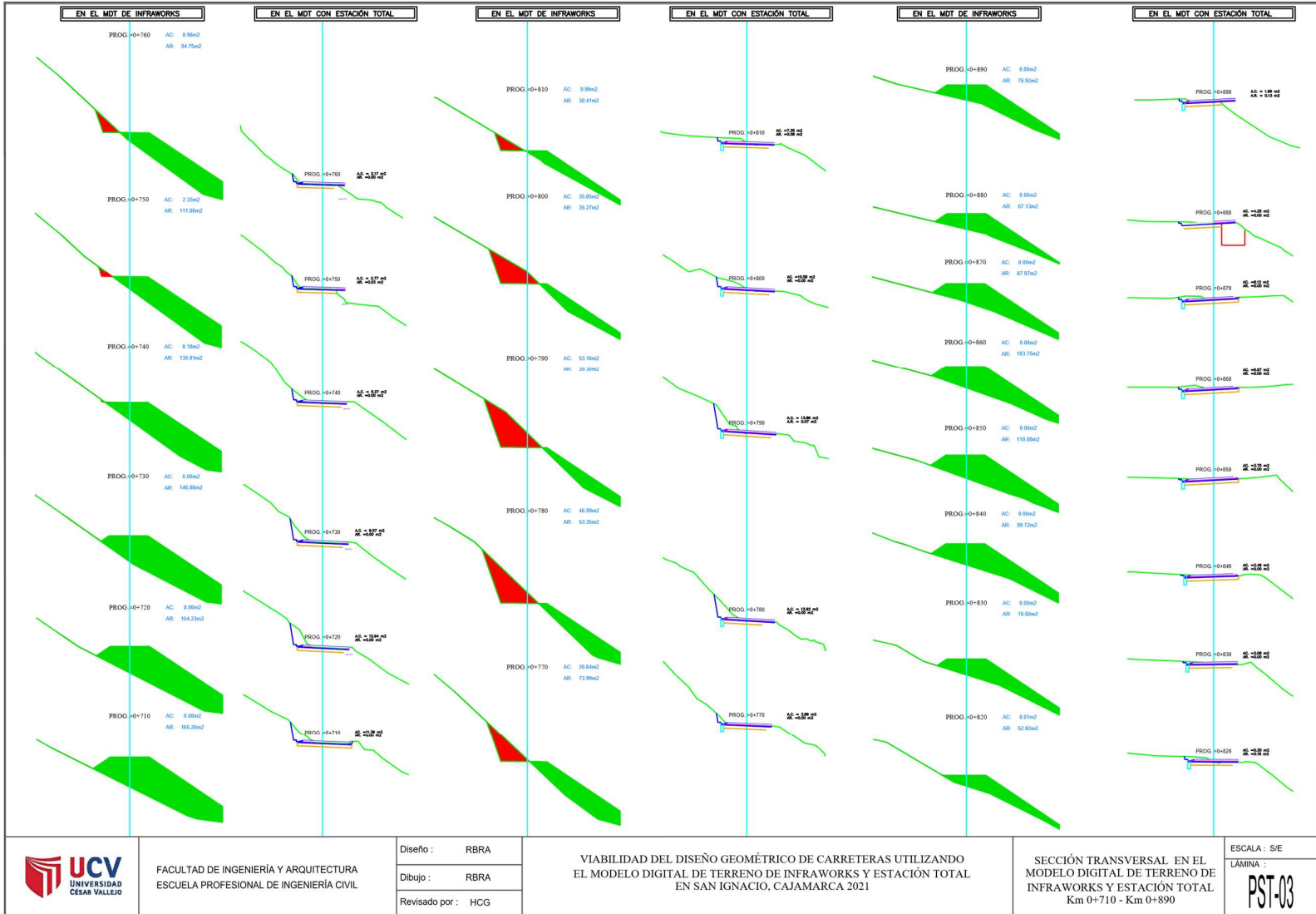
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 0+470 - Km 0+700

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-02



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

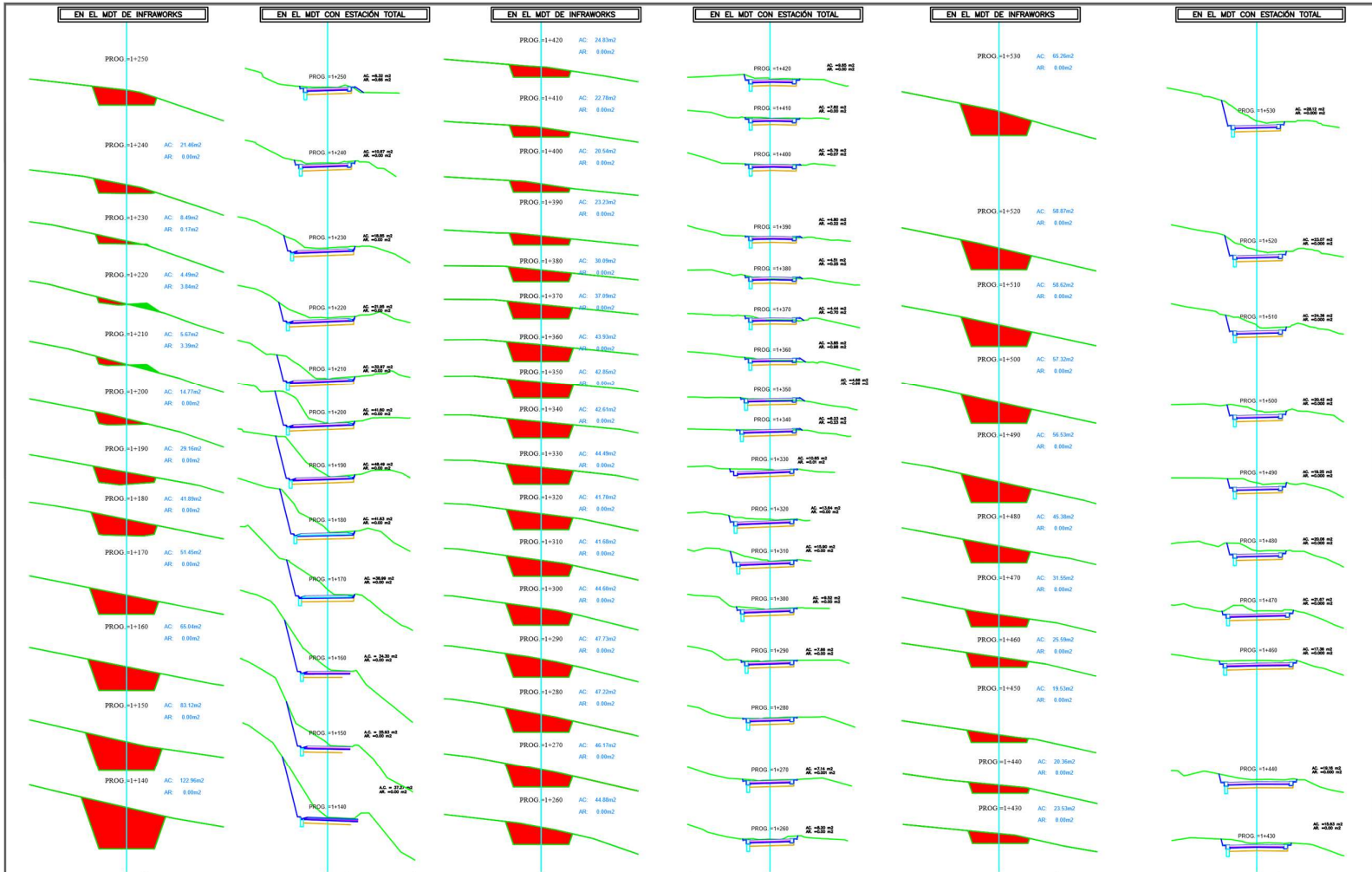
Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 0+710 - Km 0+890

