

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y
Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Giovanni Bellini Chinchay Tineo

ASESOR

Manuel Alejandro Borja Suárez

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

Chiclayo, 2026

Evaluación y propuesta de solución de integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular

PRESENTADA POR

Giovanni Bellini Chinchay Tineo

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñones
PRESIDENTE

Jannyna Beatriz Bernilla Gonzales
SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suárez
VOCAL

Dedicatoria

A ti, Señor Dios Todopoderoso, fuente inagotable de luz y esperanza, a quien entrego este trabajo con humildad y gratitud. Gracias por guiar cada paso de este camino, por sostener mi fe en los momentos de duda y por regalarme la fortaleza para transformar los retos en oportunidades de aprendizaje. A mis amados padres, Ada Yelitza Tineo Torres y Juan Rómulo Chinchay Tineo, quienes con su amor incondicional y su ejemplo de vida han sido el pilar de mis sueños. Madre, gracias por tu ternura infinita y por enseñarme que la constancia vence cualquier obstáculo; padre, gracias por tu sabiduría y tu firmeza, que me inspiraron a creer siempre en mis capacidades. Cada logro de esta tesis es también fruto de sus desvelos, sus consejos y su confianza irrestricta en mí.

A mis abuelitos, Hipólito Tineo Zeña y Gloria Eumelia Torres Rodríguez, que desde el cielo vigilan mis pasos con amor inmortal. Su legado de ternura y sabiduría me inspira a honrar su memoria con cada palabra de este trabajo. A mi compañera de vida, Valeria Orozco, cuya fuerza de carácter y disciplina transformaron mi horizonte de posibilidades. Llegaste en el instante preciso para enseñarme que la vida se construye con responsabilidad y perseverancia; tus palabras de ánimo y tu fe inquebrantable en mi capacidad me inspiraron a confiar en mí mismo y a no temer soñar en grande.

A mi perruna confidente, Zoe, que con su lealtad y ternura silenciosa convirtió las largas jornadas de estudio en instantes de paz. En tu mirada hallé consuelo y en tu alegría el recordatorio de que, más allá del esfuerzo, siempre debe haber lugar para la esperanza. A todos ustedes, que con fe, cariño y lealtad me acompañaron, dedico este esfuerzo. Que estas páginas reflejen la fuerza de un propósito compartido y el poder de un corazón lleno de gratitud.

Agradecimientos


Con profunda gratitud me dirijo a ti, Señor, al gran ser divino que me inspira y fortalece, por concederme la luz interior que me guió en cada página de este trabajo. Tu presencia constante sostuvo mi ánimo en los momentos de incertidumbre y me dio la certeza de que todo esfuerzo, cimentado en la fe, florece con frutos de sabiduría. A mis padres, Ada Yelitza Tineo Torres y Juan Rómulo Chinchay Tineo, por su amor inquebrantable y su ejemplo de entrega diaria. Madre, tu ternura fue el bálsamo que aliviaba mis dudas; padre, tu disciplina y perseverancia forjaron en mí la convicción de que no hay meta inalcanzable cuando se trabaja con el corazón. Cada avance de esta investigación lleva impreso el eco de sus desvelos y su confianza ilimitada.

A mi compañera de vida, Valeria Orozco, quien irrumpió en mi existencia con su carácter fuerte y su disciplina contagiosa. Llegaste para cambiar mi manera de ver el mundo, enseñándome que la responsabilidad y el compromiso son motores del crecimiento. Tus palabras de aliento y tu fe inquebrantable en mis capacidades me impulsaron a confiar plenamente en mí mismo y a perseverar pese a cualquier obstáculo. A mi hermana Scarlet Chinchay Tineo, por cada una de tus atenciones que has tenido en casa y agradezco profundamente que me hayas acompañado en este momento tan importante de mi vida, Tu cariño y ese amor incondicional que solo una hermana puede brindar, Tu presencia ha sido un soporte para mí. A Zoe y Atenea, mis fieles compañeras perrunas, por sus muestras de lealtad y ternura que hicieron más llevaderas las horas de trabajo intenso; tu compañía me regaló equilibrio y aliento.

Al Ing. Manuel Alejandro Borja Suárez, mentor excepcional y pilar académico, agradezco sus observaciones certeras y su exigente rigor. Su guía me empujó a explorar con profundidad los límites de mi conocimiento y a construir un estudio sólido y significativo. Finalmente, agradezco a quienes, con su apoyo silencioso o sus consejos oportunos, hicieron posible este logro. Que el testimonio de este esfuerzo conjunto sirva para recordar que los proyectos más ambiciosos nacen de la unión de la convicción, el trabajo y el afecto sincero.

Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular

Giovanni Bellini Chinchay Tineo

 Turnitin

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:519348950

Fecha de entrega

28 oct 2025, 7:39 p.m. GMT+5

Fecha de descarga

28 oct 2025, 7:42 p.m. GMT+5

Nombre del archivo

unknown_filename

Tamaño del archivo

5.2 MB

218 páginas

42.774 palabras

210.326 caracteres




14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
 - 2%  Publicaciones
 - 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)
-

Índice

Resumen	13
Abstract	14
Introducción	15
Revisión de literatura	22
Antecedentes	22
Bases teóricas	26
Materiales y métodos	42
Tipo y nivel de investigación	42
Diseño de investigación	42
Población, muestra, muestreo	42
Población	42
Muestra	43
Muestreo	43
Criterios de selección	43
Operacionalización de variables	43
Variables independientes	43
Variable dependiente	43
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
Técnicas	46
Instrumentos	47
Procedimientos	47
Matriz de consistencia	53
Consideraciones éticas	54
Resultados	55
Discusión	147
Conclusiones	154
Recomendaciones	155
Referencias	156
Anexos	159

Lista de tablas

Tabla I: Modelos de redes viales.....	33
Tabla II: Operacionalización de variables.....	44
Tabla III: Matriz de consistencia.....	53
Tabla IV: Establecimiento de horas de control vehicular del punto N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4.....	55
Tabla V: Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: oeste/este).....	56
Tabla VI: Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: este/oeste).....	58
Tabla VII: Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: norte/sur).....	60
Tabla VIII: Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: sur/norte).....	62
Tabla IX: PBI nacional y PBI del sector transportes 2013 – 2022.....	64
Tabla X: Flujo de vehículos ligeros en unidades de pago de peaje (unidades).....	65
Tabla XI: Flujo de vehículos pesados en unidades de pago de peaje (unidades).....	66
Tabla XII: Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: oeste/este).....	67
Tabla XIII: Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: este/oeste).....	69
Tabla XIV: Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: norte/sur).....	71
Tabla XV: Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: sur/norte).....	73
Tabla XVI: EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: oeste/este).....	75
Tabla XVII: EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: este/oeste).....	76
Tabla XVIII EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: norte/sur).....	77

Tabla XIX: EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: sur/norte)	78
Tabla XX: Número repeticiones acumuladas de ejes equivalentes 8.2 tn en carril de diseño	79
Tabla XXI: Tipo de vía en función de EAL de diseño.....	79
Tabla XXII: Tipo de tráfico en función de EAL de diseño.....	80
Tabla XXIII: Coordenadas UTM de los BMs.....	80
Tabla XXIV: Coordenadas UTM de las calicatas	81
Tabla XXV: Granulometría en muestras naturales	81
Tabla XXVI: Límite líquido en muestras naturales	83
Tabla XXVII: Límite plástico en muestras naturales.....	84
Tabla XXVIII: Índice de plasticidad en muestras naturales	85
Tabla XXIX: Clasificación SUCS y AASHTO	86
Tabla XXX: Contenido de humedad en muestras naturales	87
Tabla XXXI: Gravedad específica en muestras naturales.....	88
Tabla XXXII: Contenido de sales solubles en muestras naturales.....	89
Tabla XXXIII: Máxima densidad seca en muestras naturales	90
Tabla XXXIV: Óptimo contenido de humedad en muestras naturales.....	91
Tabla XXXV: CBR en muestras naturales.....	92
Tabla XXXVI: Resumen de resultados de ensayos en muestras de suelo natural	93
Tabla XXXVII: Resultados de diseño de pavimentación rígida por AASHTO y NTP	118
Tabla XXXVIII: Ciclos de semaforización preliminares.....	130
Tabla XXXIX: Nivel de servicio actual preliminar	135
Tabla XL: Nivel de servicio proyectado preliminar.....	137

Lista de gráficos

Gráfico 1: Distribución vehicular del punto de control N° 1	57
Gráfico 2: Distribución vehicular del punto de control N° 2	59
Gráfico 3: Distribución vehicular del punto de control N° 3	61
Gráfico 4: Distribución vehicular del punto de control N° 4	63
Gráfico 5: PBI Nacional y PBI del Sector Transportes: 2013 – 2022.....	64
Gráfico 6: Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 1 (n = 20 años)	68
Gráfico 7: Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 2 (n = 20 años)	70
Gráfico 8: Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 3 (n = 20 años)	72
Gráfico 9: Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 4 (n = 20 años)	74
Gráfico 10: Granulometrías en muestras naturales N° 1	82
Gráfico 11: Límites líquidos en muestras naturales N° 1.....	84
Gráfico 12: Límites plásticos en muestras naturales N° 1	85
Gráfico 13: Índices de plasticidad en muestras naturales N° 1	86
Gráfico 14: Contenidos de humedad en muestras naturales N° 1	87
Gráfico 15: Gravedad específica en muestras naturales N° 1	88
Gráfico 16: Sales solubles en muestras naturales N° 1	89
Gráfico 17: Máximas densidades secas en muestras naturales N° 1	90
Gráfico 18: Óptimos contenidos de humedad en muestras naturales N° 1	91
Gráfico 19: CBR al 95% en muestras naturales N° 1	92
Gráfico 20: Resumen de resultados de ensayos en muestras naturales.....	93

Lista de figuras

Figura 1: Ciudades con el peor congestionamiento vehicular.....	16
Figura 2: Índice nacional de flujo vehicular en Lambayeque	16
Figura 3: Ubicación satelital de la zona de estudio	17
Figura 4: Alta densidad vehicular en la zona evaluada.....	17
Figura 5: Existencia de grifo comercial y carencia de señalización en la zona de estudio	18
Figura 6: Existencia de paraderos informales en la zona de estudio.....	18
Figura 7: Incidencia de accidentes vehiculares en la zona de estudio.	18
Figura 8: Fallas estructurales de la pavimentación flexible en la zona de estudio.....	19
Figura 9: Presencia de efectivo policial para descongestionamiento vehicular en la zona.	19
Figura 10: Intervalo entre vehículos.....	29
Figura 11: Espaciamiento promedio entre vehículos	31
Figura 12: Espaciamiento entre 2 vehículos	31
Figura 13: Conflictos direccionales.....	32
Figura 14: Conflictos concurrenciales.....	32
Figura 15: Conflictos funcionales	32
Figura 16: Fases semafóricas	39
Figura 17: Características del diagrama de fases	39
Figura 18: Ubicación del punto de control vehicular N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4	48
Figura 19: Localización de calicatas	49
Figura 20: Simulación visual del tráfico actual.....	50
Figura 21: Simulación visual del tráfico proyectado	51
Figura 22: Flujograma para contrastación de hipótesis.....	52
Figura 23: Conteo vehicular en punto de control N° 1	197
Figura 24: Conteo vehicular en punto de control N° 2	197
Figura 25: Conteo vehicular en punto de control N° 3	198
Figura 26: Conteo vehicular en punto de control N° 4	198
Figura 27: Toma de puntos en calzada.....	199
Figura 28: Toma de puntos en sardineles.....	199
Figura 29: Curvas de nivel del área de estudio	200
Figura 30: Perfiles longitudinales de la Av. José Quiñones.....	200

Figura 31: Perfiles longitudinales de la Av. Nicolás de Piérola.....	201
Figura 32: Secciones transversales generales.....	201
Figura 33: Calicata 1	202
Figura 34: Calicata 2	202
Figura 35: Calicata 3	203
Figura 36: Calicata 4	203
Figura 37: Preparación de muestras para contenido de humedad	204
Figura 38: Colocación de muestras saturadas en horno para contenido de humedad	204
Figura 39: Peso de muestras secas para contenido de humedad	205
Figura 40: Muestras secas para granulometría.....	205
Figura 41: Tamices para granulometría fina	206
Figura 42: Peso de pasta para límites de consistencia.....	206
Figura 43: Tiras para límites de consistencia	207
Figura 44: Preparación de muestras para gravedad específica.....	207
Figura 45: Muestras saturadas para gravedad específica	208
Figura 46: Filtración de muestras saturadas para sales solubles	208
Figura 47: Preparación de muestras para proctor modificado.....	209
Figura 48: Muestra compactada para proctor modificado	209
Figura 49: Muestra compactada para CBR	210
Figura 50: Lectura de dial de carga.....	210
Figura 51: Vista render 1 de propuesta final	211
Figura 52: Vista render 2 de propuesta final	211
Figura 53: Vista render 3 de propuesta final	212
Figura 54: Vista render 4 de propuesta final	212
Figura 55: Vista render 5 de propuesta final	213
Figura 56: Vista render 6 de propuesta final	213
Figura 57: Vista render 7 de propuesta final	214
Figura 58: Vista render 8 de propuesta final	214
Figura 59: Vista render 9 de propuesta final	215
Figura 60: Vista render 10 de propuesta final	215
Figura 61: Vista render 11 de propuesta final	216

Figura 62: Vista render 12 de propuesta final216

Figura 63: Vista render 13 de propuesta final217

Figura 64: Vista render 14 de propuesta final217

Resumen

El tráfico en el óvalo de las intersecciones entre las Av. José Quiñones y Av. Nicolás de Piérola, ha ido en crecimiento en los últimos años, cuya demanda vehicular ha sobrepasado la capacidad máxima de diseño, generando un pésimo nivel de servicio, siendo deficiente para atender el tráfico suscitado en dicho punto de la localidad de Chiclayo. La razón de este estudio fue exponer una solución integral, mediante el rediseño geométrico en la infraestructura vial, que optimice el tráfico vehicular del óvalo mencionado. La metodología fue aplicada, cuantitativa, descriptiva y no experimental, donde se ejecutó el estudio de tráfico, topográfico, mecánica de suelos, además, la determinación de velocidades máximas, modelamiento vial en PTV VISSIM & VISWALK, niveles de servicio y el análisis de rentabilidad. Se contempló como variables de estudio al rediseño geométrico de la infraestructura vial, tráfico vehicular, velocidades de desplazamiento y a los tiempos de viaje. Se demostraron con los resultados que la propuesta de rediseño, bajo una losa de pavimento rígido de 25 cm y base granular de 15 cm, redujo la demora promedio de 135.31 s a 28.63 s (78.84%), la cual aumentó la velocidad operativa en 35 km/h y mejoró el nivel de servicio de F a C. De acuerdo al VAN y TIR, el análisis económico arrojó un índice de costo/beneficio de 606.19, evidenciando su rentabilidad y viabilidad. Se concluyó que la propuesta optimizó significativamente la eficiencia del tránsito, redujo costos operativos, tiempos de viaje y aumentó la seguridad vial de la zona en estudio.

Palabras clave: Rediseño geométrico, infraestructura vial, tráfico vehicular, velocidades máximas, nivel de servicio, rentabilidad.

Abstract

Traffic at the roundabout at the intersection of José Quiñones Avenue and Nicolás de Piérola Avenue has been increasing in recent years, with vehicle demand exceeding the maximum design capacity, resulting in poor service levels that are inadequate to handle the traffic generated at this point in the city of Chiclayo. The purpose of this study was to propose a comprehensive solution through the geometric redesign of the road infrastructure to optimize vehicle traffic at the aforementioned roundabout. The methodology applied was quantitative, descriptive, and non-experimental, involving a study of traffic, topography, and soil mechanics, as well as the determination of maximum speeds, road modeling in PTV VISSIM & VISWALK, levels of service, and profitability analysis. The study variables included the geometric redesign of the road infrastructure, vehicular traffic, travel speeds, and travel times. The results showed that the redesign proposal, under a 25 cm rigid pavement slab and 15 cm granular base, reduced the average delay from 135.31 s to 28.63 s (78.84%), which increased the operating speed by 35 km/h and improved the level of service from F to C. According to the NPV and IRR, the economic analysis yielded a cost/benefit ratio of 606.19, demonstrating its profitability and viability. It was concluded that the proposal significantly optimized traffic efficiency, reduced operating costs and travel times, and increased road safety in the study area.

Keywords: Geometric redesign, road infrastructure, vehicular traffic, maximum speeds, level of service, rentability

Introducción

El transporte urbano es esencial para el desarrollo económico y social, ya que influye directamente en la movilidad de personas y mercancías. En ciudades con más de 100,000 habitantes, el uso de vehículos representa aproximadamente el 3.5% del PBI, sin contar el 3% adicional por viajes opcionales de fin de semana [1]. Estos porcentajes tienden a incrementarse por la mayor motorización y la expansión urbana, que alargan los tiempos de viaje y saturan la infraestructura vial [1]. En América Latina, el deterioro de las condiciones de circulación se asocia a la respuesta inadecuada de las autoridades y a la planificación fragmentada del transporte, con cada entidad tomando decisiones aisladas sin coordinación [2][3][4]. La permisividad en la ocupación de vías para actividades comerciales o estacionamientos temporales incrementa aún más la congestión [5]. La congestión vehicular es un problema creciente que genera elevados costos de tiempo y operación [6]. Durante las horas pico, muchas vías operan al límite, de manera que incrementos mínimos en el tráfico provocan grandes retrasos [7].

En São Paulo, la longitud de vías congestionadas pasó de 28 km en la mañana y 39 km en la tarde en 1992, a 80 y 122 km en 1996 [8]. En Santiago de Chile, el tiempo promedio para recorrer diez kilómetros aumentó de 22 a 32 minutos entre 1991 y 1997 [9]. Estos datos evidencian el costo económico y social del congestionamiento. Se estima que aumentar en 1 km/h la velocidad promedio de autos y en 0.5 km/h la del transporte público podría reducir tiempos y costos en un 0.1% del PBI [10].

En Perú, Lima presenta uno de los peores niveles de congestión vehicular en la región. Se calcula que un viaje en hora punta demora hasta un 42% más que en condiciones normales [11]. Una encuesta de 2018 reveló que el 21.1% de usuarios del transporte público pierde entre dos y tres horas diarias en desplazamientos, mientras que un 17% dedica entre 90 y 120 minutos [12][13]. Factores como diseño vial inadecuado, deficiencias en el mantenimiento, ubicación inadecuada de paraderos y mal estado del pavimento agravan esta situación [14]. A ello se suma la falta de educación vial y la imprudencia de conductores y peatones, que incrementan los accidentes y bloqueos en la red vial urbana [14]. En la ciudad de Chiclayo circulan más de 133,500 unidades de transporte público y privado, incluyendo combis, colectivos, taxis y mototaxis [20][29].

La intersección de las avenidas José Quiñones y Nicolás de Piérola constituye un punto crítico debido a la alta demanda vehicular, la presencia de terminales terrestres, paraderos informales y un crecimiento urbano acelerado que ha sobrepasado su capacidad de diseño. Las calzadas de doble carril con ancho promedio de 7.00 m resultan insuficientes para la magnitud del tráfico actual.

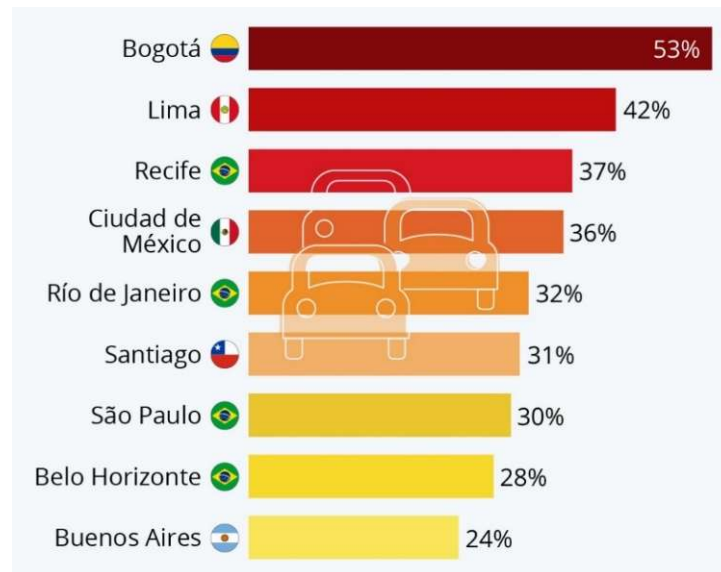


Figura 1. Ciudades con el peor congestionamiento vehicular [25].

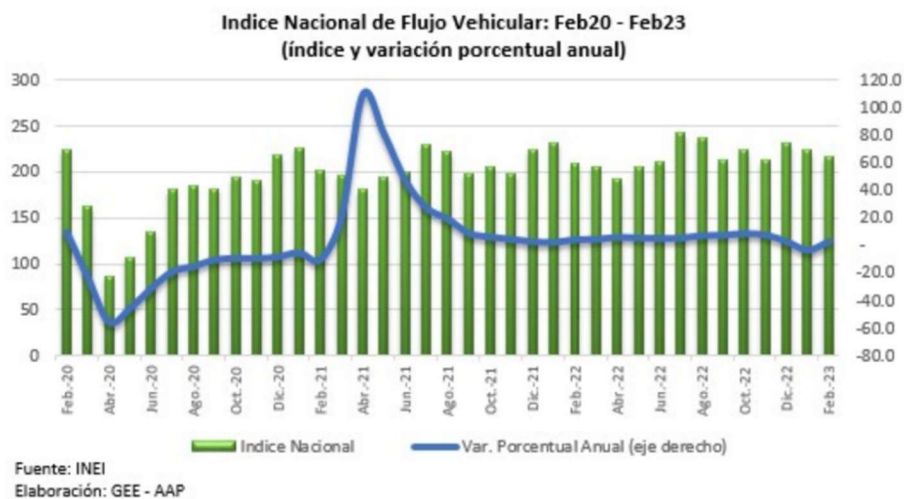


Figura 2. Índice nacional de flujo vehicular en Lambayeque [29].

La congestión se ve agravada por la ocupación informal de vías, la falta de semaforización adecuada, el mal estado de la pavimentación y la ausencia de planes integrales de gestión del tránsito [14]. En pleno corazón del óvalo, la instalación de un grifo y de paraderos informales ha reducido aún más el ancho de las vías, dificultando la transitabilidad tanto en horas normales como en horas punta. A esto se suman conflictos frecuentes entre conductores y peatones, con incidentes que aumentan los tiempos de viaje y reducen la seguridad.



Figura 3. Ubicación satelital de la zona de estudio.



Figura 4. Congestionamiento vehicular en la zona de estudio.



Figura 5. Existencia de grifo comercial y carencia de señalización en la zona de estudio.



Figura 6. Existencia de paraderos informales en la zona de estudio.



Figura 7. Incidencia de accidentes vehiculares en la zona de estudio.

La presencia de lluvias en épocas húmedas disminuye aún más la capacidad de las vías, obligando a conductores y peatones a utilizar rutas alternas que terminan saturándose. A esto se suma la carencia de educación vial y de gestión municipal en la implementación de soluciones técnicas adecuadas. No se han realizado estudios que analicen la variación del flujo vehicular ni simulaciones que evalúen propuestas de mejora en la intersección [14].



Figura 8. Fallas estructurales de la pavimentación flexible en la zona de estudio.



Figura 9. Presencia de efectivo policial para descongestionamiento vehicular.

La población ha tenido que adoptar medidas como salir con varias horas de anticipación o residir cerca de terminales y paraderos, lo que repercute negativamente en la calidad de vida y la productividad. Todo esto demuestra la necesidad de implementar una solución integral que reduzca la congestión y mejore la transitabilidad en la zona. El presente trabajo propuso el rediseño geométrico del óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola, con mejoras en pavimentación, señalización y gestión del tránsito para optimizar la circulación vehicular y peatonal, disminuir la congestión y elevar el nivel de servicio urbano.

En tal instancia, se planteó la siguiente cuestión: ¿En qué medida, una propuesta de solución integral mediante el modelamiento del rediseño geométrico de la infraestructura vial en PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, optimizó el congestionamiento vehicular del óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque? Del mismo modo, la siguiente hipótesis: La propuesta de solución integral mediante el modelamiento del rediseño geométrico de la infraestructura vial en PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, optimizó adecuadamente el tráfico vehicular en el óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque.

Por ende, se hizo énfasis al mejoramiento del tráfico vehicular mediante el software PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, el cual permitió establecer los factores del rediseño geométrico de la infraestructura vial, de la señalización horizontal y vertical, etc. Razón por la cual, el estudio se justificó por diferentes motivos:

Prácticamente, la propuesta de rediseño geométrico del óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola tuvo como objetivo optimizar la circulación vehicular y peatonal en la zona de estudio. La implementación de estas mejoras contribuiría a reducir la congestión, mejorar la seguridad vial y garantizar un nivel de servicio más eficiente en horas de mayor afluencia. Además, los resultados del estudio sirven como guía técnica para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales en futuras intervenciones de infraestructura urbana. En consecuencia, se favorece la planificación ordenada y sostenible del sistema vial de la ciudad.

Teóricamente, la investigación permitió ampliar los conocimientos sobre la dinámica del tránsito urbano en intersecciones complejas, considerando que existía escasa información técnica en la ciudad de Chiclayo por la falta de proyectos similares. Se emplearon fuentes confiables, como normativas vigentes y la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), aplicada mediante los programas PTV VISSIM y PTV VISWALK V23. Esto permitió analizar con rigor técnico el comportamiento del tránsito y fundamentar las soluciones propuestas. Asimismo, el estudio constituye un referente académico para futuras investigaciones sobre movilidad urbana en escenarios similares.

Metodológicamente, el estudio utilizó herramientas de simulación avanzada para evaluar la eficiencia del rediseño geométrico del óvalo. A través del modelado del flujo vehicular y peatonal, se identificaron puntos críticos y se plantearon alternativas de solución basadas en indicadores de nivel de servicio. La aplicación de un enfoque cuantitativo y comparativo permitió obtener resultados confiables sobre la reducción de la congestión y los tiempos de viaje. De igual manera, la metodología empleada puede ser replicada en otras intersecciones urbanas con problemas de movilidad similares.

Socialmente, la investigación tuvo como propósito mejorar la calidad de vida de los ciudadanos que transitan diariamente por el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola. La congestión vehicular existente afectaba la movilidad, la seguridad y el tiempo de desplazamiento hacia diversos puntos de la ciudad de Chiclayo. Con la propuesta de rediseño geométrico, se buscó disminuir los niveles de estrés y riesgo de accidentes de tránsito, brindando un entorno urbano más ordenado y seguro. Además, la mejora en la circulación vehicular y peatonal favorece el desarrollo económico y social, al optimizar la conectividad dentro de la ciudad.

De lo mencionado, se planteó como objetivo general: proponer una solución integral, mediante el rediseño geométrico de la infraestructura vial, que optimice el tráfico vehicular en el óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Como objetivos específicos: a) efectuar el estudio de tráfico, topográfico y mecánica de suelos dentro del área de influencia de la zona de estudio, para rediseño geométrico de la pavimentación rígida por el método AASHTO 93, a 500 m de radio del óvalo en mención, b) cuantificar las velocidades máximas de transitabilidad, en relación a las condiciones actuales de tráfico, c) realizar el modelamiento de la circulación vial en el programa PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, en base al tráfico vehicular actual y direcciones de flujo, d) diseñar el nuevo sistema vial del óvalo, en función a la simulación y nuevas dimensiones geométricas con señalización horizontal y vertical, e) determinar y comparar el nivel de servicio actual y proyectado de la zona de estudio, de acuerdo a su capacidad máxima de diseño, f) hallar la rentabilidad de la propuesta de solución integral, según la optimización de los niveles de servicio.

Revisión de literatura

Antecedentes

Orozco Lovato (2022), en su investigación titulada: “Identificación de punto de congestión vehicular y sus causas en la ciudad de Riobamba”, tuvo como objetivo identificar la situación actual del congestionamiento vehicular en la ciudad para determinar sus causas principales. La metodología fue de tipo descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, aplicada a una muestra probabilística de 378 vehículos. Los resultados mostraron que se evaluaron 6 vías principales, con calzadas de 2 carriles, 1 por sentido y un ancho promedio de carril de 3.0 m, para un ancho total de calzada de 6.0 m. El IMDA alcanzó los 18500 vehículos por día, con un flujo en hora punta de 1950 vehículos por hora. Las velocidades promedio fueron de 14.2 km/h, mientras que la velocidad de diseño fue de 40 km/h y la máxima operativa llegó a 28 km/h. Los ciclos semafóricos registrados alcanzaron en promedio 120 segundos por fase. El nivel de servicio antes de cualquier propuesta fue E, mejorando a D con los ajustes iniciales. En cuanto a los tiempos de viaje, estos disminuyeron de 22.5 a 15.2 minutos en los recorridos críticos, mientras que la longitud de las colas de saturación se redujo de 185 a 110 m tras las propuestas preliminares. En conclusión, el estudio permitió identificar con precisión las zonas críticas y cuantificar el impacto del congestionamiento, sentando las bases para futuros rediseños geométricos y medidas de gestión del tránsito [4].

Vergara Rosario (2021), en el estudio titulado: “Actualización de semaforización en Santa Marta Magdalena”, caracterizó los sistemas de semaforización en diversos países con el objetivo de analizar opciones y actualizar la red semafórica en Santa Marta para mejorar la fluidez y seguridad del tránsito en horas pico. La metodología fue descriptiva, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Los resultados evidenciaron que se evaluaron 8 vías con intersecciones críticas, con calzadas de 4 carriles, 2 por sentido con anchos de carril de 3.5 m y un ancho total de calzada de 14 m. El IMDA llegó a 22400 vehículos por día, con un flujo horario en hora punta de 2200 vehículos por hora. Las velocidades promedio fueron de 16.8 km/h, con una velocidad de diseño de 50 km/h y una velocidad máxima operativa de 32 km/h. Se aplicaron ciclos semafóricos de 90 segundos con fases adaptativas. El nivel de servicio mejoró de F a B con la implementación del sistema actualizado. Los tiempos de viaje se redujeron de 26.5 a 12.7 minutos y las colas de saturación pasaron de 220 a 95 m.

En conclusión, la actualización semaforica mejoró significativamente la movilidad urbana y redujo el tiempo de congestión en un 52% [11].

Herrera Ganem (2020), en su investigación titulada: “Propuesta metodológica para determinar la viabilidad económica para la implementación de un sistema de semaforización inteligente en otra capital colombiana”, evaluó la viabilidad económica de implementar sistemas de semaforización inteligente en una ciudad colombiana con más de 500,000 habitantes. El estudio fue aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, utilizando un modelo financiero para la estimación de costos y beneficios. Los resultados indicaron que se evaluaron 10 vías principales con intersecciones críticas, cada una con calzadas de 4 carriles, 2 por sentido, anchos de carril de 3.5 m y anchos de calzada de 14 m. El IMDA alcanzó 25000 vehículos por día, con flujos horarios de hasta 2500 vehículos por hora. Las velocidades promedio fueron de 18.5 km/h, con una velocidad de diseño de 50 km/h y máxima operativa de 35 km/h. Los ciclos semaforicos pasaron de 150 a 100 segundos con control adaptativo. El nivel de servicio mejoró de E a C, los tiempos de viaje disminuyeron de 30 a 11.1 minutos y las colas de saturación de 260 a 80 m. En conclusión, la reducción del 77% en la congestión justificó la inversión en semaforización inteligente [6].

Monterrey Cañas & Sosa Ramírez (2020), en el estudio titulado: “Diseños de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamientos de imágenes”, diseñaron un sistema basado en procesamiento de imágenes para controlar el flujo vehicular. La metodología fue aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, procesando datos en diferentes estados de congestión. Los resultados mostraron que se analizaron 5 vías con intersecciones críticas, con calzadas de 3 carriles por sentido, ancho de carril de 3.5 m y ancho total de calzada de 21 m. El IMDA alcanzó 19000 vehículos por día, con flujos de hasta 1850 vehículos por hora en hora punta. Las velocidades promedio fueron de 20.3 km/h, con velocidad de diseño de 50 km/h y máxima operativa de 38 km/h. Los ciclos semaforicos pasaron de 120 a 75 segundos con la automatización, y el nivel de servicio mejoró de D a B. Los tiempos de viaje se redujeron de 19.8 a 8.5 minutos y las colas de saturación pasaron de 145 a 60 m. En conclusión, el sistema optimizó la movilidad urbana y redujo el consumo energético en 48% [19].

Espinel Guillén & Jaramillo Viñán (2022), en su investigación titulada: “Análisis de tráfico y alternativas de solución para el congestionamiento vehicular en la intersección de la Mariscal Sucre y San Francisco de Rumihurco en la ciudad de Quito a través del software PTV VISSIM”, propusieron soluciones mediante modelos de simulación con la metodología HCM 2010. El estudio fue aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los resultados indicaron que se evaluaron 4 vías con intersecciones semaforizadas, con calzadas de 2 carriles por sentido y un ancho de 3.3 m por carril, con un total de 13.2 m por calzada. El IMDA fue de 20800 vehículos por día, con un flujo de 2000 vehículos por hora. Las velocidades promedio aumentaron de 15.7 km/h a 29.5 km/h, con una velocidad de diseño de 50 km/h y máxima operativa de 40 km/h. Los ciclos semafóricos se redujeron de 130 a 85 segundos por fase. El nivel de servicio pasó de F a A, los tiempos de viaje se redujeron de 24 a 12 minutos y las colas de saturación de 200 a 70 m. En conclusión, las alternativas propuestas representaron soluciones efectivas para la congestión vehicular [2].

Hernández Rodríguez & León Vallejo (2021), en su estudio titulado: “Microsimulación de tráfico y congestionamiento vehicular del óvalo Larco, Trujillo”, analizaron la congestión vehicular mediante el software VISSIM. La investigación fue descriptiva, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se evaluaron 5 vías con calzadas de 3 carriles por sentido, con un ancho de 3.5 m por carril y un ancho total de calzada de 21 m. El IMDA alcanzó 24500 vehículos por día, con flujos horarios de 2350 vehículos. Las velocidades promedio mejoraron de 17.2 a 30.6 km/h, con velocidades de diseño de 50 km/h y máximas de 42 km/h. Los ciclos semafóricos pasaron de 140 a 90 segundos por fase. El nivel de servicio mejoró de F a D, los tiempos de viaje se redujeron de 28 a 16 minutos y las colas de saturación disminuyeron de 230 a 105 m. En conclusión, la microsimulación permitió identificar soluciones viables para la mejora de la movilidad urbana [20].

Quispe Huisa (2021), en la investigación titulada: “Propuestas del mejoramiento de circulación vehicular evaluando tráfico aplicando técnica SYNCHRO, cruce vehicular cinco esquinas con Av. Tacna y Juliaca”, evaluó la circulación vehicular utilizando la técnica Synchro con el objetivo de mejorar las intersecciones más congestionadas. La metodología fue aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, realizando simulaciones con y sin mejoras en los ciclos semafóricos. Los resultados mostraron que se analizaron 5 vías con calzadas de 2 carriles por sentido y anchos de carril de 3.2 m, para un total de 12.8 m de ancho de calzada.

El IMDA fue de 21200 vehículos por día, con un flujo horario en hora punta de 2150 vehículos por hora. Las velocidades promedio aumentaron de 13.5 a 27.4 km/h, con velocidades de diseño de 50 km/h y máximas operativas de 40 km/h. Los ciclos semafóricos se redujeron de 110 a 85 segundos por fase. El nivel de servicio mejoró de F a B, los tiempos de viaje se redujeron de 26 a 13 minutos y las colas de saturación disminuyeron de 210 a 90 m. En conclusión, la optimización mediante Synchro representó una solución efectiva para la gestión del tránsito urbano [7].

Assina Flores & Masías Saldarriaga (2020), en su investigación: “Propuesta de un modelo con velocidad variable como mejora de la congestión vehicular en la vía expresa Javier Prado, entre el óvalo Monitor Huáscar y Paseo de la República, Lima, Perú”, evaluaron los beneficios de un sistema de velocidad variable en la Vía Expresa Javier Prado. El estudio fue cuantitativo, con diseño experimental, comparando la situación actual con la implementación del sistema. Los resultados indicaron que se analizaron 6 vías con calzadas de 3 carriles por sentido, con un ancho de carril de 3.5 m y ancho total de 21 m. El IMDA fue de 26500 vehículos por día, con flujos horarios de 2600 vehículos por hora. Las velocidades promedio aumentaron de 18.9 a 34.5 km/h, con velocidades de diseño de 60 km/h y máximas operativas de 45 km/h. Los tiempos de viaje se redujeron de 30 a 14 minutos, el nivel de servicio mejoró de E a C, y las colas de saturación disminuyeron de 240 a 100 m. En conclusión, la implementación del sistema de velocidad variable optimizó la circulación en una de las principales vías de Lima [5].

Gálvez Saldaña & Silva Sánchez (2022), en el estudio titulado: “Modelados del tráfico vehicular usando ProModel para disminuir la congestión vehicular en las Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca”, propusieron una solución para disminuir la congestión vehicular en una avenida con alto flujo en horas punta. La metodología fue aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando estudios de tráfico y simulación. Se analizaron 6 vías con calzadas de 2 carriles por sentido, con anchos de carril de 3.2 m y un ancho total de 12.8 m por calzada. El IMDA alcanzó 19800 vehículos por día, con un flujo horario en hora punta de 1950 vehículos por hora. Las velocidades promedio aumentaron de 15.1 a 28.3 km/h, con velocidades de diseño de 50 km/h y máximas operativas de 38 km/h. Los ciclos semafóricos se redujeron de 100 a 80 segundos, el nivel de servicio mejoró de E a C, los tiempos de viaje bajaron de 25 a 12 minutos y las colas de saturación disminuyeron de 190 a 85 m. En conclusión, la propuesta permitió una reducción significativa de la congestión y mejoró la movilidad en la zona de estudio [21].

Huamani del Carpio (2021), en su investigación: “Simulación microscópica del tráfico urbano entre una vía principal y alternas para mejorar la congestión vehicular”, utilizó el software Synchro para aliviar la congestión vehicular en el distrito de Imperial, ocasionada por el incremento del parque automotor y la falta de infraestructura vial adecuada. La metodología fue aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, simulando diversas alternativas de mejora. Los resultados evidenciaron que se evaluaron 5 vías principales con calzadas de 2 carriles por sentido, con un ancho de carril de 3.3 m y un ancho total de 13.2 m por calzada. El IMDA alcanzó los 20300 vehículos por día, con un flujo horario en hora punta de 2050 vehículos. Las velocidades promedio aumentaron de 14.8 a 30.1 km/h, con velocidades de diseño de 50 km/h y máximas operativas de 42 km/h. Los ciclos semafóricos pasaron de 120 a 90 segundos, el nivel de servicio mejoró de F a C, los tiempos de viaje se redujeron de 27 a 13 minutos y las colas de saturación disminuyeron de 200 a 95 m. En conclusión, la simulación demostró que las soluciones geométricas y de gestión del tránsito pueden mejorar significativamente la movilidad urbana [3].

Bases teóricas

Volumen de tránsito: Permite cuantificar vehículos en intersecciones de un sistema vial, relacionados con el tiempo para estimare ele nivele de servicio. El volumen de tránsito es la relación del total de vehículos en un tiempo determinado, expresada en la siguiente ecuación [16]:

$$Q = \frac{N}{T} \text{ [Ec. 1]}$$

Dónde:

Q = Vehículos para un determinado tiempo.

N = # vehículos.

T = Duración o tiempo determinado.

Volúmenes de tránsito absolutos o totales: Representa la cantidad de vehículos que transitan por un tiempo en específico y de acorde a su duración, se tiene [5]:

TA = 1 año.

TM = 1 mes.

TS = 1 semana.

TD = 1 día.

TH = 1 hora.

Tasas de flujo: $T < 1$ hora.

Volúmenes de tránsito promedios diarios: Es el promedio de vehículos que circulan diariamente de acuerdo al periodo que se desea considerar [7]:

Tránsito promedio diario anual:

$$TPDA = \frac{TA}{365} \text{ [Ec. 2]}$$

Tránsito promedio diario mensual:

$$TPDM = \frac{TM}{30} \text{ [Ec. 3]}$$

Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} \text{ [Ec. 4]}$$

Tránsito total diario (TTD): Conteo directo en todo un día determinado.

Volúmenes de tránsitos horarios: Expresado en vehículo/hora, se encuentran [6]:

- ✓ Volumen horario máximo anual: Determinado en la hora con el máximo volumen en 1 año.
- ✓ Volumen hora de máxima demanda (VHMD): Máxima cantidad de vehículos que transitan durante 60 minutos consecutivos.
- ✓ Volumen hora de proyecto (VHP): Sirve para verificar la viabilidad del proyecto, es el volumen horario que se puede dar más veces en 1 año.

Para el análisis, se necesita conocer volúmenes, capacidad, niveles de servicio, tipo de flujos vehiculares, velocidades, controles de tránsito y zonas de estacionamiento. Diferencia del vol. El flujo cambia por hora, por lo que hay diferentes tasas para cada intervalo de tiempo. El FHMD relaciona el VHMD con el flujo máximo ($q_{m\acute{a}x}$) en un periodo específico [4].

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{m\acute{a}x})} \text{ [Ec. 5]}$$

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda (5, 10 o 15 minutos, pudiendo ser y siendo el último el de mayor frecuencia):

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{m\acute{a}x})_{15}} \text{ [Ec. 6]}$$

Teoría del flujo vehicular: Se evalúa el tránsito en horas pico para determinar si el número de vehículos supera la capacidad de la vía, lo que causaría congestión. Para proponer una solución vial efectiva, es vital entender el sistema de transportes. Un análisis de flujo considera variables principales como flujo, velocidad y densidad, y secundarias como volumen, intervalo, espaciamiento, distancia y tiempo, con una ecuación fundamental [3].

$$q = V * k \text{ [Ec. 7]}$$

Dónde:

k = Concentración o densidad.

q = Tasa de flujo.

V = Velocidad.

VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO: Entre ellas se encuentran [13]:

Tasa de flujo o flujo (q) y volumen (Q): Es la frecuencia de vehículos en un carril por menos de 1 hora, expresada en vehículos por minuto o segundo. Se denomina volumen horario como vehículos/hora [13].

Dónde:

q = Tasa de flujo.

N = # vehículos.

T = Período (unidad de tiempo).

Intervalo simple (hi): Se representa por el intervalo de tiempo entre dos vehículos consecutivos, usando puntos homologos y se expresa usualmente en segundos [2].

Intervalo promedio entre varios vehículos (\bar{h}): Es el promedio de todos los intervalos simples para varios vehículos en tránsito, expresado en (s/vehículos) y se presenta así [14]:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1} \text{ [Ec. 8]}$$

Dónde:

\bar{h} = Intervalo promedio (s/vehículos).

N = Cantidad de autos.

N-1 = # intervalo.

hi = Intervalo simple entre el vehículo (i) y el vehículo (i+1).

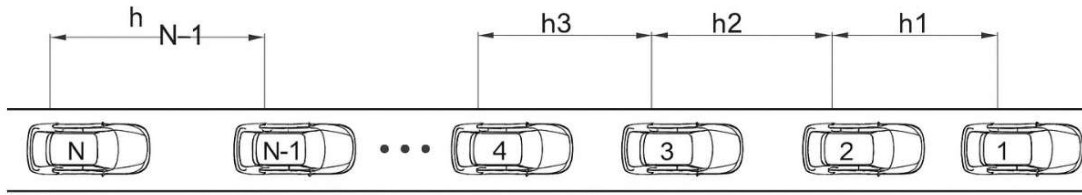


Figura 10. Intervalo entre vehículos [22].

Se puede interpretar que (\bar{h}) (s/vehículos) se asocian como con $(q) = \text{vehículos/s}$, teniendo como expresión:

$$\bar{h} = \frac{1}{q} \text{ [Ec. 9]}$$

Variables relacionadas con la velocidad: Entre ellas se encuentran: instantánea, media temporal, media espacial, de recorrido, de marcha y la distancia recorrida en un tiempo [16].

