

Diseño Y Trazado Geométrico De La Calle Benalcázar En La Ciudad De Huaquillas

Design And Geometric Layout Of Benalcázar Street In The City Of Huaquillas

Autores

Peter Leonard Reyes Estrella¹, Erwin Javier Oyola Estrada², Leyden Oswaldo Carrión Romero³, Elsi América Romero Valdiviezo⁴

¹Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km.5 1/2 Vía Machala Pasaje, e-mail: plreyes_est@utmachala.edu.ec

²Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km.5 1/2 Vía Machala Pasaje, e-mail: eoyola@utmachala.edu.ec

³Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km.5 1/2 Vía Machala Pasaje, e-mail: locarrion@utmachala.edu.ec

⁴Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km.5 1/2 Vía Machala Pasaje, e-mail: eromero@utmachala.edu.ec

RESUMEN

El crecimiento, desarrollo urbano y comercial de la ciudad e Huaquillas, provincia de El Oro, se ha visto en auge durante los últimos años, y más allá de los factores positivos ha arrastrado consigo una problemática de movilidad vial debido a que las calles y avenidas principales se han visto colapsadas por el alto flujo vehicular presente en estas zonas.

Por esta razón y respondiendo a la problemática existente dentro del casco central, se ha desarrollado el proyecto técnico que corresponde al "Diseño y trazado geométrico de la calle Benalcázar desde la calle Juan Montalvo hasta la calle Martha Bucaram".

Este proyecto consiste en presentar una propuesta de diseño y trazado geométrico utilizando softwares especializados en diseño de carreteras con la finalidad de reducir el congestionamiento vehicular en el casco central de la ciudad.

Palabras claves: *asfalto, diseño, pavimento, trazado geométrico*

ABSTRACT

The growth, urban and commercial development of the city of Huaquillas, province of El Oro, has been booming in recent years, and beyond the positive factors, it has brought with it a problem of road mobility due to the fact that the streets and avenues The main roads have been collapsed due to the high traffic flow present in these areas.

For this reason and responding to the existing problems within the central area, the technical project corresponding to the "Design and geometric layout of Benalcázar street from Juan Montalvo street to Martha Bucaram street" has been developed.

This project consists of presenting a design proposal and geometric layout using specialized highway design software in order to reduce vehicular congestion in the central area of the city.

Keywords: asphalt, design, pavement, geometric layout.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes viales son consideradas componentes de desarrollo y son fiel reflejo de evolución de los territorios. Estas estructuras pueden ser potencialmente estratégicos al ser articuladores del espacio urbano rural y regional [1].

Cuando una vía llega al límite de su capacidad o nivel de servicio es importante modificar sus especificaciones técnicas para adaptarlas a las nuevas condiciones de demanda de tráfico. Por esta razón, es importante mejorar y mantener la calidad de las vías de un país, puesto que cumplen un rol que va más allá del desplazamiento y movilidad, sino que influyen en el crecimiento urbano e impulso económico [2].

En este sentido el presente proyecto técnico se justifica en base al aporte social, económico y productivo que representa brindar una alternativa vial que descongestione, mantenga y conserve la regeneración urbana del casco central, que actualmente se encuentra sometida al paso de buses, cooperativas medianas y transporte de carga pesada que se movilizan hasta el Mercado Multifuncional en el sector Playita Sur – Huaquillas, ver figura 1.

Huaquillas es una ciudad fronteriza de la provincia de El Oro que se encuentra al sur del territorio ecuatoriano, contando con una extensión de 72 km², situado en la región costa a 11msnm. Dentro de la urbana se encuentra la calle Benalcázar [584539E, 961493N], una calle de segundo orden, que es la propuesta de vía alterna para descongestionar el tráfico vehicular del casco central y especialmente la Av. De la República (que actualmente es el ingreso y salida de la ciudad).



Fig. 1: Tramo actual de la calle Benalcázar.

2. DESARROLLO

El proyecto propuesto es la extensión de la calle Benalcázar y comprende el tramo que une el casco comercial del cantón, con el de la entrada de la urbe. Para que cumpla con su objetivo debe conectarse con la calle Martha Bucaram por lo que es necesaria la extensión de la vía. En la figura 2 se presenta la proyección del delineado de la extensión de la calle.



Fig. 2: Delineado de la extensión de la calle Benalcázar.

Para el desarrollo de la propuesta de este proyecto técnico se realizaron actividades específicas para el reconocimiento del lugar, toma de muestra del suelo, levantamiento de información y procesamiento de datos que se han clasificado en etapas en la figura 3.