ESCALA : S/E
LÁMINA :

PST-03



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

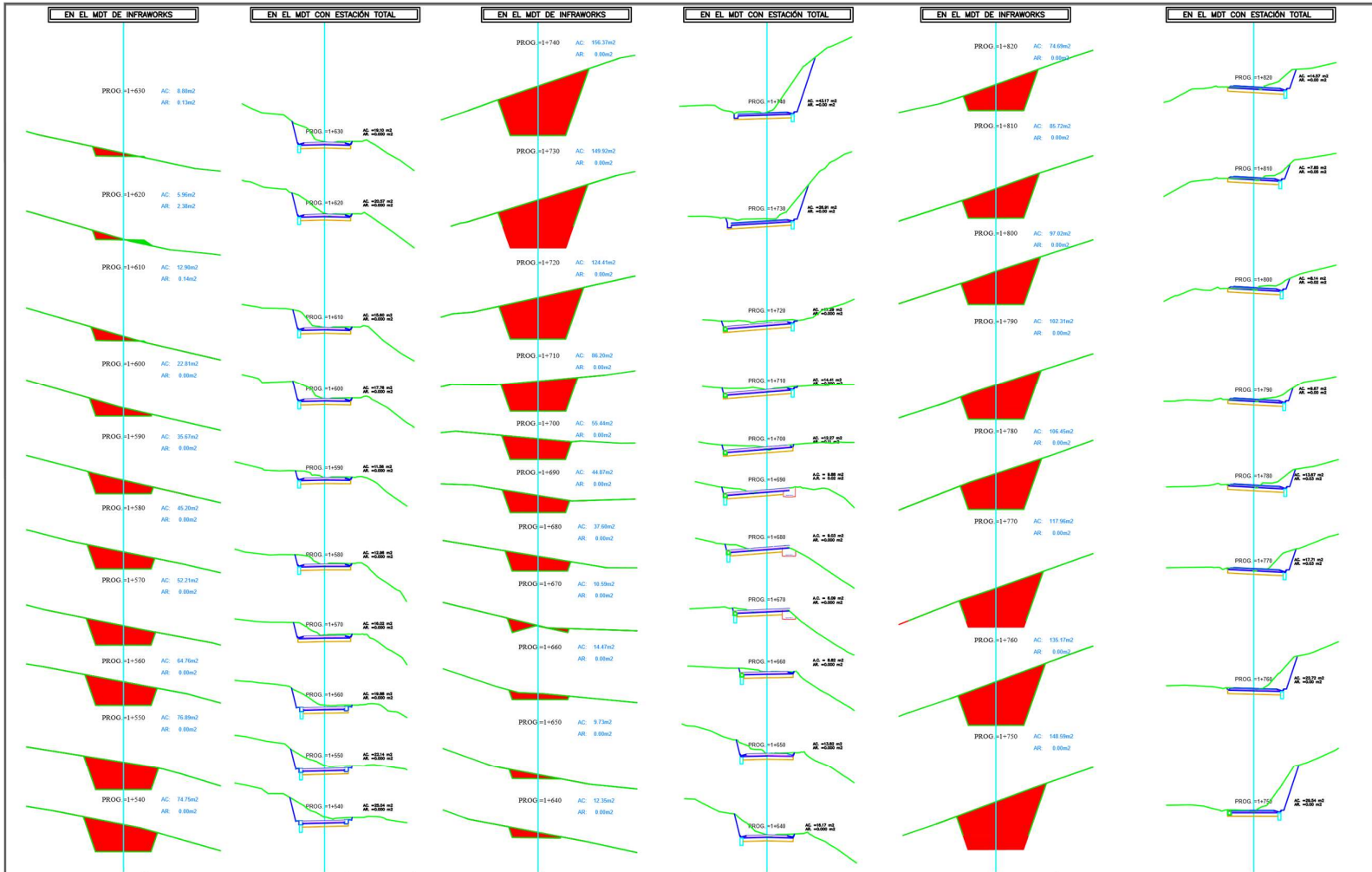
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 1+140 - Km 1+530

ESCALA : S/E

LÁMINA :

PST-05



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

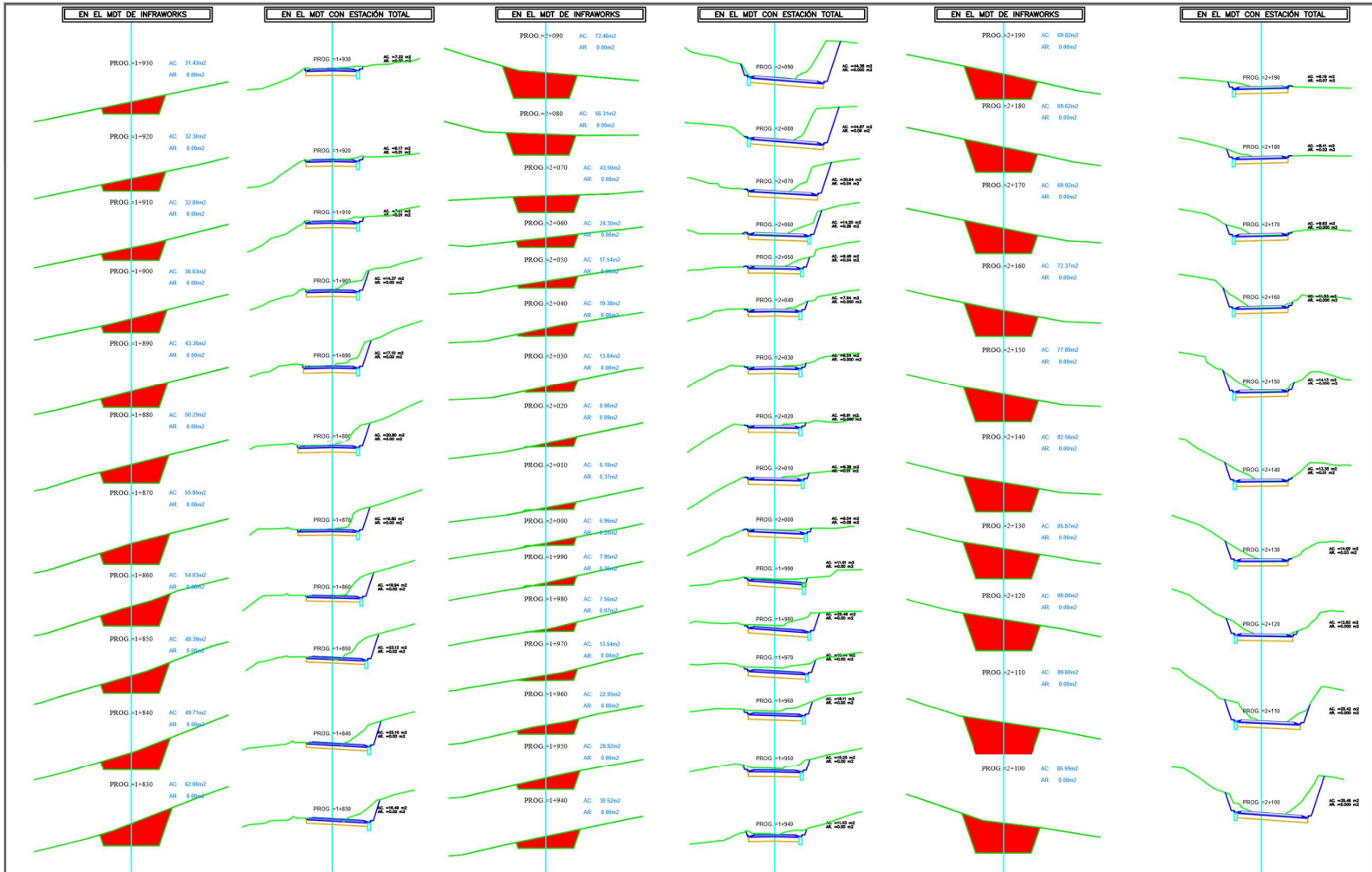
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 1+540 - Km 1+820