Velocidad de un vehículo: Relaciona la distancia entre el tiempo que se empleó, expresado como [20]:

$$V = \frac{d}{t} \text{ [Ec. 10]}$$

Dónde :

V = Velocidad constante (km/h).

D = Recorridos (km).

T = Duración del recorrido (h).

Velocidad de marcha: Es la velocidad medida que excluye las paradas y demoras [20].

Velocidad instantánea o velocidad de punto: Aquella velocidad medida en un punto específico para tramo muy corto por lo que es difícil de leerla [23].

Velocidad de recorrido: Es la distancia total de un viaje largo dividida por el tiempo empleado. Se excluyen las demoras por tránsito y recreación. Se calcula como el promedio de las velocidades de varios vehículos [23].

Distancia de recorrido: Medida en unidades de longitud y es la longitud total recorrida por un vehículo [13].

Tiempo de recorrido: Medido en unidades de tiempo y se determina al ser medido entre 2 puntos (uno de partida y otro final) [13].

Velocidad media espacial (V_m): Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos para un instante determinado en la que ocupan una longitud de la vía [20].

$$V_{me} = \frac{d}{(\sum_{i=1}^N f_i \cdot t_j)/n} \text{ [Ec. 11]}$$

Dónde:

$V_m =$ (km/h).

$D =$ Medida del tramo (km).

$t_j =$ Tiempo de recorrido para el vehículo f_i .

$f_i =$ Cantidad de vehículos para un tiempo t_j .

$N =$ Número de tiempos de recorrido observados.

$n =$ Cantidad o muestra tomada de vehículos.

Velocidad media temporal: Denominada también como velocidad media – tiempo, siendo la media aritmética de la velocidad de los vehículos que transitan por un determinado punto, durante un espacio de tiempo. Su unidad es (km/h) [6].

$$V_{mt} = \frac{1}{n} \sum_i v_i \text{ [Ec. 12]}$$

Dónde:

$N =$ # vehículos.

$V_i =$ Velocidad del i -ésimo vehículo.

Variables relacionadas con la densidad

Densidad o concentración (k): Representada por el número de vehículos que ocupan una distancia, expresado en vehículos/km [16].

$$k = \frac{N}{d} \text{ [Ec. 13]}$$

Espaciamiento simple (Si): Es la longitud o distancia recorrida entre 2 vehículos seguidos, sus unidades son metros y la medida es entre las partes traseras del vehículo [3].

Espaciamiento promedio (S⁻): Aquel promedio de todos los espaciamientos simples, expresado en (m/vehículos) y calculado por la siguiente expresión [3]:

$$S^- = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} S_i}{N-1} \text{ [Ec. 14]}$$

Dónde:

$N =$ # vehículos.

$N - 1 =$ # espacios.

$S_i =$ Espaciamiento simple entre el vehículo (i) y el vehículo (i+1).

También puede expresarse como la inversa de la densidad si realizamos el análisis de sus unidades:

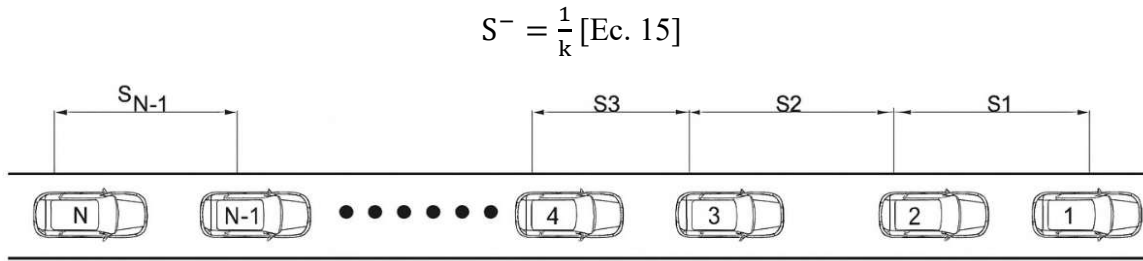


Figura 11. Espaciamiento promedio entre vehículos [22].

Relación entre flujo, velocidad, densidad, el intervalo y el espaciamento: El "paso" es el tiempo que un vehículo tarda en recorrer su longitud, y el "claro" es el espacio entre el frente del vehículo de atrás y la parte trasera del vehículo de adelante [5].

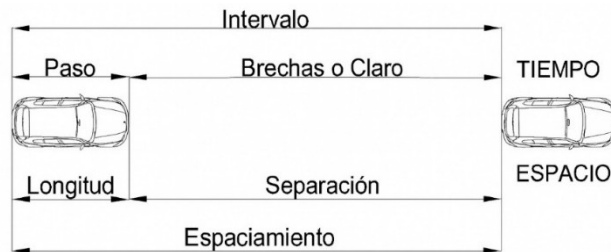


Figura 12. Espaciamento entre 2 vehículos [22].

Para un grupo vehicular moviéndose a una velocidad (V_e) aprox. Invariable en el tiempo, el intervalo promedio \bar{h} y espaciamento promedio S^- .

$$\bar{S}^- = V_e * \bar{h} \text{ [Ec. 16]}$$

Además, el flujo del tránsito puede expresarse en términos de tasa de flujo (q), velocidad (v) y densidad (k):

$$\bar{h} = \frac{1}{q} \text{ [Ec. 9]}$$

Dónde:

$$\frac{1}{k} = V_e * \left(\frac{1}{q}\right) \text{ [Ec. 17]}$$

$q = V_e * k$...Ecuación fundamental del flujo vehicular.

Conflictos del tráfico: Los conceptos de conflicto del tráfico ayudan a entender las causas del congestionamiento vehicular. Entre ellos se encuentran [23]:

Conflictos direccionales: Ocurren con cambios de dirección en las rutas alternas de los conductores. Posibles soluciones son [21]:

- ✓ El vehículo 2 siempre le cede el paso al vehículo 1 (señal de prioridad).
- ✓ El derecho en el paso se alterna en el tiempo (semáforo).
- ✓ Accidente: los vehículos colisionan.



Figura 13. Conflictos direccionales [23].

Conflictos concurrentes: Se genera cuando dos vehículos avanzan en la misma dirección a diferentes velocidades, donde $v_1 > v_2$, posibilitando que se crucen en el punto "P" en algún instante. Las soluciones posibles son [21]:

- ✓ El vehículo 1 adelanta al vehículo 2.
- ✓ El vehículo 1 ajusta su velocidad a la del vehículo 2.
- ✓ Accidente: el vehículo 1 colisiona con el vehículo 2.

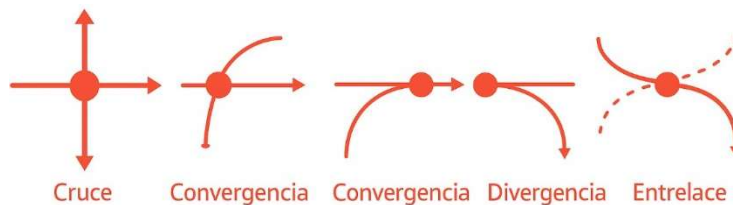


Figura 14. Conflictos concurrentes [23].

Conflictos funcionales: Se producen en un lugar cuando hay obstáculos, como la detención de un vehículo para recoger pasajeros o carga. Las soluciones pueden ser [20]:

- ✓ El vehículo 1 adelanta al vehículo 2.
- ✓ El vehículo 1 se detiene tras el vehículo, mientras éste carga y descarga.
- ✓ Accidente: el vehículo 1 colisiona con el vehículo 2.



Figura 15. Conflictos funcionales [23].

Taxonomía de modelos de redes viales: Para llevar a cabo un análisis profundo y detallado del flujo de tráfico vehicular, es posible considerar una variedad de modelos diferentes. Estos modelos se fundamentan en diversas características y factores que afectan el movimiento de los vehículos, y se pueden evaluar desde múltiples puntos de vista y enfoques de análisis. Se pueden encontrar diversos tipos de modelos en diferentes escalas de observación, tales como el modelo macroscópico, que se centra en el comportamiento general y a gran escala de los sistemas; los modelos mesoscópicos, que se especializan en detallar las interacciones en escalas intermedias; y, por último, los modelos microscópicos, que analizan y describen los fenómenos a nivel molecular y atómico [14].

Tabla I

Modelos de redes viales

Categoría de modelo	Cómo trata vehículos y cómo modela tráfico	Ejemplos de software	Aplicaciones típicas
Macroscópico	Como fluido continuo. Modelo fluidodinámico. Relación flujo - demora	TRIPS EMME/2 ESTRAUS	Asignación tráfico, evaluación de proyectos estratégicos (eg, metro)
Mesoscópico	En grupos vehículos. Histogramas cíclicos flujo. Dispersión tráfico en arcos	SATURN TRANSYT SCOOT	Coordinación semáforos, prioridad a buses, gestión de tráfico urbano
Microscópico	Vehículos individuales. Modelos de seguimiento vehicular y cambio de pista	PARAMICS GETRAM SIGSIM, etc.	Diseño y operación detallada de elementos viales (eg, intersecciones)

Nota. Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular [23].

- a) **Modelación macroscópica:** Es el modelo que emplea representaciones continuas del tránsito, relacionando el flujo y sus parámetros correspondientes [10].
- b) **Modelación mesoscópica:** Modelado empleado en la gestión del tráfico urbano y la coordinación de semáforos. En esta simulación, se trata a un grupo de vehículos como una única unidad; giros, tiempos de llegada y salidas son establecidos por la modelación [10].
- c) **Modelación microscópica:** Se fundamenta en la característica de cada vehículo en el flujo vehicular, permitiendo simular el tránsito con más detalle, al tener múltiples datos de ingreso y un mayor tiempo de modelación; se incluye el análisis de colas de espera y otros parámetros [10].

Flujo discontinuo en intersecciones semaforizadas: El concepto de flujo discontinuo está relacionado con la gestión y el control del ciclo del semáforo. Esto se debe a que, durante cada uno de esos ciclos de luz, la señal roja se encarga de interrumpir el flujo de vehículos, lo que provoca que el tránsito ya no fluya de manera continua. Asimismo, también es posible que surja la necesidad de incorporar rotondas, así como señales que indiquen prioridades y la clasificación de las vías en principales o secundarias [12].

Tasa de flujo de saturación: Se refiere a la cantidad de automóviles que pueden transitar a través de un cruce semafórico, en un intervalo de una hora y por cada carril individual, bajo la condición de que la luz verde permanezca continuamente activa. Esto significa que los vehículos no hacen ninguna parada y se asegura que no existan intervalos de tiempo excesivamente largos entre uno y otro vehículo que puedan interrumpir el flujo del tráfico [23]. La tasa de flujo de saturación 'S' se calcula según HCM 2010 multiplicando el flujo base por factores de corrección. El "headway de entrada" en ingeniería de tránsito sucede en una intersección al pasar de rojo a verde, cuando los vehículos cruzan la línea de parada [15].

Demoras y colas: Se enfrenta a congestión vehicular debido a un mal diseño de la red vial que no considera tiempos semafóricos, estacionamientos, accesos y carriles especiales. Las demoras ocurren de dos formas: por señales de control (alto o ceda el paso) y por alta demanda vehicular en horas pico, así como por incidentes o cierres de vías [16].

Capacidad y nivel de servicio: La palabra "capacidad", según lo expuesto en el Highway Capacity Manual (HCM), se refiere a la cantidad máxima de vehículos o personas que pueden circular a lo largo de una carretera en un periodo específico de tiempo, teniendo en cuenta las condiciones predominantes que afectan a la infraestructura vial, así como de los dispositivos de control del tráfico y las características del mismo. En función de este principio, se establece que la capacidad de una vía o carretera se determina como la cantidad máxima de vehículos que puede manejar eficientemente sin sobrecargas, la cual se conoce como la tasa de flujo vehicular. Las condiciones que predominan en la carretera dependen fundamentalmente de sus características geométricas [15].

Estas características incluyen aspectos tales como la cantidad de carriles disponibles, el uso que se les da, así como su configuración específica. Además, se consideran factores como el ancho del arcén y cómo se presentan tanto el alineamiento horizontal como el vertical de la vía. Adicionalmente, se puede observar la circulación continua, que se manifiesta en situaciones donde no hay dispositivos externos interfiriendo con el flujo de tránsito, tales como semáforos o señales de alto, las cuales generalmente causan paradas o interrupciones en la movilidad de los vehículos. Por otro lado, la circulación es considerada discontinua cuando hay elementos fijos presentes que ocasionan retrasos en el tránsito a intervalos regulares, como son los semáforos, las zonas de prioridad que incluyen diversas señales, y otras regulaciones de tráfico que afectan el movimiento de los automóviles [22].

Capacidad en intersecciones semaforizadas: La capacidad en intersecciones semaforizadas se mide por el flujo de unidades móviles en 15 minutos. La capacidad vial se mide en vehículos/hora y se basa en el flujo de saturación. La tasa de flujo de saturación es crucial, ya que señala el flujo máximo en vías con tráfico, suponiendo semáforos siempre en verde; se expresa como la razón del flujo de demanda sobre la tasa de flujo de saturación (v/c). El flujo de saturación es la capacidad de vehículos para acceder a una intersección, con o sin semáforo. Esta investigación calculará la capacidad de vehículos en carriles e intersecciones y el grado de saturación (v/c) [16].

Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas: El concepto de niveles de servicio, tal como se describe en el Highway Capacity Manual (HCM) publicado en el año 2010, señala que, en el caso de un flujo de tráfico que no es continuo, el nivel de servicio se determina principalmente por las demoras que se producen debido al control del tráfico. Estas demoras son el resultado del paso restringido que provocan las señales semafóricas en las intersecciones donde los vehículos deben circular. La demora, entendida como un elemento fundamental de control en el tráfico, establece y determina de manera significativa el nivel de servicio que ofrecen las intersecciones que están dotadas de señales. Esto no solo revela la cantidad total de tiempo que los viajeros pierden durante su trayecto, sino que también pone de manifiesto el consumo de combustible asociado a estas pérdidas de tiempo. Además, la demora sirve irrefutablemente como una medida que refleja la frustración y la incomodidad que experimentan los conductores mientras están en la carretera. [15]. Las demoras en intersecciones semaforizadas se deben a la geometría, tráfico, controles y ciclos semafóricos [24]:

- ✓ **Nivel de servicio A:** Las demoras por control son de 10 s/vehículo o menos, con relación v/c menor a 1. Se asigna este nivel con baja relación v/c o ciclo muy corto [24].
- ✓ **Nivel de servicio B:** Las demoras por control son de 10 a 20 s/vehículo y de v/c menor a 1. Este nivel se asigna cuando la relación v/c es baja y el ciclo es corto, mostrando más vehículos varados que en el nivel A [24].
- ✓ **Nivel de servicio C:** Las demoras por control son de 20 a 35 s/vehículo con una relación v/c menor a 1. Este nivel se asigna con ciclos moderados y demoras en cola que impiden la circulación de vehículos por mal control semafórico [24].
- ✓ **Nivel de servicio D:** Las demoras por control son de 35 a 55 s/vehículo para v/c menor a 1. Este nivel se asigna cuando la relación v/c es alta y el ciclo es largo, provocando paradas de vehículos y fallas individuales [24].
- ✓ **Nivel de servicio E:** Las demoras por control son de 55 - 80 s./vehículo para v/c menor a 1. Este nivel se asigna con alta relación v/c y ciclos largos, evidenciando fallas recurrentes [24].
- ✓ **Nivel de servicio F:** Las demoras por control superan 80 s/vehículo con v/c mayor a 1. Este nivel se asigna con alta relación v/c y ciclos largos que no eliminan colas [24].

Dispositivos de control de tránsito: Son dispositivos como semáforos y señales que regulan el tránsito para mejorar el servicio y evitar accidentes y demoras. Un dispositivo de control debe ser efectivo al cumplir lo siguiente [17]:

- a. Realmente exista una necesidad de su implementación.
- b. Que el conductor o peatón pueda verlo fácilmente.
- c. Que brinde el mensaje de forma clara.
- d. Tenga una correcta ubicación para poder reaccionar a tiempo.
- e. Uniformidad.
- f. Demostrar autoridad.

Ubicación y requisitos: Los elementos deben ubicarse para atraer rápidamente la atención del usuario y facilitar su lectura, considerando el tipo de vía y la velocidad. Además, deben complementarse con otros dispositivos para evitar accidentes y demoras, colocándose uniformemente según reglamento. [17].

Semáforos: Son aparatos eléctricos que organizan y controlan el paso de vehículos motorizados y no motorizados, así como de peatones, mediante luces de colores rojo, amarillo y verde que cambian gradualmente para indicar funciones según el color. Se regula y gestiona la operación de varios semáforos a través de unidades de control de diferentes tipos; por ejemplo, un grupo de semáforos interconectados tiene otros dispositivos para su gestión, permitiendo acceder a funciones básicas en un control central o maestro. Entre ellos se encuentran [17]:

Semáforos fijos o pre sincronizados: Son programables con ciclos y fases preestablecidas, sin depender del tráfico; los tiempos y fases pueden ajustarse según la necesidad [23].

Semáforos sincronizados por el tránsito: Para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema, se emplean detectores diseñados tanto para la detección de vehículos como para la de peatones [20]. Estos sensores trabajan de manera sincronizada en todos los puntos de acceso a un cruce de calles, lo que permite contabilizar la cantidad de tránsito, ya sea de automóviles o de transeúntes, que se presenta en ese lugar. De este modo, el semáforo se activa y ajusta su funcionamiento en respuesta al volumen de tráfico detectado, tomando en cuenta tanto los vehículos como las personas [17].

Semáforos adaptados al tránsito: Los semáforos inteligentes regulan automáticamente el tráfico en intersecciones usando detectores que envían datos sobre el volumen vehicular a una estación de control [21].

Semáforos usados en pasos peatonales: Proporcionan el tiempo adecuado y necesario que permite a las personas que caminan, es decir, a los peatones, cruzar una carretera o vía de manera segura, utilizando el paso peatonal designado. Por esta razón, es de gran importancia contar no solo con semáforos que regulen el tráfico, sino también con una clara demarcación en el pavimento que señale explícitamente las áreas destinadas para el cruce de peatones [20].

Luces de los semáforos: Rojo fijo: Obliga a los conductores a detenerse en los cruces peatonales y sugiere instalar un semáforo peatonal que indique cuándo cruzar.

El amarillo fijo es un breve intervalo que indica a los autos detenerse al cambiar de luz verde a roja y advierte a los peatones sobre el tiempo limitado para cruzar, a menos que haya un semáforo peatonal. Este periodo es crucial para evitar frenadas bruscas y despejar el tránsito en cruces. Verde fijo: Permite a los conductores continuar o girar, salvo señal de prohibición. Los peatones deben esperar a que los vehículos pasen, a menos que otros semáforos indiquen lo contrario [16].

Cambio de luz ámbar y duración de luz roja: La luz ámbar y la extensión del rojo se ajustan en cada fase del semáforo. El intervalo de cambio ámbar avisa al conductor de un próximo semáforo rojo, durando de 3 a 6 segundos, con tiempos más largos para movimientos rápidos. El intervalo de despeje rojo permite un breve tiempo tras la indicación ámbar, donde el semáforo final y las fases en conflicto muestran luz roja, generalmente de 1 o 2 segundos. Un semáforo consta de lente, lámpara, reflector y portalámpara, todos orientados en la misma dirección. En cada intersección hay al menos 2 caras para diferentes accesos, y, si es necesario, se añade uno para peatones, ubicándose al inicio y final de cada cruce [15].

Cálculo de los tiempos de semáforo: Para reducir el problema vehicular, es esencial minimizar las demoras y maximizar los movimientos simultáneos en cada fase, de modo que se puedan despejar más vehículos en los cruces, manteniendo al mismo tiempo la seguridad y una buena viabilidad de las fases. Cada fase comienza con la restricción del pase, marcando el fin de la luz verde y los movimientos según los accesos. En resumen, cada fase tiene 3 intervalos de colores. La distribución del tiempo en cada fase debe correlacionarse con el tráfico de los accesos y el ciclo completo. Hay una fase de todo rojo, donde todos los semáforos están en rojo, y un intervalo entre verde, que es el tiempo entre el final de un verde y el inicio del siguiente, sumando el tiempo de todo rojo y ámbar [16].

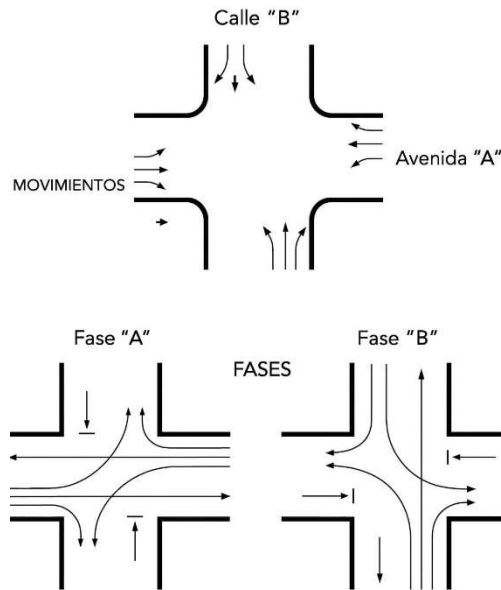


Figura 16. Fases semafóricas [22].

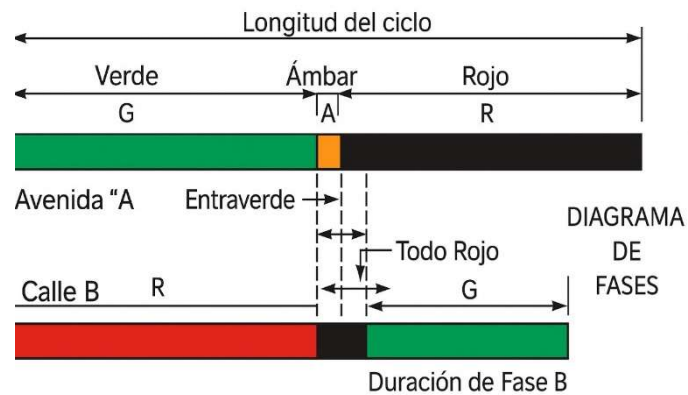


Figura 17. Características del diagrama de fases [22].

Unidad de control: Se trata de un sistema electrónico, a veces mecánico, que controla las fases y luces de un semáforo mediante una programación que minimiza demoras. Su clasificación es la siguiente [17]:

- a. Tiempo fijo: programación preestablecida y ninguna fase puede activarse por el tráfico.
- b. Semi accionado: Algunas de sus fases son activadas con el tránsito.
- c. Totalmente accionado: Se activa totalmente por el tránsito.

Estación central o control maestro: Es el lugar donde se efectúan modificaciones y se envían automáticamente señales a los sistemas de control interconectados, que buscan optimizar el flujo de tráfico para minimizar las demoras causadas por un manejo ineficiente de grandes volúmenes vehiculares, especialmente en intersecciones cercanas dentro de áreas urbanas. La gestión de cada cruce respecto al manejo del tiempo del semáforo afecta a los demás, por lo que es preferible coordinar semáforos en lugar de ajustar el tiempo de fases individualmente [17].

Granulometría del suelo: Cuantifica la distribución del tamaño de los granos del suelo en base a sus diámetros. Este método permite obtener el porcentaje retenido que pasa por los distintos tamices, los cuales están normados y van desde la malla de 3" (80 mm) hasta la N° 200 (74 mm) [26].

Clasificación AASHTO: Se encuentran 8 grupos según modelos del A-1 al A-B. Para suelos inorgánicos, existen 7 grupos desde el A-1 al A-7. No obstante, se fraccionan en 12 subgrupos para el caso del tipo A-8, dado que presentan elevada proporción de materia orgánica [27].

Clasificación SUCS: Se agrupan en suelos de granos gruesos, finos y orgánicos. Se distinguen entre sí, de acuerdo al tamizado según el porcentaje retenido en la malla N°200. Si las partículas son retenidas más del 50% en el tamiz N°200, se considera suelo grueso, mientras que, si más del 50% son menores que dicho tamiz, se le denomina suelo fino [28].

Límite líquido: Es la capacidad que tiene el suelo para cambiar de fase sólida a líquida, donde el porcentaje de humedad aumenta desde la consistencia plástica a la líquida. En pocas palabras, se encuentra entre el estado sólido y plástico [26].

Límite plástico: Se origina cuando el suelo cambia su consistencia de fase sólida a líquida, cuando la humedad disminuye de plástica a semisólida. Su valor corresponde al límite inferior del estado plástico, y, en consecuencia, a los siguientes rangos [26].

Índice de plasticidad: Interpreta el peso seco del suelo, cuya variación de humedad se mantiene en estado plástico. A su vez, su valor puede hallarse mediante la diferencia entre el límite líquido y plástico en porcentaje [26].

Contenido de humedad: Es la cantidad de agua que alberga el suelo, cuya capacidad consigna un material seco o húmedo. Resulta de la diferencia del peso saturado y peso seco del horno, entre el peso seco de la muestra, expresado en porcentaje [26].

Gravedad específica: Determina el peso específico de los suelos que pasan por los distintos tamices. El peso específico es la fase sólida de un suelo y que se encuentra a una temperatura determinada. El análisis para suelos finos se determina generalmente con picnómetro, es decir, mediante la medición de la masa de agua desalojada por la muestra del suelo [29].

Sales solubles: Establece la cantidad de sales presentes en el suelo, las cuales pueden influir directamente en la permeabilidad, cohesión y capacidad de soporte, por lo que se debe realizar cuando existen suelos de baja calidad con problemas de expansión [30].

Proctor modificado: Define la relación de la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad del suelo, el cual es determinado mediante energía modificada. De acuerdo a diferentes porcentajes de humedad establecidos, fundamentalmente, esta prueba permite desarrollar la resistencia al corte y la estabilidad ante cargas móviles, como también, reduce la permeabilidad, compresibilidad y asentamientos. A su vez, disminuye los efectos de expansión por temperaturas extremas [26].

CBR: Este ensayo se utiliza para estimar la durabilidad condicional de la subrasante, subbase y base granular, inclusive, de aquellos materiales reciclados que se adicionan para obras viales. Su valor mide la capacidad de soporte del suelo y de aquellos agregados o materiales que son compactados bajo una determinada dosificación de densidades secas y humedades óptimas [26].

Materiales y métodos

Tipo, enfoque, nivel y diseño de investigación

Tipo

La investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a resolver un problema real de congestión vehicular en el óvalo conformado por las avenidas José Quiñones y Nicolás de Piérola en la ciudad de Chiclayo. Su propósito fue desarrollar una propuesta de solución integral basada en criterios técnicos y normativos que permitiera optimizar el tráfico vehicular y mejorar la transitabilidad en la zona de estudio.

Enfoque

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, debido a que se trabajó con datos numéricos obtenidos a través del conteo vehicular, la modelación del flujo de tránsito y la simulación de escenarios con software especializado. Los resultados fueron analizados estadísticamente y contrastados con investigaciones previas y metodologías reconocidas, como el Highway Capacity Manual (HCM 2010).

Nivel

El nivel de la investigación fue descriptivo - explicativo. Descriptivo, porque se caracterizó la situación actual del tránsito vehicular, las condiciones geométricas y la infraestructura vial del óvalo; y explicativo, porque se evaluó la relación entre la propuesta de rediseño geométrico y la mejora del nivel de servicio vehicular y peatonal.

Diseño

Se utilizó un diseño no experimental y transversal, ya que no se manipularon las variables de manera directa, sino que se analizaron las condiciones existentes del sistema vial en un solo momento, modelando posteriormente en PTV VISSIM y PTV VISWALK V23 los escenarios mejorados con base en las dimensiones geométricas propuestas.

Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo conformada por la totalidad de vehículos y peatones que transitan diariamente por las ocho intersecciones que conforman el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola en la ciudad de Chiclayo.

Muestra

La muestra se delimitó a un radio de 500 m desde el centro del óvalo, abarcando todas las vías adyacentes y considerando el tránsito vehicular y peatonal en horas punta y no punta, a partir de conteos realizados en campo para clasificar tipos de vehículos, volúmenes de tránsito y niveles de servicio.

Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, dado que la selección de la zona, días y horarios de evaluación respondió a la accesibilidad, la criticidad operativa del óvalo y la disponibilidad de información para el análisis del flujo vehicular, la topografía y el estudio de mecánica de suelos (EMS).

Criterios de selección

El óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola, ha sido elegida para el desarrollo del estudio, debido a su ubicación, por ser una zona comercial con flujo vehicular continuo, dando acceso de salida a la ciudad de Ferreñafe, y a su vez, de entrada a la ciudad de Chiclayo, como también, existen múltiples entidades, puntos de servicio y establecimientos comerciales en la zona, lo que resalta la necesidad de optimizar el congestionamiento vehicular percibido en esta área. Es esencial alcanzar un nivel de servicio favorable que prevenga retrasos, inconvenientes y potencialmente accidentes.

Operacionalización de variables

Variables independientes: Rediseño geométrico de la infraestructura vial.

Variable dependiente: Tráfico vehicular.

Variables intervinientes: Velocidades de desplazamiento y tiempos de viaje.

Tabla II
Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumentos
Rediseño geométrico de la infraestructura vial	El rediseño geométrico es el proceso mediante el cual se determinan las dimensiones físicas y la disposición de los elementos viales para garantizar seguridad, comodidad y eficiencia [15].	Propuesta de rediseño geométrico del óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar la transitabilidad vehicular	Diseño del nuevo sistema vial del óvalo	Diseño geométrico Parámetros de diseño de pavimentación rígida	m, m ² , m ³ , und, km, etc.	De razón	MTC - Manual de diseño geométrico de vías urbanas 2005 Metodología AASHTO 93
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumentos
Tráfico vehicular	El tráfico vehicular es el movimiento de vehículos a lo largo de una vía o red vial, que puede medirse en términos de volumen, velocidad, densidad y flujo, reflejando las condiciones de operación y capacidad de la infraestructura vial [24]	Se evaluó mediante el modelamiento y simulación del flujo de tránsito en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola, considerando el volumen vehicular, nivel de servicio y tiempos de viaje antes y después de la propuesta de rediseño geométrico, utilizando el software PTV VISSIM y siguiendo la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010) y las normas del MTC	Modelamiento del tráfico vehicular (caracterización de la zona de estudio) Diseño de la implementación del sistema (óptimo acondicionamiento de la red vial) Nivel de servicio (interacción vehículos – peatones y prioridad de pases sobre la carpeta de rodadura del pavimento)	Infraestructura vial (dimensiones y estructuras viales) Especificaciones técnicas (ejecución, operación y mantenimiento) Capacidad máxima de diseño (número de personas y vehículos que transitan por hora)	m, m ² , m ³ , und, km, etc. personas/h, veh/h	De razón	Highway Capacity Manual 2010 MTC - Reglamento Nacional de tránsito 2020 MTC - Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras 2016 MTC - Manual de diseño geométrico de vías urbanas 2005
			Rentabilidad de la implementación (análisis costo - beneficio)	Optimización de los niveles de servicio (ciclo semafórico óptimo)	%		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Variables intervinientes	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumentos
Velocidades de desplazamiento	La velocidad de desplazamiento es la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en el trayecto [24]	Velocidades promedio antes y después del rediseño geométrico	Velocidad máxima de desplazamiento	Velocidad promedio	m/s		MTC - Reglamento Nacional de tránsito 2020)
Tiempos de viaje	El tiempo de viaje es el período requerido para recorrer un trayecto determinado bajo condiciones específicas [24]	Medición del tiempo promedio de recorrido en horas pico y no pico	Tiempo máximo de recorrido	Tiempo promedio	s	De razón	MTC - Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras 2016)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Podemos emplear el método de cuantificación directa para el desarrollo del estudio, ya que toda la información se obtiene de la zona de estudio, el cual requiere la determinación de aforo vehicular, geometría vial y señales de tránsito. Se procesan los datos introduciendo la información necesaria y analizando los resultados de la modelación actual en PTV VISSIM V23, se demostrará que el óvalo mencionado se encuentra con un bajo nivel de serviciabilidad, cuyo modelado, a su vez, establezca una propuesta de solución viable ante el congestionamiento vehicular de la zona. Se consideran las normas y reglamentos del MTC para el diseño vial y el tránsito. Se utiliza el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) y el programa PTV VISSIM V23 para la recopilación y análisis de datos.

La norma GH.020, nos indica los componentes para el diseño urbano, en el cual establece lineamientos para habilitaciones urbanas en zonas públicas, incluyendo accesos vehiculares, peatonales, áreas de parques, plazas y clasificaciones de vías. El MTC creó en 2000 un manual para el control del tránsito que establece parámetros sobre señales, marcas en el pavimento, etc., con el fin de mejorar la eficiencia del transporte y proteger a los usuarios y el medio ambiente. La norma DG - MTC proporciona información y parámetros para analizar la infraestructura vial y diseñar proyectos geométricos, alineándose con su categoría, grado de servicio y con otras normas sobre control vial. El MTC aplica el reglamento nacional de tránsito, que establece las normas para el uso de las vías públicas y el transporte en una zona.

El manual de diseño geométrico de vías urbanas ofrece lineamientos sobre el sistema vial y volúmenes de tránsito, que se utilizarán en esta investigación. El Highway Capacity Manual (HCM) proporciona conceptos y procedimientos para evaluar la capacidad y el servicio de las vías, considerando sus condiciones e intersecciones. Permite simular el tránsito mesoscópico con el software PTV VISSIM V23, que incluye la metodología HCM.

Instrumentos

Se usarán fichas de observación y una guía de análisis. La guía de observación se usará para el conteo vehicular del MTC y para recopilar datos del levantamiento topográfico. En cuanto al EMS, se elaborarán los reportes de resultados de los ensayos contemplados, según normatividad vigente. Por otro lado, la guía de análisis documental será tomado de los manuales brindados por el MTC, el Reglamento Nacional de Vehículos y de otros autores que hablen sobre el tema de estudio.

Procedimientos

Para la realización de la propuesta de solución integral mediante rediseño geométrico de la infraestructura vial del óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola, es necesario describir los siguientes procedimientos, en base a las condiciones del tráfico actual y estructuras viales existentes de la zona de estudio [25].

- a. Estudio de tráfico:** Se realizó el conteo vehicular en las 8 intersecciones del óvalo en estudio, con la finalidad de conocer la composición y tráfico vehicular, en base a las horas punta donde se presenta mayor congestión.

Ubicación de puntos de control vehicular

- ✓ Punto de control N° 1: Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentidos: oeste/este).
- ✓ Punto de control N° 2: Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentidos: este/oeste).
- ✓ Punto de control N° 3: Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: norte/sur).
- ✓ Punto de control N° 4: Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6 (sentido: sur/norte).

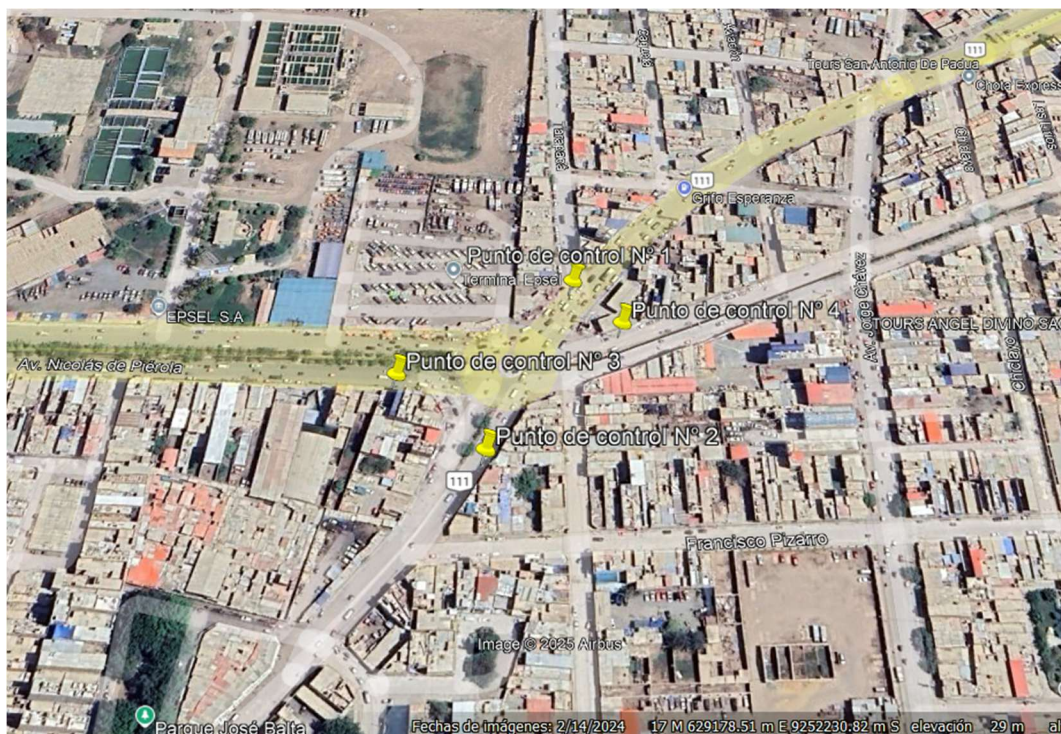


Figura 18. Ubicación del punto de control vehicular N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4 en el óvalo de las intersecciones de las Av. José Quíñones y Nicolás de Piérola - Chiclayo.

- b. **Estudio topográfico:** Se ejecutó el levantamiento de curvas de nivel, con la finalidad de conocer los desniveles del terreno, para de esta manera obtener los perfiles longitudinales y secciones transversales de las vías de intersección para un área de influencia de 500 m a la redonda, y que permita el diseño de planos tanto de planta como de detalles de la nueva pavimentación y señalización horizontal/vertical, en función a la infraestructura vial existente y requerida (veredas, sardineles, etc.).
- c. **Estudio de mecánica de suelos:** Para el área de influencia del proyecto (radio de 500 m), se efectuaron 4 calicatas por km de dimensiones mínimas de 1.00 m x 1.00 m x 1.50 m, con el fin de caracterizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo para fines de pavimentación, contemplando ensayos de granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, gravedad específica, sales, cloruros, sulfatos, proctor modificado y CBR.

Ubicación de calicatas

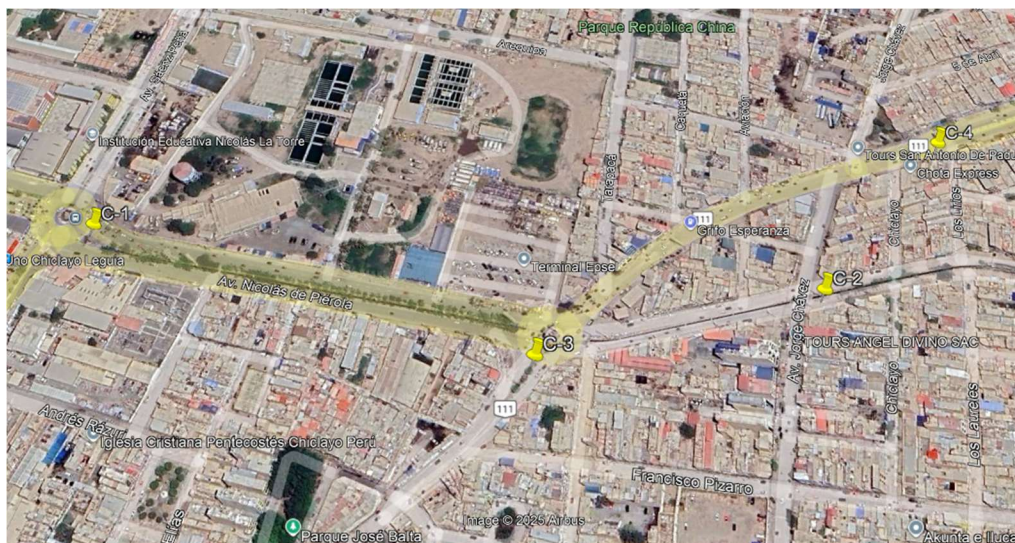


Figura 19. Localización de calicatas.

- d. **Diseño de la pavimentación:** De acuerdo al estudio de tráfico, se determinó el EAL de diseño, clasificando a las calles de estudio por tipo de vía (arterial, colectora, local) e índice de transitabilidad (alto, medio o bajo). Posteriormente, en base al EMS, se tendrán en cuenta, sobre todo, los parámetros de sulfatos y de CBR para los diseños correspondientes de la pavimentación rígida.
- e. **Tiempos de respuesta:** Este acápite fue de suma importancia, puesto que se debió de controlar los períodos de cambio de luces, tanto de la semaforización actual como del proyectado, el cual redundo en las variables de velocidades máximas de tránsito, como en los tiempos de viajes, de acuerdo a las condiciones de niveles de servicio que permitió la optimización del sistema vial de la zona de estudio.
- f. **Modelamiento vial:** Se simularon las condiciones actuales de tráfico e infraestructura vial del óvalo, cuyo propósito fue la de observar todas las variantes del flujo vehicular, en base a los ciclos semafóricos actuales y proyectados, permitiendo definir todos los reajustes para la mejora de los niveles de servicio, según lineamientos normados. De manera general, se detallan los siguientes pasos de la modelación del tráfico actual en PTV VISSIM & VISWALK, en base a los tiempos de respuesta.

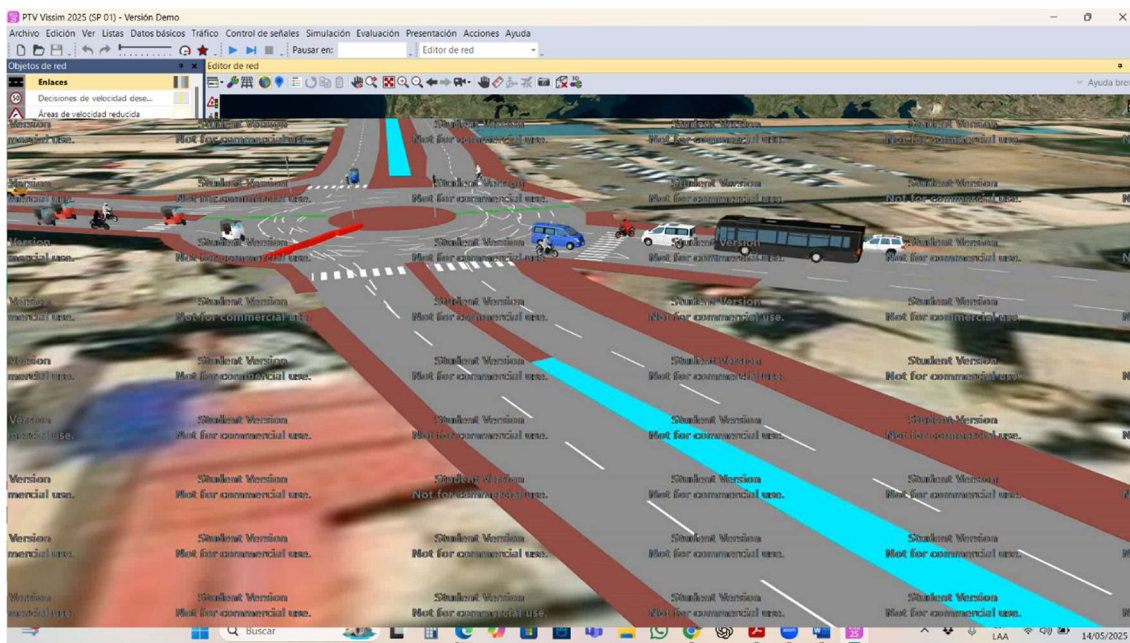


Figura 20. Simulación visual del tráfico actual.

- g. **Diseño de los componentes de señalización y vías:** En base al modelamiento vial del tráfico actual, se diseñaron los componentes de la señalización horizontal y vertical, con el propósito de definir las nuevas calzadas y sentidos de los flujos de transitabilidad vehicular y peatonal, según topografía y dimensionamiento de la pavimentación rígida.
- h. **Diseño del nuevo sistema vial del óvalo:** De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio de tráfico, estudio topográfico, cálculos de los tiempos de respuesta y modelamiento vial, se procedió a elaborar los planos en planta y de detalles de la nueva red vial del óvalo, teniendo en cuenta los anchos de calzada de las intersecciones de las avenidas que conforman la misma, ancho de veredas, ancho de sardineles, ancho de canales, ancho de demarcación de pintura blanca en el pavimento, reductores de velocidades (gibas), señales reglamentarias, tanto informativas como preventivas, entre otros aspectos que mejorarán la circulación vial. Del mismo, se puntualizan los siguientes pasos del modelamiento de la propuesta integral en PTV VISSIM & VISWALK.