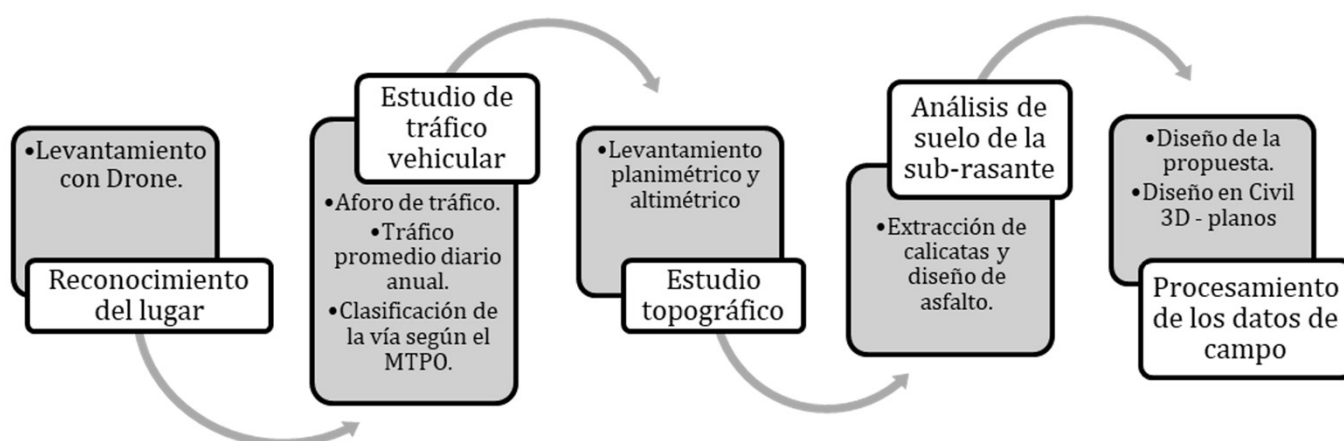


Fig. 3: Clasificación del desarrollo del proyecto por etapas.

Etapa 1: Reconocimiento del lugar

El levantamiento se realizó con un Dron DJI Mavic Air 2, para tener una vista aérea de la zona de intervención y definir el eje que tendrá la vía, en la fig. 4 se muestra el resultado de las tomas aéreas. Posteriormente, con estas imágenes en una reunión con los ingenieros del departamento de obras públicas del municipio definió el eje de la vía ya que se encuentra el estudio ante la propuesta de una extensión de la calle en áreas verdes.



Fig. 4: Toma aérea con Dron.

Así mismo se realizó el levantamiento altimétrico con una estación RTK de marca UniStrong GNSS RTK receptor G970 con el que se tomaron puntos cada 20 metros.

Etapa 2: Estudio de tráfico vehicular proyectado – aforo de tráfico

Generalmente en Ecuador se utiliza el método de Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para realizar la medición de aforo vehicular. Con los resultados del TPDA proyectado se clasifica la vía y esos mismos datos sirven para el posterior Diseño Geométrico de la calle en proyecto, así mismo se utilizan para el cálculo de los beneficios socioeconómicos de la implementación del proyecto.

En este proyecto técnico se toma en cuenta la clasificación de acuerdo a la capacidad (Función del TPDA) ya que el aforo vehicular realizado permitió contar con los datos volumétricos del tráfico que procesa o se estima que procesará el diseño de la obra. La tabla 1 indica los resultados del aforo vehicular y la clasificación de la vía según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).

Tabla 1: Análisis de tráfico proyectado

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	1381 vehículos
Clasificación NEVI-12	Carretera de 2 carriles C1
Clasificación MTOP	Carretera de II Orden
Velocidad de diseño	80 km/h
Velocidad de circulación	65 km/h
Distancia de frenado	50.60 m
Distancia de visibilidad de parada	96.10 m
Distancia de rebasamiento	407.4 m
Radio mínimo en curvas horizontales	275 m

Dentro de este proyecto para determinar el promedio diario de tráfico vehicular existente por la zona de intervención fue necesario realizar un aforo vehicular durante 5 días. Los días de estudio corresponden a los días laborables -lunes a viernes- por un tiempo prolongado de 12 horas en horario de 6 am a 6 pm tomado a lo largo del tramo existente de la calle Benalcázar. Según el tráfico presentado y proyectado a futuro (20 años), la vía a realizar dio como resultado 1381 vehículos por día, por lo que se ubica en una clasificación de categoría C1 en carretera de 2 carriles.