ESCALA : S/E

LÁMINA :

PST-06



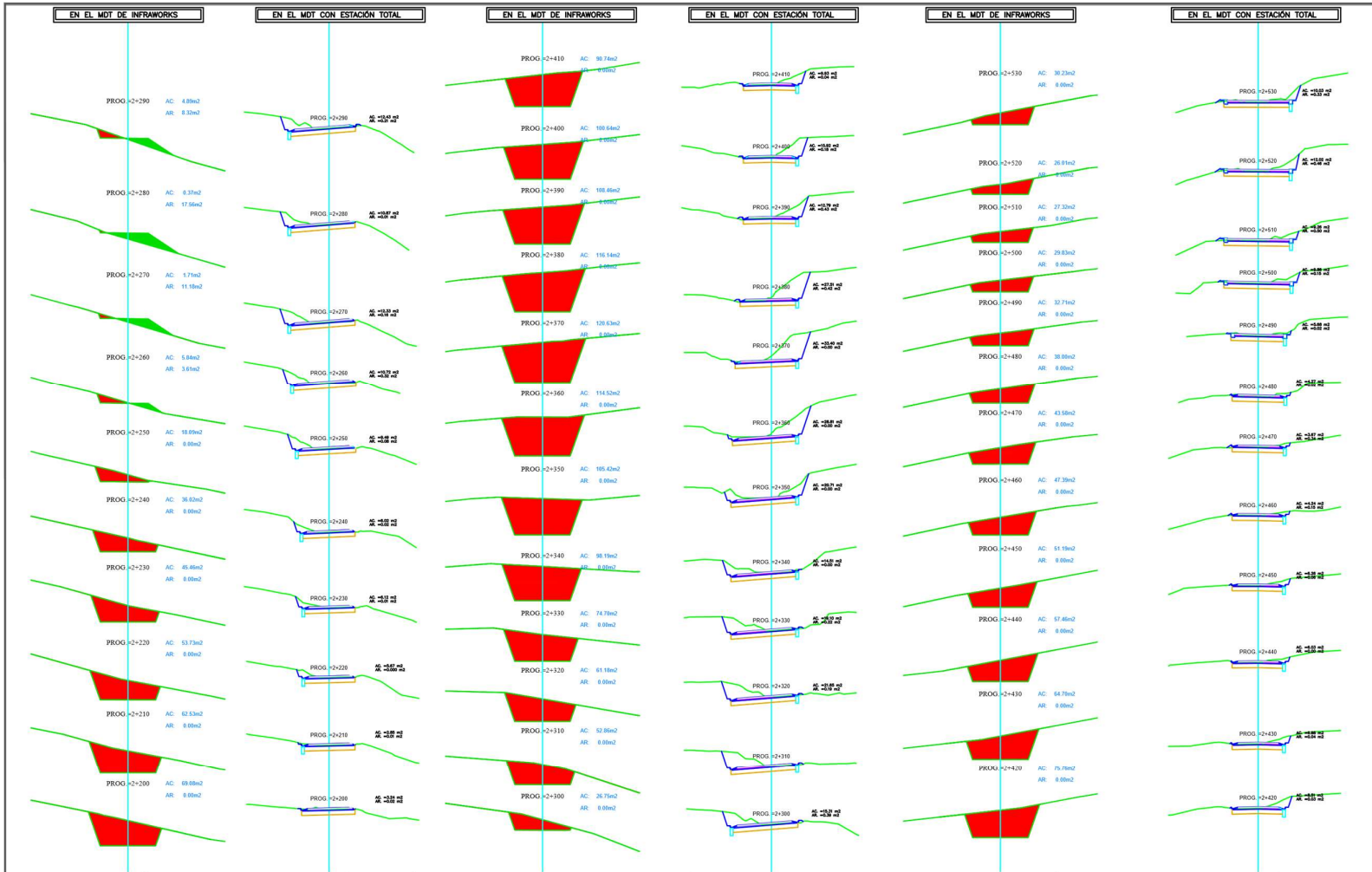
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 1+830 - Km 2+190