Figura 21. Simulación visual del tráfico proyectado.

- i. **Análisis de rentabilidad:** Una vez realizado el diseño del nuevo sistema vial del óvalo, se procedió a tabular los metrados en base a la lectura de planos de la infraestructura actual y proyectada, que en conjunto con el desarrollo de los ACU e información adicional otorgada por el MTC y Provias Nacional, se determinó los presupuestos, como también, el VAN, TIR y el índice de costo/beneficio que demandaría implementar dicha propuesta de solución integral, cuyas acciones necesarias, permitieron mejorar la transitabilidad del óvalo de estudio.

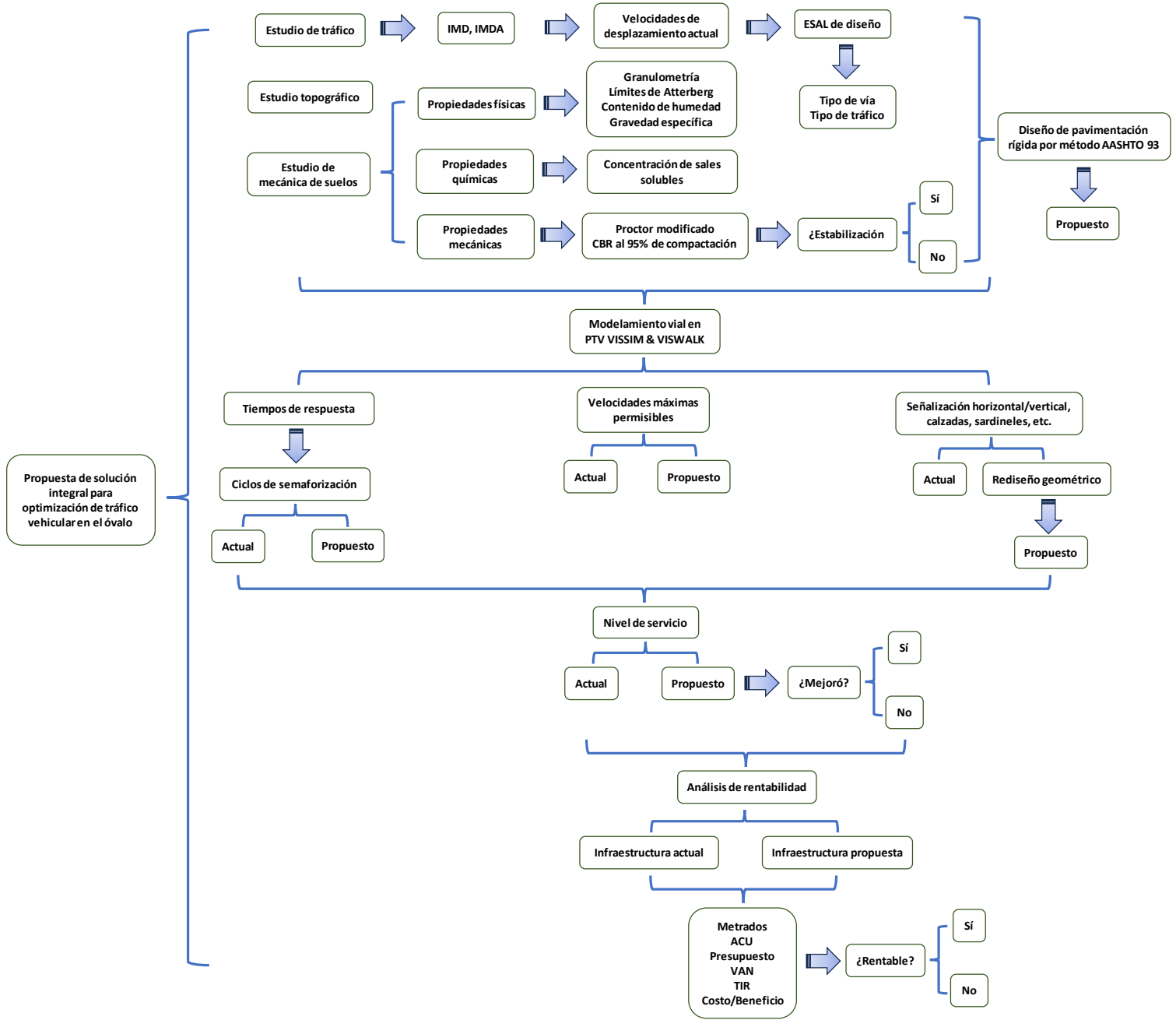


Figura 22. Flujograma para contrastación de hipótesis.

Matriz de consistencia

Tabla III
Matriz de consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	VARIABLES e indicadores	Metodología
		Objetivo general		
		Proponer una solución integral, mediante el rediseño geométrico de la infraestructura vial, que optimice el tráfico vehicular en el óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo - departamento de Lambayeque.		
		Objetivos específicos		
¿En qué medida, una propuesta de solución integral mediante el modelamiento del rediseño geométrico de la infraestructura vial en PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, optimizará el congestionamiento vehicular del óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo - departamento de Lambayeque?	La propuesta de solución integral mediante el modelamiento del rediseño geométrico de la infraestructura vial en PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, optimiza adecuadamente el tráfico vehicular en el óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo - departamento de Lambayeque.	a) Efectuar el estudio de tráfico, topográfico y mecánica de suelos dentro del área de influencia de la zona de estudio, para rediseño geométrico de la pavimentación rígida por el método AASHTO 93, a 500 m de radio del óvalo en mención. b) Cuantificar las velocidades máximas de transitabilidad, en relación a las condiciones actuales de tráfico. c) Realizar el modelamiento de la circulación vial en el programa PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, en base al tráfico vehicular actual y direcciones de flujo. d) Diseñar el nuevo sistema vial del óvalo, en función a la simulación y nuevas dimensiones geométricas con señalización horizontal y vertical. e) Determinar y comparar el nivel de servicio actual y proyectado de la zona de estudio, de acuerdo a su capacidad máxima de diseño. f) Hallar la rentabilidad de la propuesta de solución integral, según la optimización de los niveles de servicio.	Variable independiente: Rediseño geométrico de la infraestructura vial. Variable dependiente: Tráfico vehicular. Variables intervinientes: Velocidades de desplazamiento y tiempos de viaje.	Tipo de investigación: Aplicada, cuantitativa, descriptiva - explicativa. Diseño de investigación: No experimental.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones éticas

En base a los lineamientos establecidos que rige el código ético USAT, la presente indagación se efectuó de manera correcta, respetando todos los principios normados, cuya información obtenida es totalmente veraz y apropiada, donde los resultados no fueron manipulados ni alterados por conveniencia, dado que las referencias de los fundamentos teórico – prácticos sirvieron y servirán de gran ayuda para el desarrollo de investigaciones futuras y de la ingeniería misma, mediante soluciones integrales que optimicen el tráfico vehicular de una zona en específico.

Los datos resultantes de los ensayos ejecutados, levantamiento topográfico, conteo vehicular y simulación vial, obedecen a expresiones matemáticas establecidas de las normas AASHTO y NTP, los cuales son congruentes de acuerdo con los procedimientos y límites permisibles de las bases científicas anteriormente mencionadas. A su vez, los resultados de los ensayos físicos y mecánicos del suelo se llevaron a cabo en el laboratorio de la EICA – USAT, siendo totalmente oficiales y fidedignos.

La presente evaluación contó los permisos aprobados de la EICA – USAT, cuyo aporte permitió contribuir en la obtención y ampliación de nuevos conocimientos en materia de optimización de tráfico vehicular.

Resultados

Estudio de tráfico y de cargas

Establecimiento de horas de control

Tabla IV

Establecimiento de horas de control vehicular del punto N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4.

Establecimiento de horas de control		
Tipo	Cantidad	Horario
Hora muerta	1.00	12:00 am - 01:00 am.
Hora muerta	1.00	01:00 am - 02:00 am.
Hora muerta	1.00	02:00 am - 03:00 am.
Hora muerta	1.00	03:00 am - 04:00 am.
Hora muerta	1.00	04:00 am - 05:00 am.
Hora normal	1.00	05:00 am - 06:00 am.
Hora punta	1.00	06:00 am - 07:00 am.
Hora punta	1.00	07:00 am - 08:00 am.
Hora normal	1.00	08:00 am - 09:00 am.
Hora normal	1.00	09:00 am - 10:00 am.
Hora normal	1.00	10:00 am - 11:00 am.
Hora normal	1.00	11:00 am - 12:00 pm.
Hora punta	1.00	12:00 pm - 01:00 pm.
Hora punta	1.00	01:00 pm - 02:00 pm.
Hora normal	1.00	02:00 pm - 03:00 pm.
Hora normal	1.00	03:00 pm - 04:00 pm.
Hora normal	1.00	04:00 pm - 05:00 pm.
Hora normal	1.00	05:00 pm - 06:00 pm.
Hora punta	1.00	06:00 pm - 07:00 pm.
Hora punta	1.00	07:00 pm - 08:00 pm.
Hora normal	1.00	08:00 pm - 09:00 pm.
Hora normal	1.00	09:00 pm - 10:00 pm.
Hora normal	1.00	10:00 pm - 11:00 pm.
Hora muerta	1.00	11:00 pm - 12:00 am.
Total		24 horas






















Nota. Fuente: Elaboración propia.

Clasificación vehicular

En el punto de control N° 1, predominan los vehículos livianos, especialmente mototaxis (33.82%) y motolineales (16.79%). En el punto de control N° 1, la presencia de vehículos de 2 ejes es solo del 0.73%. Los datos están en la **tabla V** y **gráfico 1**.

Tabla V

Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: oeste/este).

TRÁFICO ACTUAL				
PUNTO DE CONTROL N° 1				
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	%	
LIGEROS	MOTOTAXIS		187	33.82
	MOTO LINEAL		93	16.79
	COLECTIVO		115	20.88
	PARTICULAR		55	9.92
	RURAL COMBI		71	12.84
	PICKUP		28	5.02
PESADOS	MICRO		4	0.73
	B2		0	0.00
	B3 - 1		0	0.00
	B4 - 1		0	0.00
	C2		0	0.00
	C3		0	0.00
	C4		0	0.00
	T2 S1		0	0.00
	T2 S2		0	0.00
	T2 S3		0	0.00
	T3 S1		0	0.00
	T3 S2		0	0.00
	T3 S3		0	0.00
	C2 RB1		0	0.00
C3 R4		0	0.00	
TOTAL			552	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

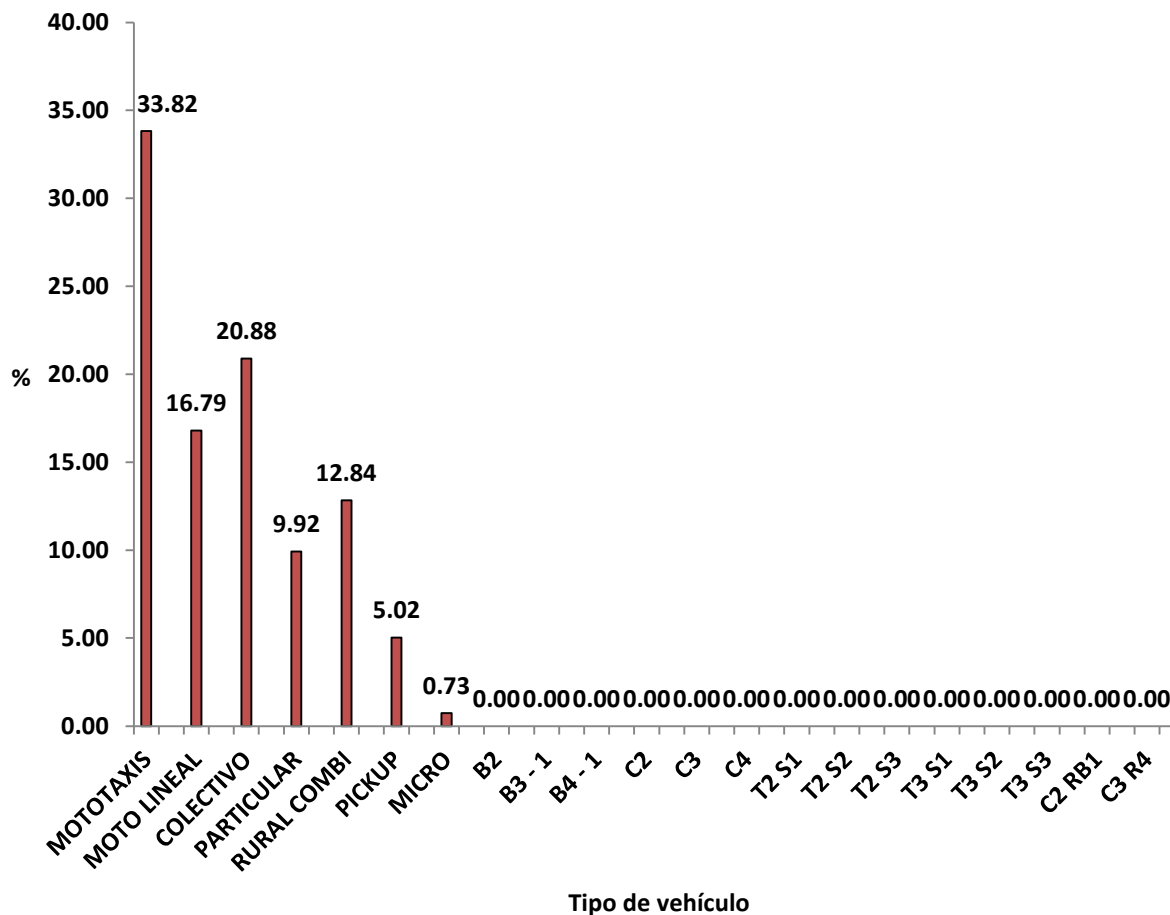























Gráfico 1. Distribución vehicular del punto de control N° 1.

Del **gráfico 1**, se observa que en el punto de control N° 1, la circulación estuvo dominada por los vehículos livianos, destacando las mototaxis con un 33.82% y las motos lineales con un 16.79%. Les siguieron los colectivos (20.88%) y los autos particulares (9.92%). La participación de camionetas rurales (12.84%) y pickups (5.02%) reflejó un uso mixto entre transporte público informal y particular. El tránsito pesado fue marginal, representado solo por vehículos de 2 ejes (0.73%). Esta composición evidenció un patrón urbano con preeminencia de transporte ligero e informal. En el punto de control N° 2, predominan los vehículos livianos, con mototaxis (36.25%) y motolineales (16.33%). La presencia de vehículos de 4 ejes en el punto de control N° 2 es del 0.67%. Estos datos están en la **tabla VI** y **gráfico 2**.

Tabla VI

Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: este/oeste).

TRÁFICO ACTUAL				
PUNTO DE CONTROL N° 2				
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	%	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	202	36.25	
	MOTO LINEAL 	91	16.33	
	COLECTIVO 	113	20.17	
	PARTICULAR 	49	8.87	
	RURAL COMBI 	76	13.55	
	PICKUP 	18	3.17	
PESADOS	MICRO 	0	0.00	
	B2 	2	0.43	
	B3 - 1 	0	0.00	
	B4 - 1 	0	0.00	
	C2 	3	0.58	
	C3 	0	0.00	
	C4 	4	0.67	
	T2 S1 	0	0.00	
	T2 S2 	0	0.00	
	T2 S3 	0	0.00	
	T3 S1 	0	0.00	
	T3 S2 	0	0.00	
	T3 S3 	0	0.00	
	C2 RB1 	0	0.00	
	C3 R4 	0	0.00	
TOTAL		558	100.00	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

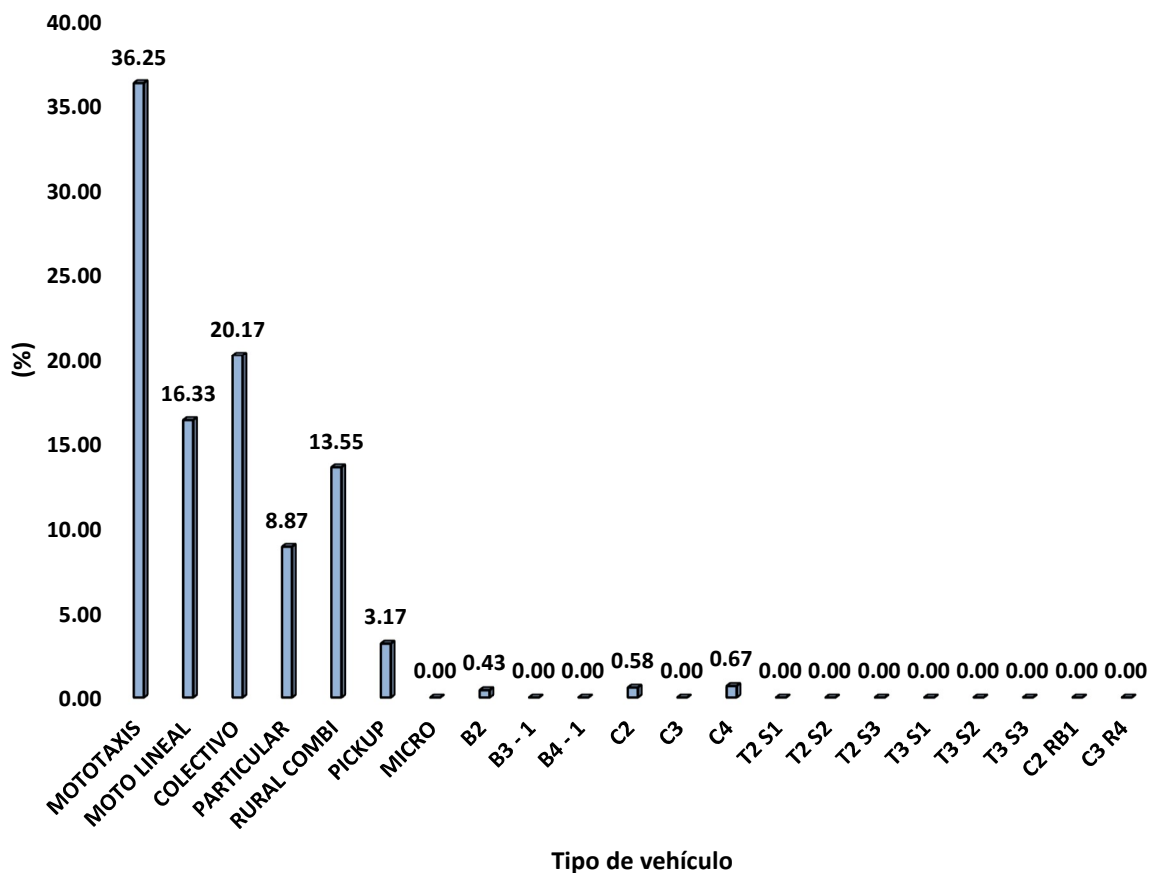























Gráfico 2. Distribución vehicular del punto de control N° 2.

Del **gráfico 2**, se demuestra que en el punto de control N° 2, las mototaxis concentraron el 36.25% del flujo, seguidas por las motos lineales con 16.33%. Los colectivos representaron un 20.17%, configurándose como el tercer grupo predominante. Los vehículos particulares (8.87%) y las combis rurales (13.55%) tuvieron una participación intermedia. En contraste, los vehículos pesados alcanzaron apenas 1.68% en conjunto, con presencia de buses de 2 ejes y camiones de 4 ejes. El resultado reflejó una marcada dependencia de modos ligeros, principalmente motorizados de baja capacidad. En el punto de control N°3, predominan los vehículos livianos, con mototaxis (35.92%) y motolineales (8.39%) en mayor cantidad. En el punto de control N°3, la presencia de vehículos de 4 ejes es del 0.23%. Se pueden ver en la **tabla VII** y el **gráfico 3**.

Tabla VII

Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: norte/sur).

TRÁFICO ACTUAL				
PUNTO DE CONTROL N° 3				
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	%	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	231	35.92	
	MOTO LINEAL 	54	8.39	
	COLECTIVO 	69	10.67	
	PARTICULAR 	157	24.35	
	RURAL COMBI 	92	14.32	
	PICKUP 	32	4.92	
PESADOS	MICRO 	2	0.34	
	B2 	2	0.31	
	B3 - 1 	0	0.00	
	B4 - 1 	0	0.00	
	C2 	2	0.28	
	C3 	2	0.28	
	C4 	1	0.23	
	T2 S1 	0	0.00	
	T2 S2 	0	0.00	
	T2 S3 	0	0.00	
	T3 S1 	0	0.00	
	T3 S2 	0	0.00	
	T3 S3 	0	0.00	
	C2 RB1 	0	0.00	
	C3 R4 	0	0.00	
	TOTAL		644	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

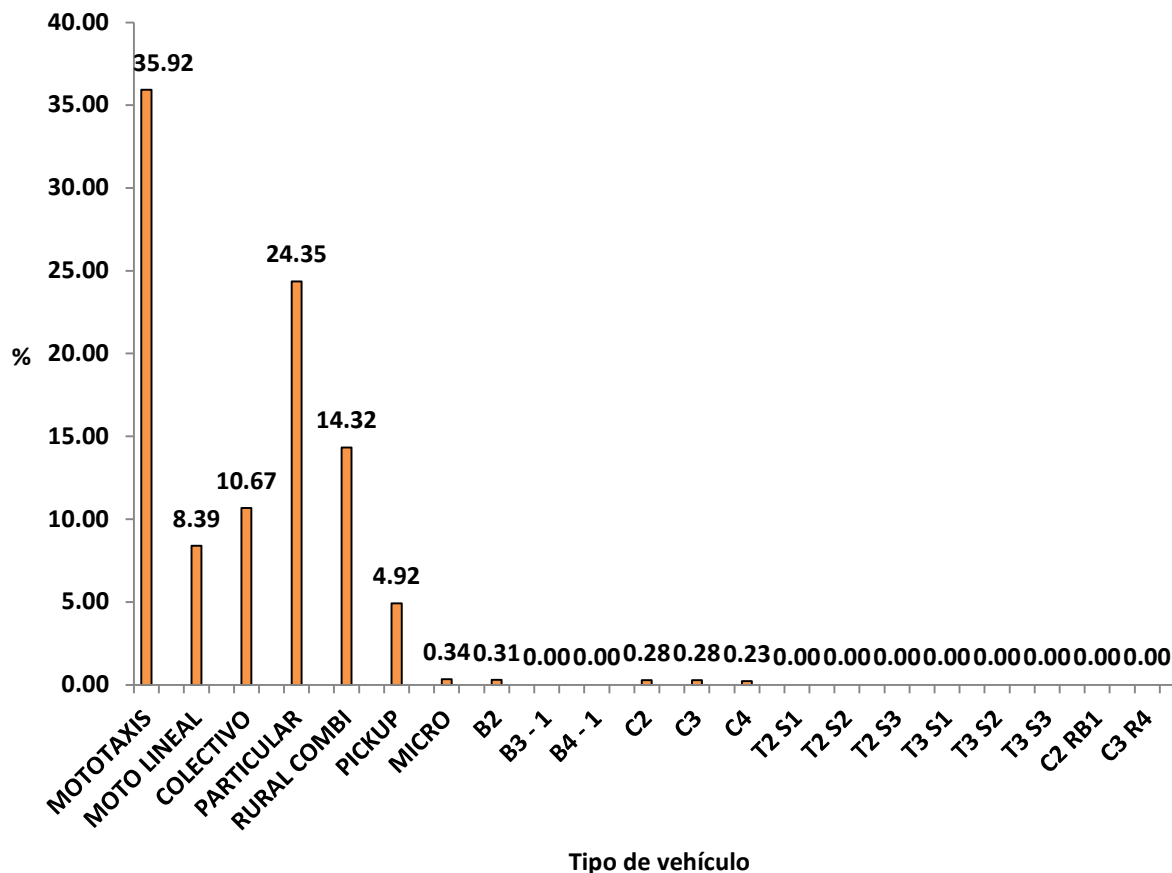























Gráfico 3. Distribución vehicular del punto de control N° 3.

Del **gráfico 3**, se puede evidenciar que en el punto de control N° 3, los vehículos livianos alcanzaron porcentajes significativos: mototaxis (35.92%), particulares (24.35%) y motos lineales (8.39%). Se apreció también un peso de los colectivos (10.67%) y las combis rurales (14.32%). Los vehículos pesados casi no se registraron, con valores menores al 0.35%. La composición señaló que este tramo soportaba mayor participación de transporte particular respecto a otros puntos, aunque el dominio de mototaxis confirmó la tendencia al transporte informal. En el punto de control N°3, predominan los vehículos livianos, especialmente mototaxis (38.88%) y motolineales (14.18%). En el control N°3, los vehículos de 4 ejes representan solo el 0.31%. Estos datos están en la **tabla VIII** y el **gráfico 4**.

Tabla VIII

Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: sur/norte).

TRÁFICO ACTUAL				
PUNTO DE CONTROL N° 4				
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	%	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	142	38.88	
	MOTO LINEAL 	52	14.18	
	COLECTIVO 	37	10.04	
	PARTICULAR 	101	27.50	
	RURAL COMBI 	10	2.85	
	PICKUP 	17	4.60	
PESADOS	MICRO 	0	0.00	
	B2 	2	0.48	
	B3 - 1 	0	0.00	
	B4 - 1 	0	0.00	
	C2 	2	0.50	
	C3 	2	0.67	
	C4 	1	0.31	
	T2 S1 	0	0.00	
	T2 S2 	0	0.00	
	T2 S3 	0	0.00	
	T3 S1 	0	0.00	
	T3 S2 	0	0.00	
	T3 S3 	0	0.00	
	C2 RB1 	0	0.00	
	C3 R4 	0	0.00	
TOTAL		366	100.00	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

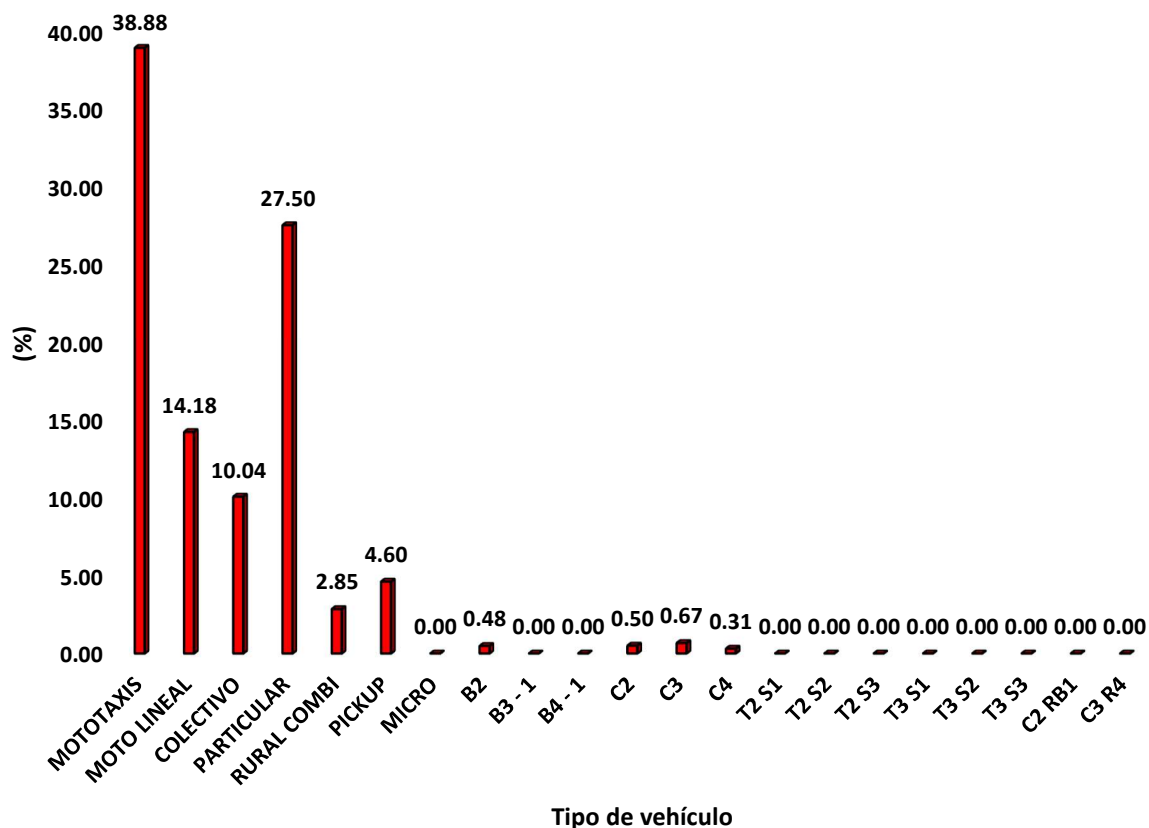


Gráfico 4. Distribución vehicular del punto de control N° 4.

Del **gráfico 4**, se puede denotar que en el punto de control N° 4, la estructura de tránsito mantuvo la supremacía de vehículos livianos: mototaxis (38.88%), autos particulares (27.50%) y motos lineales (14.18%). Los colectivos representaron un 10.04%, mientras que las combis y pickups tuvieron menor participación (2.85% y 4.60% respectivamente). Los vehículos pesados fueron casi inexistentes, con proporciones inferiores al 1%. Esto mostró que la movilidad en este punto respondía mayormente a transporte de corta distancia y baja capacidad.

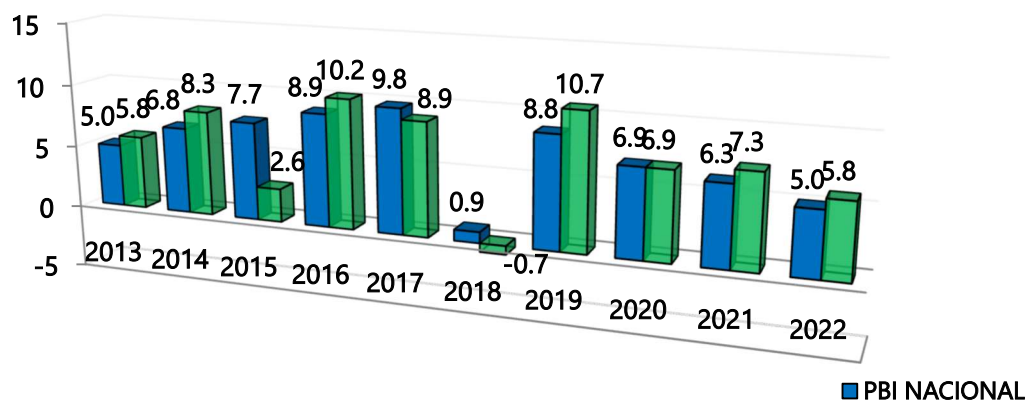
Tasa de crecimiento anual

Tabla IX

PBI nacional y PBI del sector transportes 2013 – 2022.

(Millones de nuevos soles de 1994)				
Año	PBI Nacional	PBI Transportes	VAR % PBI Nacional	VAR % PBI Transportes
2013	139,141	8,168	4.98	5.79
2014	148,640	8,845	6.83	8.29
2015	160,145	9,079	7.74	2.64
2016	174,407	10,005	8.91	10.20
2017	191,505	10,900	9.80	8.94
2018	193,155	10,826	0.86	-0.67
2019	210,079	11,982	8.79	10.67
2020	224,496	12,808	6.91	6.90
2021	238,590	13,738	6.28	7.30
2022	250,570	14,537	5.02	5.82

Fuente: MTC - OGPP - Oficina de Estadística [18]



Fuente: MTC - OGPP - Oficina de Estadística

Gráfico 5. PBI Nacional y PBI del sector transportes: 2013 – 2022 [18].

En el **gráfico 5**, los datos revelaron un crecimiento sostenido del PBI nacional y del sector transportes, con tasas que en algunos años superaron el 8%. El año 2016 marcó un incremento notorio en transportes (10.20%), mientras que en 2018 hubo una contracción (-0.67%), contrastando con un leve crecimiento del PBI nacional (0.86%). La recuperación fue clara a partir de 2019 con tasas superiores al 8% en ambos indicadores. Esto reflejó la estrecha relación entre la dinámica económica del país y la expansión del transporte.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento anual, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Rt = (T2/T1) (1/m - 1) \text{ [Ec. 18]}$$

Dónde:

- Rt.= Tasa de crecimiento anual.
 T1= IMD del año base por tipo de vehículo.
 Tn = IMD del año n por tipo de vehículo.
 m = Número de períodos desde el año base(m = n - 1).

Tabla X

Flujo de vehículos ligeros en unidades de pago de peaje (unidades).

Período: Ene 2016 - Dic 2021		
Año – Mes	Lambayeque	Total Nacional
2021 – Jun	24740	3050112
2021 – Jul	20427	2868341
2021 – Ago	21730	2591528
2021 – Set	19660	2602051
2021 – Oct	22269	2553834
2021 – Nov	22825	2382117
2021 - Dic	25713	2915009

Nota. Fuente: MTC - Provías Nacional [18]

Flujo mensual departamental de vehículos ligeros:

0.01

Porcentaje mensual departamental de vehículos ligeros (%):

0.88

Tasa de crecimiento departamental de vehículos ligeros según var % PBI transportes (%):

2.42

Tasa de crecimiento departamental de vehículos ligeros según var % PBI transportes (%) afectados por FC:

1.60

Tabla XI

Flujo de vehículos pesados en unidades de pago de peaje (unidades).

Período: Ene 2016 - Dic 2021		
Año – Mes	Lambayeque	Total Nacional
2021 – Jun	14559	2237270
2021 – Jul	13266	2086007
2021 – Ago	14640	2176424
2021 – Set	13241	2105170
2021 – Oct	15127	2172200
2021 – Nov	14772	2144575
2021 – Dic	15804	2248732

Fuente: MTC - Provías Nacional [18]

Flujo mensual departamental de vehículos pesados:

0.01

Porcentaje mensual departamental de vehículos pesados (%):

0.70

Tasa de crecimiento departamental de vehículos pesados según var % PBI transportes (%):

1.92






















Tasa de crecimiento departamental de vehículos pesados según var % PBI transportes (%) afectados por FC:

1.30

Tráfico proyectado

Tabla XII

Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14
(sentido: oeste/este).

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 1				
		AÑOS				
TIPO DE VEHÍCULOS		2025	2030	2035	2040	2045
LIGEROS	MOTOTAXIS 	187	202	219	237	257
	MOTO LINEAL 	93	100	109	118	127
	COLECTIVO 	115	125	135	146	158
	PARTICULAR 	55	59	64	69	75
	RURAL COMBI 	71	77	83	90	97
	PICKUP 	28	30	33	35	38
PESADOS	MICRO 	4	4	5	5	5
	B2 	0	0	0	0	0
	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	B4 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	0	0	0	0	0
	C3 	0	0	0	0	0
	C4 	0	0	0	0	0
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	T3 S2 	0	0	0	0	0
	T3 S3 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
C3 R4 	0	0	0	0	0	
TOTAL		552	598	647	700	758

Nota. Fuente: Elaboración propia.

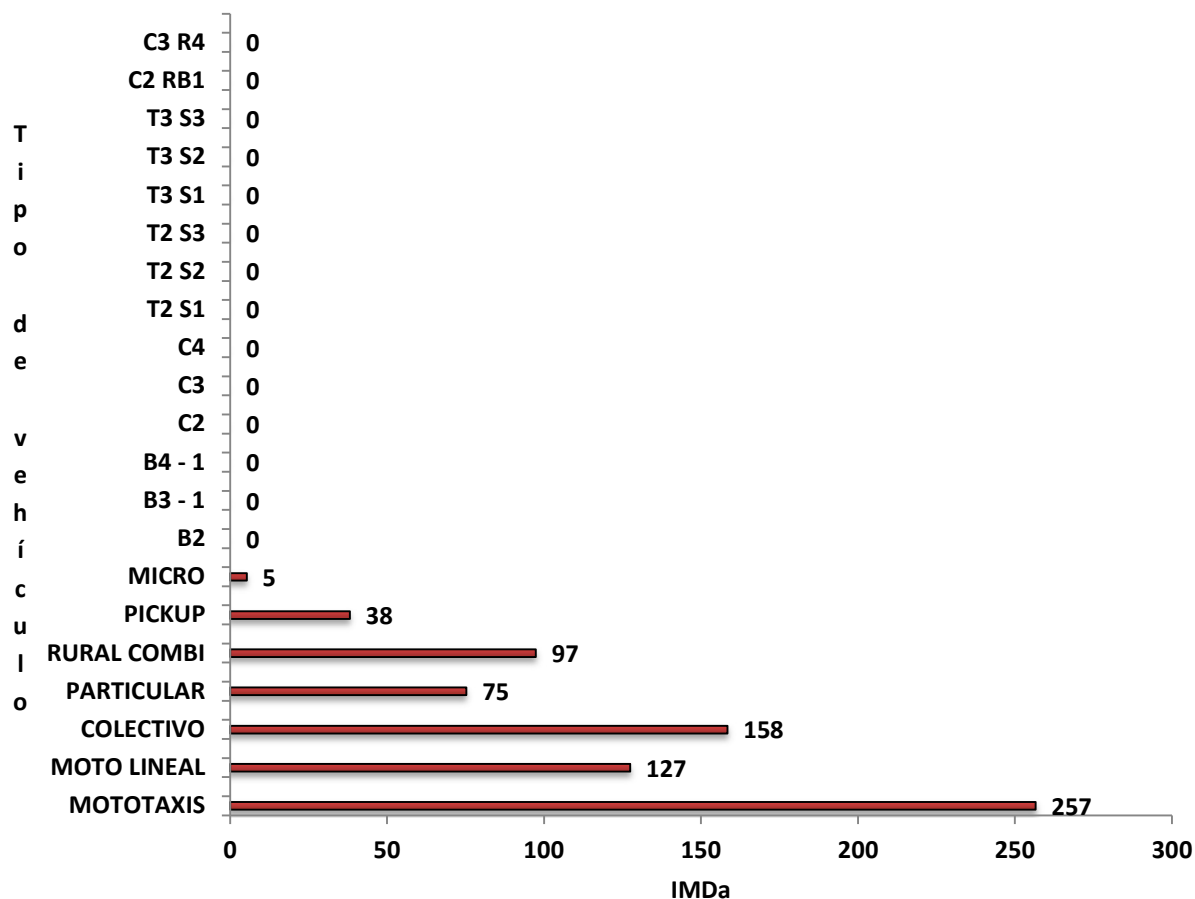























Gráfico 6. Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 1 (n = 20 años).

En el **gráfico 6**, la proyección mostró un incremento gradual en todos los tipos de vehículos, destacando las mototaxis que pasarían de 187 a 257 unidades. Las motos lineales crecieron de 93 a 127 y los colectivos de 115 a 158. También se apreció un aumento en vehículos particulares (de 109 a 158). La proyección anticipó un crecimiento sostenido de vehículos ligeros, sin incremento relevante de transporte pesado, lo que reforzó la previsión de congestión derivada de transporte informal.

Tabla XIII

Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14
(sentido: este/oeste).

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 2				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2025	2030	2035	2040	2045
LIGEROS	MOTOTAXIS 	202	219	237	257	278
	MOTO LINEAL 	91	99	107	116	125
	COLECTIVO 	113	122	132	143	155
	PARTICULAR 	49	54	58	63	68
	RURAL COMBI 	76	82	89	96	104
	PICKUP 	18	19	21	22	24
PESADOS	MICRO 	0	0	0	0	0
	B2 	2	3	3	3	3
	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	B4 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	3	3	4	4	4
	C3 	0	0	0	0	0
	C4 	4	4	4	5	5
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	T3 S2 	0	0	0	0	0
	T3 S3 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
C3 R4 	0	0	0	0	0	
TOTAL		558	604	654	707	766

Nota. Fuente: Elaboración propia.

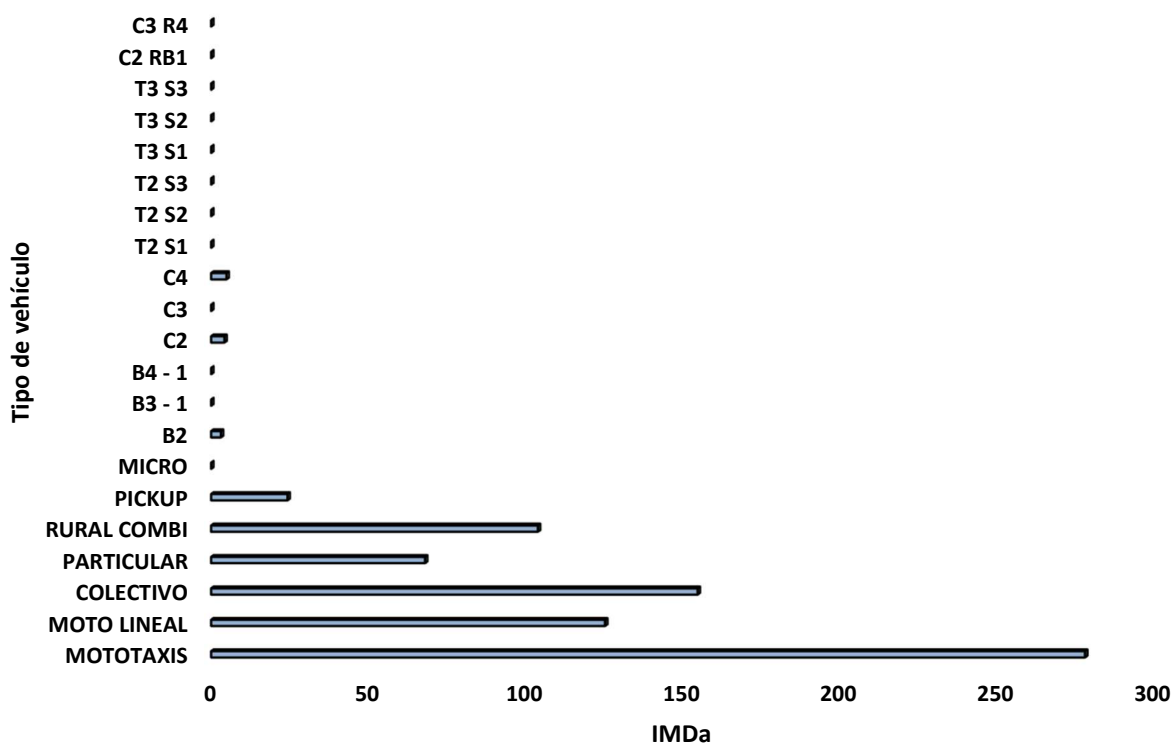























Gráfico 7. Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 2 (n = 20 años).

En el **gráfico 7**, la tendencia proyectada indicó que las mototaxis aumentarían de 202 a 278, mientras que las motos lineales crecerían de 91 a 125. Los colectivos se expandieron de 113 a 155, y los autos particulares de 49 a 76. Aunque el tránsito pesado mantuvo participación mínima, los ligeros experimentaron un crecimiento marcado, alcanzando un total estimado de 766 vehículos al 2045. Este comportamiento confirmó la consolidación del transporte ligero e informal como principal componente de la movilidad.

Tabla XIV

Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: norte/sur).

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 3				
		AÑOS				
TIPO DE VEHÍCULOS		2025	2030	2035	2040	2045
LIGEROS	MOTOTAXIS 	231	250	271	294	318
	MOTO LINEAL 	54	59	63	69	74
	COLECTIVO 	69	74	81	87	94
	PARTICULAR 	157	170	184	199	215
	RURAL COMBI 	92	100	108	117	127
	PICKUP 	32	34	37	40	43
PESADOS	MICRO 	2	2	2	3	3
	B2 	2	2	2	2	3
	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	B4 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	2	2	2	2	2
	C3 	2	2	2	2	2
	C4 	1	2	2	2	2
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	T3 S2 	0	0	0	0	0
	T3 S3 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
	C3 R4 	0	0	0	0	0
TOTAL		644	697	755	817	884

Nota. Fuente: Elaboración propia.