Etapa 3: Estudio topográfico

El concepto de la topografía no ha variado con los años, lo que si se ha visto plenamente modificado son las técnicas, los instrumentos de medida y los métodos a aplicar [3]. En este trabajo se realizó el levantamiento con Dron para aprovechar el alcance aéreo de estos dispositivos con mayor margen de precisión y obtener imágenes de calidad. El levantamiento planimétrico y altimétrico, se realizaron mediante GPS diferencial (RTK).

El levantamiento planimétrico y altimétrico por su lado aportan con los datos métricos – estructurales representados a escala con los puntos y detalles del terreno; para el ingreso de estos datos se utiliza un software especializado para digitalizar la información y calcular los volúmenes de corte y terraplén. Los softwares permiten una inspección visual para lograr identificar conocimientos actuales o de una futura condición de las vías y visualizar prioridades para actuar [4].

En este proyecto para tener una mayor precisión se hizo una fusión entre los datos tomados con Dron y RTK, los mismos que luego se procesaron en softwares especializados para el diseño definitivo de la vía.

Etapa 4: Análisis de suelo de la subrasante natural

En esta etapa se determinaron los estratos existentes en el suelo con la intención de conocer el tratamiento que debe aplicarse previo a la construcción de la carretera. Con el objetivo de evitar anomalías o fallas geológicas que puedan afectar la estructura física de la obra a largo plazo. Los puntos principales de esta etapa fue la extracción de calicatas y diseño de asfalto.

Se extrajeron 5 calicatas de 0,50 m, 1,00 m y 1,50 m de profundidad con el objetivo de establecer las propiedades físico-mecánicas del suelo de la subrasante. Dichas calicatas fueron extraídas a lo largo de la vía proyectada, a un intervalo de aproximadamente 500 metros.

Las calicatas por su lado corresponden a la toma de muestras del suelo del sector, para este proyecto se realizó toma de muestra en 5 puntos a lo largo de la zona de intervención. En la tabla 2 se presenta el resumen de los datos extraídos de las calicatas.

Tabla 2: Resumen de los ensayos realizados a la subrasante.

# Calicata	ABS. SONDEO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLASIFICACIÓN AASHTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	PASANTE TAMIZ #4	PASANTE TAMIZ #40	PASANTE TAMIZ #200	DENSIDAD SECA MÁXIMA DEL SUELO (kg/cm ³)	CBR (%)
1	0 + 050	Material color gris, con el 15.12% de humedad natural.	A-2-7	15.12	39.7	25.9	13.9	98.7	28.2	4.34	1883	7.17
2	0 + 500	Material color gris, con el 15.31% de humedad natural.	A-2-7	15.31	43.52	29.02	14.50	98.15	29.93	4.95	1790	7.20
3	1 + 000	Material color gris, con el 15.43% de humedad natural.	A-2-6	15.43	35.45	19.15	16.30	98.31	29.37	4.64	1840	5.44
4	1 + 500	Material color gris, con el 15.30% de humedad natural.	A-2-6	15.30	37.39	22.54	14.85	98.73	28.43	4.31	1855	7.18
5	2 + 100	Material color gris, con el 14.90% de humedad natural.	A-2-7	14.90	41.23	24.47	16.76	99.66	25.97	3.79	1819	4.18

Se procedió a realizar cada uno de los ensayos correspondientes a las muestras conseguidas de cada uno de los estratos, de esta manera se realizaron todas las pruebas indicadas de laboratorio y posteriormente se clasificaron estas muestras del suelo de acuerdo con la AASHTO A-2-6 y A-2-7, tabla 3. Cabe destacar que se ha utilizado las normas INEN y ASTM al momento de realizar los ensayos de laboratorio. Así mismo, se describe cada uno de los estratos encontrados, proporcionando valores numéricos de los resultados obtenidos a través de los ensayos.

Tabla 3: Resumen de los ensayos realizados al material de mejoramiento.