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-07



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

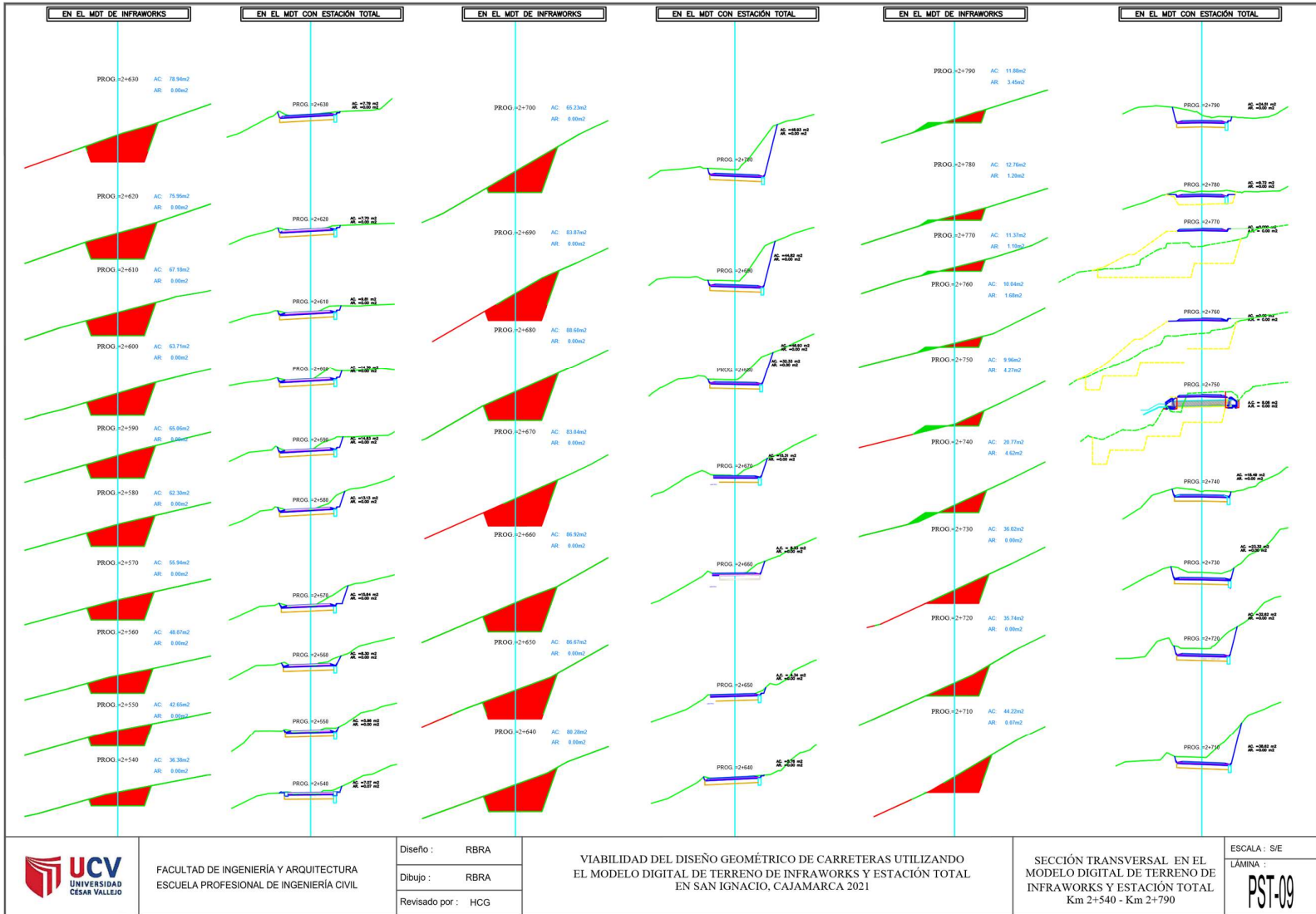
VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 2+200 - Km 2+530

ESCALA : S/E

LÁMINA :

PST-08



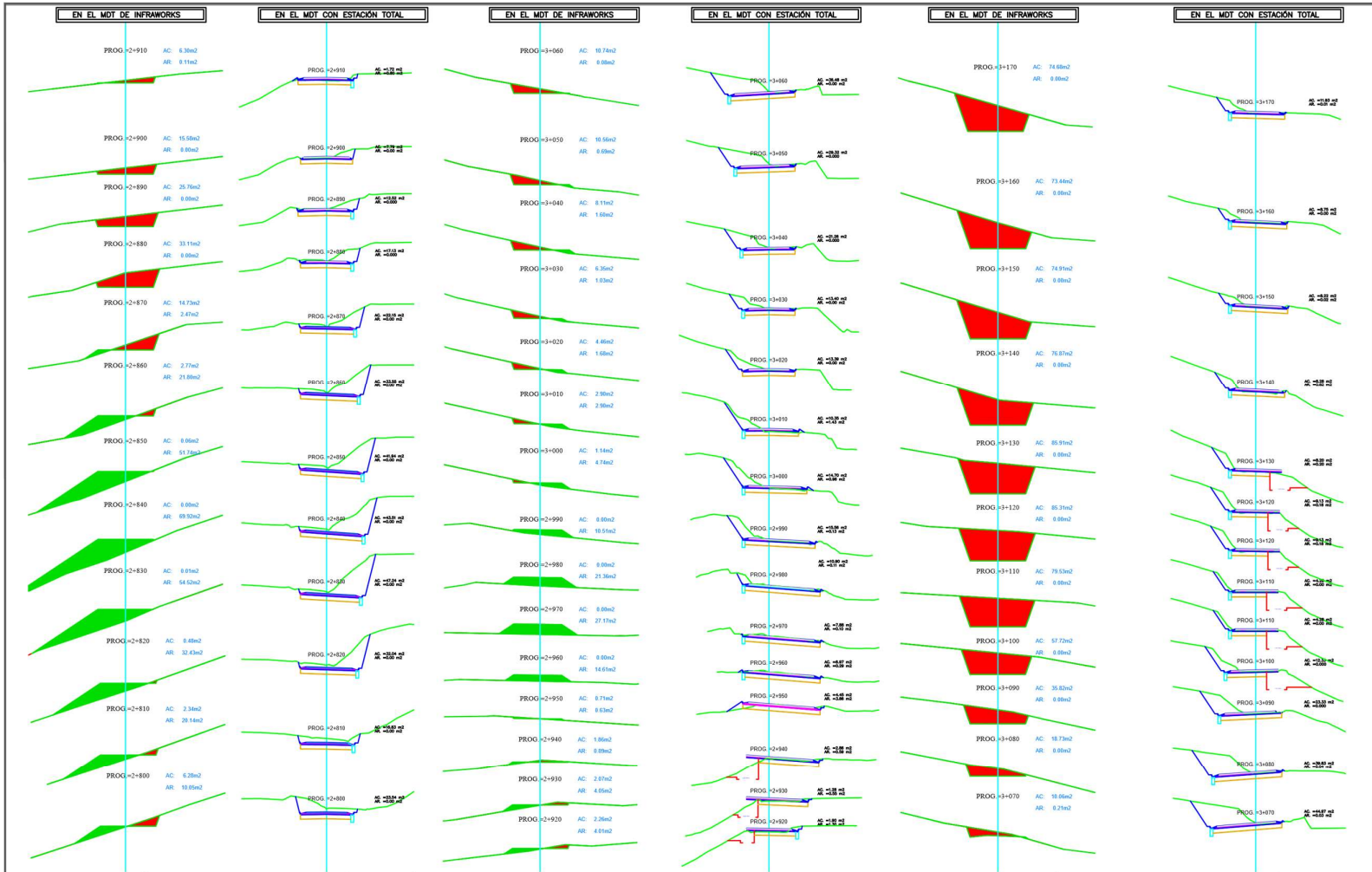
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 2+540 - Km 2+790