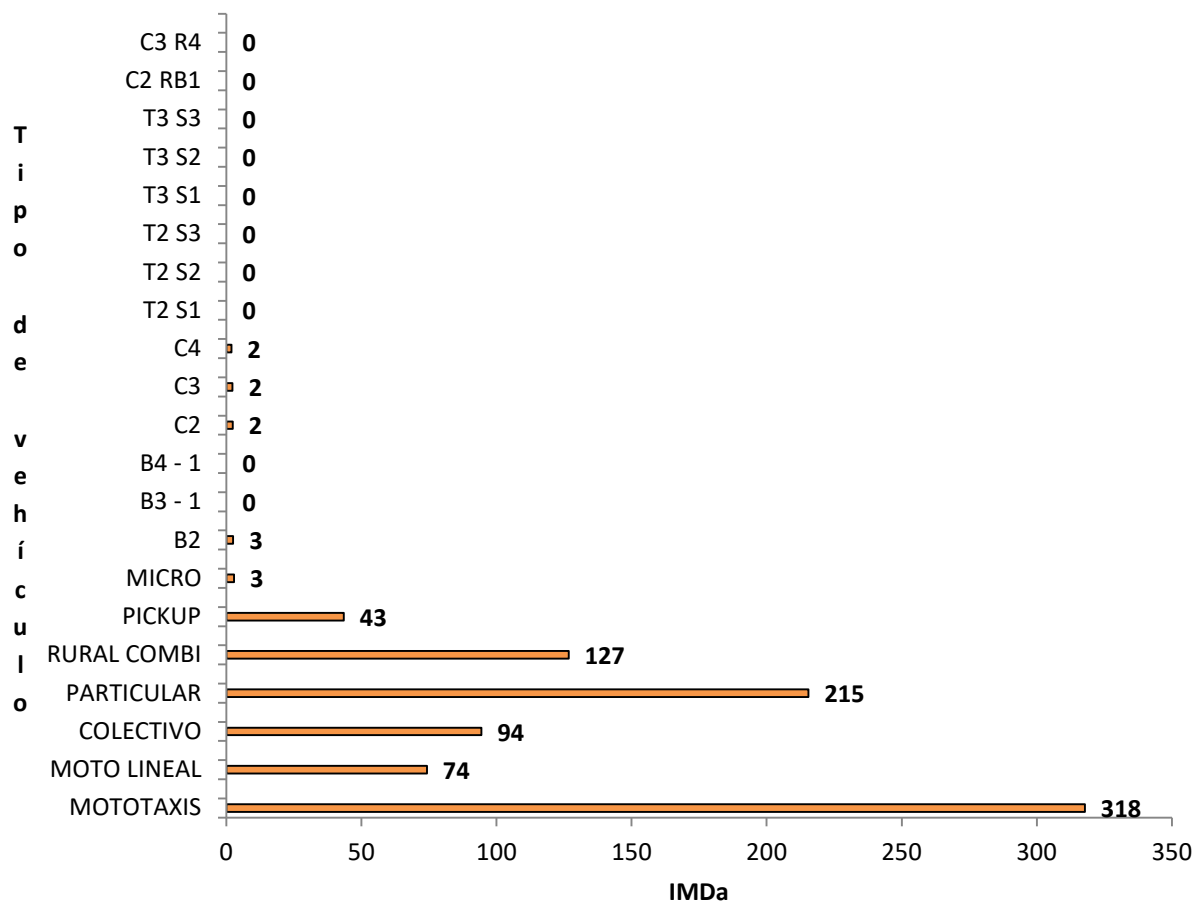























Gráfico 8. Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 3 (n = 20 años).

En el **gráfico 8**, la proyección mostró que las mototaxis se incrementarían de 231 a 318, seguidas por vehículos particulares que crecieron de 157 a 215. Las motos lineales alcanzaron 127 unidades y los colectivos 94. Este punto presentó un aumento notable en autos particulares, lo que pudo traducirse en mayores niveles de congestión si no se implementaban medidas de regulación. El transporte pesado siguió siendo marginal.

Tabla XV

Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: sur/norte).

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 4				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2025	2030	2035	2040	2045
LIGEROS	MOTOTAXIS 	142	154	167	181	196
	MOTO LINEAL 	52	56	61	66	71
	COLECTIVO 	37	40	43	47	51
	PARTICULAR 	101	109	118	128	138
	RURAL COMBI 	10	11	12	13	14
	PICKUP 	17	18	20	21	23
PESADOS	MICRO 	0	0	0	0	0
	B2 	2	2	2	2	2
	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	B4 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	2	2	2	2	2
	C3 	2	3	3	3	3
	C4 	1	1	1	1	1
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	T3 S2 	0	0	0	0	0
	T3 S3 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
C3 R4 	0	0	0	0	0	
TOTAL		366	397	429	464	503

Nota. Fuente: Elaboración propia.

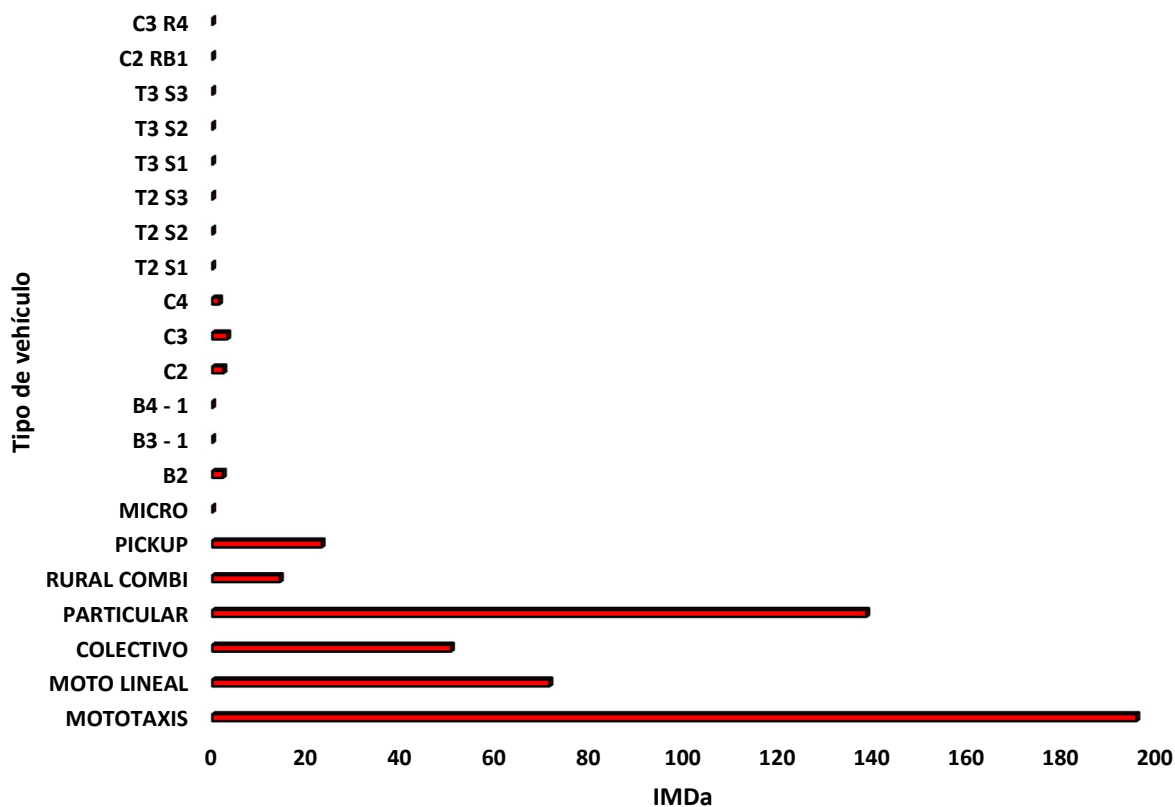























Gráfico 9. Tráfico vehicular proyectado del punto de control N° 4 (n = 20 años).

En el **gráfico 9**, la proyección para este último punto, las mototaxis pasaron de 142 a 196, mientras que los vehículos particulares crecieron de 101 a 138. Las motos lineales aumentaron hasta 71 y los colectivos hasta 47. La tendencia confirmó que los vehículos livianos dominarían la movilidad futura, con incrementos anuales que, aunque moderados, consolidaron la presión sobre la infraestructura vial existente.

Cálculo de ejes equivalentes

Tabla XVI






















EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 1 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: oeste/este).

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO										
PUNTO DE CONTROL N° 1										
	TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO (Ton)	PESO VEHÍCULO (lbs)	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO CALCULADO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS		187	68166	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.048
					Simple	0.38	826.73	9.35359E-07	23.35	1.489
	MOTO LINEAL		93	33838	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.024
					Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.024
	COLECTIVO		115	42078	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	470.583
					Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	470.583
	PARTICULAR		55	19993	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	223.592
					Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	223.592
	RURAL COMBI		71	25873	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	289.360
					Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	13101.888
	PICKUP		28	10125	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	113.240
					Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	5127.395
PESADOS	MICRO		4	1476	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	7580.866
	B2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	B3 - 1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000
	B4 - 1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000
	C2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	C3		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
	C4		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Triple	23.00	50706.32	1.009841368	22.67	0.000
	T2 S1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	T2 S2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
					Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
	T2 S3		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
					Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000
	T3 S1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
					Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	T3 S2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
					Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
					Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
	T3 S3		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000	
C2 RB1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
C3 R4		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
EAL TOTAL									276026.84	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVII






















EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones cuadra N° 14 (sentido: este/oeste).

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 2									
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL
LIGEROS	MOTOTAXIS 	202	73814	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.052
				Simple	0.38	826.73	9.35359E-07	23.35	1.612
	MOTO LINEAL 	91	33252	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.024
				Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.024
	COLECTIVO 	113	41070	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	459.317
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	459.317
	PARTICULAR 	49	18055	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	201.926
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	201.926
	RURAL COMBI 	76	27587	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	308.522
				Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	13969.534
	PICKUP 	18	6449	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	72.123
				Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	3265.662
PESADOS	MICRO 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	B2 	2	870	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	9675.377
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	4467.296
	B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000
	B4 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	C2 	3	1186	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	13193.696
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	6091.767
	C3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
	C4 	4	1370	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	15246.049
				Triple	23.00	50706.32	1.009841368	22.67	31378.460
	T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	T2 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
T2 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
T3 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
T3 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
C3 R4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
EAL TOTAL									989926.85

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVIII






















EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: norte/sur).

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 3									
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL
LIGEROS	MOTOTAXIS 	231	84439	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.060
				Simple	0.38	826.73	9.35359E-07	23.35	1.844
	MOTO LINEAL 	54	19726	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.014
				Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.014
	COLECTIVO 	69	25081	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	280.501
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	280.501
	PARTICULAR 	157	57248	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	640.251
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	640.251
	RURAL COMBI 	92	33674	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	376.601
				Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	17052.075
PICKUP 	32	11555	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	129.225	
			Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	5851.160	
MICRO 	2		Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
B2 	2	720	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	8013.949	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	3700.184	
B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000	
B4 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000	
C2 	2	668	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	7427.562	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	3429.439	
C3 	2	650	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	7232.100	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	30626.716	
C4 	1	536	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	5961.596	
			Triple	23.00	50706.32	1.009841368	22.67	12269.783	
T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
T2 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
T2 S3 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
T3 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
T3 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
C3 R4 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
EAL TOTAL									1039138.27

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIX

EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6
(sentido: sur/norte).

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 4									
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL
LIGEROS	MOTOTAXIS 	142	51988	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.037
				Simple	0.38	826.73	9.35359E-07	23.35	1.136
	MOTO LINEAL 	52	18959	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.013
				Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	23.35	0.013
	COLECTIVO 	37	13423	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	150.121
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	150.121
	PARTICULAR 	101	36774	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	411.267
				Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	411.267
	RURAL COMBI 	10	3806	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	42.561
				Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	1927.133
PICKUP 	17	6156	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	23.35	68.849	
			Simple	3.50	7716.18	0.021684223	23.35	3117.421	
PESADOS	MICRO 	0		Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
	B2 	2	641	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	7134.369
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	3294.067
	B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000
	B4 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
				Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	7427.562
	C2 	2	668	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	3429.439
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	9968.571
	C3 	2	896	Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	42215.203
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	4593.361
	C4 	1	413	Triple	23.00	50706.32	1.009841368	22.67	9453.767
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	T2 S1 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	T2 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	T2 S3 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	T3 S1 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000
				Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000
	T3 S2 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000
Simple				7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
T3 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	22.67	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
C2 RB1 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	22.67	0.000	
C3 R4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	22.67	0.000	
EAL TOTAL									937962.77

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Determinación del tipo de vía y tipo de tráfico

Tabla XX

Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño.

Tipos tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T _{P1}	> 150 000 EE
	≤ 300 000 EE
T _{P2}	> 300 000 EE
	≤ 500 000 EE
T _{P3}	> 500 000 EE
	≤ 750 000 EE
T _{P4}	> 750 000 EE
	≤ 1 000 000 EE

Nota. Fuente: MTC [16]

EAL (punto de control N° 1) = 276026.84 EE (Av. José Quiñones cuadra N° 14).

EAL (punto de control N° 2) = 989926.85 EE (Av. José Quiñones cuadra N° 14).

EAL (punto de control N° 3) = 1039138.27 EE (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6).

EAL (punto de control N° 4) = 937962.77 EE (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6).

De acuerdo a los alcances técnicos de la normatividad vigente del MTC, podemos clasificar el tipo de vía y el tipo de tráfico de la misma bajo los siguientes rangos de aplicabilidad en función al EAL de diseño:

Tabla XXI

Tipo de vía en función de EAL de diseño.

Tipo de vía		
Descripción	Clasificación	Rango de aplicabilidad
Expresa	1 ^{er} orden	≥ 5'000'000 EE
Arterial	2 ^{do} orden	≥ 1'000'000 EE - 5'000'000 EE <
Colectora	3 ^{er} orden	> 300'000 EE - 1'000'000 EE <
Local	4 ^{to} orden	> 100'000 EE - 300'000 EE ≤

Nota. Fuente: MTC [16]

De acuerdo a la tabla 21, el punto de control N° 1 (Av. José Quiñones cuadra N° 14) es una vía local de 4^{to} orden. El punto de control N° 2 (Av. José Quiñones cuadra N° 14) es una vía colectora de 3^{er} orden. El punto de control N° 3 (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6) es una vía arterial de 2^{do} orden. El punto de control N° 4 (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6) es una vía colectora de 3^{er} orden.

Tabla XXII

Tipo de tráfico en función de EAL de diseño.

Tipo de tráfico		
Descripción	Clasificación	Rango de aplicabilidad
Alto	1 ^{er} orden	$\geq 1'000'000$ EE
Mediano	2 ^{do} orden	$> 300'000$ EE - $1'000'000$ EE <
Bajo	3 ^{er} orden	$> 100'000$ EE - $300'000$ EE \leq

Nota. Fuente: MTC [16]

De acuerdo a la tabla 22, el punto de control N° 1 (Av. José Quiñones cuadra N° 14) es de alto bajo de 3^{er} orden. El punto de control N° 2 (Av. José Quiñones cuadra N° 14) es de alto mediano de 2^{do} orden. El punto de control N° 3 (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6) es de alto tráfico de 1^{er} orden. El punto de control N° 4 (Av. Nicolás de Piérola cuadra N° 6) es de alto mediano de 2^{do} orden.

Estudio topográfico

Tabla XXIII

Coordenadas UTM de los BMs.

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1	9252243.2	629202.99	30.529	BM-01
2	9252273.5	629310.44	30.455	BM-02
3	9252475.1	628821.7	28.895	BM-03
4	9252194.2	628769.31	29.634	BM-04
5	9252254.9	628806.05	29.421	BM-05
6	629157.68	9252229.1	30.864	GPS-01
7	628779.72	9252234.5	29.676	LAM01510

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Mecánica de suelos

Tabla XXIV

Coordenadas UTM de las calicatas

Calicata	Este	Sur
1	628813.09	9252252.52
2	629347.45	9252282.29
3	629150.55	9252201.02
4	629430.41	9252419.47

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Ensayos físicos

Se detallan los resultados de las muestras naturales.

Granulometría

Tabla XXV

Granulometría en muestras naturales

Tamices		C1 - M1	C2 - M1	C3 - M1	C4 - M1
pulg	(mm)	% que pasa	% que pasa	% que pasa	% que pasa
3"	75.000	100.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.000	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.000	100.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.500	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.000	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.500	100.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.500	100.00	100.00	100.00	100.00
1/4"	6.300	100.00	100.00	100.00	100.00
Nº4	4.750	98.90	99.50	99.80	99.90
Nº10	2.360	97.90	97.90	99.10	99.10
Nº20	1.180	97.00	96.40	98.00	96.70
N40	0.600	94.20	92.80	94.10	84.90
Nº50	0.300	90.60	90.50	89.90	75.10
Nº100	0.150	80.80	86.00	79.60	63.90
Nº200	0.075	68.40	83.40	75.60	59.50
< Nº 200	FONDO	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 10**, para suelos cohesivos, se tamizaron las muestras de suelos por las mallas N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 50, N° 100 y N° 200, observándose una distribución más pronunciada con mayores porcentajes de retención en las mallas N° 4 y N° 10, siendo más uniforme entre las partículas finas del suelo de la muestra 1 – calicata 1.

Las mallas N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 50, N° 100 y N° 200, retuvieron el 98.90%, 97.90%, 97.00%, 94.20%, 90.60%, 80.80% y 68.40% de la muestra 1 de la calicata 1, respectivamente,

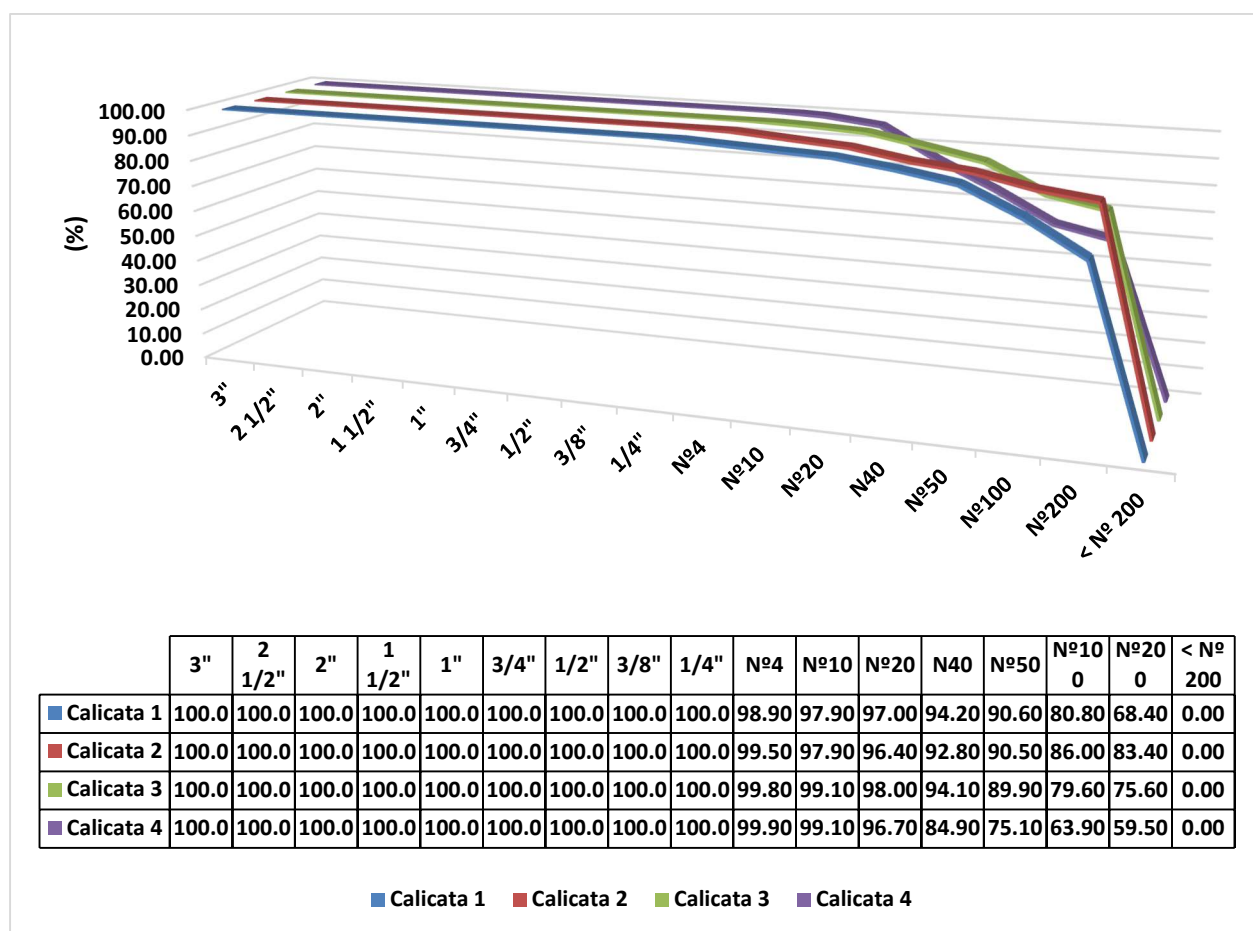


Gráfico 10. Granulometrías en muestras naturales N° 1

Del mismo modo, la muestra 1 de la calicata 2, tuvo una distribución similar a la muestra 1 de la calicata 1, cuyos mayores porcentajes de retención se dieron en las mallas N° 204 y N° 10, siendo más homogéneo.

Las mallas N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 50, N° 100 y N° 200, retuvieron el 99.50%, 97.90%, 96.40%, 92.80%, 90.50%, 86.00% y 83.40% de la muestra 1 de la calicata 2, respectivamente,

A su vez, la muestra 1 de la calicata 3, tuvo una distribución similar a la muestra 1 de la calicata 1 y 2, cuyos porcentajes de retención fueron superiores en las mallas N° 4 y N° 10.

Las mallas N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 50, N° 100 y N° 200, retuvieron el 99.80%, 99.10%, 98.00%, 94.10%, 89.90%, 79.60% y 75.60% de la muestra 1 de la calicata 3, respectivamente,

También, la muestra 1 de la calicata 4, tuvo una distribución similar a la muestra 1 de la calicata 1, 2 y 3, cuyos porcentajes de retención fueron superiores en las mallas N° 4 y N° 10.

Las mallas N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 50, N° 100 y N° 200, retuvieron el 99.90%, 99.10%, 96.70%, 84.90%, 75.10%, 63.90% y 59.50% de la muestra 1 de la calicata 4, respectivamente,

Límites de Atterberg

Límite líquido

Tabla XXVI

Límite líquido en muestras naturales

Calicata	Muestra	Límite líquido (LL) (%)
1	1	29.48
2	1	11.85
3	1	38.41
4	1	35.46

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 11**, los estratos 1 de las calicatas 1, 2, 3 y 4, tuvieron un LL de 29.48%, 11.85%, 38.41% y 35.46%, respectivamente.

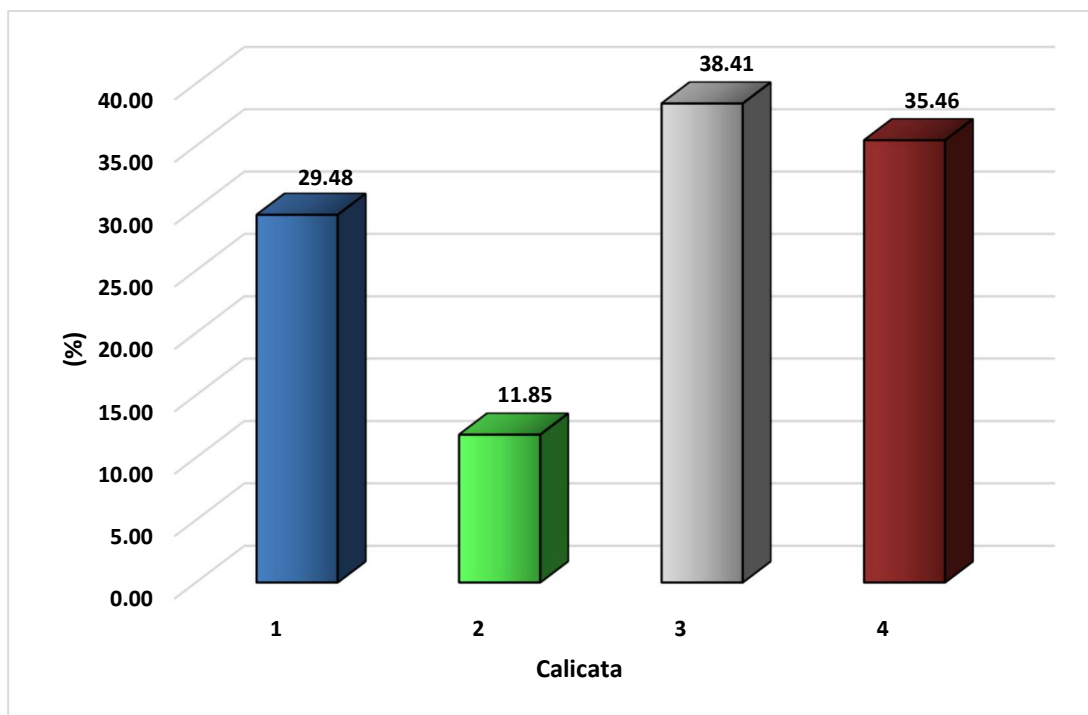


Gráfico 11. Límites líquidos en muestras naturales N° 1

Límite plástico

Tabla XXVII

Límite plástico en muestras naturales

Calicata	Muestra	Límite plástico (LP) (%)
1	1	22.27
2	1	2.12
3	1	18.80
4	1	25.99

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 12**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron un LP de 22.27%, 2.12%, 18.80% y 25.99%, respectivamente.

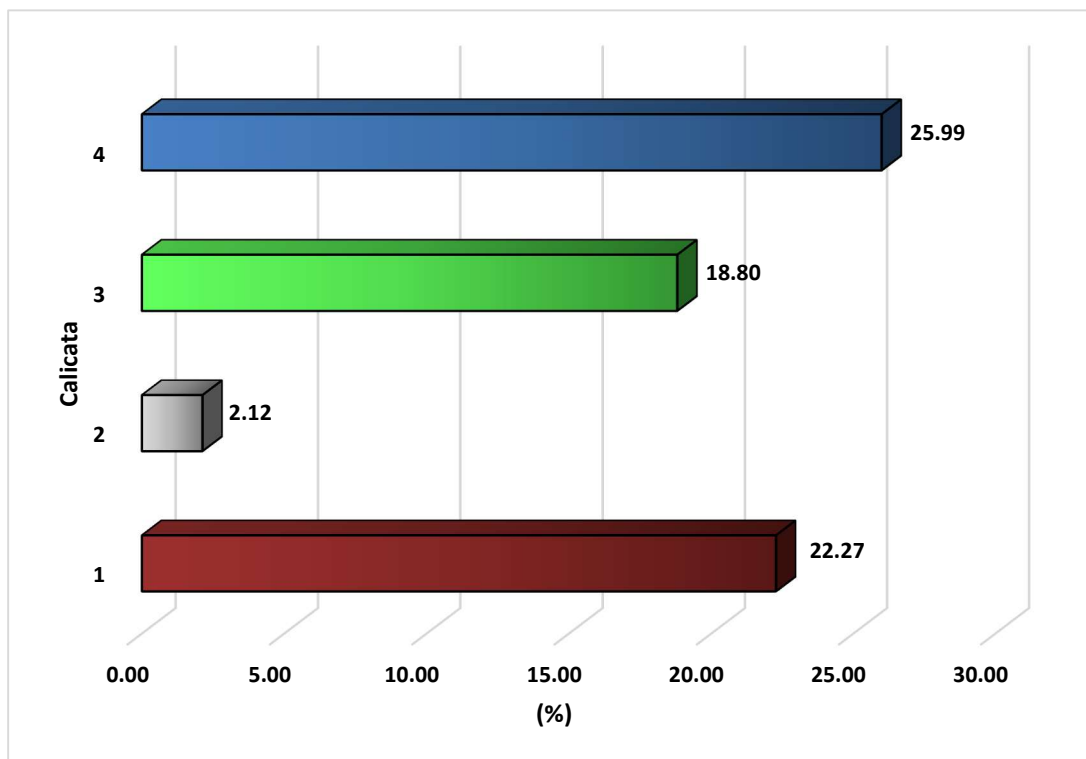


Gráfico 12. Límites plásticos en muestras naturales N° 1

Índice de plasticidad

Tabla XXVIII

Índice de plasticidad en muestras naturales

Calicata	Muestra	Índice de plasticidad (IP) (%)
1	1	7.21
2	1	9.73
3	1	17.61
4	1	9.47

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 13**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron un IP de 7.21%, 9.73%, 17.61% y 9.47%, respectivamente.

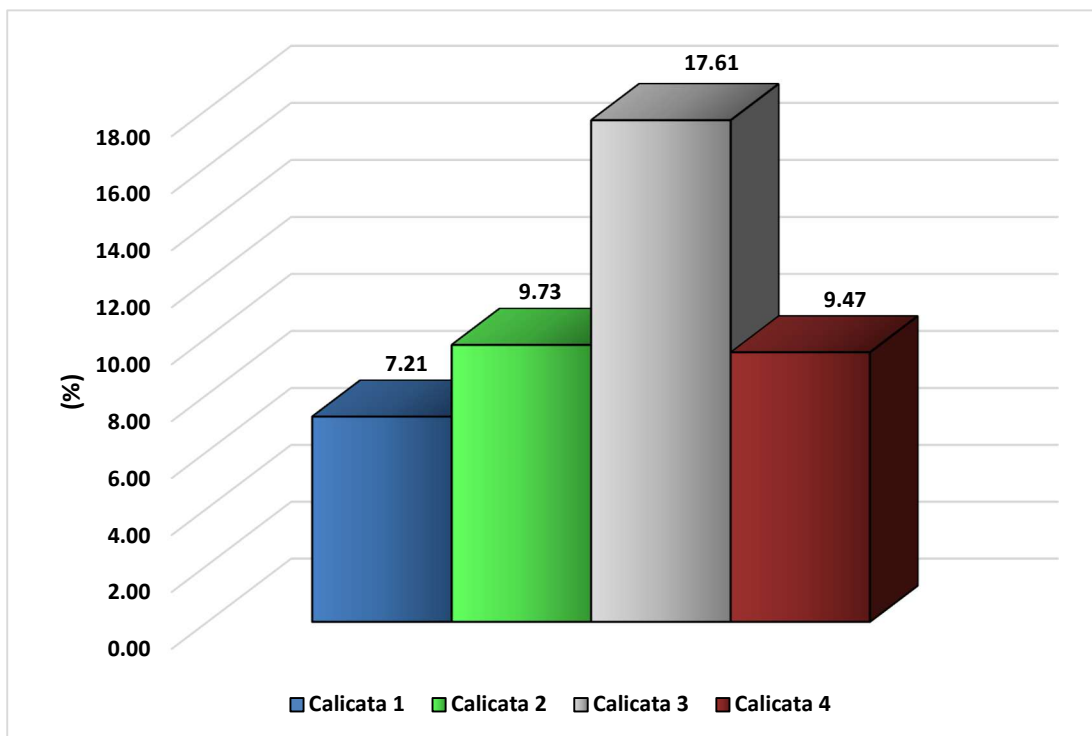


Gráfico 13. Índices de plasticidad en muestras naturales N° 1

Clasificación de suelos

En la **tabla XXIX**, de acuerdo a los límites de consistencia, según SUCS, la muestra 1 calicata 1, 2 y 3, se clasificaron como arcillas de baja plasticidad (CL), en cambio, la muestra 1 de la calicata 4, como limo de baja plasticidad (ML). Mientras que, por AASHTO, la muestra 1 de la calicata 1, como A-4 (7). En cuanto a la muestra 1 de la calicata 2, como A-4 (9). En tanto, la muestra 1 de la calicata 3, como A-6 (11). En cambio, la muestra 1 de la calicata 4, como A-4 (5).

Tabla XXIX

Clasificación SUCS y AASHTO

Calicata	Muestra	SUCS	AASHTO
1	1	CL	A-4 (7)
2	1	CL	A-4 (9)
3	1	CL	A-6 (11)
4	1	ML	A-4 (5)

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad

Tabla XXX

Contenido de humedad en muestras naturales

Calicata	Muestra	Humedad (%)
1	1	17.50
2	1	26.60
3	1	20.70
4	1	23.50

Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 14**, las humedades de las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, fueron de 17.50%, 26.60%, 20.70% y 23.50%, respectivamente.

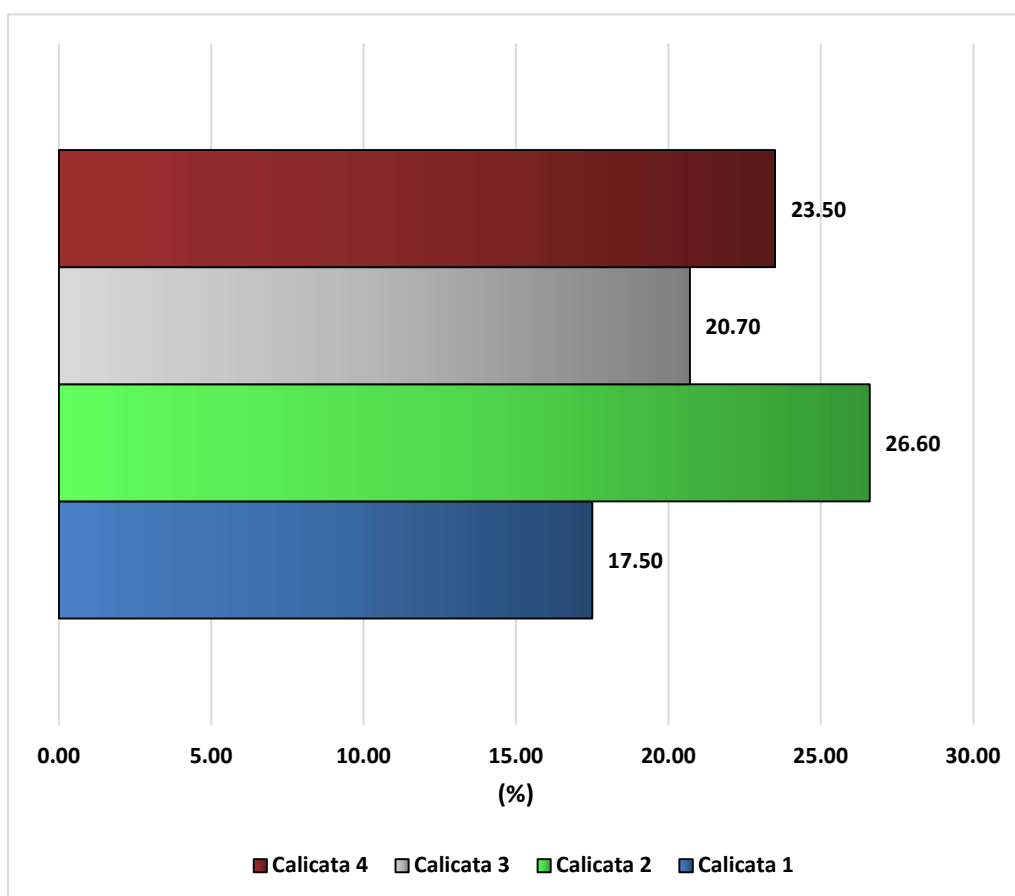


Gráfico 14. Contenidos de humedad en muestras naturales N° 1

Gravedad específica

Tabla XXXI

Gravedad específica en muestras naturales

Calicata	Muestra	Grav. Esp. (g/cm ³)
1	1	2.444
2	1	2.470
3	1	2.399
4	1	2.498

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 15**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron gravedades específicas de 2.444 g/cm³, 2.470 g/cm³, 2.399 g/cm³ y 2.498 g/cm³, respectivamente.

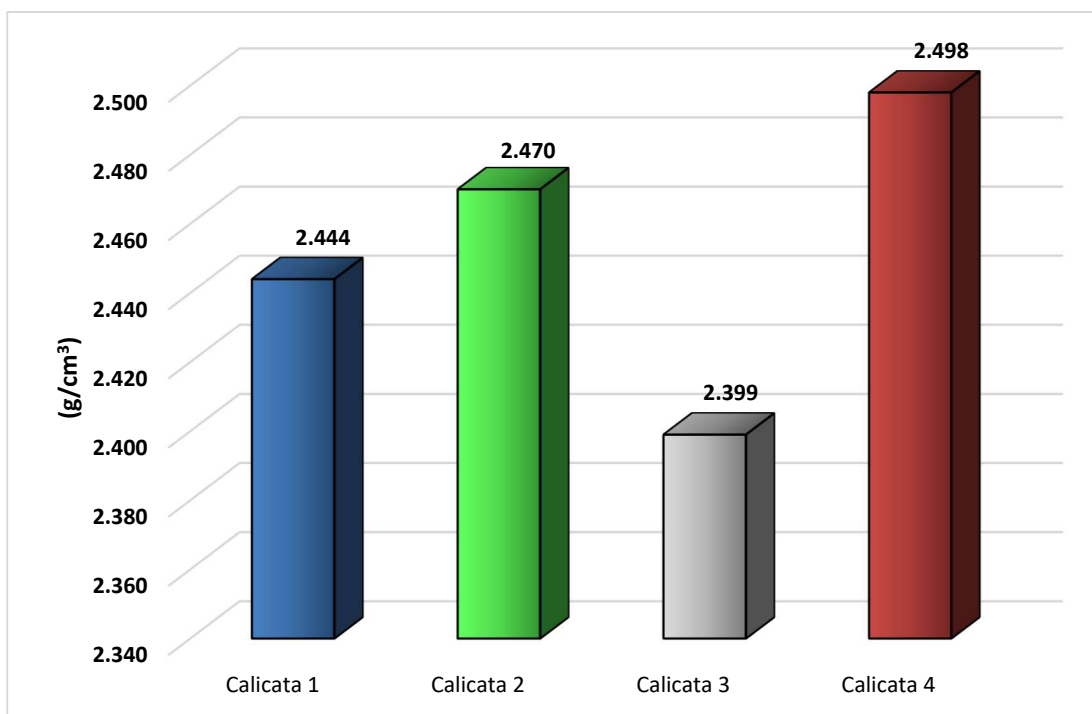


Gráfico 15. Gravedad específica en muestras naturales N° 1

Ensayos químicos

Se detallan los resultados de las muestras naturales.

Sales solubles

Tabla XXXII

Contenido de sales solubles en muestras naturales

Calicata	Muestra	Sales solubles (%)
1	1	0.04
2	1	0.04
3	1	0.04
4	1	0.08

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 16**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron contenidos de sales solubles de 0.04%, 0.04%, 0.04% y 0.08%, respectivamente.

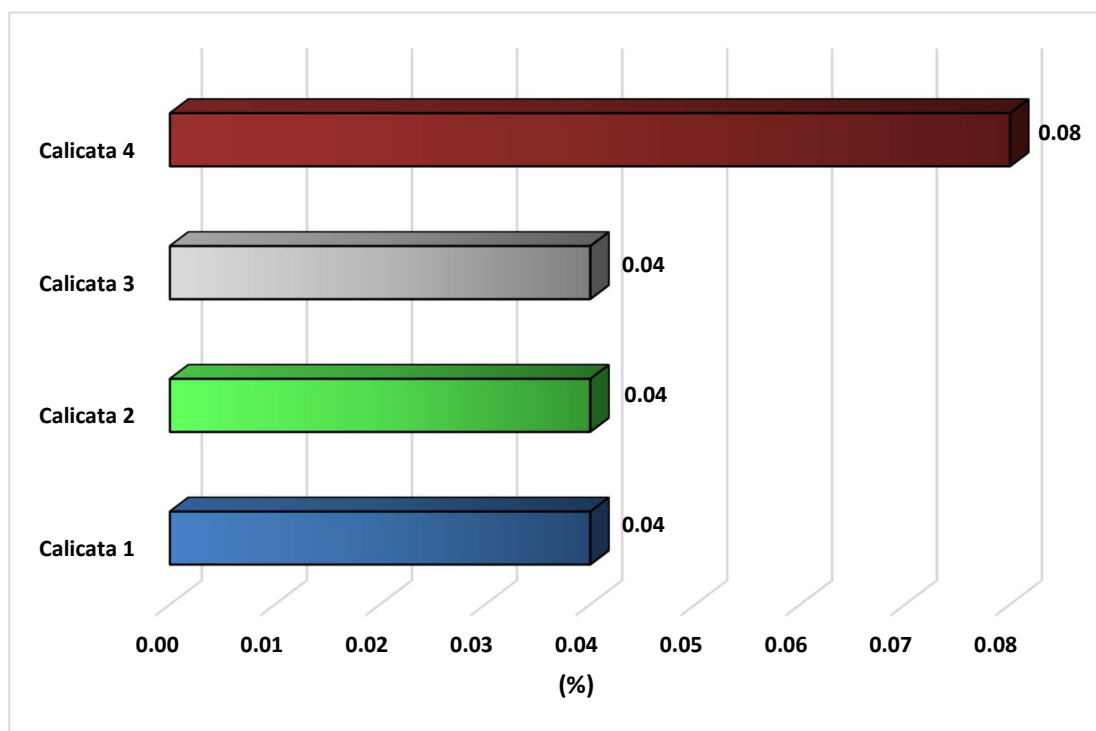


Gráfico 16. Sales solubles en muestras naturales N° 1

Ensayos mecánicos

Se detallan los resultados de las muestras naturales.

Proctor modificado

Máxima densidad seca

Tabla XXXIII

Máxima densidad seca en muestras naturales

Calicata	Muestra	MDS (g/cm ³)
1	1	1.82
2	1	1.70
3	1	1.75
4	1	1.75

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 17**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron máximas densidades secas de 1.824 g/cm³, 1.695 g/cm³, 1.751 g/cm³ y 1.750 g/cm³, respectivamente.

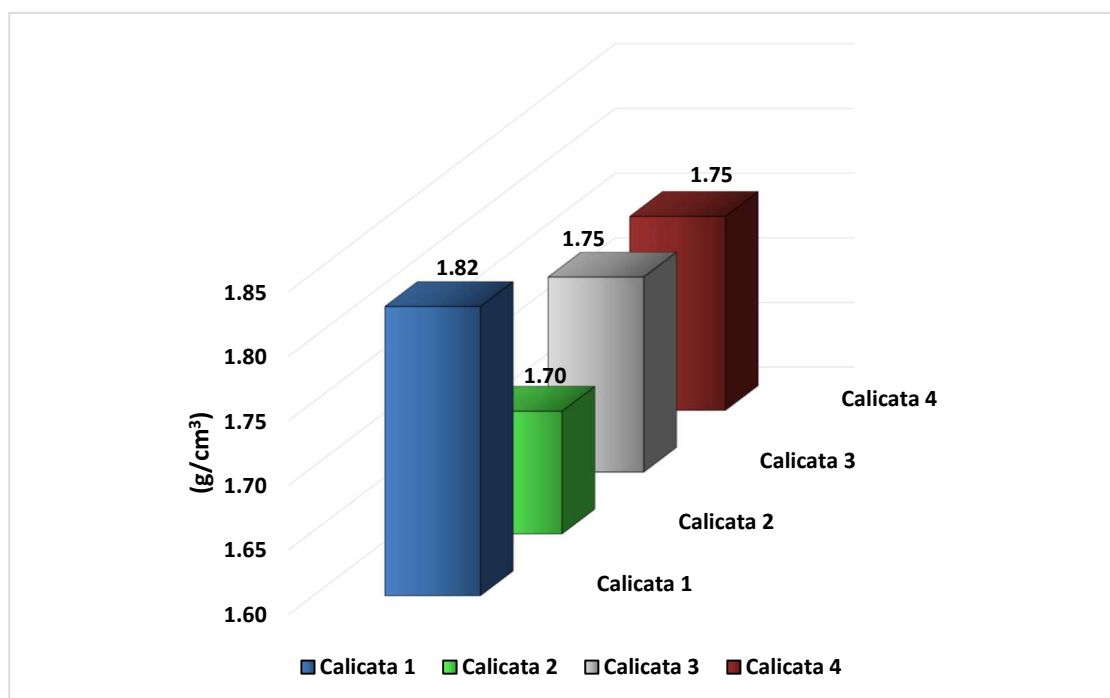


Gráfico 17. Máximas densidades secas en muestras naturales N° 1

Óptimo contenido de humedad

Tabla XXXIV

Óptimo contenido de humedad en muestras naturales

Calicata	Muestra	OCH (%)
1	1	15.00
2	1	13.50
3	1	15.60
4	1	18.60

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 18**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron óptimos contenidos de humedad de 15.00%, 13.50%, 15.60% y 18.60%, respectivamente.