	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLASIFICACIÓN AASHTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	PASANTE TAMIZ #4	PASANTE TAMIZ #40	PASANTE TAMIZ #200	DENSIDAD SECA MÁXIMA DEL SUELO (kg/cm ³)	CBR (%)
BASE	Material color café, con el 8.69% de humedad natural.	A-2-4	8.69	18.60	15.73	2.87	41.25	22.97	5.97	2210	81.60
SUB-BASE	Material color café, con el 7.25% de humedad natural.	A-2-4	7.25	23.70	19.21	4.49	48.13	22.63	10.57	2131	67.58

De acuerdo con la inspección realizada en el campo y los resultados de los ensayos, se puede diagnosticar un suelo o capa superficial variable, el cual está estructurado por una capa de tierra vegetal cuyo espesor es variable y las capas subsiguientes son uniformes, las cuales están compuestas por arcillas arenosas y arcillas limosas, hasta la profundidad investigada.

Etapa 5: Procesamiento de datos de campo y diseño de la propuesta

En esta etapa se utilizaron los programas especializados AutoCAD y Civil 3D para procesar los datos del levantamiento altimétrico. Se utilizan estos programas porque brindan la facilidad de trabajar con herramientas básicas de dibujo digitalizado como: curvas, líneas, polilíneas, entre otras. Que con el procesamiento adecuado de los puntos pasan a ser polilíneas para luego ser exportados como el eje definitivo del diseño de la vía o carretera, lo que busca en este proceso.

Para esto lo primero que se realiza es importar los puntos, estos se ingresan con su número correspondiente, coordenada, cota y código. Posteriormente con los puntos ingresados se genera el Modelo Digital del Terreno, que corresponde a la superficie del proyecto, con la superficie creada se selecciona el grupo de puntos que van a generar las curvas de nivel para el proyecto vial.

El plano en planta que se muestra en las fig. 5 y 6 es el resultado de los alineamientos creados anteriormente, con una escala horizontal de 1:1000 y vertical de 1:100 que generalmente viene por defecto.

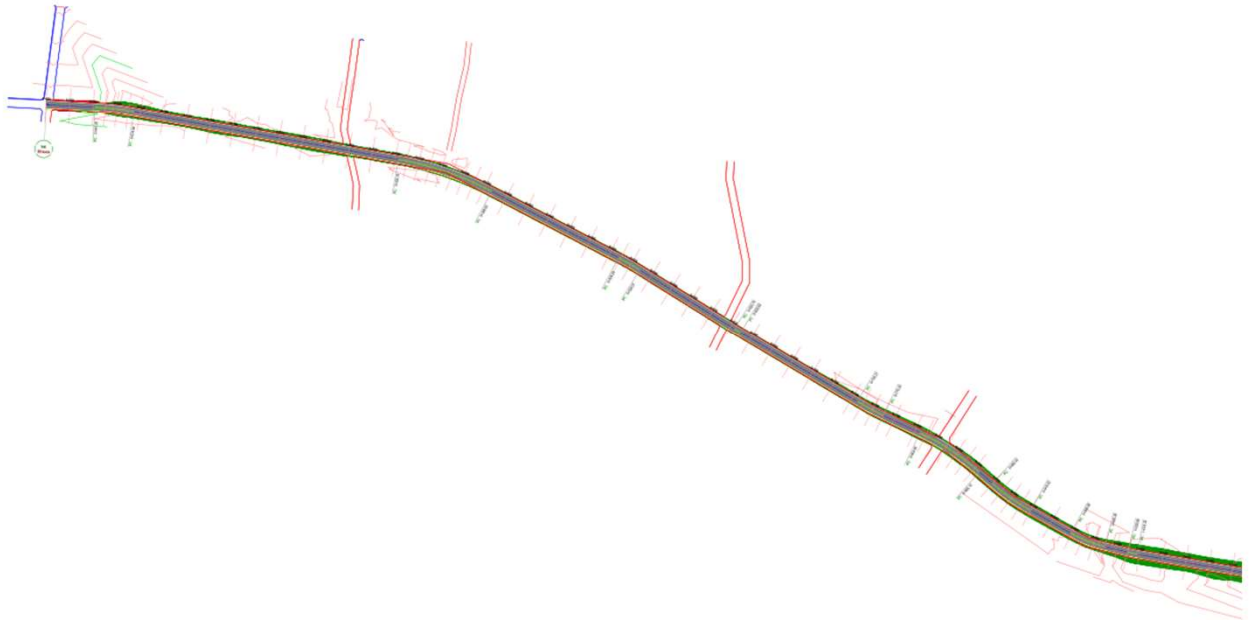


Fig.5: Diseño y trazado proyectado de la vía en software Civil 3D.