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-09



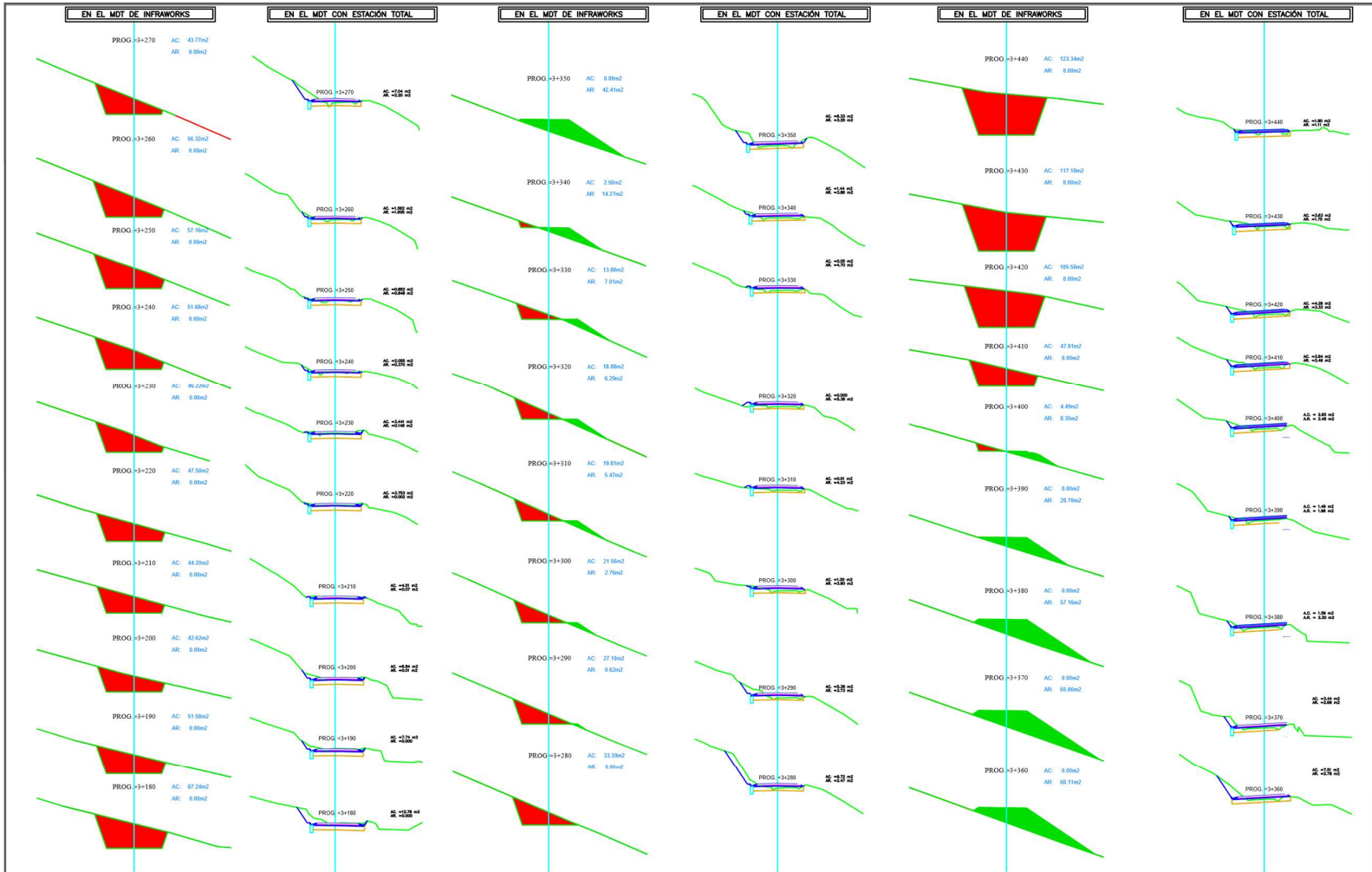
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
 Dibujo : RBRA
 Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
 EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
 EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
 MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
 INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
 Km 2+800 - Km 3+170

ESCALA : S/E
 LÁMINA :
PST-10



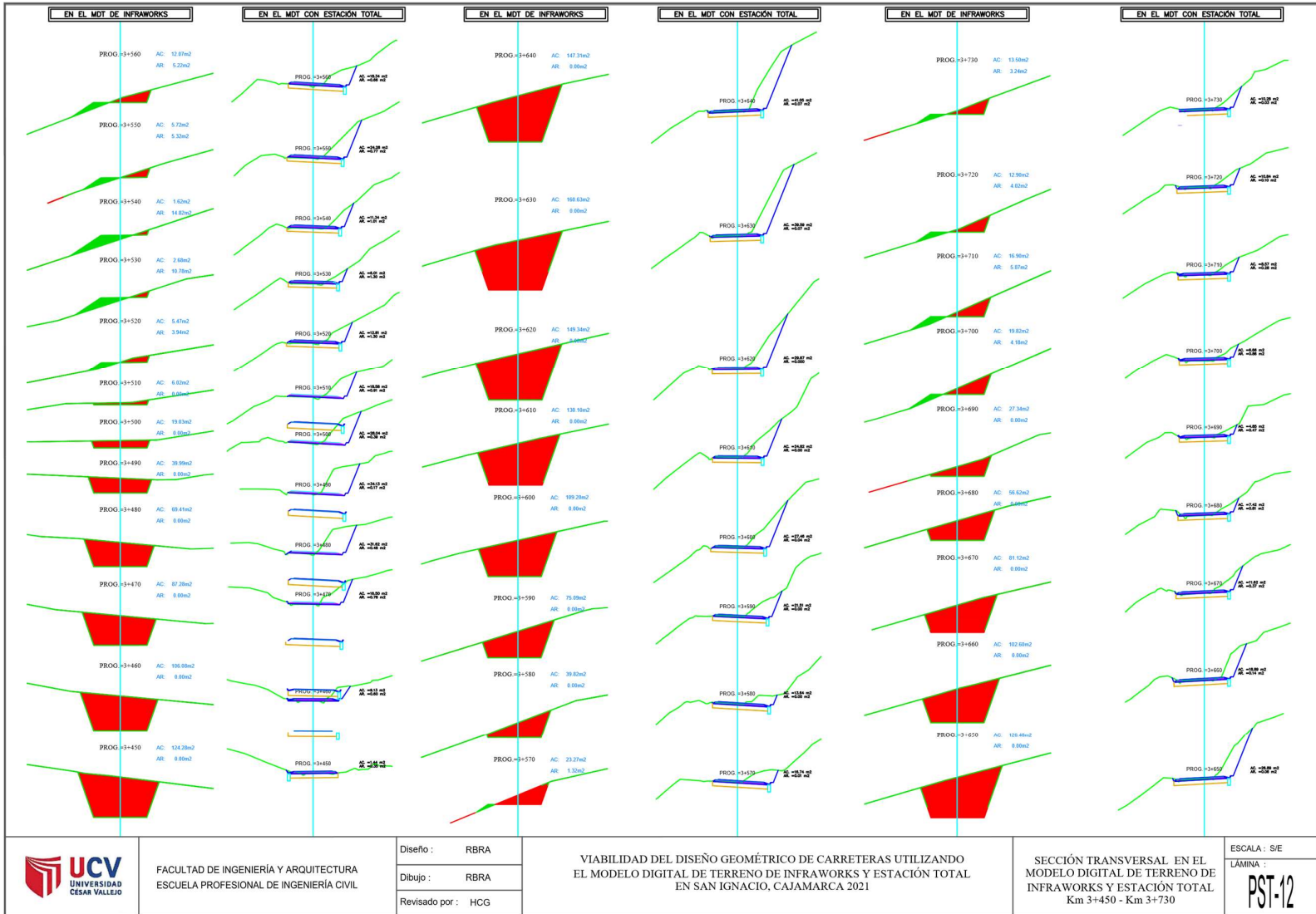
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 3+180 - Km 3+440