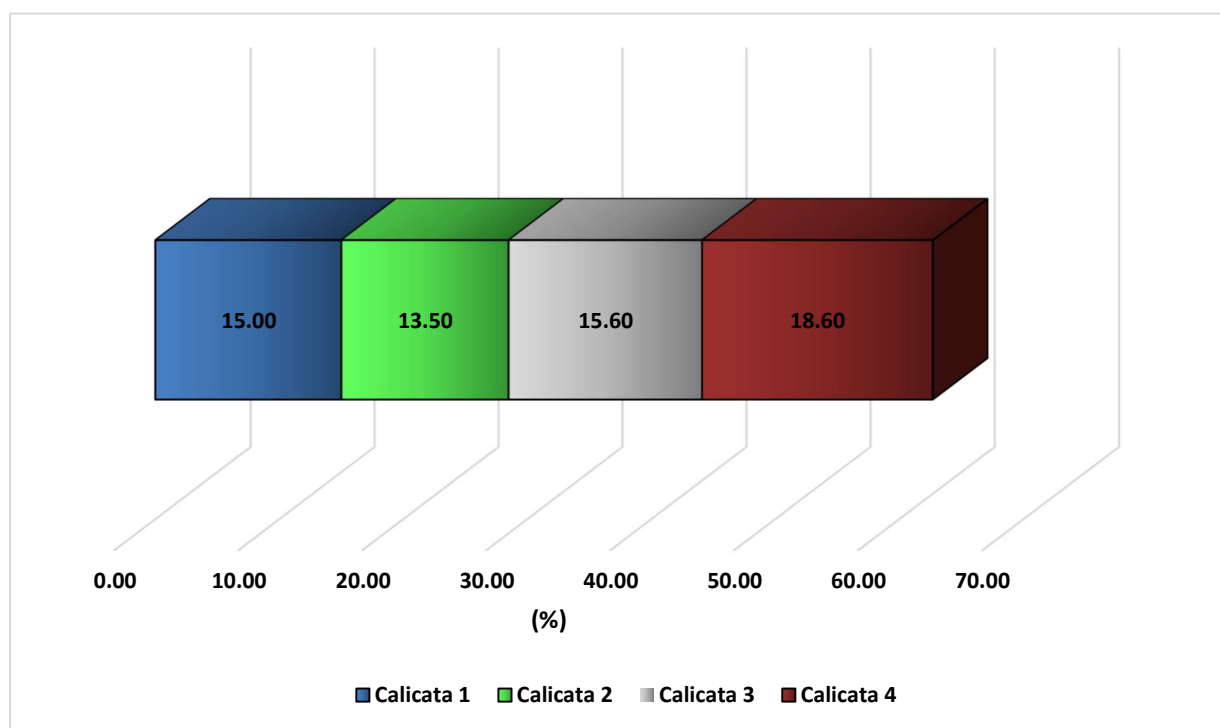


Gráfico 18. Óptimos contenidos de humedad en muestras naturales N° 1

CBR

Tabla XXXV

CBR en muestras naturales

Calicata	Muestra	CBR (95%)
1	1	4.00
2	1	2.00
3	1	2.00
4	1	2.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En el **gráfico 19**, las muestras 1 de la calicata 1, 2, 3 y 4, tuvieron CBR al 95% de 4.00%, 2.00%, 2.00% y 2.00%, respectivamente.

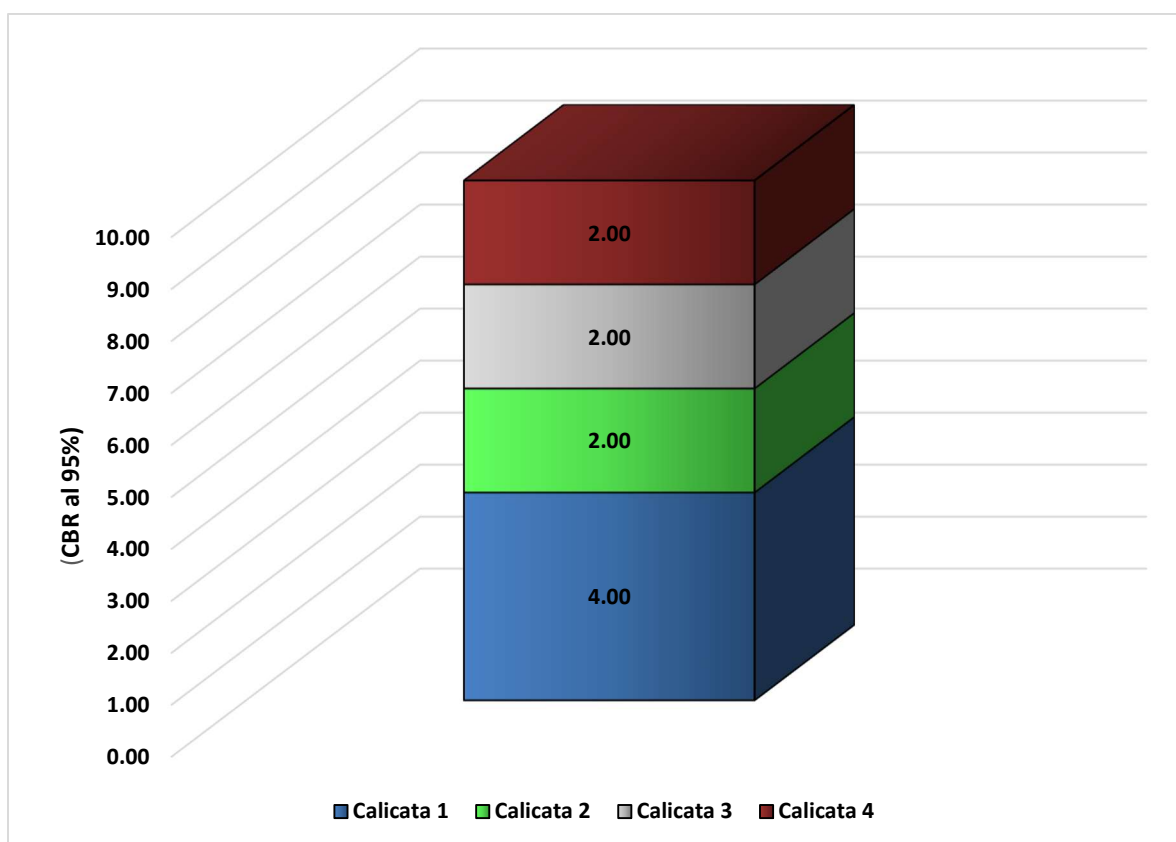


Gráfico 19. CBR al 95% en muestras naturales N° 1

Tabla XXXVI

Resumen de resultados de ensayos en muestras de suelo natural

Calicata Muestra	Propiedades físicas					Propiedades químicas			Propiedades mecánicas		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Humedad (%)	Gravedad específica (g/cm ³)	Sales solubles (%)	Proctor modificado		CBR (95%)
									MDS (g/cm ³)	OCH (%)	
C1 - M1	29.5	22.3	7.21	CL	A-4 (7)	17.50	2.44	0.04	1.82	15.00	4.00
C2 - M1	11.9	2.1	9.73	CL	A-4 (9)	26.60	2.47	0.04	1.70	13.50	2.00
C3 - M1	38.4	18.8	17.61	CL	A-6 (11)	20.70	2.40	0.04	1.75	15.60	2.00
C4 - M1	35.5	25.9	9.47	ML	A-4 (5)	23.50	2.50	0.08	1.75	18.60	2.00

Nota. Fuente: Elaboración propia.

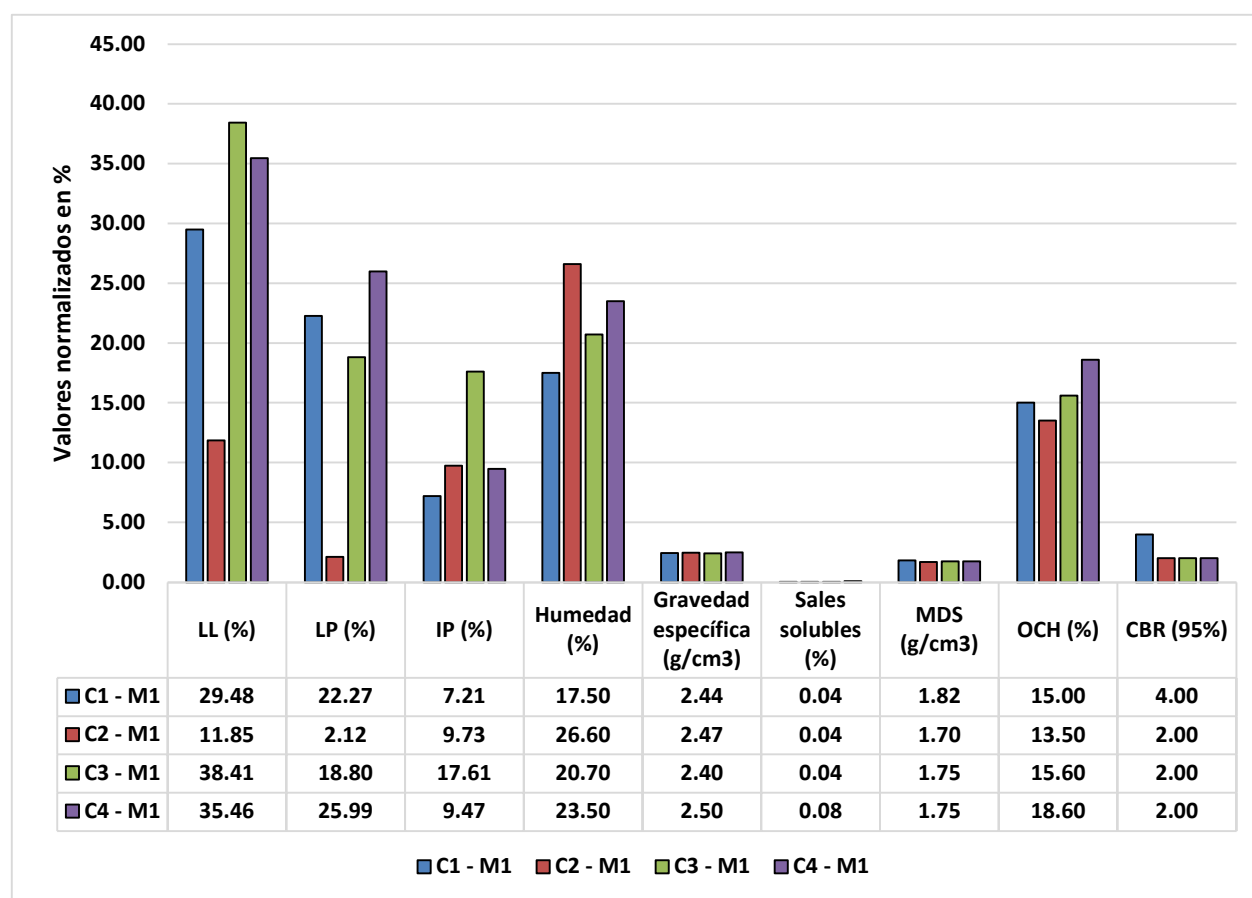


Gráfico 20. Resumen de resultados de ensayos en muestras naturales.

En el **gráfico 20**, se evidenció que las subrasantes tienen baja capacidad de soporte, dado que fueron inferiores a 6.00%, teniendo en cuenta la estabilización de las mismas en el presupuesto.

Diseño de pavimentación rígida por el método AASHTO 93

Diseño de pavimentación rígida por el método matemático AASHTO 93 – Av. Nicolás de Piérola

El diseño estructural de pavimentos rígidos se fundamenta en el método empírico - analítico propuesto por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en su guía de 1993, el cual ha sido adoptado como referencia por la normativa peruana para el diseño de carreteras. Este procedimiento parte de una ecuación de diseño derivada de estudios a largo plazo de desempeño de pavimentos (AASHO Road Test), en la que se relacionan variables que reflejan las condiciones de carga, capacidad estructural, resistencia de los materiales, condiciones de servicio y confiabilidad del diseño. Este método incorpora un enfoque de confiabilidad que permite dimensionar la estructura del pavimento considerando la probabilidad de que esta mantenga su capacidad funcional y estructural durante su vida útil. El diseño requiere definir parámetros como el tránsito proyectado, condiciones climáticas, propiedades de los materiales y niveles de servicio deseados, los cuales deben recogerse mediante estudios específicos conforme al Manual de Carreteras del MTC – DG 2018.

Cálculo del ESAL

DATOS:

1) PERIODO DE DISEÑO

T= 20.00 años

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 -50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

2) ESPESOR DE PAVIMENTO

Esp = 250.00 mm asumido

3) INDICES DE SERVICIABILIDAD

Pt = 2.50 serviciabilidad final

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles

$\Delta PSI = Po - Pt = 2$

INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

4) FACTOR DE DISTRIBUCION POR DIRECCION

D = 0.50	
Número de carriles en ambas direcciones	LD 10
2	0.50
4	0.45
6 o más	0.40

factor de dirección ida y vuelta

5) FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL

L = 1 un carril en cada sentido	
N° DE CARRIL EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

=> W18 = 100%

6) CODIGO DE EJE CARGADO

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento

L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tandem
L2 = 3	eje tridem

Fórmula del ESAL para pavimento rígido

$$Fec = - \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\text{Log} \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \text{ Log} (18+1) - 4.62 \text{ Log} (L_x + L_2) + 3.28 \text{ Log} (L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \text{Log} \frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5} \quad \beta_x = 1 + \frac{3.63 (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} (L_2)^{3.52}}$$

En Donde:

W_{tx} = # Aplicaciones de carga definida al final del tiempo tW_{t18} = # Aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t

FACTOR DE CRECIMIENTO:

$$G \cdot Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

ESAL = 1'977,101.04 EE

1) CONFIABILIDAD

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

R = 80 %

2) DESVIACION ESTANDAR NORMAL

DESVIACION ESTANDAR NORMAL VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29

ZR = -0.841

3) ERROR ESTANDAR COMBINADO S_o

TIPO	(S_o)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40
$S_o =$	0.32

Determinación del módulo de reacción efectiva de la subrasante**1) METODO EMPIRICO O MECANISTICO**

DATOS DE LA BASE: CBR = **80.00** %

Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}$$

$$MR = 42205.446 \quad \text{psi} = 291.22 \quad \text{MPa}$$

Ecuación de Kentucky

(regresión exponencial)

$$MR = 1910 (CBR)^{0.68}$$

$$MR = 37595.387 \quad \text{psi} = 259.41 \quad \text{MPa}$$

Solo para CBR < 55 %

(regresión polinómica 2º)

$$MR = -7.5 CBR^2 + 800 CBR + 1820$$

$$MR = 19420 \quad \text{psi} = 134.00 \quad \text{MPa}$$

Mínimo: ME = 134.00 MPa

DATOS DEL SUELO DE FUNDACION: CBR = **3.00** %

Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}$$

$$MR = 5161.1741 \quad \text{psi} = 35.61 \quad \text{MPa}$$

Ecuación de After Van Til et al

(regresión exponencial)

$$MR = 5490 (CBR)^{0.30}$$

$$MR = 7633.2365 \quad \text{psi} = 52.67 \quad \text{MPa}$$

Mínimo: MR = 35.61 MPa

En el monograma

1. Estimamos el espesor de la base como dato preliminar
2. Obtenemos el módulo resiliente y módulo de elasticidad del suelo de fundación y de la sub base respectivamente
3. Proyectamos con las flechas y obtenemos el módulo de reacción compuesto



MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE (K) =

75.00 MPa/m

2) METODO ASHTO

DATOS DE LA BASE: CBR = 80.00 % Espesor: 15.00 cm

Si $CBR \leq 10$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG} (CBR)$$

Si $CBR > 10$

$$K = 46 + 9.08 (\text{LOG} (CBR))^{4.34}$$

$$K = 194.23 \text{ MPa/m}$$

DATOS DEL SUELO DE FUNDACIÓN: CBR = 3.00 %

Si $CBR \leq 10$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG} (CBR)$$

Si $CBR > 10$

$$K = 46 + 9.08 (\text{LOG} (CBR))^{4.34}$$

$$K = 27.60 \text{ MPa/m}$$

MÓDULO DE REACCIÓN COMPUESTO DE LA SUBRASANTE (K) =

34.61 MPa/m

1) PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

$$Pt = 2.5 \text{ serviciabilidad final}$$

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles

INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

$$\Delta PSI = Po - Pt = 2$$

2) DRENAJE

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

$$Cd = 1.00$$

3) COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CARGA

Valores de coeficiente de transmisión de carga

Tipo de Pavimento	Hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Con. Asfáltico		Con. Hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	----	2.3 - 2.9	----

$$J = 3.10$$

4) MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$\text{Concreto } f_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 57000 (f_c)^{0.5}$$

$$E_c = 3597088 \text{ psi} = 24819.9 \text{ MPa}$$

5) MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO

$$\text{Concreto } f_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$S'_c = 8 - 10 (f_c)^{0.5}$$

$$S'_c = 631.1 \text{ psi} = 4.35 \text{ MPa}$$

Determinación del espesor de la losa del pavimento

Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35\text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_d = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

DATOS:

$K =$	34.61	MPa/m	$S_o =$	0.32	
$E_c =$	24820	MPa	$R =$	80 % =>	$ZR =$ -0.841
$S'c = M_r =$	4.35	MPa	$P_t =$	2.5	
$J =$	3.10		$\Delta \text{PSI} =$	2	
$C_d =$	1.00		$W_{80} =$	7.44	$\times 10^6$
			$D =$???	mm por tanteo
			$D =$	230.00	mm

RESOLVIENDO:

1er miembro	=	Segundo miembro	
6.87	=	-0.26912 + 7.303073563 + -0.167080783 + 0.000827603	
6.87	=	6.868	

OK

Determinación de la losa del pavimento por ábaco AASHTO

DATOS:

$K =$	34.61	MPa/m	$S_o =$	0.32	
$E_c =$	24820	MPa	$R =$	80% =>	$ZR =$ -0.841
$S'c =$	4.35	MPa	$\Delta \text{PSI} =$	2	
$J =$	3.10		$W_{80} =$	7.44	$\times 10^6$
$C_d =$	1.00		$D =$	250	mm

4) FACTOR DE DISTRIBUCION POR DIRECCION

D = 0.50	
Número de carriles en ambas direcciones	LD 10
2	0.50
4	0.45
6 o más	0.40

factor de dirección ida y vuelta

5) FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL

L = 1 un carril en cada sentido	
N° DE CARRIL EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

=> W18 = 100%

6) CODIGO DE EJE CARGADO

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento

L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tandem
L2 = 3	eje tridem

T= 20.00 años

Esp = 250.00 mm
serviciabilidad

Pt = 2.50 final

D = 0.50 factor de dirección ida y vuelta

L = 1.00 un carril en cada sentido => W18 = 100%

ESAL = ni = (no)i (G) (D) (L) (365) (Y)

Fórmula del ESAL para pavimento rígido

$$Fec = - \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\text{Log} \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \text{ Log} (18+1) - 4.62 \text{ Log} (L_x + L_2) + 3.28 \text{ Log} (L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \text{Log} \frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5} \quad \beta_x = 1 + \frac{3.63 (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} (L_2)^{3.52}}$$

FACTOR DE CRECIMIENTO:

$$G \cdot Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

En Donde:

W_{tx} = # Aplicaciones de carga definida al final del tiempo tW_{t18} = # Aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t

$$\text{ESAL} = 1'265,953.69 \text{ EE}$$

1) CONFIABILIDAD

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

$$R = 80 \%$$

2) DESVIACION ESTANDAR NORMAL

DESVIACION ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29

$$ZR = -0.841$$

3) ERROR ESTANDAR COMBINADO So

TIPO	(So)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40

$$So = 0.32$$

Determinación del módulo de reacción efectiva de la subrasante

1) METODO EMPIRICO O MECANISTICO

DATOS DE LA

BASE: CBR = **80.00** %

Ecuación Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}$$

MR = 42205.446 psi = 291.22 MPa

Ecuación de Kentucky

(regresión exponencial)

$$MR = 1910 (CBR)^{0.68}$$

MR = 37595.387 psi = 259.41 MPa

(regresión polinómica 2º)

$$MR = -7.5 CBR^2 + 800 CBR + 1820$$

MR = 19420 psi = 134.00 MPa

Mínimo: ME = 134.00 MPa

DATOS DEL SUELO DE FUNDACION: CBR = **2.00** %

Ecuación Guia Mecanica Empirica NCHRP (2002)

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64}$$

MR = 3981.531 psi = 27.47 MPa

Ecuación de After Van Til et al

(regresión exponencial)

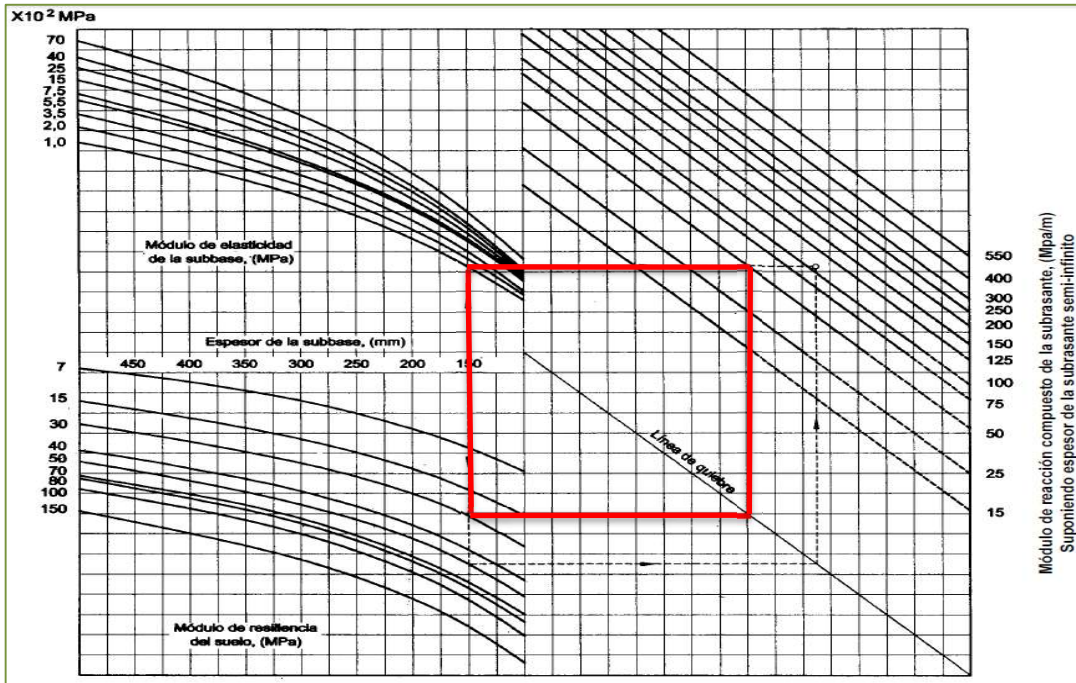
$$MR = 5490 (CBR)^{0.30}$$

MR = 6758.9828 psi = 46.64 MPa

Mínimo: MR = 27.47 MPa

En el monograma

1. Estimamos el espesor de la base como dato preliminar
2. Obtenemos el módulo resiliente y módulo de elasticidad del suelo de fundación y de la sub base respectivamente
3. Proyectamos con las flechas y obtenemos el módulo de reacción compuesto



MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE (K) = **50.00** MPa/m

2) METODO ASHTO

DATOS DE LA BASE: CBR = **80.00** % Espesor: **15.00** cm

Si CBR ≤ 10
 $K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG (CBR)}$
 Si CBR > 10
 $K = 46 + 9.08 (\text{LOG (CBR)})^{4.34}$
 K = **194.23** MPa/m

DATOS DEL SUELO DE FUNDACIÓN: CBR = **2.00** %

Si CBR ≤ 10
 $K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG (CBR)}$
 Si CBR > 10
 $K = 46 + 9.08 (\text{LOG (CBR)})^{4.34}$
 K = **18.35** MPa/m

MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE (K) = **24.29** MPa/m

Determinación de la pérdida de serviciabilidad

1) PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

$$Pt = \frac{\text{serviciabilidad}}{2.5 \text{ final}}$$

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles

INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

$$\Delta PSI = Po - Pt = 2$$

2) DRENAJE

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

$$Cd = 1.00$$

3) COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CARGA

Valores de coeficiente de transmisión de carga

Tipo de Pavimento	Hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Con. Asfáltico		Con. hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	----	2.3 - 2.9	----

$$J = 3.10$$

4) MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$\begin{aligned} \text{Concreto } f_c &= \mathbf{280.00} \text{ kg/cm}^2 \\ E_c &= 57000 (f_c)^{0.5} \\ E_c &= 3597088 \text{ psi} = 24819.9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5) MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO

$$\begin{aligned} \text{Concreto } f_c &= \mathbf{280.00} \text{ kg/cm}^2 \\ S'_c &= 8 - 10 (f_c)^{0.5} \\ S'_c &= 631.1 \text{ psi} = 4.35 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Determinación del espesor de la losa del pavimento

Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1.25 \times 10^{19}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_d = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

DATOS:

$K =$	24.29	MPa/m	$S_o =$	0.32	
$E_c =$	24820	MPa	$R =$	80 % =>	$ZR =$ -0.841
$S'_c = M_r =$	4.35	MPa	$P_t =$	2.5	
$J =$	3.10		$\Delta \text{PSI} =$	2	
$C_d =$	1.00		$W_{80} =$	7.44	$\times 10^6$
			$D =$???	mm por tanteo
			$D =$	234.00	mm

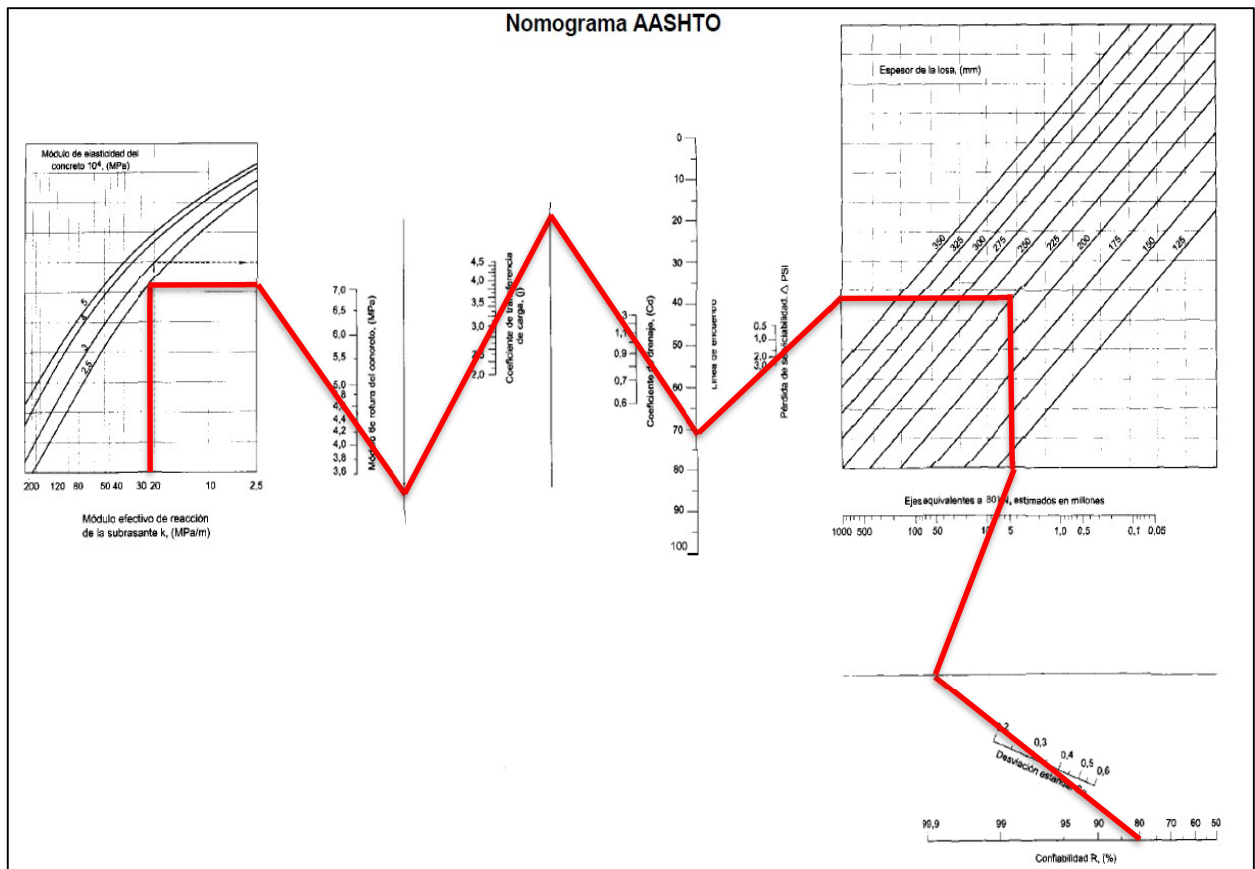
RESOLVIENDO:

$$\begin{aligned}
 \text{1er miembro} &= \text{Segundo miembro} \\
 6.87 &= -0.26912 + 7.352679292 + -0.168140713 + -0.045647348 \\
 \mathbf{6.87} &= \mathbf{6.870}
 \end{aligned}$$

OK

Determinación de la losa del pavimento por ábaco AASHTO

DATOS:	K =	24.29	MPa/m	So =	0.32
	Ec =	24820	MPa	R =	80% => ZR = -0.841
	S'c =	4.35	MPa	ΔPSI =	2
	J =	3.10		W80 =	7.44 x 10 ⁶
	Cd =	1.00		D =	250 mm



Diseño de pavimentación rígida por el método AASHTO 93 bajo norma técnica – Av. Nicolas de Piérola

ANÁLISIS DE TRÁFICO POR EL MÉTODO AASHTO 93 - AV. NICOLÁS DE PIÉROLA

Cuadro 14.2	
Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño	
Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
Tp5	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
Tp6	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
Tp7	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
Tp8	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
Tp9	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
Tp10	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
Tp11	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
Tp12	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
Tp13	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
Tp14	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración propia.

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL: LAMBAYEQUE 1.30
 PERÍODO DE DISEÑO: 20.00
 FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN: 0.50
 FACTOR DE DIST. POR CARRIL: 0.90

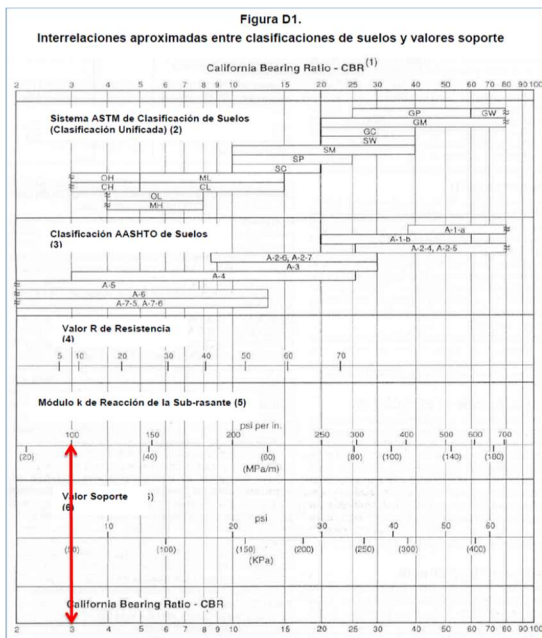
EAL	1,977,101.04
------------	---------------------

W18=	1.98E+00
-------------	-----------------

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES
 • **MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"**

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLES	CBR
C - 01	AV. NICOLÁS DE PIÉROLA - AV. SÁENZ PEÑA	4.00
C - 02	AV. NICOLÁS DE PIÉROLA - AV. JORGE CHÁVEZ	2.00
CBR AL 95% PROMEDIO =		3.00



MÓDULO "K" DE LA SUBRASANTE	100.00	MPa/m
------------------------------------	---------------	--------------

● **SERVICIABILIDAD**

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.30

SERVICIABILIDAD FINAL: 2.50

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes	Índice de Servicio Inicial (Pi)	Índice de Servicio Final o Terminal (Pf)	Diferencial de Servicio (Pi - Pf)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Trn	150,001 - 300,000	4.1	2	2.1
	Trn	300,001 - 500,000	4.1	2	2.1
	Trn	500,001 - 750,000	4.1	2	2.1
	Trn	750,001 - 1,000,000	4.1	2	2.1
Resto de Caminos	Trn	1,000,001 - 1,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	1,500,001 - 3,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	3,000,001 - 5,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	5,000,001 - 7,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	7,500,001 - 10,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	10,000,001 - 12,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	12,500,001 - 15,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	15,000,001 - 20,000,000	4.5	3	1.5
	Trn	20,000,001 - 25,000,000	4.5	3	1.5
	Trn	25,000,001 - 30,000,000	4.5	3	1.5
Trn	>30,000,000	4.5	3	1.5	

Fuente: Elaboración propia.

● **CONFIABILIDAD**

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"	85%
-------------------	-----

DESVIACIÓN ESTAND. "So"	-1.036
-------------------------	--------

● **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S'_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA:	599.52	psi
-------------------	--------	-----

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Resistencia Mínima a la Flexotracción del Concreto (MR)	Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión del Concreto (f'c)
≤ 5,000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5,000,000 EE ≤ 15,000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15,000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

● **TRANSFERENCIA DE CARGA**

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro - Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	Sí	No
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J"	3.20
-------------------------------------	------

• DRENAJE

Cuadro 14.9

Coefficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.9
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.8
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.7

Fuente: Elaboración propia.

COEF. DE DRENAJE "Cd"	1.00
-----------------------	------

RESUMEN

Figura 14.3a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2 PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

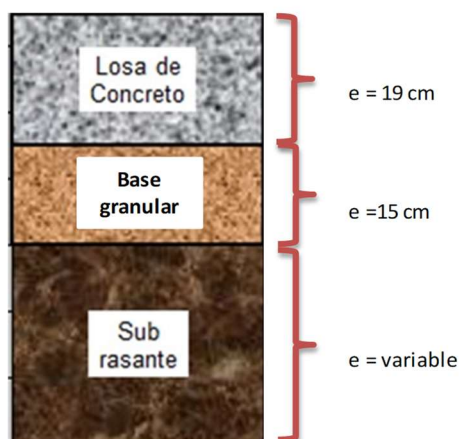


Losa de Concreto

 Sub-base Granular

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
 3. J = 3.2 (Pavimento Rígido con Berma Granular o Asfáltica y con Pasadores).
 4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
 a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
 b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
 c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.



Diseño de pavimentación rígida por el método AASHTO 93 bajo norma técnica – Av. José Quiñones

ANÁLISIS DE TRÁFICO POR EL MÉTODO AASHTO 93 - AV. JOSÉ QUIÑONES

Cuadro 14.2	
Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño	
Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
Tp5	$> 1'000,000 \text{ EE} \leq 1'500,000 \text{ EE}$
Tp6	$> 1'500,000 \text{ EE} \leq 3'000,000 \text{ EE}$
Tp7	$> 3'000,000 \text{ EE} \leq 5'000,000 \text{ EE}$
Tp8	$> 5'000,000 \text{ EE} \leq 7'500,000 \text{ EE}$
Tp9	$> 7'500,000 \text{ EE} \leq 10'000,000 \text{ EE}$
Tp10	$> 10'000,000 \text{ EE} \leq 12'500,000 \text{ EE}$
Tp11	$> 12'500,000 \text{ EE} \leq 15'000,000 \text{ EE}$
Tp12	$> 15'000,000 \text{ EE} \leq 20'000,000 \text{ EE}$
Tp13	$> 20'000,000 \text{ EE} \leq 25'000,000 \text{ EE}$
Tp14	$> 25'000,000 \text{ EE} \leq 30'000,000 \text{ EE}$

Fuente: Elaboración propia.

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL: LAMBAYEQUE 1.30
 PERÍODO DE DISEÑO: 20.00
 FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN: 0.50
 FACTOR DE DIST. POR CARRIL: 0.90

EAL	1,265,953.69
-----	--------------

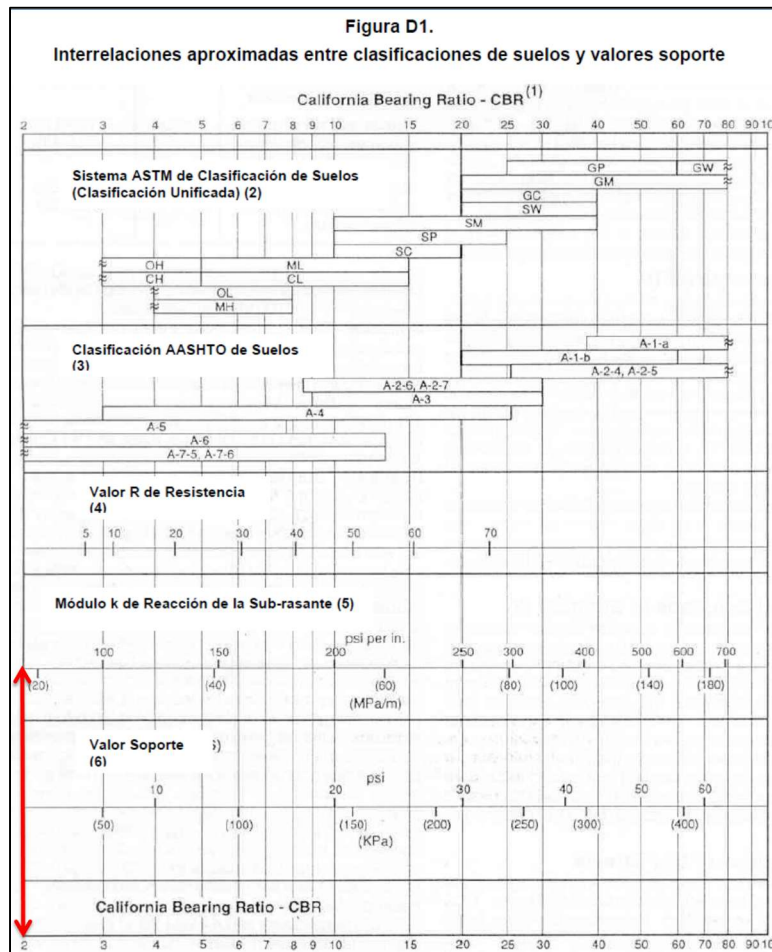
W18=	1.27E+00
------	----------

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

● **MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"**

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLES	CBR
C - 03	AV. JOSÉ QUIÑONES - AV. NICOLÁS DE PIÉROLA	2.00
C - 04	AV. JOSÉ QUIÑONES - CALLE LOS LIRIOS	2.00
CBR AL 95% PROMEDIO =		2.00



MÓDULO "K" DE LA SUBRASANTE	0.00	MPa/m
------------------------------------	-------------	--------------

• **SERVICIABILIDAD**

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.30

SERVICIABILIDAD FINAL: 2.50

Cuadro 14.4 Índice de Servicio Inicial (Pi) - Índice de Servicio Final o Terminal (Pf) - Diferencial de Servicio Según Rango de Tráfico					
Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes	Índice de Servicio Inicial (Pi)	Índice de Servicio Final o Terminal (Pf)	Diferencial de Servicio (Pi - Pf)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Trn	150,001 - 300,000	4.1	2	2.1
	Trn	300,001 - 500,000	4.1	2	2.1
	Trn	500,001 - 750,000	4.1	2	2.1
	Trn	750,001 - 1,000,000	4.1	2	2.1
Resto de Caminos	Trn	1,000,001 - 1,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	1,500,001 - 3,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	3,000,001 - 5,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	5,000,001 - 7,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	7,500,001 - 10,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	10,000,001 - 12,500,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	12,500,001 - 15,000,000	4.3	2.5	1.8
	Trn	15,000,001 - 20,000,000	4.5	3	1.5
	Trn	20,000,001 - 25,000,000	4.5	3	1.5
	Trn	25,000,001 - 30,000,000	4.5	3	1.5
Trn	>30,000,000	4.5	3	1.5	

Fuente: Elaboración propia.

• **CONFIABILIDAD**

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"	85%
--------------------------	------------

DESVIACIÓN ESTAND. "So"	-1.036
--------------------------------	---------------

• **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S'_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:

f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA:	599.52	psi
--------------------------	---------------	-----

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Resistencia Mínima a la Flexotracción del Concreto (MR)	Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión del Concreto (f'c)
≤ 5,000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5,000,000 EE ≤ 15,000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15,000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

MOD. ELASTICIDAD:	3.60E+06	psi
--------------------------	-----------------	-----

• **TRANSFERENCIA DE CARGA**

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro - Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	sí	No
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J"	3.20
--	-------------

• **DRENAJE**

Cuadro 14.9

Coficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.9
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.8
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.7

Fuente: Elaboración propia.

COEF. DE DRENAJE "Cd"	1.00
------------------------------	-------------

RESUMEN

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para hacer uso de los monogramas y obtener el espesor de la losa y subbase

NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	VALOR
MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO	K=MPa/m	0.00
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	EC=PSI	3.60E+06
MÓDULO DE RUPTURA	MR=PSI	599.52
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA	J=ADIM.	3.20
COEFICIENTE DE DRENAJE	Cd=ADIM.	1.00
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	Δ PSI=ADIM.	1.80
CONFIABILIDAD	R=%	85%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	So=ADIM.	-1.04
CARGA EQUIVALENTE	ESAL's=Kip x 10 ⁶	1.27E+00

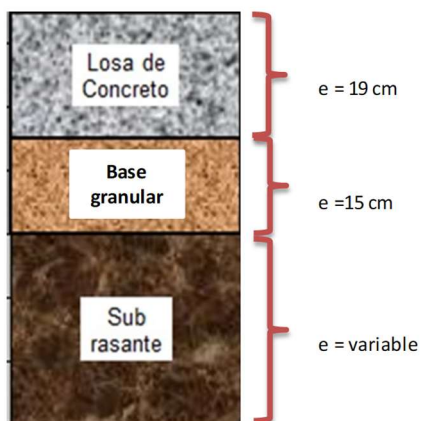
Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3a
CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y
CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
 3. J = 3.2 (Pavimento Rígido con Berma Granular o Asfáltica y con Pasadores).
 4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
 a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
 b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
 c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

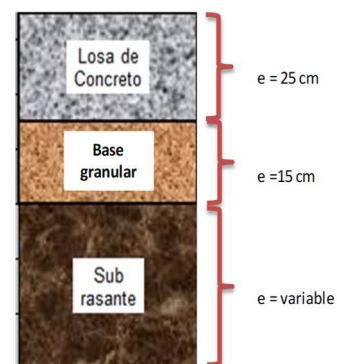


Comparación de resultados de los diseños de pavimentación rígida por el método matemático AASHTO 93 vs norma técnica

Tabla XXXVII

Resultados de diseño de pavimentación rígida por AASHTO y NTP

NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	AV. NICOLÁS DE PIÉROLA	AV. JOSÉ QUIÑONES	AV. NICOLÁS DE PIÉROLA	AV. JOSÉ QUIÑONES
		MÉTODO AASHTO 93		(NORMA TÉCNICA)	
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Módulo de Reacción del Suelo	K-Mpa/m	34.61	24.29	100	0
Módulo de Elasticidad del Concreto	EC-Psi	3.60E+06	3.60E+06	3.60E+06	3.60E+06
Módulo de Ruptura	MR-Psi	631.1	631.1	599.52	599.52
Coefficiente de Transferencia de Carga	J-ADIM.	3.1	3.1	3.2	3.2
Coefficiente de Drenaje	Cd-ADIM.	1	1	1	1
Pérdida de Serviciabilidad	Δ PSI-ADIM.	2	2	1.8	1.8
Confiabilidad	R-%	80.00%	80.00%	85%	85%
Desviación Estándar	So=ADIM.	-0.841	-0.841	-1.04	-1.04
Carga Equivalente	ESALs=Kip x 10 ⁶	1.98E+00	1.27E+00	1.98E+00	1.27E+00
Losa de Concreto	e (cm)	23	23	21	19
Base Granular	e (cm)	15	15	15	15



De acuerdo a los espesores obtenidos, el método matemático del ASHTO fue relativamente superior al normativo, y teniendo en cuenta el incremento del flujo vehicular en ambas vías, se estableció espesores de 25 cm para la losa y de 15 cm para la base granular, tanto para la Av. Nicolas de Piérola como José Quiñones, por lo que también, se consideró el mejoramiento de la subrasante con piedra over, debido a sus bajas capacidades de soporte.