Una vez que se tienen los perfiles transversales se realiza la definición de la rasante para la que se trazan las polilíneas respectivas y se las transforma a alineamientos verticales los cuales posteriormente servirán para diseñar las curvas verticales con sus respectivas pendientes.

La fig. 6 representa la rasante y curvas verticales del proyecto, cabe mencionar que la longitud de la curva o radio deseado se aplica de acuerdo a la normativa utilizada y el programa se encarga de calcular automáticamente el resto.

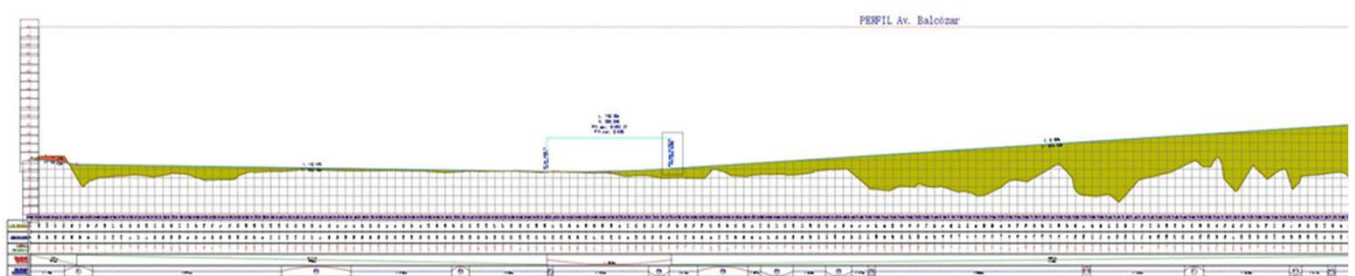


Fig. 6: Rasante y acuerdos de curvas verticales.

Una de las ventajas de utilizar el software Civil 3D es que permite modelar las secciones típicas del diseño que se realiza y luego presenta el ensamblaje, conjuntamente con una Alineación y el Perfil, esto se conoce como Obra Lineal, el cual permite un modelo tridimensional del proyecto “Calle Benalcázar” que combina la definición planimétrica de la alineación, la altimetría del perfil y la configuración transversal del ensamblaje.

Asimismo, estas secciones transversales están compuestas por varios elementos como: bordillos con cunetas, pavimento, base, sub-base, mejoramiento que se realizaron de acuerdo a la extracción de calicatas del sector y los ensayos que determinaron la estructura de la vía. Las fig. 7 y 8 muestran el diseño de la sección realizada en este proyecto vial.

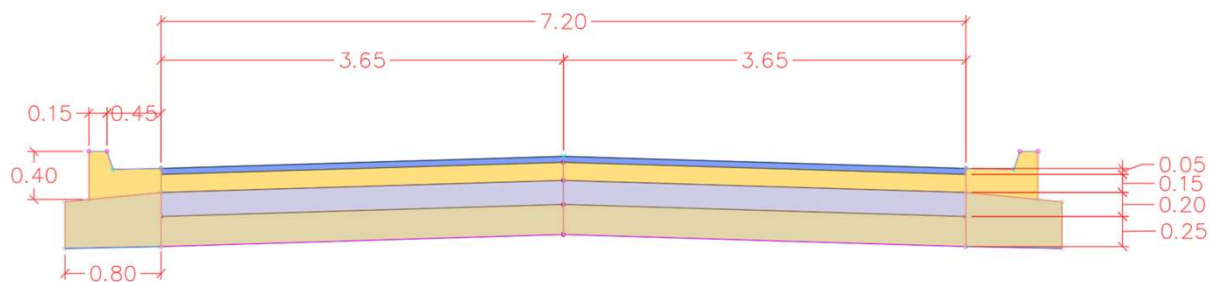


Fig. 7: Sección tipo.

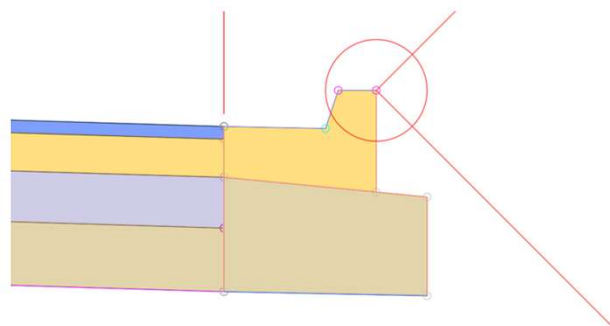


Fig. 8: Sub-ensamblajes.