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-11



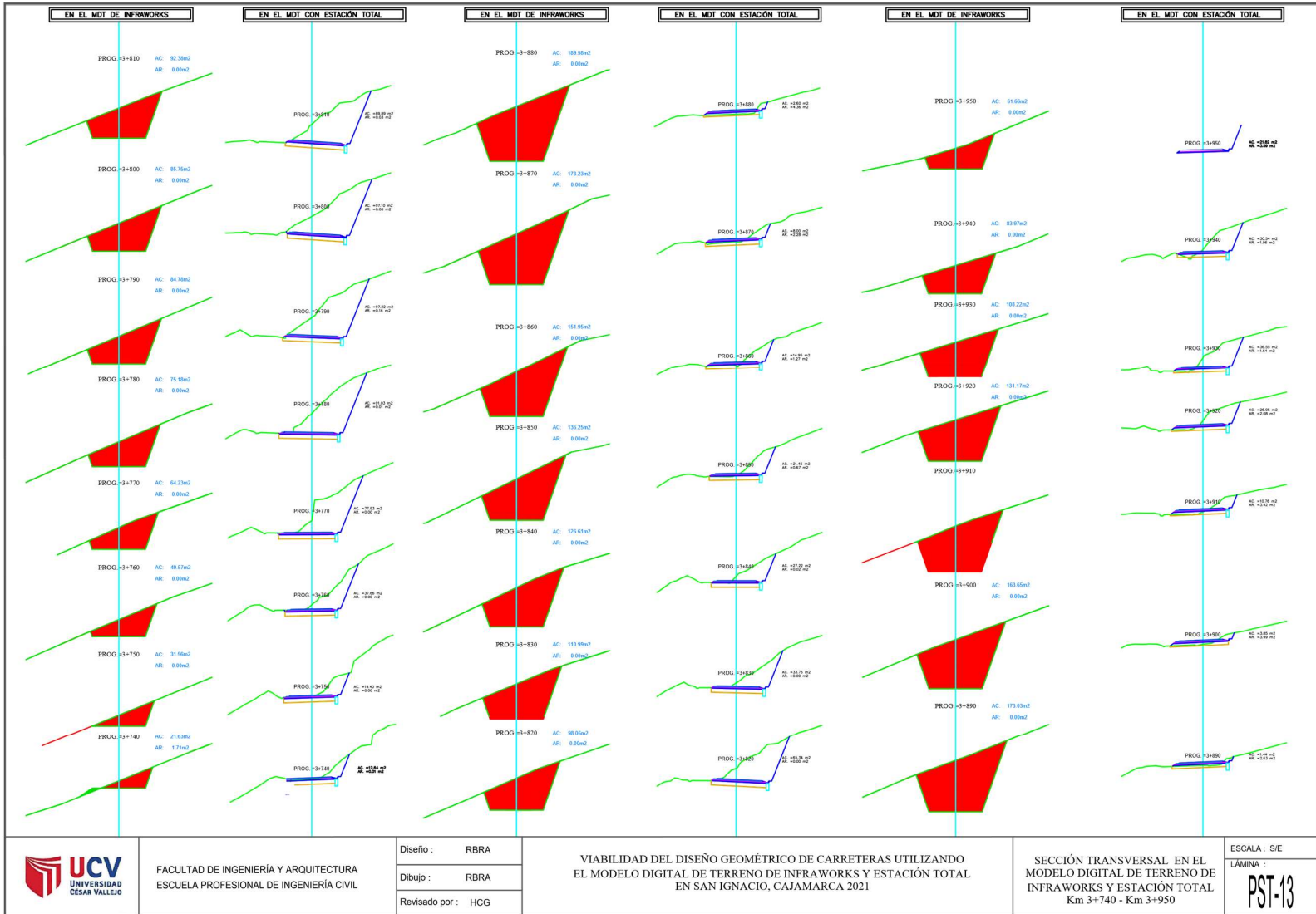
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 3+450 - Km 3+730

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-12



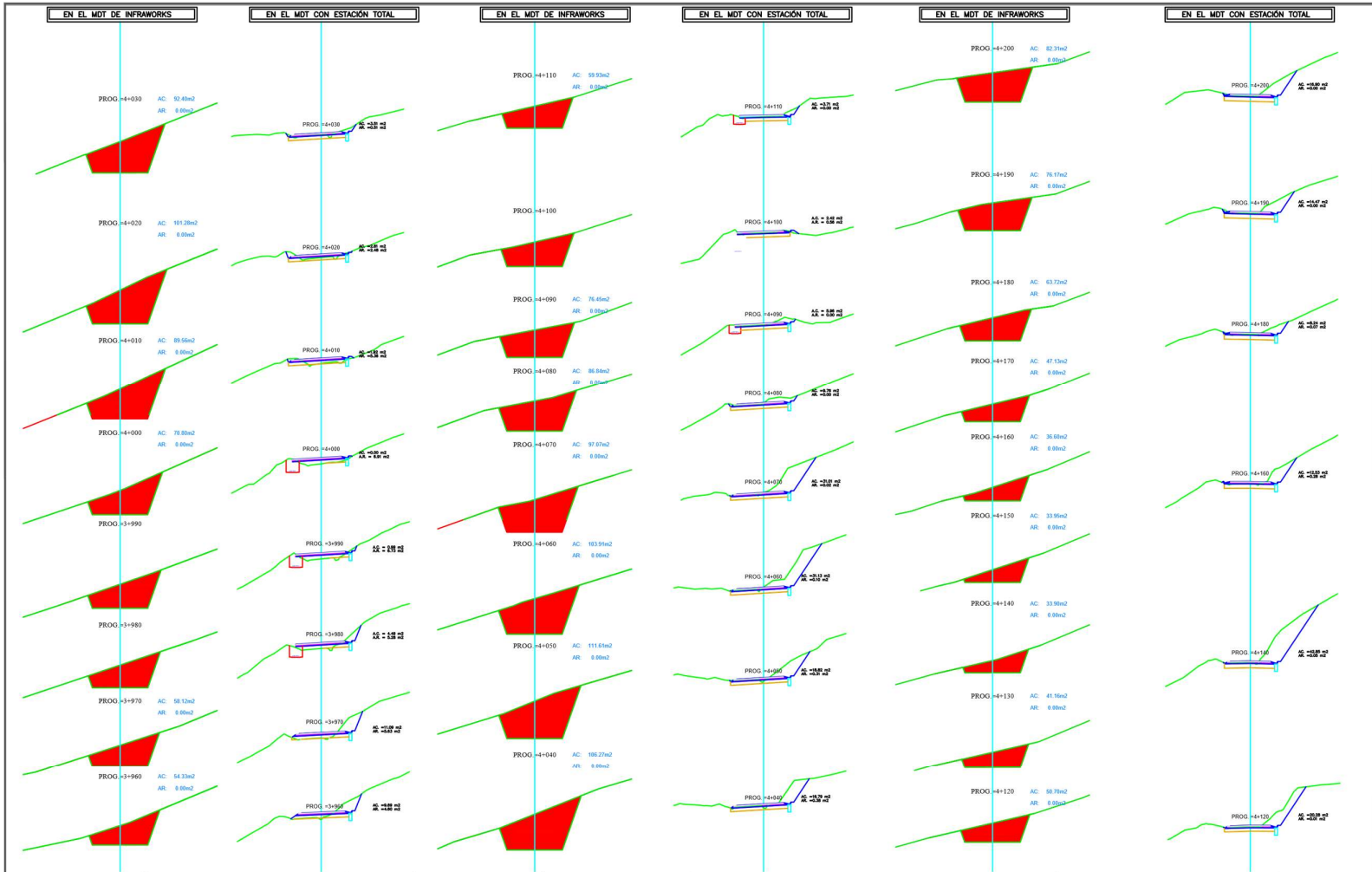
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 3+740 - Km 3+950