Tiempos de respuesta del tráfico actual

Intersecciones	Sentido	Flujo vehicular
Av. José Quiñones	Oeste - Este	552
Av. José Quiñones	Este - Oeste	558
Av. Nicolás de Piérola	Norte - Sur	644
Av. Nicolás de Piérola	Sur - Norte	366

$$FHMD = 0.91$$

$$\text{Velocidad (oeste/este - este/oeste)} = 60 \text{ km/hr}$$

$$\text{Velocidad (norte/sur - sur/norte)} = 50 \text{ km/hr}$$

De acuerdo al estudio de tráfico realizado en el óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la Ciudad de Chiclayo, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque, se procede al análisis y cálculo de los tiempos de respuesta (ciclos de semaforización para todas las rutas críticas observadas que originan el congestionamiento vehicular en la zona de estudio. Para ello, los fundamentos matemáticos que se describen y detallan a continuación obedecen al Manual HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010). Se muestran a continuación los volúmenes horarios máximos mixtos presentes en la zona de estudio, el cual está compuesta por 2.4% de camiones, 0.57% de buses y 97.03% de vehículos ligeros. Determinaremos el reparto de los tiempos de semaforización actual utilizando un plan de 4 fases con vueltas permitidas en U, hacia la izquierda, hacia la derecha debido a su alto volumen de peatones. En los accesos Oeste y Este, las vueltas a la derecha e izquierda están protegidas respectivamente. De igual forma, en los accesos Norte y Sur, las vueltas a la derecha e izquierda están protegidas. El FHMD es de 0.91. Las velocidades de aproximación de los vehículos a los accesos Oeste/Este - Este/Oeste es de 60 km/hr, mientras que las velocidades de los accesos Norte/Sur - Sur/Norte es de 50 km/hr.

1. Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados (f_{HV})

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Dónde:

f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

P_T = Porcentaje de participación de camiones y trailers.

P_B = Porcentaje de participación de buses.

P_R = Porcentaje de participación de vehículos ligeros.

E_T = Factor equivalente de camiones y trailers.

E_B = Factor equivalente de buses.

E_R = Factor equivalente de vehículos ligeros.

$$P_T = 2.40 \quad \% \qquad E_T = 1.50$$

$$P_B = 0.57 \quad \% \qquad E_B = 1.50$$

$$P_R = 97.03 \quad \% \qquad E_R = 1.50$$

Por lo tanto:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 2.4(1.5 - 1) + 0.57(1.5 - 1) + 97.03(1.5 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.67$$

2. Los flujos de vehículos directos equivalentes

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

Dónde:

q_D = Movimientos directos.

q_{VI} = Movimientos de vuelta a la izquierda.

q_{VD} = Movimientos de vuelta a la derecha.

Tabla N°01 Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la izquierda EVI			
Flujo opuesto (Veh/h)	N° de Carriles Opuestos		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2	1.8
400	5	3	2.5
600	10	5	4
800	13	8	6
1000	15	13	10
≥1200	15	15	15
Para vueltas a la izquierda protegidas EVI =			1.05

Tabla N°02 Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la derecha EVD		
Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (patones/hra)	Equivalente	
Ninguno	0	1.18
Bajo	50	1.21
Moderado	200	1.32
Alto	400	1.52
Extremo	800	2.14

Acceso sur

Movimientos de vuelta a la izquierda

$$q_v = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_v)$$

Dónde:

q_v = Vehículos directos equivalentes que giran.

q_{VI} = Vehículos directos equivalentes que giran a la izquierda.

q_{VD} = Vehículos directos equivalentes que giran a la derecha.

$FHMD$ = Flujo horario de máximo demanda = 0.91

$VHMD_D$ = Volumen horario de máxima demanda que giran.

$VHMD_{VI}$ = Volumen horario de máxima demanda que giran a la izquierda.

$VHMD_{VD}$ = Volumen horario de máxima demanda que giran a la derecha.

f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

E_v = Factor equivalencia de vehículos que giran.

E_{VI} = Factor equivalencia de vehículos que giran a la izquierda.

E_{VD} = Factor equivalencia de vehículos que giran a la derecha.

VDE/hr = Vehículos directos equivalentes por hora.

Por lo tanto:

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VI})$$

$$q_{VI} = \frac{366}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.05)$$

$$q_{VI} = 633.46 \quad \text{VDE/hr.}$$

Movimientos de vuelta a la derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VD})$$

$$q_{VD} = \frac{366}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.52)$$

$$q_{VD} = 917.01 \quad VDE/hr.$$

Acceso este**Movimientos de vuelta a la izquierda**

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VI})$$

$$q_{VI} = \frac{558}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.05)$$

$$q_{VI} = 965.77 \quad VDE/hr.$$

Movimientos de vuelta a la derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VD})$$

$$q_{VD} = \frac{558}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.52)$$

$$q_{VD} = 1398.07 \quad VDE/hr.$$

Acceso oeste**Movimientos de vuelta a la derecha**

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VD})$$

$$q_{VD} = \frac{552}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.52)$$

$$q_{VD} = 1383.03 \quad VDE/hr.$$

Movimientos de vuelta a la izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VI})$$

$$q_{VI} = \frac{552}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.05)$$

$$q_{VI} = 955.38 \quad \text{VDE/hr.}$$

Acceso norte**Movimientos de vuelta a la derecha**

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VD})$$

$$q_{VD} = \frac{644}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.52)$$

$$q_{VD} = 1613.54 \quad \text{VDE/hr.}$$

Movimientos de vuelta a la izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VI})$$

$$q_{VI} = \frac{644}{0.91} \left(\frac{1}{0.67} \right) (1.05)$$

$$q_{VI} = 1114.62 \quad \text{VDE/hr.}$$

RESUMEN

Acceso sur =	1550.47	VDE/hr.	(Fase 1)
Acceso este =	2363.84	VDE/hr.	(Fase 2)
Acceso oeste =	2338.42	VDE/hr.	(Fase 3)
Acceso norte =	2728.15	VDE/hr.	(Fase 4)

3. Magnitud de intervalos de cambio (y_i)

$$y_i = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W + L}{v}\right) = A_i + TR_i$$

Dónde:

y_i = Magnitud de intervalos de cambio.

t = Tiempo de percepción/reacción del conductor = 1.00 s.

v = Velocidad de aproximación de los vehículos (Av. José Quiñones, sentidos: oeste/este - este/oeste) = 60 km/hr = 16.7 m/s

Velocidad de aproximación de los vehículos (Av. Nicolás de Piérola, sentidos: norte/sur - sur/norte) = 50.00 km/hr = 13.9 m/s

a = Tasa de desaceleración = 3.50 m/s²

W = Ancho de la intersección que atraviesa el vehículo.

L = Longitud promedio del vehículo = 6.10 m

A_i = Tiempo amarillo.

TR_i = Tiempo todo rojo.

Por lo

tanto:

$$y_1 = \left(1 + \frac{13.89}{2 * 3.50}\right) + \left(\frac{49.90 + 6.10}{13.89}\right) = 2.984 + 4.032$$

$A_1 = 2.984$ seg. $TR_2 = 4.032$

$A_1 = 3.00$ seg. $TR_2 = 4.00$ s

$$y_2 = \left(1 + \frac{16.67}{2 * 3.50}\right) + \left(\frac{45.02 + 6.10}{16.67}\right) = 3.381 + 3.067$$

$A_2 = 3.381$ seg. $TR_3 = 3.067$

$A_2 = 3.00$ seg. $TR_3 = 3.00$ s

$$y_3 = \left(1 + \frac{16.67}{2 * 3.50}\right) + \left(\frac{53.31 + 6.10}{16.67}\right) = 3.381 + 3.565$$

$A_3 = 2.984$ seg. $TR_4 = 3.565$

$A_3 = 3.00$ seg. $TR_4 = 4.00$ s

$$y_4 = \left(1 + \frac{13.89}{2 * 3.50}\right) + \left(\frac{52.45 + 6.10}{13.89}\right) = 2.984 + 4.216$$

$A_4 = 2.984$ seg. $TR_1 = 4.216$

$A_4 = 3.00$ seg. $TR_1 = 4.00$ s

4. Tiempo por fases (l_i)

$$l_i = y_i = A_i + TR_i$$

Dónde:

l_i = Tiempo por fases.

y_i = Magnitud de intervalos de cambios.

A_i = Tiempo amarillo.

TR_i = Tiempo todo rojo.

l_1 = Tiempo por fase 1.

l_2 = Tiempo por fase 2.

l_3 = Tiempo por fase 3.

Por lo tanto:

$$l_1 = 7.00 \quad s$$

$$l_2 = 7.00 \quad s$$

$$l_3 = 6.00 \quad s$$

$$l_4 = 7.00 \quad s$$

5. Tiempo total perdido por fases (L)

$$L = \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i)$$

Dónde:

L = Tiempo total perdido por fases.

A_i = Tiempo amarillo.

TR = Tiempo todo rojo.

Por lo tanto:

$$L = 27.00 \quad s$$

6. Máximas relaciones de flujo (Y_i)

$$Y_i = \frac{q_i^{\text{máx}}}{S}$$

Dónde:

Y_i = Máximas relaciones de flujo.

$q_{i\text{máx}}$ = Flujo máximo por rutas críticas por carril.

S = Flujo de saturación (solo para estudios semaforizados) = 1800 veh/hr/carril

Flujo de saturación (solo para estudios semaforizados con niveles de servicio) = 1900 veh/hr/carril

Por lo tanto:

$$Y_1 = \frac{917.01}{1900}$$

$$Y_1 = 0.10$$

$$Y_2 = \frac{1398.07}{1900}$$

$$Y_2 = 0.18$$

$$Y_3 = \frac{1383.03}{1900}$$

$$Y_3 = 0.15$$

$$Y_4 = \frac{1613.54}{1900}$$

$$Y_4 = 0.21$$

7. Cálculo de longitud de ciclo óptimo (C_o)

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

Dónde:

C_o = Longitud de ciclo
óptimo.

$\sum_{i=1}^{\phi} L$ = Tiempo total perdido por fases.
 $\sum_{i=1}^{\phi} Y_i$ = Sumatoria de máximas relaciones de flujo de las fases.

Por lo tanto:

$$C_o = \frac{1.5(27) + 5}{1 - (0.338 + 0.338 + 0.220 + 0.220)}$$

$$C_o = 125.82 \text{ s}$$

8. Tiempo efectivo verde total (gT)

$$gT = C_o - L$$

Dónde:

- gT = Tiempo efectivo verde total.
 Longitud de ciclo
 Co = óptimo.
 L = Tiempo total perdido por fases.
 Tiempo efectivo verde total de la fase
 g₁ = 1.
 Tiempo efectivo verde total de la fase
 g₂ = 2.
 Tiempo efectivo verde total de la fase
 g₃ = 3.

Por lo tanto:

$$gT = 98.82 \text{ s}$$

$$g_1 = \left(\frac{Y_1}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} \right) (gT)$$

$$g_1 = 14.94 \text{ s}$$

$$g_2 = \left(\frac{Y_2}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} \right) (gT)$$

$$g_2 = 28.48 \text{ s}$$

$$g_3 = \left(\frac{Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} \right) (gT)$$

$$g_3 = 22.54 \text{ s}$$

$$g_4 = \left(\frac{Y_4}{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4} \right) (gT)$$

$$g_4 = 32.87 \text{ s}$$

Reparto de los
tiempos verdes

9. Determinación de los tiempos verdes reales (Gi)

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1 - TR_1$$

$$G_2 = g_2 + l_2 - A_2 - TR_2$$

$$G_3 = g_3 + l_3 - A_3 - TR_3$$

$$G_4 = g_4 + l_4 - A_4 - TR_4$$

Por lo tanto:

$$G_1 = 14.94 \text{ s}$$

$$G_2 = 28.48 \text{ s}$$

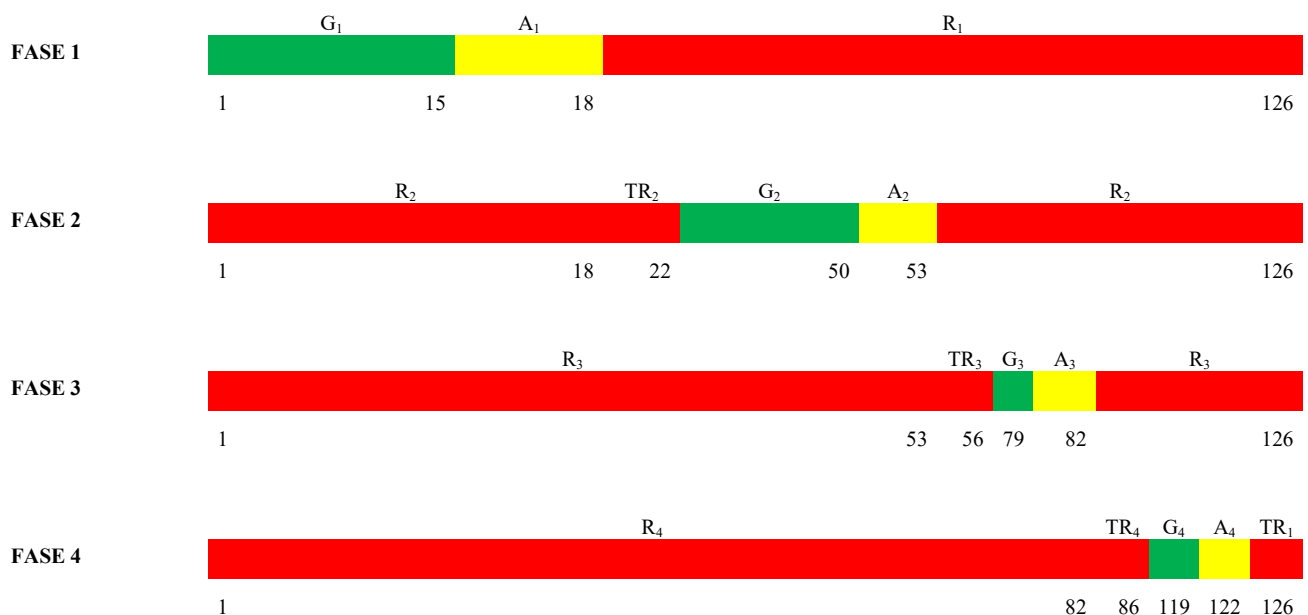
$$G_3 = 22.54 \text{ s}$$

$$G_4 = 32.87 \text{ s}$$

Resumen de ciclos semafóricos

$G_1 = 15.00 \text{ s}$	$A_1 = 3.00 \text{ s}$	$TR_1 = 4.00 \text{ s}$	$C_0 = 126 \text{ s}$
$G_2 = 28.00 \text{ s}$	$A_2 = 3.00 \text{ s}$	$TR_2 = 4.00 \text{ s}$	
$G_3 = 23.00 \text{ s}$	$A_3 = 3.00 \text{ s}$	$TR_3 = 3.00 \text{ s}$	
$G_4 = 33.00 \text{ s}$	$A_4 = 3.00 \text{ s}$	$TR_4 = 4.00 \text{ s}$	

Diagrama de programación de tiempos de respuesta por fases



Fase	Co	G _i	A _i	TR _i
I	126.00	15.00	3.00	4.00
II	126.00	28.00	3.00	4.00
III	126.00	23.00	3.00	3.00
IV	126.00	33.00	3.00	4.00



Fase	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)
φI	126.00	15.00	3.00	108.00		
φII	126.00	18.00	4.00	28.00	3.00	73.00
φIII	126.00	53.00	3.00	23.00	3.00	44.00
φIV	126.00	82.00	4.00	33.00	3.00	4.00

Tiempos de respuesta del tráfico proyectado

Intersecciones	Sentido	Flujo vehicular
Av. José Quiñones	Oeste - Este	758
Av. José Quiñones	Este - Oeste	766
Av. Nicolás de Piérola	Norte - Sur	884
Av. Nicolás de Piérola	Sur - Norte	503

$$FHMD = 0.91$$

$$\text{Velocidad (oeste/este - este/oeste)} = 60 \text{ km/hr}$$

$$\text{Velocidad (norte/sur - sur/norte)} = 50 \text{ km/hr}$$

De acuerdo al estudio de tráfico realizado en el óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola de la ciudad de Chiclayo, provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque, se procede al análisis y cálculo de los tiempos de respuesta (ciclos de semaforización para todas las rutas críticas observadas que originan el congestionamiento vehicular en la zona de estudio. Para ello, los fundamentos matemáticos que se describen y detallan a continuación obedecen al Manual HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010). Se muestran a continuación los volúmenes horarios máximos mixtos presentes en la zona de estudio, el cual está compuesta por 2.4% de camiones, 0.57% de buses y 97.03% de vehículos ligeros. Determinaremos el reparto de los tiempos de semaforización propuesta utilizando un plan de 4 fases con vueltas permitidas solamente hacia la izquierda y derecha debido a su alto volumen de peatones.

En los accesos Oeste y Este, las vueltas a la derecha e izquierda están protegidas respectivamente. De igual forma, en los accesos Norte y Sur, las vueltas a la derecha e izquierda están protegidas. El FHMD es de 0.91. Las velocidades de aproximación de los vehículos a los accesos Oeste/Este - Este/Oeste es de 60 km/hr, mientras que las velocidades de los accesos Norte/Sur - Sur/Norte es de 50 km/hr.

Tabla XXXVIII

Ciclos de semaforización preliminares

Fase	Tráfico actual				Tráfico proyectado			
	Verde (s)	Amarillo (s)	Rojo (s)	Total (s)	Verde (s)	Amarillo (s)	Rojo (s)	Total (s)
Fase I	15	3	108	126	87	3	414	504
Fase II	28	3	95	126	132	3	369	504
Fase III	23	3	100	126	105	3	396	504
Fase IV	33	3	90	126	153	3	348	504

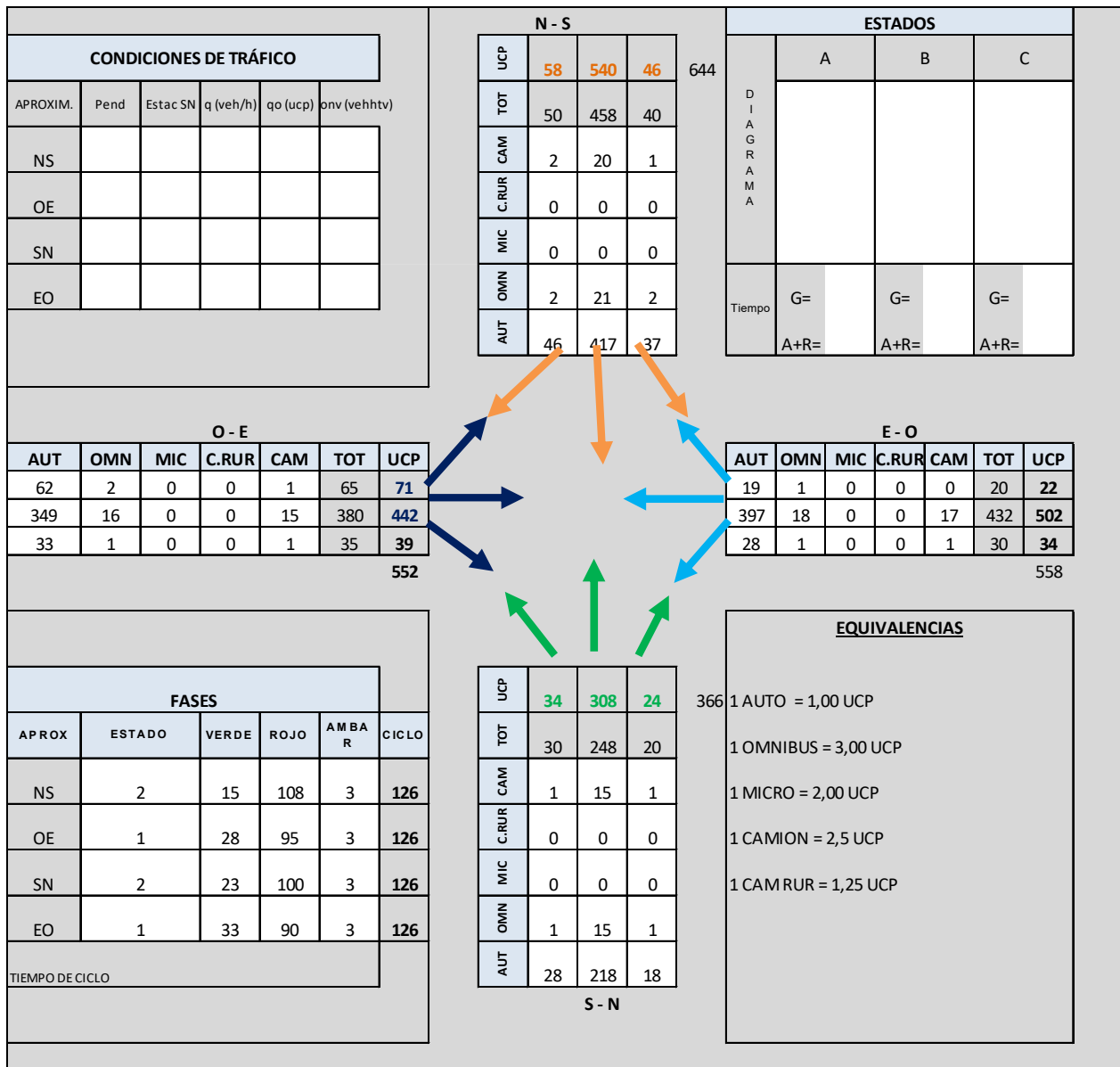
Fuente: Elaboración propia

Cálculo del nivel de servicio actual

Una vez determinados los ciclos de semaforización actual en base a las condiciones del tráfico presente, se procede a calcular el nivel de servicio del óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola, con la finalidad de establecer el estado actual de la operación vial de la zona de estudio, el cual está sujeta exclusivamente al conteo vehicular, rutas críticas por carril, sentidos de flujos, infraestructura vial (ancho de calzada, ancho de carril, pendientes topográficas, estatus de localización, población promedio, sincronización de la semaforización actual, paraderos coexistentes y de la señalización horizontal/vertical). De acuerdo a los resultados preliminares de la composición vehicular y tiempos de respuesta por fases (ciclos semaforísticos actuales), se ha tenido presente la conversión de los automóviles equivalentes más relevantes de manera general (autos, camiones rurales, ómnibus, microbuses y camiones), con el fin de hallar las unidades de conversión de pavimento (UCP = unidades transitorias sobre la carpeta de rodadura de una vía en común). Las vías del óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola actualmente se encuentran en pésimo estado, ya que el pavimento ha sufrido un desgaste total de su superficie por efectos de fatiga, a su vez, coexisten paraderos informales, las cuales generan congestión vehicular.

Constantemente se observa que los conductores no obedecen las señales de tránsito ni tampoco respetan las luces de los semáforos, por lo que transitan girando de diferentes modos (hacia la derecha, hacia la izquierda, vuelta en U, giros totales). A continuación, se detalla el cálculo del nivel de servicio actual bajo las premisas iniciales de su infraestructura actual, cuyo valor obtenido es “F” (circulación inestable; intensidad de servicio alta, el cual sobrepasa la capacidad de la vía; velocidades pequeñas con muchas paradas):

Diagrama de flujo vehicular (condiciones actuales)



EFECTO DE VEHÍCULOS ESTACIONADOS

$$P = 5,5 - 0,9 (d - 7.6)/g$$

p = Disminución del ancho útil de la aproximación en m.

d = Distancia entre el primer vehículo estacionado y la línea de retención

g = Tiempo en verde de la aproximación, en s.

$$f \text{ está} = W - p/W$$

Dónde:

W = Ancho de la vía o carril.

EFECTO DE COMPOSICIÓN DE TRÁFICO	
TIPO DE VEHICULO	FACTOR DE EQUIVALENCIA
Automóvil o camioneta	1.00
Camión	2.50
Camión carreta o tráiler	3.50
Microbuses	2.00
Ómnibus	3.00
Articulados	4.00
Camionetas rurales	1.25
Motocicletas	0.33
Bicicletas	0.20

EFECTO DE CONVERSIÓN (EFECTO GIRO)	
CONVERSIÓN	FACTOR DE EQUIVALENCIA (eq)
A la Izquierda en vías de dos sentidos con interferencia	1.75
A la derecha (10%)	1.25
A la izquierda	1.25

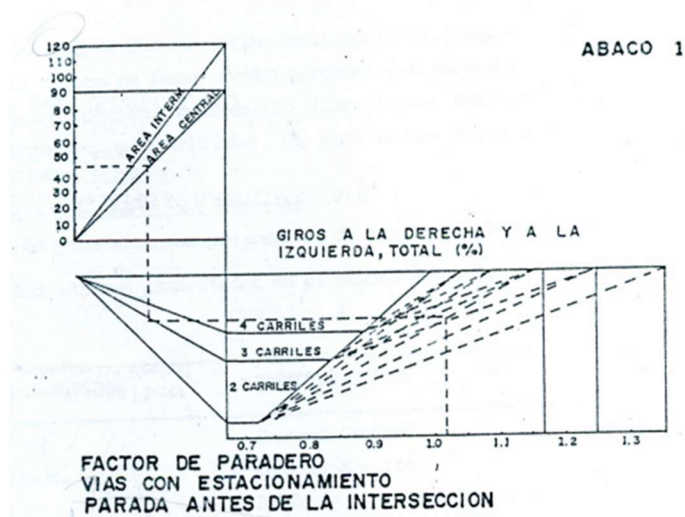
EFECTO DE PENDIENTE	
PENDIENTE	Pend
+ 10,0 %	0.70
+ 5,0%	0.85
0,0 %	1.00
- 3,0 %	1.09
-5,0 %	1.15

EFECTO DE LOCALIZACIÓN		
LOCALIZACIÓN	Loc	CONCEPTO
Buena	1.20	SENTIDOS DE TRÁFICO SEPARADOS POR BERMA CENTRAL, POCA INTERFERENCIA DE PEATONES, VEHICULOS ESTACIONADOS Y VUELTAS A LA IZQUIERDA, BUENA VISIBILIDAD Y RADIOS DE CURVATURA ADEUCADOS
Regular	1.00	ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOCALIZACIÓN BUENA Y OTRAS MALAS, CONDICIONES MEDIAS
Mala	0.85	VELOCIDAD MEDIA BAJA, INTERFERENCIA SIGNIFICATIVA DE PEATONES, VEHICULOS ESTACIONADOS Y VUELTAS A LA IZQUIERDA, MALA VISIBILIDAD Y VIAS CONGESTIONADAS

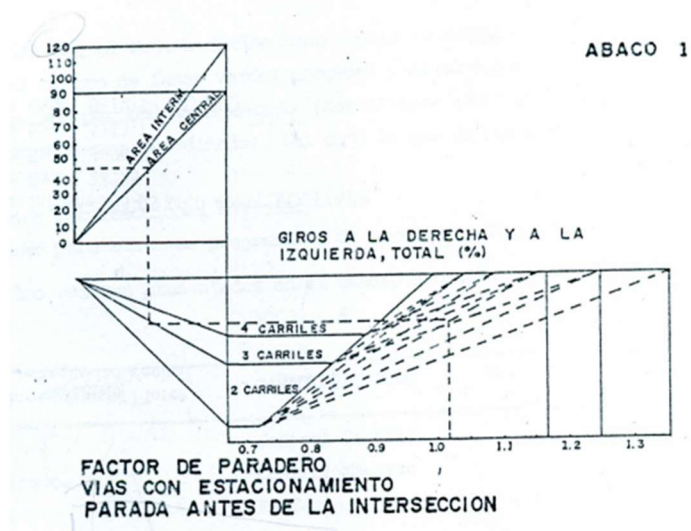
FACTOR DE POBLACIÓN	
POBLACIÓN	Pob
1,000,000 < Pob	1.10
500,000 < Pob < 1,000,000	1.05
250,000 < Pob < 500,000	1.00
100,000 < Pob < 250,000	0.95
Pob < 100,000	0.90

EFECTO DE SINCRONIZACIÓN (Sinc)		
SISTEMA DE SEMÁFOROS	CARACTERÍSTICAS	Sinc
Sincronizado	Control Central	1.00
	Control Maestro	0.95
	En Serie	0.92
Intersecciones aisladas	Una Intersección	1.00
	Dos Intersecciones	0.90
	Tres o más intersecciones	0.85

EFECTO PARADEROS



EFECTO PARADEROS



NIVEL DE SERVICIO		
INTERVALO DE RELACIÓN VOLUMEN/CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN
>1,00	F	
0,97 - 1,00	E-	
0,94 - 0,96	E	
0,91 - 0,93	E+	
0,87 - 0,90	D-	
0,84 - 0,86	D	
0,81 - 0,83	D+	
0,77 - 0,80	C-	
0,74 - 0,76	C	
0,71 - 0,73	C+	
0,67 - 0,70	B-	
0,64 - 0,66	B	
0,61 - 0,63	B+	
0,57 - 0,60	A-	
0,54 - 0,56	A	
<0,53	A+	

CARACTERÍSTICAS	NIVEL DE SERVICIO					
	A	B	C	D	E	F
Circulación	Libre y fluida	Libre y fluida	Estable y fluida	Se aproximan a lo inestable y poco fluida	Inestable	Inestable
Intensidad de servicio	Muy pequeña	Pequeña	Regular	Regular	Alta, acercándose a la capacidad de la vía	Alta, sobrepasando a la capacidad de la vía
Velocidad	Muy elevada (120 - 100 km/h)	Elevada (100 - 80 km/h)	Regular (80 - 65 km/h)	Difícil mantener una velocidad regular (65 - 55 km/h)	Se acercan a los 50 km/h	Velocidades pequeñas con muchas paradas

Tabla XXXIX

Nivel de servicio actual preliminar

VÍA	FACTORES								F	S	Z	CAP	Q	X	NIVEL SERV
	ESTAC	COMP	GIRO (CONV)	PEND	LOCALIZ	POBLAC	SINCR	PARAD							
N - S	0.8868	0.7896	0.9280	1.00	0.85	0.90	0.90	0.75	0.3355	1233.0	0.1190	147	694	4.73	F
O-E	0.9393	0.7805	0.8976	1.00	0.85	0.90	0.90	0.75	0.3398	1248.7	0.2222	277	615	2.22	F
S - N	0.9261	0.7487	0.9196	1.00	0.85	0.90	0.90	0.75	0.3293	1210.1	0.1825	221	398	1.80	F
E-O	0.9485	0.5618	0.6503	1.00	0.85	0.90	0.90	0.75	0.1789	657.6	0.2619	172	858	4.98	F

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de servicio actual en PTV VISSIM

TIM E	MOVEMENT	QLE N	QLENMA X	VEHS(AL L)	PERS(AL L)	LOS(AL L)
0-3600	1-1: Av. José Quiñones (O-E)@320.2-1: Av. José Quiñones (O-E)@380.9	41	174	5	5	LOS_F
0-3600	1-1: Av. José Quiñones (O-E)@320.2-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@484.1	83	174	6	6	LOS_F
0-3600	1-1: Av. José Quiñones (O-E)@320.2-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@404.9	52	202	8	8	LOS_F
0-3600	1-1: Av. José Quiñones (O-E)@320.2-12: Av. José Quiñones (E-O)@548.7	83	174	12	12	LOS_F
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@411.4-1: Av. José Quiñones (O-E)@380.9	9	40	9	9	LOS_E
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@411.4-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@484.1	9	40	4	4	LOS_E
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@411.4-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@404.9	0	0	10	10	LOS_E
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@411.4-12: Av. José Quiñones (E-O)@548.7	9	40	10	10	LOS_D
0-3600	1-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@328.9-1: Av. José Quiñones (O-E)@380.9	67	132	8	8	LOS_D
0-3600	1-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@328.9-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@484.1	67	132	5	5	LOS_E
0-3600	1-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@328.9-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@404.9	67	132	11	11	LOS_F
0-3600	1-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@328.9-12: Av. José Quiñones (E-O)@548.7	67	132	40	40	LOS_F
0-3600	1-12: Av. José Quiñones (E-O)@475.2-1: Av. José Quiñones (O-E)@380.9	0	0	9	9	LOS_F
0-3600	1-12: Av. José Quiñones (E-O)@475.2-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@484.1	76	181	5	5	LOS_F
0-3600	1-12: Av. José Quiñones (E-O)@475.2-9: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@404.9	0	16	6	6	LOS_F
0-3600	1-12: Av. José Quiñones (E-O)@475.2-12: Av. José Quiñones (E-O)@548.7	76	181	10	10	LOS_F
0-3600	Actual	45	202	158	158	LOS_F

Cálculo del nivel de servicio proyectado

Las vías del óvalo de las intersecciones de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola actualmente se encuentran en pésimo estado, ya que el pavimento ha sufrido un desgaste total de su superficie por efectos de fatiga, por lo cual, se mejoró la estructura del pavimento para mejorar la fluidez del tráfico. A su vez, los paraderos informales antes de las intersecciones se eliminarán por completo para que no sigan causando más congestión vehicular ni reduzcan el ancho de las calzadas. Los conductores transitarán de manera directa con vueltas permitidas solo hacia la izquierda y derecha, con la finalidad de optimizar y mejorar el nivel de servicio del óvalo mencionado. A continuación, se detalla el cálculo del nivel de servicio propuesto bajo las premisas de mejoramiento de su infraestructura actual, cuyo valor obtenido es “C” (circulación estable y fluida; intensidad de servicio regular; velocidades regulares entre 65 a 80 km/hr):

Diagrama de flujo vehicular (condiciones actuales)

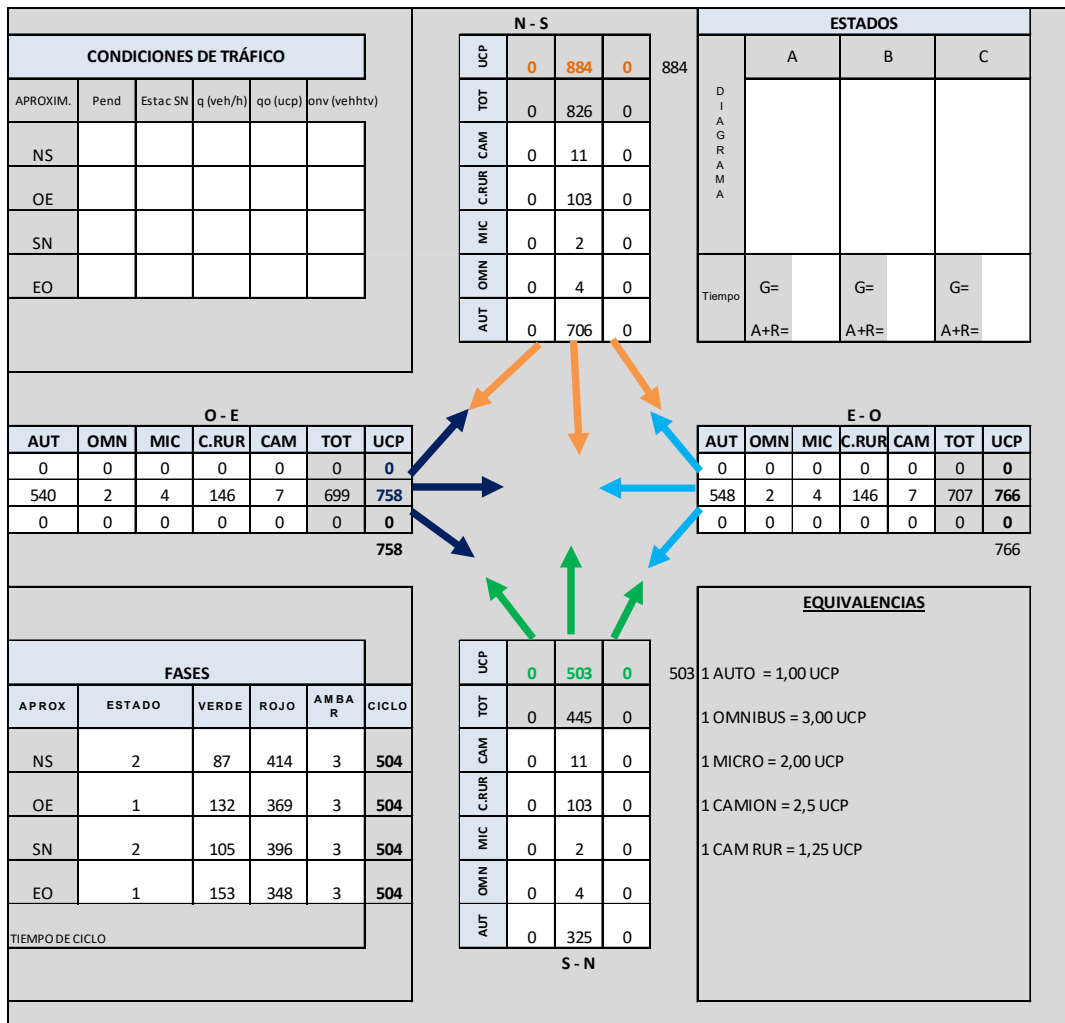


Tabla XL

Nivel de servicio proyectado preliminar

VÍA	FACTORES								F	S	Z	CAP	Q	X	NIVEL SERV
	ESTAC	COMP	GIRO(CONV)	PEND	LOCALIZ	POBLAC	SINCR	PARAD							
N - S	0.9805	0.9347	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.9164	3367.8	0.1726	581	884	1.52	F
O-E	0.9871	0.9228	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.9109	3347.6	0.2619	877	758	0.86	D
S - N	0.9838	0.8851	1.0000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.8708	3200.2	0.2083	667	503	0.75	C
E-O	0.9889	0.9333	1.0106	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.9327	3427.7	0.3036	1041	758	0.73	C+

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Optimización del nivel de servicio proyectado en PTV VISSIM

TIME	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX	VEHS (ALL)	PERS(ALL)	LOS(ALL)
0-3600	1-3: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@292.5-4: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@78.6	23	68	31	31	LOS_B
0-3600	1-3: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@292.5-7: Av. José Quiñones (E-O)@26.3	23	68	40	40	LOS_C
0-3600	1-3: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@292.5-9: Av. José Quiñones (O-E)@50.6	23	68	18	18	LOS_D
0-3600	1-3: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@292.5-10: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@59.2	23	68	23	23	LOS_E
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@341.1-4: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@78.6	0	24	11	11	LOS_B
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@341.1-7: Av. José Quiñones (E-O)@26.3	0	24	8	8	LOS_B
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@341.1-9: Av. José Quiñones (O-E)@50.6	0	24	10	10	LOS_B
0-3600	1-5: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@341.1-10: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@59.2	0	24	34	34	LOS_C
0-3600	1-8: Av. José Quiñones (O-E)@284.2-4: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@78.6	2	20	15	15	LOS_C
0-3600	1-8: Av. José Quiñones (O-E)@284.2-7: Av. José Quiñones (E-O)@26.3	2	20	0	0	LOS_A
0-3600	1-8: Av. José Quiñones (O-E)@284.2-9: Av. José Quiñones (O-E)@50.6	2	20	15	15	LOS_B
0-3600	1-8: Av. José Quiñones (O-E)@284.2-10: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@59.2	2	20	34	34	LOS_B
0-3600	1-11: Av. José Quiñones (E-O)@420.1-4: Av. Nicolás de Piérola (N-S)@78.6	4	40	16	16	LOS_D
0-3600	1-11: Av. José Quiñones (E-O)@420.1-7: Av. José Quiñones (E-O)@26.3	4	40	16	16	LOS_D
0-3600	1-11: Av. José Quiñones (E-O)@420.1-9: Av. José Quiñones (O-E)@50.6	4	40	0	0	LOS_A
0-3600	1-11: Av. José Quiñones (E-O)@420.1-10: Av. Nicolás de Piérola (S-N)@59.2	4	40	60	60	LOS_D
0-3600	Proyectado	7	68	331	331	LOS_C

Optimización de velocidades máximas de desplazamiento vehicular

Optimización de velocidades máximas de desplazamiento vehicular										
Intersección - Sentido	Tráfico actual					Tráfico proyectado				
	Long. Cola máx	Retraso veh/s	Veh	Tiempo (s)	Vel. Máx	Long. Cola máx	Retraso veh/s	Veh	Tiempo (s)	Vel. Máx
José Quiñones (O - E)	181.22	201.86	8	25.23	7.18	19.96	17.80	22.00	0.81	24.67
José Quiñones (E - O)	125.68	191.34	7	27.33	4.60	39.87	40.77	31.00	1.32	30.32
Nicolás de Piérola (S - N)	39.55	58.00	8	7.25	5.46	23.58	18.20	16.00	1.14	20.73
Nicolás de Piérola (N - S)	131.69	90.02	16	5.63	23.41	67.88	37.75	28.00	1.35	50.35
					41.00					76.00

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las condiciones del tráfico actual, la velocidad máxima se ha reducido en 98%, tanto para el sentido O – E y E – O de la Av. José Quiñones, como para el sentido S – N y N – S de la Av. Nicolás de Piérola. En cambio, bajo la optimización del rediseño geométrico del óvalo en estudio, según el tráfico proyectado, la velocidad máxima aumentó en 190%, tanto para el para el sentido O – E y E – O de la Av. José Quiñones, como para el sentido S – N y N – S de la Av. Nicolás de Piérola, cuyo nivel de servicio promedio, mejoró de F a C, denotando condiciones de transitabilidad fluidas y estables.