En este sentido, una vez que se concluyó el diseño digitalizado de calle, respetando las necesidades físicas del terreno y la normativa vial vigente en Ecuador se presentan los planos de diseño definitivo los mismos que son una propuesta para resolver una problemática de movilidad en el ingreso de la ciudad de Huaquillas.

Presentación de la propuesta

La presentación se realizó en láminas tamaño A1 en escala 1:1000 que contienen planos tanto en planta como cortes longitudinales y transversales. Por lo tanto, la fig. 9 muestra el detalle y etiquetado de las curvas horizontales en vista en planta.

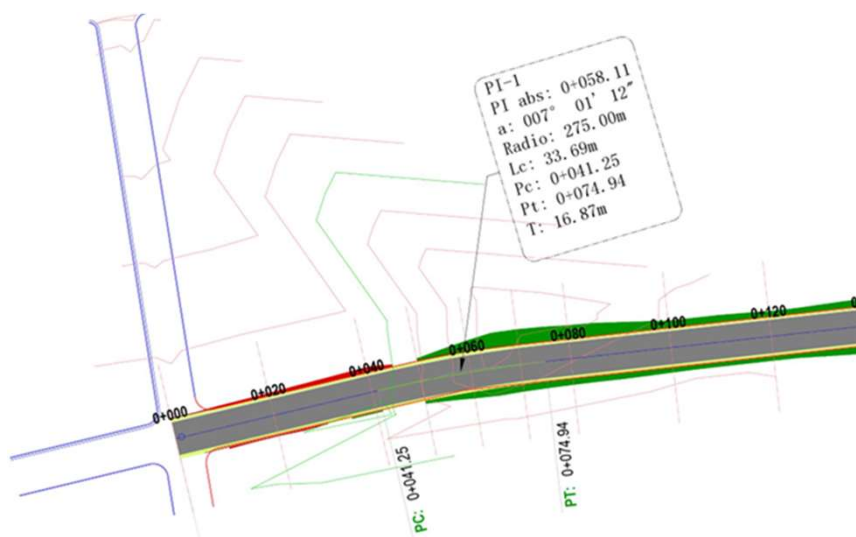


Fig. 9: Detalles de plano de vista en planta.

La fig. 10 es la presentación de los detalles y etiquetado de las curvas verticales en el corte longitudinal. Así mismo, se detallan las abscisas con sus respectivas cotas de terreno y subrasante y las cantidades de corte y relleno.

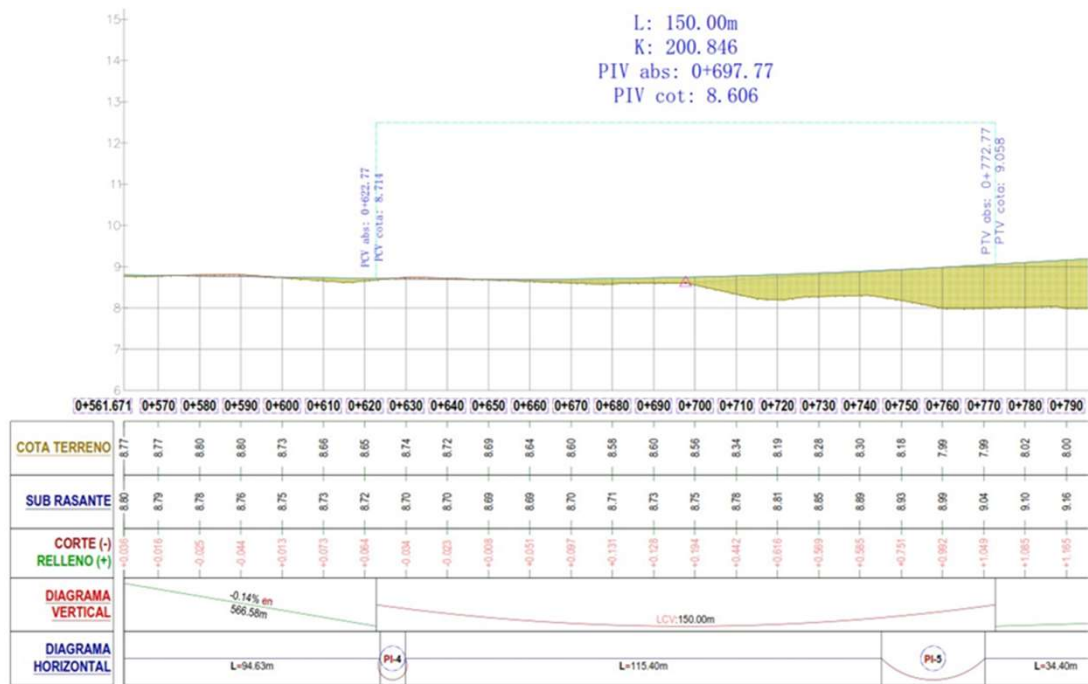


Fig. 10: Detalles en corte longitudinal.