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-13



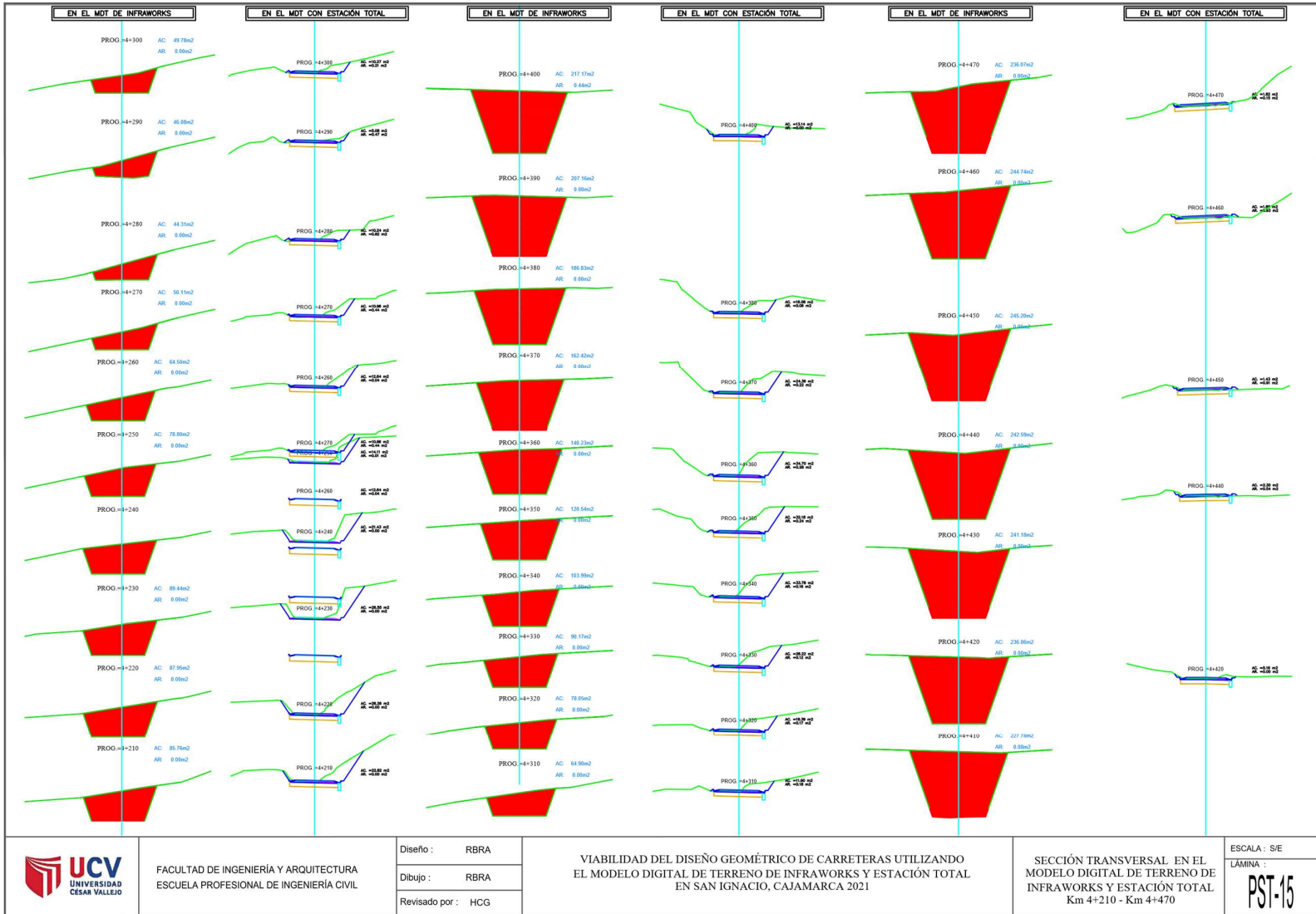
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
 Dibujo : RBRA
 Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
 EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
 EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
 MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
 INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
 Km 3+960 - Km 4+200