Presupuesto S10– Infraestructura vial actual

S10		Presupuesto		Página		1	
Presupuesto	1401038	EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR					
Subpresupuesto	001	INFRAESTRUCTURA VIAL ACTUAL DEL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA					
Cliente	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			Costo al	01/06/2025		
Lugar	LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ						
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.		
01	INFRAESTRUCTURA VIAL ACTUAL				10,901,204.98		
01.01	OBRAS PROVISIONALES				809,937.19		
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x4.80m	und	1.00	1,237.19	1,237.19		
01.01.02	ALQUILER DE OFICINA Y ALMACEN DE OBRA	mes	6.00	1,450.00	8,700.00		
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	300,000.00	300,000.00		
01.01.04	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	500,000.00	500,000.00		
01.02	SEGURIDAD Y SALUD				22,842.70		
01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP)	glb	1.00	5,250.20	5,250.20		
01.02.02	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	3,887.72	3,887.72		
01.02.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE OBRA	glb	1.00	13,704.78	13,704.78		
01.03	OBRAS PRELIMINARES				165,842.98		
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO DE PAVIMENTACION (INICIAL Y DUARANTE LA EJECUCION)	m2	34,987.97	2.07	72,425.10		
01.03.02	LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	34,987.97	2.67	93,417.88		
01.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS				3,667,910.91		
01.04.01	CORTE DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA	m3	52,481.95	41.40	2,172,752.73		
01.04.02	PERFILADO COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m2	34,987.97	3.87	135,403.44		
01.04.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	68,226.53	19.93	1,359,754.74		
01.05	PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE				4,915,110.03		
01.05.01	MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL DE PRESTAMO OVER DE 6" A 8" + ARENA FINA E=0.30M	m2	34,987.97	42.36	1,482,090.41		
01.05.02	SUBBASE GRANULAR e=0.20 m AFIRMADO	m2	34,987.97	21.37	747,692.92		
01.05.03	BASE GRANULAR e=0.20 m AFIRMADO	m2	34,987.97	18.97	663,721.79		
01.05.04	IMPRIMACION BITUMINOSA	m2	34,987.97	7.10	248,414.59		
01.05.05	COLOCACION Y CONFORMACION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE (SCM)	m2	34,987.97	50.68	1,773,190.32		
01.06	SEÑALIZACION				5,265.15		
01.06.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und	7.00	491.65	3,441.55		
01.06.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	3.00	491.65	1,474.95		
01.06.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	1.00	348.65	348.65		
01.07	VEREDAS DE CONCRETO				788,798.71		
01.07.01	OBRAS PRELIMINARES				15,894.62		
01.07.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN VEREDAS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	7,678.56	2.07	15,894.62		
01.07.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				494,862.04		
01.07.02.01	CORTE DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA	m3	1,919.64	41.40	79,473.10		
01.07.02.02	REFINE Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	7,678.56	5.37	41,233.87		
01.07.02.03	ESTABILIZACION DE SUB RASANTE (HORMIGON)	m2	7,678.56	17.56	134,835.51		
01.07.02.04	P/VEREDAS E=0.15m						
01.07.02.04	BASE DE VEREDA CON AFIRMADO E=0.10 m	m2	7,678.56	24.69	189,583.65		
01.07.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	2,495.53	19.93	49,735.91		
01.07.03	OBRAS DE CONCRETO				168,518.77		
01.07.03.01	CONCRETO EN VEREDAS f _c =175 kg/cm ² (INCL. BRUÑAS)	m3	767.86	102.00	78,321.72		
01.07.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	750.89	58.56	43,972.12		
01.07.03.03	CURADO DE VEREDAS	m2	7,678.56	3.65	28,026.74		
01.07.03.04	JUNTA DE DILATACION e=1"	m	2,559.52	7.11	18,198.19		
01.07.04	UÑAS DE CONCRETO PARA VEREDAS				109,523.28		
01.07.04.01	CONCRETO EN UÑAS DE VEREDA f' c=175 kg/cm ²	m3	259.54	421.99	109,523.28		
01.08	RAMPAS DE CONCRETO				1,880.34		
01.08.01	OBRAS PRELIMINARES				65.00		
01.08.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN RAMPAS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	25.49	2.55	65.00		
01.08.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				916.06		
01.08.02.01	REFINE Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	25.49	5.37	136.88		
01.08.02.02	ESTABILIZACION DE SUB RASANTE (HORMIGON)	m2	25.49	13.65	347.94		
01.08.02.03	P/RAMPAS E=0.15m						
01.08.02.03	BASE DE RAMPAS CON AFIRMADO E=0.10 m	m2	25.49	14.33	365.27		
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	3.31	19.93	65.97		
01.08.03	OBRAS DE CONCRETO				332.64		

01.08.03.01	CONCRETO EN RAMPAS f'c=175 kg/cm2 (INC. BRUÑAS)	m3	2.55	61.29	156.29
01.08.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE RAMPAS	m	4.81	17.32	83.31
01.08.03.03	CURADO DE RAMPAS	m2	25.49	3.65	93.04
01.08.04	PINTURAS				566.64
01.08.04.01	PINTURA EN RAMPAS	m2	25.49	22.23	566.64
01.09	SARDINELES				317,964.82
01.09.01	OBRAS PRELIMINARES				11,738.16
01.09.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN SARDINELES (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	3,452.40	3.40	11,738.16
01.09.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				12,043.39
01.09.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO	m3	155.36	51.61	8,018.13
01.09.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	201.97	19.93	4,025.26
01.09.03	OBRAS DE CONCRETO				170,414.73
01.09.03.01	CONCRETO SARDINELES f'c=175 kg/cm2	m3	155.36	64.36	9,998.97
01.09.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINEL	m2	3,452.40	45.28	156,324.67
01.09.03.03	JUNTA DE DILATACION e=1"	m	575.40	7.11	4,091.09
01.09.04	PINTURAS				123,768.54
01.09.04.01	PINTADO DE SARDINELES	m2	5,178.60	23.90	123,768.54
01.10	AREAS VERDES				51,092.25
01.10.01	COLOCACION DE TIERRA DE CULTIVO	m3	421.14	32.06	13,501.75
01.10.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	2,105.70	12.67	26,679.22
01.10.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	547.48	19.93	10,911.28
01.11	SEMAFORIZACIÓN				40,640.26
01.11.01	OBRAS PRELIMINARES				13.23
01.11.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN SEMÁFOROS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	1.92	6.89	13.23
01.11.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				74.46
01.11.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO	m3	0.96	51.61	49.55
01.11.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	1.25	19.93	24.91
01.11.03	INSTALACIONES				40,552.57
01.11.03.01	SEMIPORTICO DE 0.25x0.22m-8.5m + (1 BRAZO) 4"x3"x5.5m+PEDESTAL C/CONTROLADOR DE TRÁFICO	und	3.00	8,205.60	24,616.80
01.11.03.02	IZAJE DE ESTRUCTURAS	und	3.00	377.25	1,131.75
01.11.03.03	PANEL DE FV 0.60x6m EN LÁMINA REFLECTIVA PINTADO FONDO Y LEYENDA	und	3.00	3,400.14	10,200.42
01.11.03.04	AISLADORES 53-2 PARA SUJECCIÓN DE CABLES	und	3.00	96.58	289.74
01.11.03.05	CABLE DE ACERO TREFILADO DE 3/8" (9.5 mm2) PARA SOPORTE AEREO DE CABLES VULCANIZADOS	m	4.60	4.00	18.40
01.11.03.06	CABLE A TABLERO DE CONTROL 2x14 AWG	m	42.50	10.60	450.50
01.11.03.07	CABLE A SEMAFOROS TIPO SEMIPORTICO C/CONTADOR 2-(4x16 AWG)	m	4.60	18.81	86.53
01.11.03.08	PROTECCIÓN CABLE ACOMETIDA BAJA TENSIÓN	pto	3.00	120.92	362.76
01.11.03.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	und	1.00	1,979.74	1,979.74
01.11.03.10	MEDIDOR Y TABLERO CONTROLADOR ELECTRÓNICO DE TRÁFICO	und	1.00	1,415.93	1,415.93
01.12	VIARIOS				113,919.64
01.12.01	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	42,666.53	2.67	113,919.64
	COSTO DIRECTO				10,901,204.98
	GASTOS GENERALES (10%)				1,090,120.50
	UTILIDAD (10%)				1,090,120.50
	SUBTOTAL				13,081,445.98
	IGV (18%)				2,354,660.28
	PRESUPUESTO REFERENCIAL				15,436,106.26
	SON : QUINCE MILLONES CUATROCIENTOS TRENTISEIS MIL CIENTO SEIS Y 26/100 NUEVOS SOLES				

Fecha : 01/07/2025 16:03:00

Presupuesto S10 – Infraestructura vial proyectado

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto	1401038	EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR		
Subpresupuesto	001	INFRAESTRUCTURA VIAL PROPUESTA DEL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA		
Cliente	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		Costo al	01/06/2025
Lugar	LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	INFRAESTRUCTURA VIAL PROYECTADA				15,432,860.98
01.01	OBRAS PROVISIONALES				809,937.19
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x4.80m	und	1.00	1,237.19	1,237.19
01.01.02	ALQUILER DE OFICINA Y ALMACEN DE OBRA	mes	6.00	1,450.00	8,700.00
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	300,000.00	300,000.00
01.01.04	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	500,000.00	500,000.00
01.02	SEGURIDAD Y SALUD				22,842.70
01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP)	glb	1.00	5,250.20	5,250.20
01.02.02	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	3,887.72	3,887.72
01.02.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE OBRA	glb	1.00	13,704.78	13,704.78
01.03	DEMOLICIONES				625,102.23
01.03.01	DEMOLICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA C/EQUIPO	m2	34,987.97	9.37	327,837.28
01.03.02	DEMOLICION DE VEREDAS, RAMPAS Y MARTILLOS EXISTENTE C/EQUIP	m2	7,678.56	22.05	169,312.25
01.03.03	DEMOLICION DE SARDINELES EXISTENTE C/EQUIP	m2	3,452.40	15.58	53,788.39
01.03.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	3,721.24	19.93	74,164.31
01.04	OBRAS PRELIMINARES				153,494.61
01.04.01	TRAZO Y REPLANTEO DE PAVIMENTACION (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	56,019.93	2.07	115,961.26
01.04.02	LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	56,019.93	0.67	37,533.35
01.05	MOVIMIENTO DE TIERRAS				5,872,765.06
01.05.01	CORTE DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA	m3	84,029.89	41.40	3,478,837.45
01.05.02	PERFILADO COMPACTADO Y CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m2	56,019.93	3.87	216,797.13
01.05.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	109,238.86	19.93	2,177,130.48
01.06	PAVIMENTACIÓN RÍGIDA				5,951,571.55
01.06.01	MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL DE PRESTAMO OVER DE 6" A 8" + ARENA FINA E=0.30M	m2	34,822.47	42.36	1,475,079.83
01.06.02	BASE GRANULAR e=0.15 m AFIRMADO	m2	34,822.47	18.97	660,582.26
01.06.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE PAVIMENTO	m2	1,806.67	79.06	142,835.33
01.06.04	CONCRETO PARA LOSA EN CALZADA f _c =280kg/cm ² e = 0.25 m	m2	34,822.47	102.37	3,564,776.25
01.06.05	CURADO DE LOSA DE PAVIMENTO	m2	34,822.47	3.11	108,297.88
01.07	SEÑALIZACION				13,480.20
01.07.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und	22.00	491.65	10,816.30
01.07.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	4.00	491.65	1,966.60
01.07.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	2.00	348.65	697.30
01.08	VEREDAS DE CONCRETO				682,461.99
01.08.01	OBRAS PRELIMINARES				13,124.01
01.08.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN VEREDAS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	6,340.10	2.07	13,124.01
01.08.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				531,801.46
01.08.02.01	CORTE DE TERRENO NATURAL C/MAQUINARIA	m3	1,585.03	41.40	65,620.24
01.08.02.02	REFINE Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	6,340.10	5.37	34,046.34

01.08.02.03	ESTABILIZACION DE SUB RASANTE (HORMIGON) P/VEREDAS E=0.15m	m2	6,340.10	17.56	111,332.16
01.08.02.04	BASE DE VEREDA CON AFIRMADO E=0.10 m	m2	6,340.10	24.69	156,537.07
01.08.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	8,242.13	19.93	164,265.65
01.08.03	OBRAS DE CONCRETO				129,809.88
01.08.03.01	CONCRETO EN VEREDAS f'c=175 kg/cm2 (INCL. BRUÑAS)	m3	634.01	102.00	64,669.02
01.08.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	541.76	58.56	31,725.47
01.08.03.03	CURADO DE VEREDAS	m2	6,340.10	3.65	23,141.37
01.08.03.04	SELLADO DE JUNTAS ASFALTICAS	m	1,445.01	7.11	10,274.02
01.08.04	UÑAS DE CONCRETO PARA VEREDAS				7,726.64
01.08.04.01	CONCRETO EN UÑAS DE VEREDA f'c=175 kg/cm2	m3	18.31	421.99	7,726.64
01.09	RAMPAS DE CONCRETO				20,832.35
01.09.01	OBRAS PRELIMINARES				265.48
01.09.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN RAMPAS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	104.11	2.55	265.48
01.09.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,169.40
01.09.02.01	REFINE Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	104.11	5.37	559.07
01.09.02.02	ESTABILIZACION DE SUB RASANTE (HORMIGON) P/RAMPAS E=0.15m	m2	104.11	13.65	1,421.10
01.09.02.03	BASE DE RAMPAS CON AFIRMADO E=0.10 m	m2	104.11	14.33	1,491.90
01.09.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	135.34	19.93	2,697.33
01.09.03	OBRAS DE CONCRETO				6,913.00
01.09.03.01	CONCRETO EN RAMPAS f'c=175 kg/cm2 (INC. BRUÑAS)	m3	15.62	61.29	957.35
01.09.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE RAMPAS	m2	321.92	17.32	5,575.65
01.09.03.03	CURADO DE RAMPAS	m2	104.11	3.65	380.00
01.09.04	PINTURAS				7,484.47
01.09.04.01	PINTURA EN RAMPAS	m2	104.11	71.89	7,484.47
01.10	PAVIMENTO ADOQUINADO				775,262.74
01.10.01	OBRAS PRELIMINARES				14,214.36
01.10.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN PISO ADOQUINADO (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	5,574.26	2.55	14,214.36
01.10.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				427,094.46
01.10.02.01	REFINE Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	5,574.26	5.37	29,933.78
01.10.02.02	MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON MATERIAL DE PRESTAMO OVER DE 6" A 8" E=0.30M	m2	5,574.26	39.77	221,688.32
01.10.02.03	CAPA BASE GRANULAR (AFIRMADO) E=0.15m COMPACTADA PARA ADOQUIN	m2	5,574.26	12.39	69,065.08
01.10.02.04	CAMA DE ARENA h= 2.5 cm	m2	5,574.26	7.43	41,416.75
01.10.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	3,260.94	19.93	64,990.53
01.10.03	PISOS ADOQUINADO				333,953.92
01.10.03.01	PISO ADOQUINADO COLOR ROJO (6CM)	m2	5,574.26	59.91	333,953.92
01.11	SARDINELES				135,892.36
01.11.01	OBRAS PRELIMINARES				13,159.90
01.11.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN SARDINELES (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	3,870.56	3.40	13,159.90
01.11.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				13,502.18
01.11.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO	m3	174.18	51.61	8,989.43
01.11.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	226.43	19.93	4,512.75
01.11.03	OBRAS DE CONCRETO				65,164.00
01.11.03.01	CONCRETO SARDINELES f'c=175 kg/cm2	m3	174.18	64.36	11,210.22
01.11.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINEL	m2	1,161.17	45.28	52,577.78
01.11.03.03	JUNTA DE DILATACION e=1"	m	193.53	7.11	1,376.00
01.11.04	PINTURAS				44,066.28
01.11.04.01	PINTADO DE SARDINELES	m2	1,741.75	25.30	44,066.28
01.12	AREAS VERDES				182,226.07
01.12.01	COLOCACION DE TIERRA DE CULTIVO	m3	1,502.04	32.06	48,155.40
01.12.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	7,510.21	12.67	95,154.36

01.12.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	1,952.65	19.93	38,916.31
01.13	SEMAFORIZACIÓN				53,213.47
01.13.01	OBRAS PRELIMINARES				17.64
01.13.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN SEMÁFOROS (INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION)	m2	2.56	6.89	17.64
01.13.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				74.46
01.13.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO	m3	0.96	51.61	49.55
01.13.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO (INCL. ACARREO) - Dist. 5 km	m3	1.25	19.93	24.91
01.13.03	INSTALACIONES				53,121.37
01.13.03.01	SEMIPORTICO DE 0.25x0.22m-8.5m + (1 BRAZO) 4"x3"x5.5m+PEDESTAL C/CONTROLADOR DE TRÁFICO	und	4.00	8,205.60	32,822.40
01.13.03.02	IZAJE DE ESTRUCTURAS	und	4.00	377.25	1,509.00
01.13.03.03	PANEL DE FV 0.60x6m EN LÁMINA REFLECTIVA PINTADO FONDO Y LEYENDA	und	4.00	3,400.14	13,600.56
01.13.03.04	AISLADORES 53-2 PARA SUJECCIÓN DE CABLES	und	4.00	96.58	386.32
01.13.03.05	CABLE DE ACERO TREFILADO DE 3/8" (9.5 mm2) PARA SOPORTE AEREO DE CABLES VULCANIZADOS	m	8.50	4.00	34.00
01.13.03.06	CABLE A TABLERO DE CONTROL 2x14 AWG	m	68.50	10.60	726.10
01.13.03.07	CABLE A SEMAFOROS TIPO SEMIORTICO C/CONTADOR 2- (4x16 AWG)	m	8.50	18.81	159.89
01.13.03.08	PROTECCIÓN CABLE ACOMETIDA BAJA TENSIÓN	pto	4.00	120.92	483.68
01.13.03.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	und	1.00	1,983.49	1,983.49
01.13.03.10	MEDIDOR Y TABLERO CONTROLADOR ELECTRÓNICO DE TRÁFICO	und	1.00	1,415.93	1,415.93
01.14	VARIOS				133,778.46
01.14.01	PINTADO DE PAVIMENTO (LINEAS CONTINUAS)	m2	3,380.58	28.47	96,245.11
01.14.02	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	56,019.93	0.67	37,533.35
	COSTO DIRECTO				15,432,860.98
	GASTOS GENERALES (10%)				1,543,286.10
	UTILIDAD (10%)				1,543,286.10
	SUBTOTAL				18,519,433.18
	IGV (18%)				3,333,497.97
	PRESUPUESTO REFERENCIAL				21,852,931.15
	SON : VEINTIUN MILLONES OCHOCIENTOS CINCUENTIDOS MIL NOVECIENTOS TRENTIUNO Y 15/100 NUEVOS SOLES				

Fecha : 01/07/2025 16:19:20

Rentabilidad y viabilidad

Período (n)	Actual			Propuesto		
	Flujo beneficio (S/.)	Flujo costo (S/.)	Flujo neto (S/.)	Flujo beneficio (S/.)	Flujo costo (S/.)	Flujo neto (S/.)
0	S/ 0.00	S/ 13,081,445.98	-S/ 13,081,445.98	S/ 0.00	S/ 18,519,433.18	-S/ 18,519,433.18
1	S/ 9,240,251.97	S/ 10,901,204.98	-S/ 1,660,953.01	S/ 26,218,004.17	S/ 15,432,860.98	S/ 10,785,143.19
2	S/ 6,526,973.90	S/ 9,084,337.49	-S/ 2,557,363.59	S/ 37,116,888.85	S/ 12,860,717.49	S/ 24,256,171.36
3	S/ 4,610,414.13	S/ 7,570,281.24	-S/ 2,959,867.11	S/ 52,546,464.96	S/ 10,717,264.57	S/ 41,829,200.39
4	S/ 3,256,626.85	S/ 6,308,567.70	-S/ 3,051,940.84	S/ 74,390,151.38	S/ 8,931,053.81	S/ 65,459,097.57
5	S/ 2,300,361.35	S/ 5,257,139.75	-S/ 2,956,778.40	S/ 105,314,308.52	S/ 7,442,544.84	S/ 97,871,763.68
6	S/ 1,624,890.59	S/ 4,380,949.79	-S/ 2,756,059.20	S/ 149,093,708.94	S/ 6,202,120.70	S/ 142,891,588.24
7	S/ 1,147,762.91	S/ 3,650,791.49	-S/ 2,503,028.58	S/ 211,072,306.88	S/ 5,168,433.92	S/ 205,903,872.96
8	S/ 810,737.47	S/ 3,042,326.24	-S/ 2,231,588.77	S/ 298,815,550.62	S/ 4,307,028.26	S/ 294,508,522.35
9	S/ 572,675.11	S/ 2,535,271.87	-S/ 1,962,596.76	S/ 423,033,862.72	S/ 3,589,190.22	S/ 419,444,672.50
10	S/ 404,516.62	S/ 2,112,726.56	-S/ 1,708,209.94	S/ 598,890,013.03	S/ 2,990,991.85	S/ 595,899,021.18
11	S/ 285,735.65	S/ 1,760,605.47	-S/ 1,474,869.81	S/ 847,849,969.76	S/ 2,492,493.21	S/ 845,357,476.55
12	S/ 201,833.15	S/ 1,467,171.22	-S/ 1,265,338.07	S/ 1,200,303,153.46	S/ 2,077,077.67	S/ 1,198,226,075.78
13	S/ 142,567.51	S/ 1,222,642.68	-S/ 1,080,075.18	S/ 1,699,271,936.77	S/ 1,730,898.06	S/ 1,697,541,038.71
14	S/ 100,704.44	S/ 1,018,868.90	-S/ 918,164.46	S/ 2,405,663,191.65	S/ 1,442,415.05	S/ 2,404,220,776.60
15	S/ 71,133.91	S/ 849,057.42	-S/ 777,923.51	S/ 3,405,702,916.90	S/ 1,202,012.54	S/ 3,404,500,904.36
16	S/ 50,246.38	S/ 707,547.85	-S/ 657,301.47	S/ 4,821,461,457.47	S/ 1,001,677.12	S/ 4,820,459,780.35
17	S/ 35,492.19	S/ 589,623.21	-S/ 554,131.02	S/ 6,825,754,081.62	S/ 834,730.93	S/ 6,824,919,350.69
18	S/ 25,070.38	S/ 491,352.67	-S/ 466,282.30	S/ 9,663,235,762.39	S/ 695,609.11	S/ 9,662,540,153.28
19	S/ 17,708.79	S/ 409,460.56	-S/ 391,751.77	S/ 13,680,265,108.14	S/ 579,674.26	S/ 13,679,685,433.88
20	S/ 12,508.84	S/ 341,217.13	-S/ 328,708.30	S/ 19,367,182,797.85	S/ 483,061.88	S/ 19,366,699,735.97

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Período (n)	Actual			Propuesto		
	Flujo neto (S/.)	(1+t) ⁿ	FN/(1+t) ⁿ	Flujo neto (S/.)	(1+t) ⁿ	FN/(1+t) ⁿ
0	-S/ 13,081,445.98	-	-S/ 13,081,445.98	-S/ 18,519,433.18	-	-S/ 18,519,433.18
1	-S/ 1,660,953.01	1.12	-S/ 1,482,993.76	S/ 10,785,143.19	1.12	S/ 9,629,592.13
2	-S/ 2,557,363.59	1.25	-S/ 2,038,714.59	S/ 24,256,171.36	1.25	S/ 19,336,871.30
3	-S/ 2,959,867.11	1.4	-S/ 2,106,774.94	S/ 41,829,200.39	1.4	S/ 29,773,198.62
4	-S/ 3,051,940.84	1.57	-S/ 1,939,563.58	S/ 65,459,097.57	1.57	S/ 41,600,439.90
5	-S/ 2,956,778.40	1.76	-S/ 1,677,755.47	S/ 97,871,763.68	1.76	S/ 55,535,067.13
6	-S/ 2,756,059.20	1.97	-S/ 1,396,305.36	S/ 142,891,588.24	1.97	S/ 72,393,325.56
7	-S/ 2,503,028.58	2.21	-S/ 1,132,243.02	S/ 205,903,872.96	2.21	S/ 93,140,455.37
8	-S/ 2,231,588.77	2.48	-S/ 901,301.28	S/ 294,508,522.35	2.48	S/ 118,947,052.68
9	-S/ 1,962,596.76	2.77	-S/ 707,732.07	S/ 419,444,672.50	2.77	S/ 151,255,953.83
10	-S/ 1,708,209.94	3.11	-S/ 549,997.88	S/ 595,899,021.18	3.11	S/ 191,863,536.53
11	-S/ 1,474,869.81	3.48	-S/ 423,989.83	S/ 845,357,476.55	3.48	S/ 243,020,073.93
12	-S/ 1,265,338.07	3.9	-S/ 324,780.77	S/ 1,198,226,075.78	3.9	S/ 307,554,789.37
13	-S/ 1,080,075.18	4.36	-S/ 247,525.35	S/ 1,697,541,038.71	4.36	S/ 389,032,592.76
14	-S/ 918,164.46	4.89	-S/ 187,874.64	S/ 2,404,220,776.60	4.89	S/ 491,951,204.80
15	-S/ 777,923.51	5.47	-S/ 142,123.72	S/ 3,404,500,904.36	5.47	S/ 621,989,586.70
16	-S/ 657,301.47	6.13	-S/ 107,220.11	S/ 4,820,459,780.35	6.13	S/ 786,321,410.22
17	-S/ 554,131.02	6.87	-S/ 80,706.05	S/ 6,824,919,350.69	6.87	S/ 994,010,880.74
18	-S/ 466,282.30	7.69	-S/ 60,635.16	S/ 9,662,540,153.28	7.69	S/ 1,256,512,761.02
19	-S/ 391,751.77	8.61	-S/ 45,485.04	S/ 13,679,685,433.88	8.61	S/ 1,588,304,184.60
20	-S/ 328,708.30	9.65	-S/ 34,076.13	S/ 19,366,699,735.97	9.65	S/ 2,007,683,111.92
	VAN =		-S/ 28,669,244.71	VAN =		S/ 9,451,336,655.92
	VAN =		Rechazable	VAN =		Aceptable

Nota. Fuente: Elaboración propia.

TIR

$$0 = -I + \sum \frac{FN}{(1 + k\%)^n}$$

Discusión

En relación con el primer objetivo específico, que consistió en efectuar el estudio de tráfico, topográfico y de mecánica de suelos dentro del área de influencia del óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola para el rediseño geométrico de la pavimentación rígida mediante el método AASHTO 93, los resultados del estudio de tráfico tanto en la Av. José Quiñones como en la Nicolás de Piérola, tras haberse considerado 1 punto de control para el conteo vehicular por cada sentido, se hallaron flujos actuales de 552 veh/día (O-E), 558 veh/día (E-O), 644 veh/día (N-S) y 366 veh/día (S-N), los cuales permitieron calcular la proyección del tráfico actual a 20 años, alcanzando un IMDa de 758 veh/día (O-E), 766 veh/día (E-O), 884 veh/día (N-S) y 503 veh/día (S-N). A partir de ello, se transformaron las cargas equivalentes, resultando un ESAL de diseño promedio de 1'621,527.37 EE, lo que confirmó la necesidad de un dimensionamiento apropiado para resistir la demanda vehicular futura. En cuanto al levantamiento topográfico, esta se realizó con RTK para un radio de 500 m, tomando como base de referencia el punto geodésico GPS-01, ubicado en el centro del óvalo EPSEL en José Leonardo Ortiz, del cual se elaboró la planimetría y altimetría en escalas de 1:500, 1:25000 y 1:50000, donde se registró una pendiente máxima de 0.50%, lo que permitió obtener un modelo geométrico detallado y confiable para el rediseño vial. Respecto al estudio de mecánica de suelos, la caracterización química, física y mecánica de las muestras extraídas de 4 calicatas, evidenció suelos cohesivos, clasificados por SUCS como CL y ML, y por AASHTO como A-4 (7), A-4 (9), A-6 (11) y A-4 (5). Además, sales solubles = 0.08%, LL = 38.40%, LP = 25.99%, IP = 17.61%, humedad = 26.60%, gravedad específica = 2.50 g/cm³, MDS = 1.82 g/cm³, OCH = 18.60% y CBR = 4.00% al 95% de compactación, el cual, por haber sido menor al umbral de 6%, se recomendó estabilizar la subrasante con piedra over en un espesor ≥ 25 cm. En consecuencia, el diseño de pavimento rígido aplicando el método AASHTO 93, determinó un espesor de base granular de 15 cm y una losa de concreto de 25 cm, los cuales fueron consistentes con el tráfico proyectado y la capacidad estructural del suelo. Investigaciones previas como la de Espinel & Jaramillo [2] concluyeron que la integración de datos geotécnicos y topográficos precisos en el dimensionamiento estructural extiende la vida útil del pavimento en más del 20%. En este estudio, el CBR de 4.00% fue 33% inferior al mínimo requerido de 6%, lo que justificó la estabilización de la subrasante, a diferencia del trabajo de Espinel & Jaramillo, donde el suelo presentó CBR > 6% y no requirió estabilización adicional.

Esto evidencia que, aunque ambos estudios concuerdan en la importancia de un levantamiento y caracterización detallada, el presente caso enfrentó condiciones más desfavorables, lo que reforzó la necesidad de un rediseño adaptado a la realidad local. De esta manera, la principal contribución fue integrar simultáneamente los tres componentes técnicos de tráfico, topografía y mecánica de suelos en un mismo proceso de diseño, garantizando que el rediseño geométrico fuera acorde a las condiciones reales del óvalo y a la proyección de la alta demanda vehicular. Esta integración permitió explicar las diferencias observadas respecto a estudios previos, pues las variaciones en los valores de CBR y la necesidad de estabilización se debieron a las características particulares del subsuelo del óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola, donde se identificaron estratos de mayor humedad, materiales finos y menor densidad relativa. Dichas condiciones redujeron la capacidad de soporte en comparación con otros contextos, evidenciando la importancia de adaptar el diseño estructural a la realidad geotécnica local, lo que constituye el principal aporte técnico y contextual de la investigación. Por lo tanto, los resultados se encontraron dentro de los parámetros establecidos por el MTC – DG 2018 y el MTC – VCHI [15], y fueron consistentes con la normativa AASHTO 93 [16] para intersecciones urbanas de alto tránsito. De acuerdo con esta normativa, para ESAL superiores a 1'500,000 EE y $CBR < 6\%$, corresponde un refuerzo estructural significativo, lo que validó técnicamente el diseño adoptado.

Respecto al segundo objetivo específico, orientado a cuantificar las velocidades máximas de transitabilidad, los resultados de las velocidades máximas de transitabilidad, según el estudio de tráfico, evidenció que las velocidades normales de transitabilidad eran menores a 40 km/h. Durante horas punta, la velocidad máxima promedio actual fue de 41 km/h, mientras que en el escenario proyectado alcanzó 76 km/h, lo que representó un incremento del 85.36%. Dicho aumento confirmó que el rediseño geométrico puede mejorar de forma sustancial la fluidez del tránsito. Estos hallazgos fueron consistentes con los resultados de Quispe [7], quien en su investigación sobre intersecciones urbanas reportó que la implementación de rediseños geométricos elevó las velocidades de operación en un rango del 70% al 90%. En el presente estudio, el incremento fue del 85.36%, lo que se encuentra dentro de este rango. Sin embargo, la particularidad radica en que el escenario actual de 41 km/h fue apenas superior al mínimo operativo de 40 km/h, mientras que en el caso de Quispe se partía de 45 km/h. Esto demostró que, pese a condiciones iniciales más restrictivas en el óvalo José Quiñones – Nicolás de Piérola, la mejora proyectada fue igualmente significativa.

En tal sentido, la principal contribución radicó en demostrar que, mediante la optimización geométrica, fue posible reducir la saturación vial y mejorar la transitabilidad en un 85.36%, proporcionando evidencia empírica de que este tipo de intervenciones son efectivas incluso en contextos de elevada congestión. Este resultado se explica por las condiciones iniciales del óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola, donde la alta densidad vehicular, los giros múltiples y la escasa coordinación semafórica limitaban severamente la fluidez. La aplicación de un rediseño con secciones ampliadas, radios de giro adecuados y sincronización de fases permitió aprovechar de forma más eficiente la capacidad vial existente. De este modo, la investigación aportó evidencia de que la optimización geométrica puede lograr mejoras significativas incluso cuando las condiciones de partida son más restrictivas que en otros estudios, reafirmando la necesidad de contextualizar el diseño vial a las características operativas locales. De acuerdo con el HCM 2010 [24], la velocidad de operación constituyó un indicador clave para evaluar el nivel de servicio y la eficiencia del tránsito. En este caso, la velocidad proyectada de 76 km/h superó holgadamente los valores mínimos de 40, 50 y 60 km/h establecidos para rotondas urbanas, garantizando que el nivel de servicio propuesto se ubique dentro de estándares internacionales de eficiencia. Asimismo, la normativa nacional (MTC – DG 2018 [15]) refuerza que la transitabilidad debe medirse en función de velocidades operativas, lo que respaldó la validez técnica de los resultados alcanzados.

En el tercer objetivo específico, que consistió en realizar el modelamiento de la circulación vial en PTV VISSIM & PTV VISWALK V23, los resultados de las simulaciones efectuadas en PTV VISSIM & VISWALK consideraron los volúmenes horarios máximos mixtos presentes en la zona de estudio, compuestos por 2.40% de camiones, 0.57% de buses y 97.03% de vehículos ligeros, además de los ciclos de semaforización de 4 fases por sentido. Estos parámetros permitieron reproducir con un 95% de precisión el comportamiento vehicular observado en campo. En la situación actual, se registró un tiempo promedio de demora de 135.31 s y una longitud promedio de cola de 210 m en horas punta, lo cual reflejó un nivel de saturación elevado en la intersección. Estudios similares como el de Treiber & Kesting [31] afirman que la microsimulación permite anticipar escenarios de saturación antes de implementar modificaciones físicas, con niveles de confiabilidad del 90% al 96%. Los resultados del presente estudio alcanzaron una precisión del 95%, situándose dentro de este rango.

A diferencia de los estudios referidos, donde los tiempos de demora promedio oscilaron entre 100 s y 120 s en intersecciones urbanas críticas, en el óvalo José Quiñones – Nicolás de Piérola el valor fue mayor (135.31 s), lo que evidencia que la congestión es más severa en el contexto local, aunque validada bajo el mismo marco metodológico. Por lo tanto, la principal contribución consistió en haber empleado herramientas de simulación avanzada que permitieron cuantificar, con alto grado de confiabilidad, los indicadores operativos actuales y proyectados. Esto constituyó una base objetiva para justificar la implementación de medidas de rediseño geométrico en la intersección. Las diferencias observadas respecto a estudios previos se explican por las particularidades del flujo vehicular en el óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola, caracterizado por una alta proporción de vehículos ligeros y una configuración irregular con múltiples accesos y salidas. Estas condiciones aumentaron los tiempos de demora y la longitud de colas en comparación con intersecciones más regulares, lo que refuerza el valor del modelamiento con PTV VISSIM & VISWALK para representar con precisión contextos urbanos complejos. En ese sentido, el aporte de la investigación radicó en demostrar la aplicabilidad y confiabilidad de estas herramientas para diagnosticar escenarios de saturación en intersecciones con condiciones locales atípicas y alto nivel de congestión. De este modo, este resultado concuerda con lo señalado en el manual de la Companhia de Engenharia de Tráfego [8] y en el HCM 2010 [24], donde se reportan precisiones superiores al 90% en la modelación de intersecciones urbanas complejas mediante PTV VISSIM & VISWALK. Asimismo, la normativa nacional MTC – DG 2018 [15] establece la necesidad de evaluar el desempeño operativo de las intersecciones mediante simulación cuando los niveles de servicio se encuentran comprometidos, lo que respaldó la validez técnica del procedimiento aplicado en este estudio.

Con relación al cuarto objetivo específico, orientado a diseñar el nuevo sistema vial del óvalo en función de la simulación y la geometría optimizada, los resultados del rediseño geométrico, a través de las simulaciones en PTV VISSIM & VISWALK demostraron que, tras la implementación del rediseño geométrico con carriles de 3.75 m y calzadas de 7.50 m, junto con la señalización horizontal y vertical mejorada y semáforos sincronizados en 4 fases por sentido, el tiempo promedio de demora se redujo en un 78.84%, pasando de 135.31 s a 28.63 s, mientras que la longitud de cola disminuyó de 210 m a 95 m en horas punta. Estos resultados reflejaron un incremento significativo en la eficiencia operativa de la intersección.

Este hallazgo es comparable con lo reportado por Vergara [11], quien documentó reducciones de más del 70% en los tiempos de espera tras aplicar mejoras geométricas y de control semafórico en intersecciones urbanas. La diferencia porcentual entre el presente estudio (78.84%) y el antecedente (70%) indicó un desempeño superior en el óvalo José Quiñones – Nicolás de Piérola, lo cual se explica por la combinación de ampliación de secciones viales y sincronización semafórica optimizada, factores que no siempre fueron aplicados en los casos anteriores. En tal instancia, la principal contribución fue el diseño adaptado al contexto específico del óvalo José Quiñones – Nicolás de Piérola, donde se evidenció cuantitativamente que las mejoras geométricas y de control reducen de manera drástica la congestión y mejoran la movilidad urbana. Este desempeño superior se explica por la incorporación simultánea de ampliaciones de calzada, radios de giro más amplios y la sincronización de los ciclos semafóricos en cuatro fases, condiciones que se ajustaron a la morfología del óvalo y a los patrones reales de circulación. A diferencia de otros estudios donde las mejoras se aplicaron de forma aislada, el presente diseño integró todos los componentes críticos en un solo esquema operativo, lo que permitió obtener reducciones mayores en los tiempos de demora y las longitudes de cola. De esta manera, el aporte de la investigación radicó en demostrar que la efectividad del rediseño depende de su grado de adecuación al contexto físico y operacional del área intervenida, aportando un modelo técnico replicable para intersecciones urbanas con geometrías irregulares y altos volúmenes de tránsito. De acuerdo con el HCM 2010 [24], la optimización de la geometría y la correcta asignación de fases semafóricas constituyen estrategias clave para incrementar la capacidad vial efectiva y mejorar el nivel de servicio en intersecciones críticas. Asimismo, la normativa nacional MTC – DG 2018 [15] establece que el rediseño de intersecciones debe garantizar un nivel de servicio C o superior, condición alcanzada con los resultados obtenidos en el presente estudio, lo que aseguró la validez técnica del rediseño geométrico planteado.

En cuanto al quinto objetivo específico, que consistió en determinar y comparar el nivel de servicio actual y proyectado, los resultados del nivel de servicio, evidenció que la condición actual de la infraestructura vial del óvalo presentaba un nivel F (deficiente), con velocidades promedio de 12 km/h, tiempos de viaje de 8.5 min y colas promedio de 210 m en hora punta.

Tras la implementación del rediseño geométrico, estos valores mejoraron a un nivel C (óptimo), alcanzando velocidades de 26 km/h, tiempos de viaje de 3.8 min y colas de 95 m, lo que representó una reducción del 55.29% en el tiempo de viaje y del 54.76% en la longitud de colas, además de un incremento de más del 116% en la velocidad operativa. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Alvarado & Valle [12], quienes lograron mejoras superiores al 50% en niveles de servicio en intersecciones urbanas mediante rediseño geométrico y sincronización semafórica. La comparación muestra que el presente estudio obtuvo desempeños equivalentes e incluso ligeramente superiores en algunos indicadores, lo que evidencia la efectividad de integrar de manera conjunta mejoras geométricas y de control semafórico. En consecuencia, la principal contribución fue demostrar, con indicadores cuantitativos claros, que el rediseño geométrico complementado con sincronización semafórica no solo reduce la congestión, sino que también transforma significativamente el nivel de servicio en intersecciones urbanas críticas, mejorando la fluidez y la eficiencia operativa del tránsito. Este resultado se explica por las condiciones particulares del óvalo José Quiñones - Nicolás de Piérola, donde la congestión inicial era elevada debido a la presencia de múltiples accesos y maniobras de giro en espacios reducidos. La incorporación de carriles ampliados, radios de giro óptimos y tiempos semafóricos coordinados permitió redistribuir los flujos vehiculares de manera equilibrada, reduciendo los puntos de conflicto y elevando la velocidad de operación promedio. Así, la investigación aportó evidencia de que los beneficios del rediseño geométrico se potencian cuando las mejoras estructurales se integran con la gestión operativa del tránsito, ofreciendo un enfoque aplicable para optimizar el nivel de servicio en intersecciones urbanas de alta demanda. De acuerdo con el HCM 2010 [24], el nivel de servicio (LOS) se determina en función de variables como la velocidad de operación, los tiempos de viaje y las longitudes de cola, siendo la mejora de estos parámetros un reflejo directo del aumento en la capacidad vial y la eficiencia operativa. Asimismo, las guías del MTC – DG 2018 [15] recomiendan alcanzar un nivel de servicio no inferior a C en intersecciones urbanas de alta demanda, condición plenamente lograda con los resultados de este estudio.

Finalmente, en el sexto objetivo específico, orientado a hallar la rentabilidad de la propuesta integral, los resultados del análisis de rentabilidad y viabilidad, a partir de los metrados, costos unitarios, gastos generales (10%), utilidad (10%) e IGV (18%), se determinó un presupuesto referencial de S/.15'436,106.26 para la infraestructura vial actual.

Mientras que, para la proyectada, de S/.21'852,931.15. El VAN de la condición actual fue de - S/.28'669,244.71, rechazándose por ser menor a 0, mientras que para la condición proyectada se obtuvo un VAN positivo de S/.9'451'336,655.92, considerado aceptable. En cuanto a la TIR, los valores fueron de 26% y 14%, ambos superiores a la tasa de mercado del 12%, lo que los hizo viables. Asimismo, el índice B/C pasó de 0.41 en la situación actual (no rentable) a 606.19 en la proyectada (altamente rentable), acompañado de una reducción del 48% en los costos de operación vehicular y del 52% en tiempos de viaje en un horizonte de 20 años. Estos resultados guardan coherencia con los hallazgos de Herrera [6], quien identificó retornos económicos superiores al 200% en proyectos viales con rediseños geométricos y gestión del tránsito. No obstante, en este estudio, el índice B/C alcanzó valores notablemente mayores (606.19), lo que representó un incremento porcentual muy superior en relación con los proyectos analizados por Herrera, evidenciando un impacto económico aún más significativo. En efecto, la principal contribución fue demostrar que la propuesta integral no solo asegura la factibilidad técnica, sino que también genera una alta rentabilidad económica y beneficios sociales tangibles, lo que justificó su implementación como solución prioritaria para la movilidad en intersecciones urbanas de alta congestión. Esta alta rentabilidad se explica por la magnitud de la mejora operativa alcanzada tras el rediseño, donde la reducción significativa de los tiempos de viaje y los costos de operación vehicular incrementó considerablemente los beneficios económicos acumulados en el horizonte de evaluación. Además, la intervención integral combinó aspectos geométricos, de control semafórico y de gestión de flujos, lo que permitió optimizar simultáneamente la capacidad vial y la eficiencia energética del transporte. De este modo, el estudio aportó evidencia de que los proyectos de rediseño urbano con enfoque integral no solo mejoran el desempeño vial, sino que también generan retornos económicos y sociales sostenibles, fortaleciendo la toma de decisiones en materia de inversión pública orientada a la movilidad urbana eficiente. En ese sentido, según la metodología de evaluación socioeconómica del Banco Mundial [32], un índice B/C mayor a 1.0 confirma que los beneficios superan los costos, garantizando la viabilidad del proyecto. En este caso, con un índice de 606.19, la propuesta cumplió ampliamente con los criterios internacionales de rentabilidad y eficiencia en inversión pública, validando la solidez económica del diseño integral adoptado.

Conclusiones

El estudio de tráfico, topográfico y de mecánica de suelos realizado en el área de influencia del óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola, permitió dimensionar una estructura de pavimento rígido con un espesor de losa de 25 cm y una base granular de 15 cm, bajo el método AASHTO 93, considerando un ESAL de diseño promedio de 1'621,527.37 EE, garantizando un diseño estructural óptimo, acorde a la demanda de carga y a las condiciones geotécnicas identificadas.

La cuantificación de las velocidades máximas de transitabilidad en horas puntas, según PTV VISSIM, evidenció que, en las condiciones actuales, las velocidades operativas promedio fueron de 41 km/h, mientras que, para la proyectada, de 76 km/h, lo que confirmó un alto nivel de saturación vial y la necesidad urgente de intervenciones para mejorar la fluidez vehicular.

El modelamiento de la circulación vehicular en PTV VISSIM y PTV VISWALK V23, reprodujo con un 95% de precisión el comportamiento del flujo vehicular actual, lo que permitió validar las simulaciones del escenario propuesto del rediseño geométrico y garantizar la fiabilidad de los análisis.

El rediseño geométrico del sistema vial, acompañado de señalización optimizada, demostró en la simulación una reducción del 78.84% en los tiempos de demora promedio, pasando de 135.31 s en la situación actual a 28.63 s en el escenario proyectado, mejorando la fluidez y reduciendo conflictos viales, respecto al uso de la infraestructura existente.

La comparación entre el nivel de servicio actual y proyectado confirmó que la propuesta eleva las condiciones de operación de un nivel F (deficiente) a nivel C (óptimo), evidenciando un impacto positivo significativo en la eficiencia del tránsito y en la calidad del servicio para los usuarios.

El análisis de rentabilidad de la propuesta determinó que la solución integral planteada es técnica y económicamente viable, ya que, de acuerdo al VAN y al TIR, el índice de costo/beneficio fue de 606.19, generando beneficios tangibles como la reducción de costos operativos, ahorro de tiempo de viaje y mejoras en la seguridad vial, lo que respalda su implementación como una intervención prioritaria.