La fig. 11 representa la coordinación planta – perfil de uno de los tramos de la vía, en el se puede ver alineado tanto el plano en planta con su respectivo corte longitudinal.

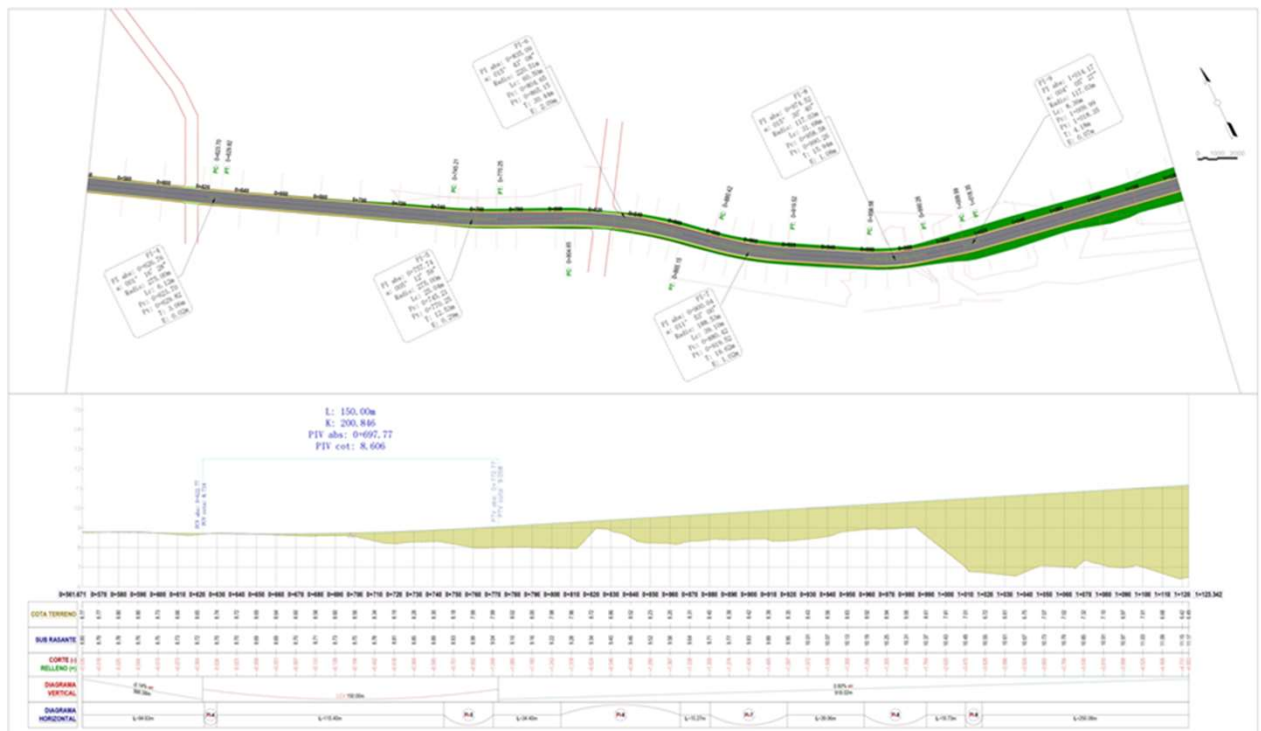


Fig. 11: Coordinación planta - perfil.

La fig. 12 detalla los cortes transversales en cada abscisa a lo largo del eje de la vía, en ellos se especifican las áreas de corte y relleno correspondientes.