ESCALA : S/E
 LÁMINA :
PST-14



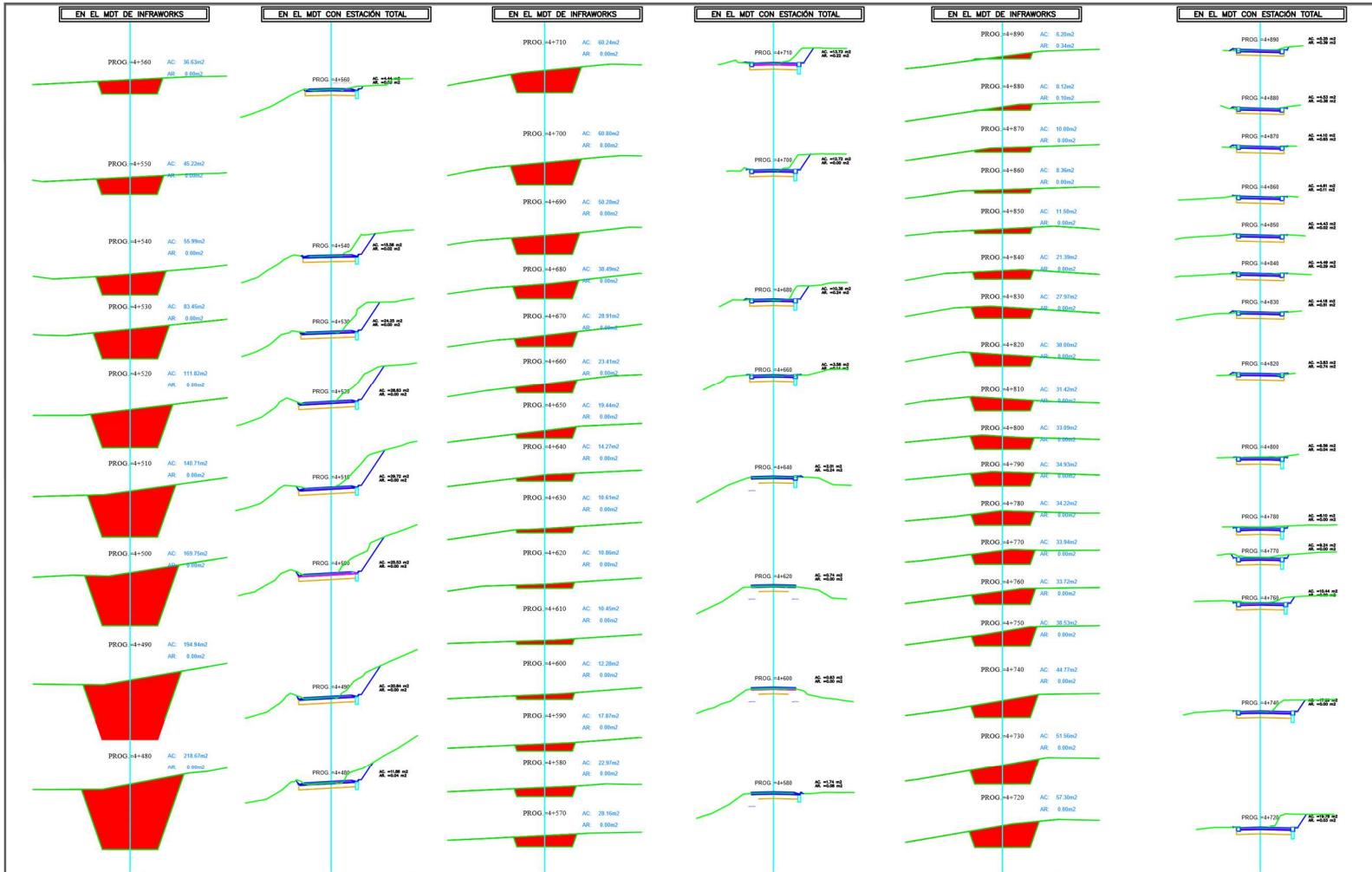
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 4+210 - Km 4+470

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-15



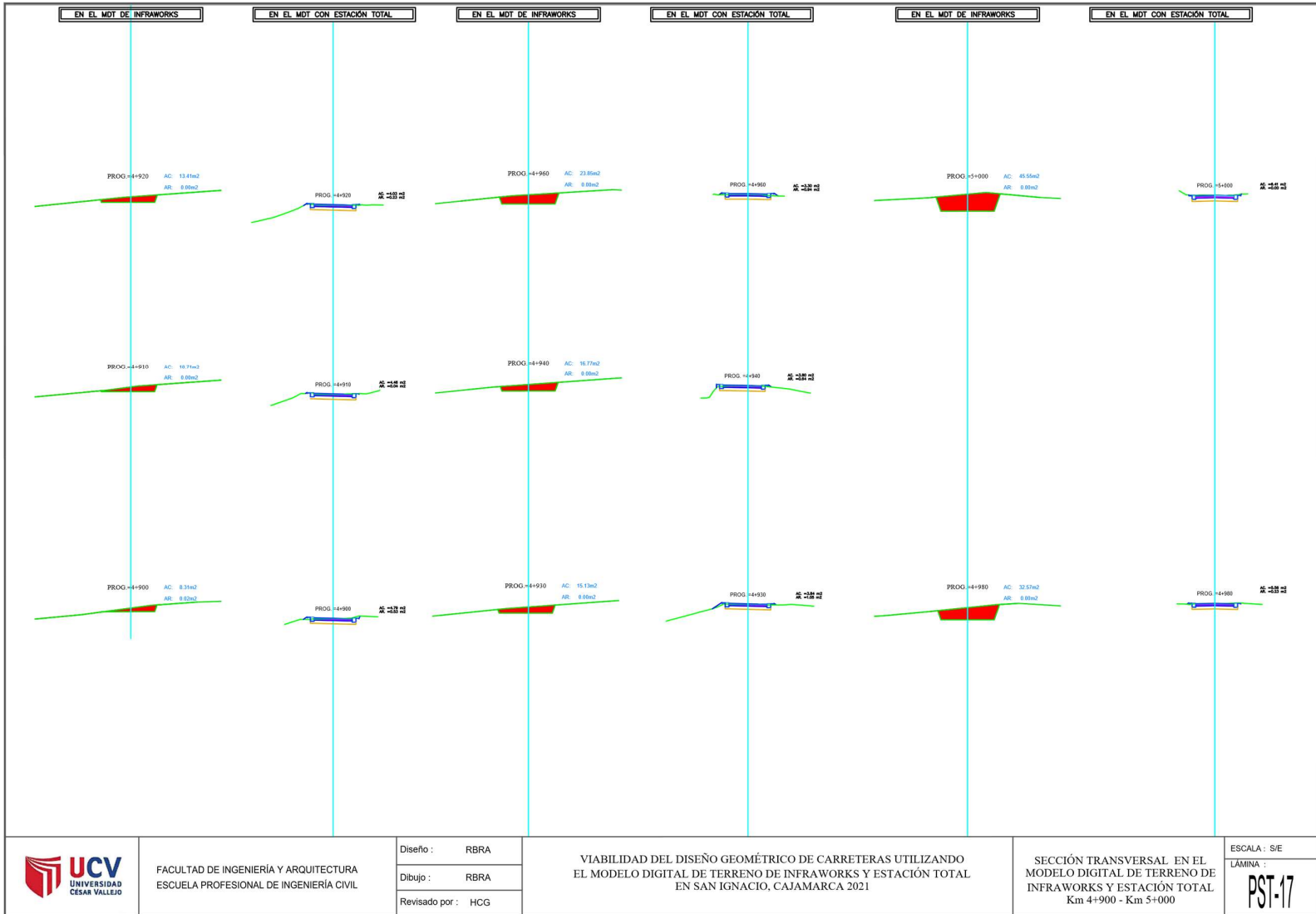
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 4+480 - Km 4+890

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-16



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño : RBRA
Dibujo : RBRA
Revisado por : HCG

VIABILIDAD DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS UTILIZANDO
EL MODELO DIGITAL DE TERRENO DE INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
EN SAN IGNACIO, CAJAMARCA 2021

SECCIÓN TRANSVERSAL EN EL
MODELO DIGITAL DE TERRENO DE
INFRAWORKS Y ESTACIÓN TOTAL
Km 4+900 - Km 5+000

ESCALA : S/E
LÁMINA :
PST-17