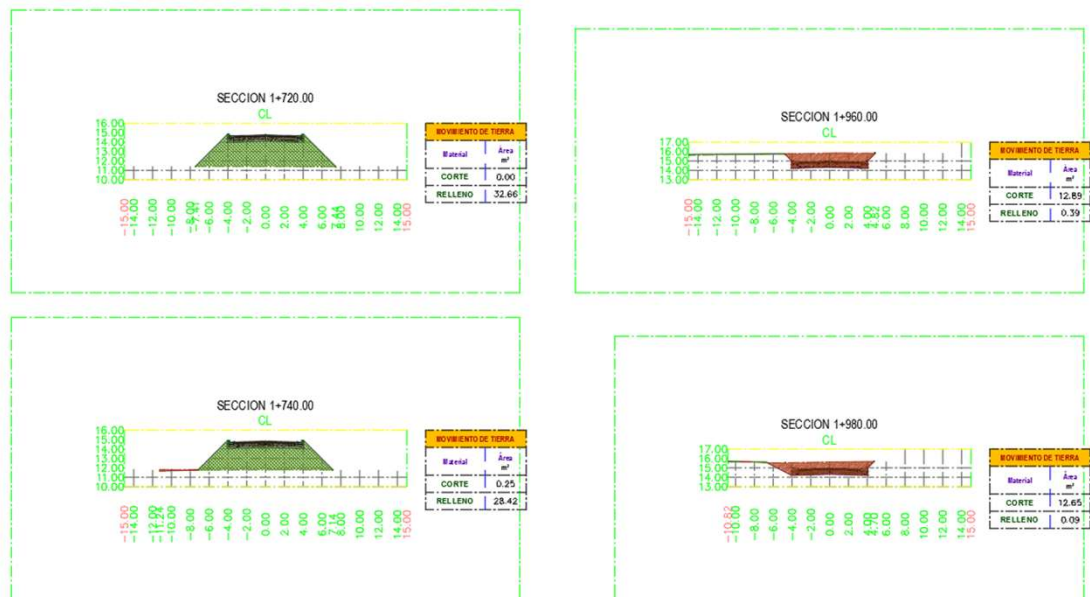


Fig. 12: Detalles en cortes transversales.

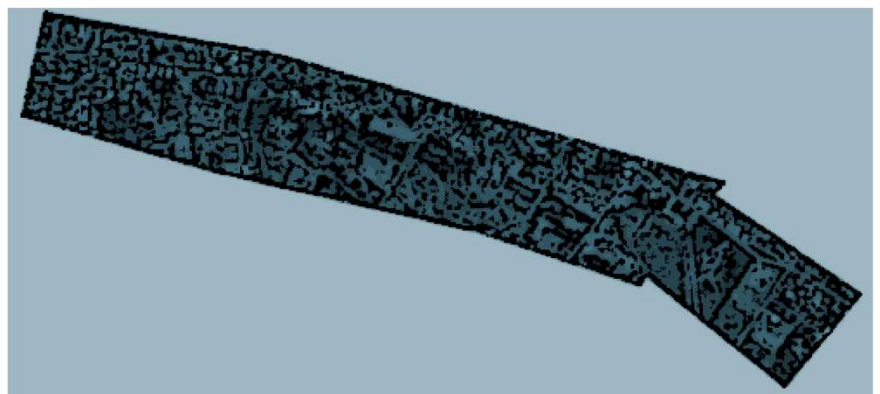
3. CONCLUSIONES

El diseño vial propuesto es importante para el desarrollo económico y productivo de la ciudad, no solo por el descongestionamiento vehicular sino porque se está considerando cuidar y preservar espacios regenerados.

La propuesta de diseño de este proyecto es de 2.121 km de extensión, aplicando el método AASHTO 93 para el que se determinó el paquete estructural de: capa de rodadura 5cm, capa base de 15 cm, capa sub-base de 20 cm y capa de mejoramiento de 25cm.

4. AGRADECIMIENTOS

Destaco mis sinceros agradecimientos al Departamento de Obras Públicas del GADM de Huaquillas, especialmente al Ing. Juan Arias por facilitar datos e información técnica para que este proyecto se lleve a cabo.



1. C. González, M. Rincón y W. Vargas, Ingeniería De Vías: Diseño, trazado y localización de carreteras, Bogotá: Alphaeditorial, 2019.
2. S. Caro y B. Caicedo, «Tecnologías para vías terciarias: Perspectivas y experiencias desde la academia,» Revista de Ingeniería, nº 45, pp. 12-21, 2017.
3. O. d. R. Santana, F. d. J. Gómez, N. V. López, J. A. S. Esqueda y A. T. Espinoza, «Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones,» Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 14, nº 2, pp. 1-10, 2020.
4. E. Pellicer, R. Paredes, J. Sanjuán y J. Sánchez, «Sistema integral para el mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos,» Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, vol. 235, pp. 8-18, 2021.