Recomendaciones

Reubicar y formalizar los paraderos existentes, eliminando obstrucciones en la calzada, dado que estos puntos de detención no regulados generan conflictos funcionales y reducen la capacidad vial. Esta medida debe complementarse con un plan de ejecución por fases, a fin de minimizar el impacto en la circulación durante las obras, priorizando trabajos nocturnos y una adecuada señalización provisional. En el aspecto constructivo, se sugiere mejorar la subrasante en los tramos de menor capacidad de soporte, tal como se definió en el diseño mediante la incorporación de piedra over, para prevenir fallas prematuras y garantizar la durabilidad del pavimento rígido.

Incorporar mejoras en la seguridad peatonal, siguiendo los análisis realizados en PTV VISSIM & VISWALK, mediante la implementación de islas peatonales, rampas accesibles y tiempos semafóricos exclusivos para peatones. Una vez ejecutadas las intervenciones, se deberá establecer un plan de monitoreo y evaluación post-implementación, el cual incluya mediciones de volúmenes vehiculares, velocidades y demoras a 30, 90 y 180 días, con el fin de validar los resultados y ajustar la operación vial de ser necesario.

Se sugiere crear una mesa técnica interinstitucional que involucre a la Municipalidad Provincial de Chiclayo, Policía de Tránsito, operadores de transporte y representantes de la comunidad, con el fin de coordinar la implementación de las medidas y garantizar su aceptación social. Esta acción debe ir acompañada de un programa permanente de educación vial y fiscalización, que promueva el respeto a la señalización y reduzca las conductas que generan congestión, así como de estudios complementarios a mediano y largo plazo, para identificar nuevas soluciones de transporte público y vías alternas, asegurando que los beneficios del proyecto se mantengan en el tiempo y se adapten a la evolución de la demanda vehicular.

Referencias

- [1] Afrin, T., & Yodo, N. “*A survey of road traffic congestion measures towards a sustainable and resilient transportation system*”. Sustainability, 1-23. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12114660>
- [2] Espinel Guillen, A. H. & Jaramillo Viñán, J. E. “*Análisis de tráfico y alternativas de solución para el congestionamiento vehicular en la intersección de la Mariscal Sucre y San Francisco de Rumihurco en la Ciudad de Quito a través del software PTV VISSIM*”. Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. 2022.
- [3] Huamani Del Carpio, G. T. “*Simulación microscópica del tráfico urbano entre una vía principal y alternas para mejorar la congestión vehicular*”. Cañete, Perú. 2021.
- [4] Orozco Lovato, S. A. “*Identificación de punto de congestión vehicular y sus causas en la ciudad de Riobamba*”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2022.
- [5] Assina Flores, W. F., & Masías Saldarriaga, J. D. “*Propuesta de un modelo con velocidad variable como mejora de la congestión vehicular en la vía expresa Javier Prado, entre el óvalo Monitor Huáscar y Paseo de la República. Lima, Perú*”. Lima, Perú. 2020.
- [6] Herrera Ganem, R. A. “*Propuesta metodológica para determinar la viabilidad económica para la implementación de un sistema de semaforización inteligente (SSI) en otra Capital Colombiana basado en las experiencias del contrato de semaforización inteligente en Bogotá*”. Facultad de Ingenierías de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 2020.
- [7] Quispe Huisa, M. F. “*Propuestas del mejoramiento de circulación vehicular evaluando tráfico aplicando técnica SYNCHRO. Cruce vehicular cinco esquinas – Av. Tacna – Juliaca*”. Juliaca, Perú. 2021.
- [8] Companhia de Engenharia de Tráfego. “*Relatório de avaliação horário de pico, São Paulo*”. Sao Paulo, Brasil. 1998.
- [9] CEPAL. “*Estudio económico de América Latina y el Caribe, 1988*”. Comisión económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 1989.

- [10] Thomson, Ian. *“Una reseña histórica y evaluación crítica de algunos aspectos de la planificación del sistema de transportes de Santiago. Algunos conceptos básicos referentes a las causas y soluciones del problema de la congestión de tránsito”*. Santiago, Chile. 2000.
- [11] Vergara Rosario, L. V. *“Actualización de semaforización en Santa Marta Magdalena”*. Facultad de Ingenierías de la Universidad Cooperativa de Colombia. Bogotá, Colombia. 2021.
- [12] Alvarado Azurin, V. A. & E. I. Valle Azalde. *“Propuestas de gestión del tránsito para la reducción del congestionamiento en la Av. Alfredo Benavides entre los tramos Ovalo Higuiereta y Av. Velasco Astete en el Distrito de Santiago de Surco utilizando el programa de simulación Synchro 8.0”*. UPC. Lima, Perú. 2019.
- [13] Salazar Solano, C. J. *“Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando Vissim 8”*. PUCP. Lima, Perú. 2018.
- [14] Del Mar, A., & Vásquez, I. *“Propuesta para la reducción del congestionamiento vehicular en las avenidas La Marina y Faustino Sánchez Carrión, desde la Av. Antonio José de Sucre hasta la Av. Gregorio Escobedo, mediante el uso del software Synchro 8”*. UPC. Lima, Perú. 2019.
- [15] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *“Manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018”*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, MTC. Lima, Perú. 2018.
- [16] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *“Manuals de diseño geométrico de vías urbanas”*. VCHI, ICG. Lima, Perú. 2005.
- [17] Ministerio de transportes y Comunicaciones. *“Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras”*. Lima, Perú. 2016.
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *“Reglamento Nacional de tránsito. Decretos Supremos N°016-2009 – MTC”*. SUTRAN. Lima, Perú. 2020.
- [19] Monterrey Cañas, A. M. & Sosas Ramírez, C. A. *“Diseños de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamientos de imágenes”*. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia. 2020.
- [20] Hernández Rodríguez, L. A., & León Vallejo, O. A. *“Microsimulación de tráfico y congestionamiento vehicular del óvalo Larco, Trujillo”*. Trujillo, Perú. 2021.

- [21] Gálvez Saldaña, M. A., & Silva Sánchez, B. P. “*Modelados del tráfico vehicular usando ProModel para disminuir la congestión vehicular en las Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca*”. Cajamarca, Perú. 2022.
- [22] R. Cal & Mayor R. & J. Cárdenas G. “*Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones*”. Alfaomega. Edición. México D.F., México. 2007.
- [23] R. Fernández A. “*Elementos de la teoría: el tráfico vehicular*”. Fondo Editorial 3M. Lima, Perú. 2010.
- [24] Highway Capacity Manual. “*Transportation Research Board of the National Academie*”. HCM. EEUU. 2010.
- [25] R. Dowling, A. Skabardonis, & V. Alexiadis. “*Traffics Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*”. EEUU. 2004.
- [26] MTC. “*Manual de ensayos de materiales*”. Lima, Perú. 2016.
- [27] Fonseca, A.M. “*Ingenierías de pavimento para carreteras*”. Agora Editores. Colombia. 2002.
- [28] Bañon Blazquez, L., Bevia Garcia. J. F. “*Manual de carreteras, vol. II. Construcción y mantenimiento*”. Universidad de Alicante. España. 2000.
- [29] Guzmán Montenegro, M. J. “*Estabilización de suelos arcillosos adicionando polímero reciclado para mejoramiento de subrasante en el distrito de Mórrope, 2021*”. UPAO, Trujillo, Perú. 2023. [shttps://hdl.handle.net/20.500.12759/13031s](https://hdl.handle.net/20.500.12759/13031s)
- [30] A. R. Day. “*Soils testing manual: procedures, classifications data, and sampling practice, 2^{ns} ed.*”. CRC Pres, 2011, pp. 135–140.
- [31] M. Treiber & A. Kesting. “*Traffic flow dynamics: data, models and simulation*”. Springer, Berlin, 2013.
- [32] Banco Mundial. “*Metodología de evaluación socioeconómica del transporte*”. Washington D.C., EE. UU., 2015.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 001-2025-II

FECHA: 14 de Octubre 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Giovanni Bellini Chinchay Tineo

TITULO DE LA TESIS: Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico del suelo
- Límites de Atterberg: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo.
- Gravedad Especifica
- Sales solubles
- Proctor modificado
- CBR

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil

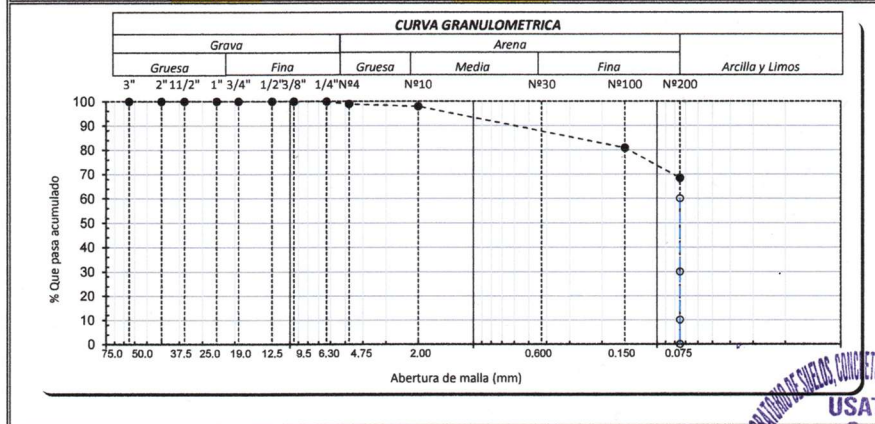


Anexo 2. Granulometría calicata 1 – muestra 1



Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-1 NICOLAS DE PIÉROLA
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 94.60 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 29.5 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 22.27 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 7.21 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-4 (7)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :
N#4	4.750	3.31	1.1	1.1	98.9	Arcilla arenosa de baja plasticidad
N#10	2.360	2.92	1.0	2.1	97.9	Ensayo Malla N#200
N#20	1.180	2.61	0.9	3.0	97.0	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N#40	0.600	8.45	2.8	5.8	94.2	% HUMEDAD
N#50	0.300	10.92	3.6	9.4	90.6	P.S.H P.S.S. (%) Hum.
N#100	0.150	29.30	9.8	19.2	80.8	MODULO DE FINEZA
N#200	0.075	37.09	12.4	31.6	68.4	Coef. Uniformidad
< N# 200	FONDO	205.4	68.5	100.1	-0.1	Coef. Curvatura



Observaciones:

Henry Rivadeneyra Obhitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIAS
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 3. Límites de Atterberg calicata 1 – muestra 1

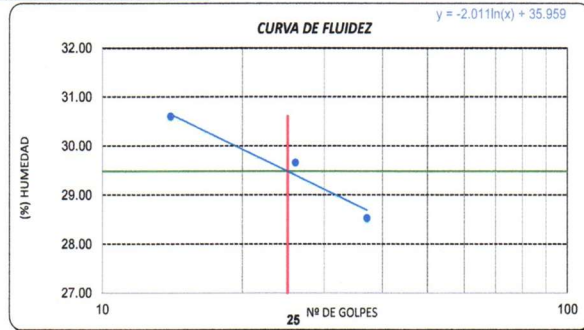


Solicitante: INGENIERIA CIVIL
 TESISISTA: GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación: C-1 NICOLAS DE PIEROLA
 ENSAYO: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA: N.T.P. 399.131

Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.
 0

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-3	C-13	T-33	T-13	
N° de tarro					
N° de golpes	37	26	14		
Tarro + suelo húmedo	47.91	28.52	73.58	44.23	
Tarro + suelo seco	43.63	24.13	67.86	43.21	
Agua	4.28	4.39	5.72	1.02	
Peso del tarro	28.63	9.33	49.17	38.63	
Peso del suelo seco	15	14.8	18.69	4.58	
Porcentaje de humedad	28.53	29.66	30.60	22.27	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	29.48
Límite Plástico	22.27
Índice de Plasticidad	7.21



Observaciones:

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 4. Informe general calicata 1 – muestra 1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 Escuela : INGENIERIA CIVIL
 Tesis : "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR"
 Lugar :
 Fecha de emisión : Chiclayo, Abril 2025

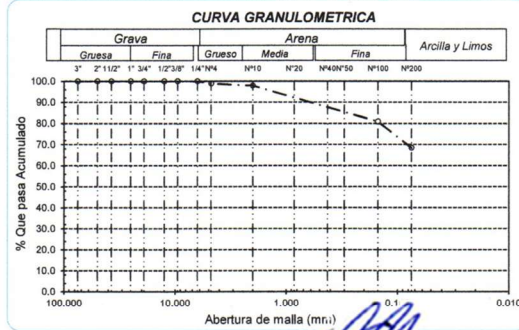
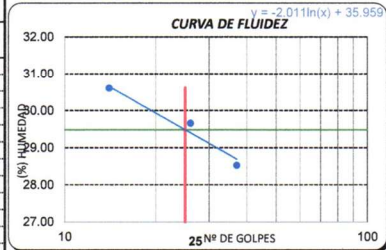
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	1.1	98.9
N° 10	2.000	2.1	97.9
N° 20	0.850	3.0	97.0
N° 50	0.300	9.4	90.6
N° 100	0.150	19.2	80.8
N° 200	0.075	31.6	68.4

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F. %	1.1
% Arena	A.G. %	3.7	30.5
	A.M. %	25.8	
	A.F. %	68.4	
% Arcilla y Limo			68.4
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	29.48 (%)
Límite Plástico (LP)	22.27 (%)
Índice Plástico (IP)	7.21 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-4 (7)
Descripción	REGULAR-MALO



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 5. Granulometría calicata 2 – muestra 2

Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUÍNONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-2 NICOLAS DE PIÉROLA

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata: C-02 Muestra: M-2 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 49.70 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 11.9 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 2.12 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 9.73 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-4 (9)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : Cl.
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :
N#4	4.750	1.42	0.5	0.5	99.5	Arcilla de baja plasticidad con arena
N#10	2.360	4.65	1.6	2.1	97.9	Ensayo Malla N#200
N#20	1.180	4.40	1.5	3.6	96.4	P.S. Seco
N#40	0.600	10.90	3.6	7.2	92.8	P.S. Lav
N#50	0.300	6.91	2.3	9.5	90.5	(%) 200
N#100	0.150	13.56	4.5	14.0	86.0	% HUMEDAD
N#200	0.075	7.86	2.6	16.6	83.4	P.S.H
< N# 200	FONDO	250.3	83.4	100.0	0.0	P.S.S.
						(%) Hum.
						MODULO DE FINEZA
						Coef. Uniformidad
						Coef. Curvatura

CURVA GRANULOMETRICA

Grava				Arena			Arcilla y Limos
Gruesa		Fina		Gruesa	Media	Fina	

Abertura de malla (mm)

Observaciones:

Henry Rivadeneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE CIENCIAS, INGENIERIA Y ENFERMERIA
USAT
 UNIVERSIDAD DE SAN AGUSTIN
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 6. Límites de Atterberg calicata 2 – muestra 2

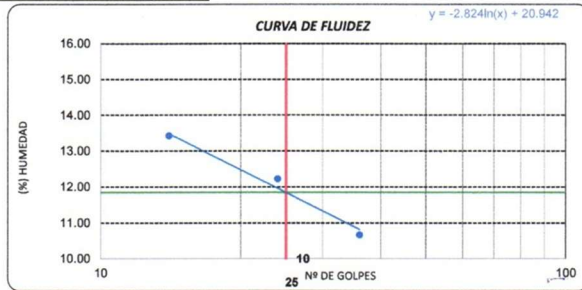


Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-2 NICOLAS DE PIEROLA
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata: C-02 Muestra: M-2 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.
 0

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-3	C-13	T-33	T-13	
N° de tarro					
N° de golpes	36	24	14		
Tarro + suelo húmedo	52.93	53.7	47.26	13.12	
Tarro + suelo seco	48.84	48.94	42.56	13	
Agua	4.09	4.76	4.7	0.12	
Peso del tarro	10.51	10.03	7.57	7.34	
Peso del suelo seco	38.33	38.91	34.99	5.66	
Porcentaje de humedad	10.67	12.23	13.43	2.12	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	11.85
Límite Plástico	2.12
Índice de Plasticidad	9.73



Observaciones:

Henny Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 7. Informe general calicata 2 – muestra 2

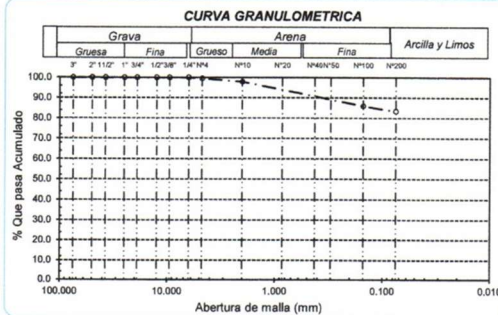
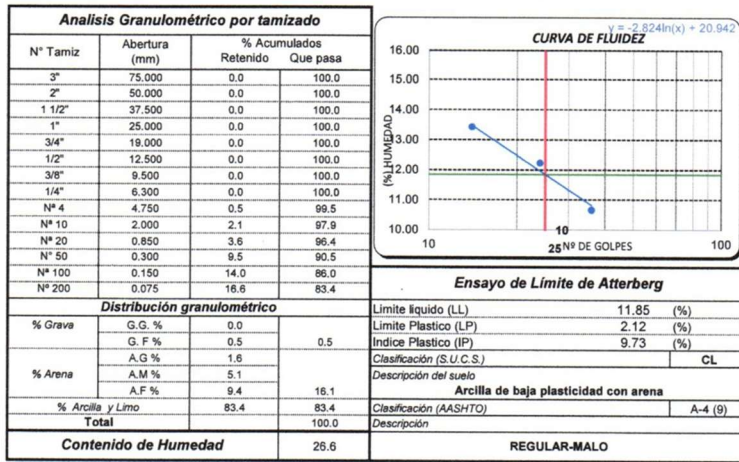
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 Escuela : INGENIERIA CIVIL
 Tesis : "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR"
 Lugar :
 Fecha de emisión : Chidayo, Abril 2025

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-02 Muestra: M-2 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.



Henry Rivadeneyra Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

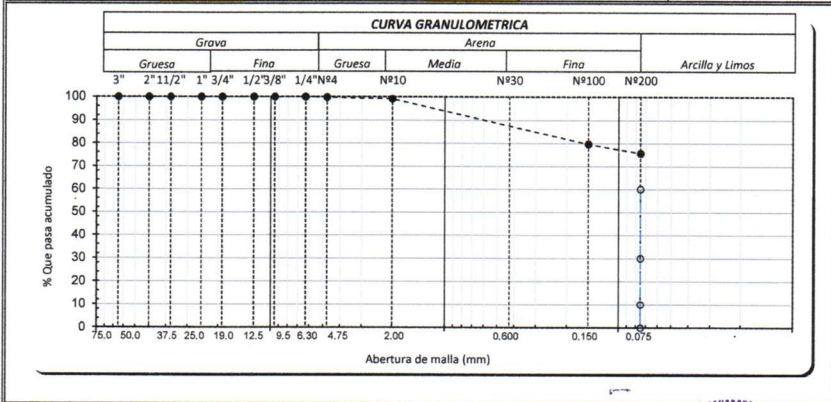
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 8. Granulometría calicata 3 – muestra 3



Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESISTA : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-3 JOSE QUIÑONES
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 Calicata: C-03 Muestra: M-3 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 73.25 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 36.4 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 18.80 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 17.61 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-6 (11)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.68	0.2	0.2	99.8	Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº10	2.360	2.15	0.7	0.9	99.1	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	3.31	1.1	2.0	98.0	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
Nº40	0.600	11.68	3.9	5.9	94.1	% HUMEDAD
Nº50	0.300	12.51	4.2	10.1	89.9	P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº100	0.150	30.89	10.3	20.4	79.6	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	12.03	4.0	24.4	75.6	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	226.8	75.6	100.0	0.0	Coef. Curvatura




Observaciones:

[Handwritten signature]
 Henry Rivadeneyra Obhtas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIAS PLASTICAS
USAT
 UNIVERSIDAD DE SAN AGUSTIN
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 9. Límites de Atterberg calicata 3 – muestra 3



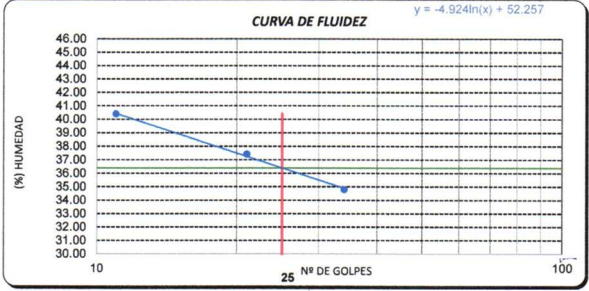
Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-3 JOSE QUIÑONES

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata: C-03 Muestra: M-3 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.
 0

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-3	C-13	T-33	T-13	
N° de tarro					
N° de golpes	34	21	11		
Tarro + suelo húmedo	43.21	42.22	37.06	18.6	
Tarro + suelo seco	39.49	38.6	34.53	17.44	
Agua	3.72	3.62	2.53	1.16	
Peso del tarro	28.8	28.93	28.27	11.27	
Peso del suelo seco	10.69	9.67	6.26	6.17	
Porcentaje de humedad	34.80	37.44	40.42	18.80	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	36.41
Límite Plástico	18.80
Índice de Plasticidad	17.61



Observaciones:







Anexo 10. Informe general calicata 3 – muestra 3

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 Escuela : INGENIERIA CIVIL
 Tesis : "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR"
 Lugar :
 Fecha de emisión : Chidayo, Abril 2025

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 398.128 : 1999
 : N.T.P. 398.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

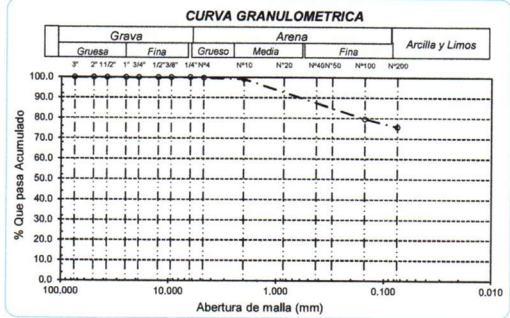
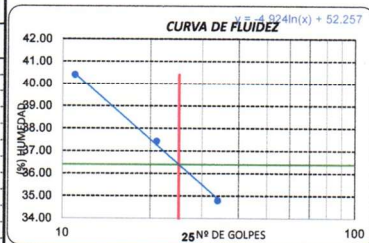
Calicata: C-03 Muestra: M-3 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.2	99.8
N° 10	2.000	0.9	99.1
N° 20	0.850	2.0	98.0
N° 50	0.300	10.1	89.9
N° 100	0.150	20.4	79.6
N° 200	0.075	24.4	75.6

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
	0.0	0.2	0.7
% Arena	A.M. %	A.F. %	
	5.0	18.5	24.2
% Arcilla y Limo		75.6	75.6
Total			100.0

Contenido de Humedad	
	20.7

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	36.41 (%)
Límite Plástico (LP)	18.80 (%)
Índice Plástico (IP)	17.61 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-6 (11)
Descripción	
MALO	



Henry Rivadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

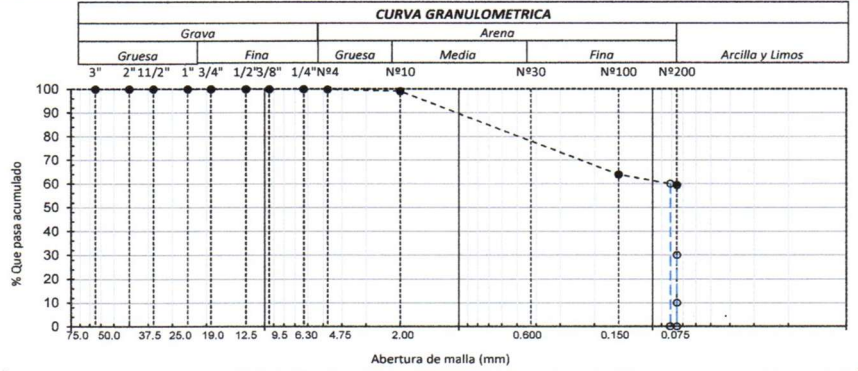
Anexo 11. Granulometría calicata 4 – muestra 4



Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-4 JOSE QUIÑONES
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata: C-04 Muestra: M-4 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 121.59 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 35.5 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 25.99 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 9.47 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-4 (5)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : ML
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.28	0.1	0.1	99.9	<i>Limo arenoso de baja plasticidad</i>
Nº10	2.360	2.31	0.8	0.9	99.1	Ensayo Malla Nº200 P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
Nº20	1.180	7.18	2.4	3.3	96.7	
N40	0.600	35.35	11.8	15.1	84.9	% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº50	0.300	29.54	9.8	24.9	75.1	
Nº100	0.150	33.61	11.2	36.1	63.9	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	13.32	4.4	40.5	59.5	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	178.4	59.5	100.0	0.0	Coef. Curvatura



Observaciones:

Henry Rivadeneyra Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y MATERIALES
USAT
 Universidad San Agustín de Arequipa
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 12. Límites de Atterberg calicata 4 – muestra 4



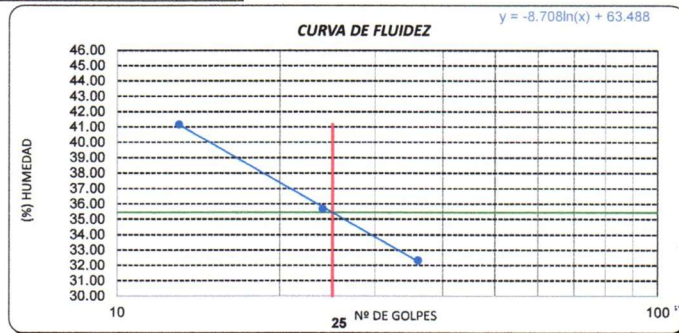
Solicitante : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 TESIS : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR
 Ubicación : C-4 JOSE QUIÑONES

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata: C-04 Muestra: M-4 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.
 0

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-3	C-13	T-33	T-13	
N° de tarro					
N° de golpes	36	24	13		
Tarro + suelo húmedo	47.28	70.14	45.58	18.31	
Tarro + suelo seco	42.76	65.05	40.68	16.01	
Agua	4.52	5.09	4.9	2.3	
Peso del tarro	28.79	50.79	28.78	7.16	
Peso del suelo seco	13.97	14.26	11.9	8.85	
Porcentaje de humedad	32.36	35.69	41.18	25.99	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	35.46
Límite Plástico	25.99
Índice de Plasticidad	9.47



Observaciones:

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE CEMENTOS, CONCRETOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 13. Informe general calicata 4 – muestra 4

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : GIOVANNI BELLINI CHINCHAY TINEO
 Escuela : INGENIERIA CIVIL
 Tesis : "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR"
 Lugar :
 Fecha de emisión : Chiclayo, Abril 2025

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C-04

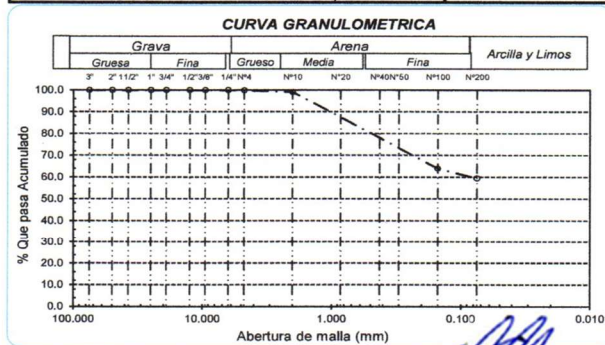
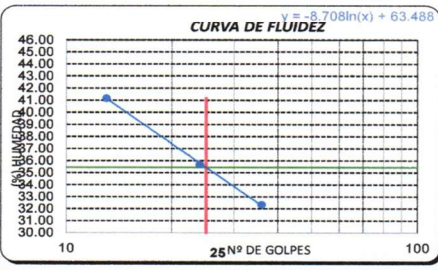
Muestra: M-4

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.1	99.9
Nº 10	2.000	0.9	99.1
Nº 20	0.850	3.3	96.7
Nº 50	0.300	24.9	75.1
Nº 100	0.150	36.1	63.9
Nº 200	0.075	40.5	59.5

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
	0.0	0.1	0.8
% Arena	A.M. %	A.F. %	
	14.2	25.4	40.4
% Arcilla y Limo		59.5	59.5
Total		100.0	100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	35.46 (%)
Límite Plástico (LP)	25.99 (%)
Índice Plástico (IP)	9.47 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	ML
Descripción del suelo	Limo arenoso de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-4 (5)
Descripción	REGULAR-MALO



Henry Rivadeneira Obhitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 14. Informe general – Gravedades específicas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECÍFICA

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
Ubicación : Chiclayo
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03	C-04		
1. N° de fiola	F-2	F-3	F-2	F-3		
2. Peso de la fiola	g. 63.18	63.14	63.86	91.63		
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g. 25.0	25.0	25.0	50.0		
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)	g. 88.2	88.1	88.9	141.6		
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g. 177.5	177.6	178.1	370.8		
6. Peso de la fiola + peso de agua	g. 162.8	162.7	163.5	340.8		
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	(3)/((3+6)-5) g/cm ³	2.444	2.470	2.399	2.498	

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


Henry Rivadeneyra Oblias
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 15. Informe general – Sales solubles



Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
Lugar : Distrito Chiclayo
Fecha de ensayo : Chiclayo mayo del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Calicata</u>	: 01		
<u>Muestra</u>	: M-01		
<u>Profundidad</u>	: 0.10 - 1.50		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04
<u>Calicata</u>	: 02		
<u>Muestra</u>	: M-01		
<u>Profundidad</u>	: 0.10 - 1.50		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04
<u>Calicata</u>	: 03		
<u>Muestra</u>	: M-01		
<u>Profundidad</u>	: 0.10 - 1.50		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	396
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04
<u>Calicata</u>	: 04		
<u>Muestra</u>	: M-01		
<u>Profundidad</u>	: 0.10 - 1.50		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	784
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.08


 Henry Rivadeneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 16. Proctor modificado calicata 1 – muestra 1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

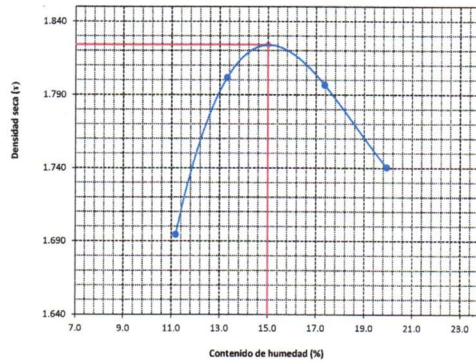
CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1
 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5650	5800	5864	5844
Peso del molde	g.	3855	3855	3855	3855
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1795	1945	2009	1989
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.884	2.041	2.109	2.088

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	148.96	135.80	276.40	185.60
Peso del suelo seco + tara	g.	137.64	124.40	243.94	164.20
Peso de tara	g.	36.36	38.71	56.90	56.90
Peso de agua	g.	11.32	11.4	32.46	21.4
Peso de suelo seco	g.	101.28	85.69	187.04	107.3
Contenido de agua	%	11.2	13.3	17.4	19.9
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.695	1.802	1.797	1.740

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.824	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.00	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Obhitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

Anexo 17. CBR calicata 1 – muestra 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
Ubicación : Distrito de Chiclayo
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
N° Molde	A-5				A-3				A-2					
	5				5				5					
N° Capa	56				25				12					
N° Golpes por capa	56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA														
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	12880	13186	12688	12988.6	12688	12988.6	12456	12791	12791	12791	12791			
Peso de molde (g)	8615	8615	8564	8564	8564	8564	8513	8513	8513	8513	8513			
Peso del suelo húmedo (g)	4265	4571	4104	4424.5	4104	4424.5	3943	4278	3943	4278	4278			
Volumen del molde (cc)	2086	2086	2112	2112	2112	2112	2073	2073	2073	2073	2073			
Densidad húmeda (g/cc)	2.044	2.191	1.943	2.095	1.943	2.095	1.902	2.064	1.902	2.064	2.064			
% de humedad	12.28	19.58	12.12	20.07	12.12	20.07	13.29	21.93	13.29	21.93	21.93			
Densidad seca (g/cc)	1.821	1.832	1.733	1.745	1.733	1.745	1.679	1.683	1.679	1.683	1.683			
HUMEDAD														
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	157.9	157.9	4571	4571	243.9	243.9	4424.5	4424.5	329.9	329.9	4278.0	4278.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	145.9	145.9	4266	4266	221.5	221.5	4104	4104	297.1	297.1	3943.0	3943.0		
Peso del Agua (gr.)	12.0	12.0	306.0	306.0	22.4	22.4	320.5	320.5	32.8	32.8	335.0	335.0		
Peso del tarro (gr.)	48.07	48.07	0	0	36.5	36.5	0	0	49.93	49.93	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	97.8	97.8	4188.7	4188.7	185.0	185.0	4034.1	4034.1	247.1	247.1	3877.9	3877.9		
% de humedad	12.28	12.28	19.58	19.58	12.12	12.12	20.07	20.07	13.29	13.29	21.93	21.93		
Promedio de Humedad (%)	12.28	12.28	19.58	19.58	12.12	12.12	20.07	20.07	13.29	13.29	21.93	21.93		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
01/06/2023	14.3	24	0.12	0.003		0.1	0.003		0.12	0.003				
02/06/2023	14.3	48	1.25	0.031		1.2	0.030		1.35	0.034				
03/06/2023	14.3	72	3.5	0.088		3.4	0.085		3.5	0.088				
04/06/2023	14.3	96	4.1	0.103		4.3	0.108		4.3	0.108				
			4.57	0.124		4.57	0.124		4.57	0.124				
			total	2.24		total	2.35		total	2.35				
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5			MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2				
			CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.	Lb/lin2	Lect. Dial	Lb/ pulg2	%	Lect. Dial	Lb/ pulg2	%	Lect. Dial	Lb/ pulg2	%			
0.000	0.000	0'00"	0	2		0	2		0	2				
0.640	0.025	0'30"	3	3		4	4		5	4				
1.270	0.050	1'00"	12	7		15	8		17	9				
1.910	0.075	1'30"	85	38		63	26		30	14				
2.540	0.100	2'00"	165	72	50.7	123	48	39.8	4.0	60	25	28.9	2.9	
3.810	0.150	3'00"	239	92		193	72		139	51				
5.080	0.200	4'00"	315	123	150.9	10.1	254	99	112.7	7.5	192	75	75.3	5.0
6.350	0.250	5'00"	515	204		389	155		275	106				
7.620	0.300	6'00"	745	298		539	212		332	129				
10.160	0.400	8'00"	820	330		583	230		345	135				
12.700	0.500	10'00"	916	371		649	257		380	148				

Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

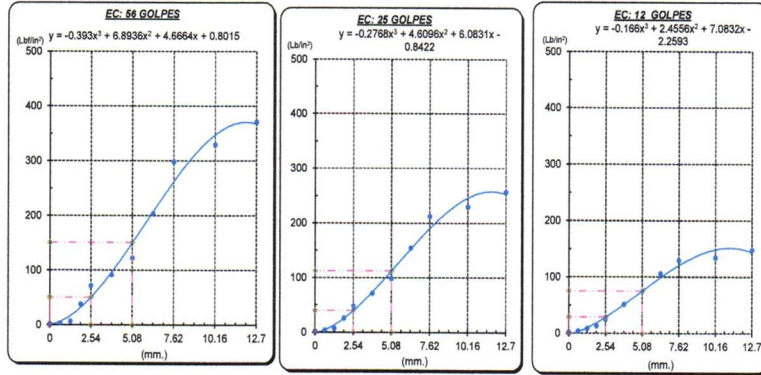


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

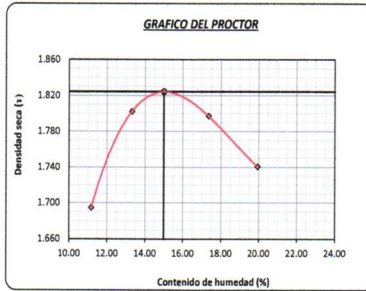
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.824 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.733 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.00 %

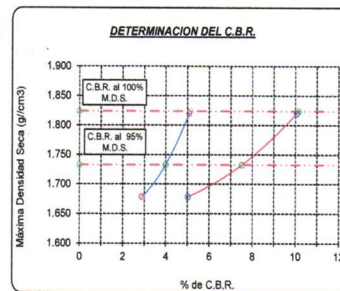
VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	10 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	8 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 18. Proctor modificado calicata 2 – muestra 2

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

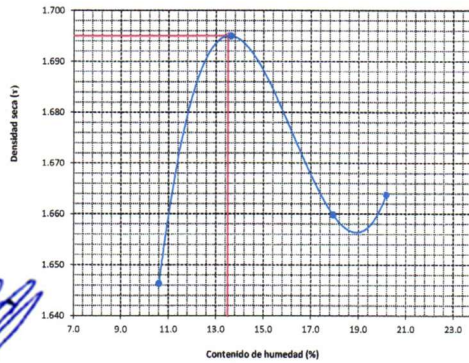
CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-2 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5590	5690	5720	5760
Peso del molde	g.	3855	3855	3855	3855
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1735	1835	1865	1905
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.821	1.926	1.957	1.999

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	586.51	483.02	374.26	256.00
Peso del suelo seco + tara	g.	536.37	414.83	322.77	219.00
Peso de tara	g.	63.69	61.17	35.60	35.60
Peso de agua	g.	50.14	48.19	51.49	37
Peso de suelo seco	g.	472.68	353.66	287.17	183.4
Contenido de agua	%	10.6	13.6	17.9	20.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.646	1.695	1.660	1.664

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.695	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.50	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Obhitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

Anexo 19. CBR calicata 2 – muestra 2

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-2 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	A-5				A-3				A-2								
Nº Capa	5				5				5								
Nº Golpes por capa	56				25				12								
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo	12317	12736	12604	12936	12891	13136											
Peso de molde (g)	8215	8215	8659	8659	9103	9103											
Peso del suelo húmedo (g)	4102	4521	3945	4277	3788	4033											
Volumen del molde (cc)	2086	2086	2112	2112	2073	2073											
Densidad húmeda (g/cc)	1.966	2.167	1.868	2.025	1.827	1.946											
% de humedad	16.72	27.11	16.67	25.22	16.63	23.19											
Densidad seca (g/cc)	1.684	1.705	1.601	1.617	1.567	1.579											
HUMEDAD																	
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	261.9	261.9	4521	4521	253.8	253.8	4277	4277	245.7	245.7	4033.0	4033.0					
Tarro + Suelo seco (gr.)	230.4	230.4	4102	4102	222.8	222.8	3946	3946	215.2	215.2	3788.0	3788.0					
Peso del Agua (gr.)	31.5	31.5	419.0	419.0	31.0	31.0	332.0	332.0	30.5	30.5	245.0	245.0					
Peso del tarro (gr.)	41.97	41.97	0	0	36.87	36.87	0	0	31.77	31.77	0	0					
Peso del suelo seco (gr.)	188.5	188.5	4034.1	4034.1	185.9	185.9	3882.8	3882.8	183.4	183.4	3729.6	3729.6					
% de humedad	16.72	16.72	27.11	27.11	16.67	16.67	25.22	25.22	16.63	16.63	23.19	23.19					
Promedio de Humedad (%)	16.72		27.11		16.67		25.22		16.63		23.19						
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
01/06/2023	14.3	24	0.12	0.003		0.1	0.003		0.12	0.003							
02/06/2023	14.3	48	1.26	0.031		1.2	0.030		1.35	0.034							
03/06/2023	14.3	72	3.8	0.088		3.4	0.085		3.5	0.088							
04/06/2023	14.3	96	4.1	0.103		4.3	0.108		4.3	0.108							
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.35	4.57	total	2.35						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%			
mm.	pulg.	Lb/lin2															
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2		0	2						
0.640	0.025	0'30"	2	3			12	7		21	10						
1.270	0.050	1'00"	6	5			19	9		32	14						
1.910	0.075	1'30"	18	9			32	14		46	20						
2.540	0.100	2'00"	1000	84	34	23.5	2.4	89	28	22.7	2.3	64	23	21.9	2.2		
3.810	0.150	3'00"		95	38			78	32			81	25				
5.080	0.200	4'00"	1500	104	41	46.2	3.1	89	36	38.3	2.6	74	30	30.3	2.0		
6.350	0.250	5'00"		166	61			118	47			80	32				
7.620	0.300	6'00"		165	65			124	49			83	33				
10.160	0.400	8'00"		197	77			141	55			86	34				
12.700	0.500	10'00"		232	90			183	64			94	38				

Henry Rivadeneira Obhitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

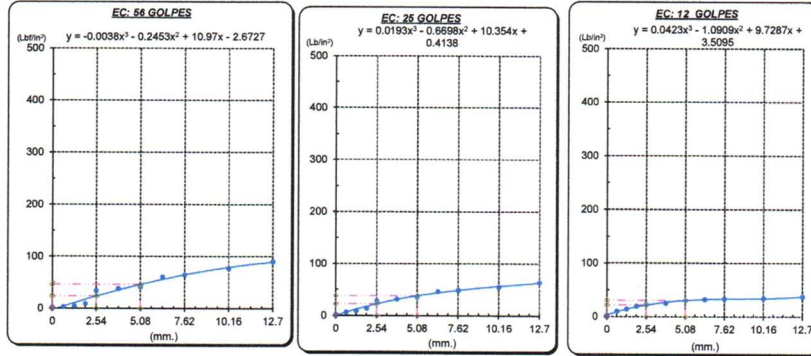


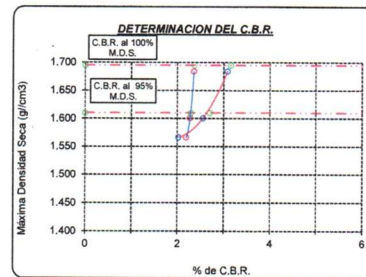
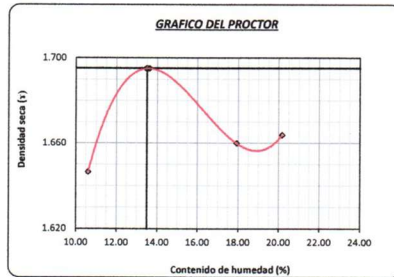
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.695 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.610 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	2 %	3 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	3 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 20. Proctor modificado calicata 3 – muestra 3

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
 una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

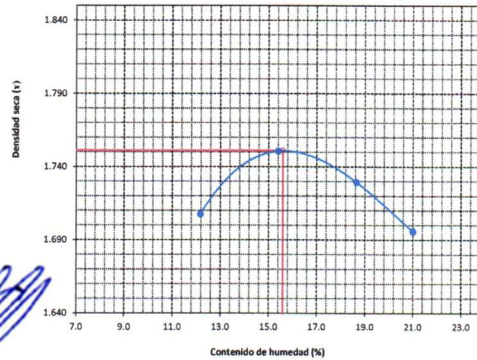
CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-3
 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 5680	5780	5810	5810
Peso del molde	g. 3855	3855	3855	3855
Peso del suelo húmedo compactado	g. 1825	1925	1955	1955
Volumen del molde	cm ³ 952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 1.915	2.020	2.052	2.052

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 410.00	310.25	525.92	425.60
Peso del suelo seco + tara	g. 371.00	278.00	458.00	368.00
Peso de tara	g. 50.53	68.65	93.71	93.71
Peso de agua	g. 39	32.25	67.92	57.6
Peso de suelo seco	g. 320.47	209.35	364.29	274.29
Contenido de agua	% 12.2	15.4	18.6	21.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 1.708	1.751	1.729	1.696

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.751	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

Anexo 21. CBR calicata 3 – muestra 3

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-3 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-5				A-3				A-2				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12298	12679	12611.5	12891	12925	13103							
Peso de molde (g)		8135	8135	8624	8624	9113	9113							
Peso del suelo húmedo (g)		4163	4544	3987.5	4267	3812	3990							
Volumen del molde (cc)		2086	2086	2112	2112	2073	2073							
Densidad húmeda (g/cc)		1.995	2.178	1.888	2.020	1.839	1.925							
% de humedad		13.94	23.25	14.04	21.16	14.17	18.92							
Densidad seca (g/cc)		1.751	1.767	1.656	1.667	1.611	1.619							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		365.8	365.8	4544	4544	323.4	323.4	4267	4267	281.0	281.0	3990.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		330.7	330.7	4163	4163	292.6	292.6	3987.5	3987.5	264.5	264.5	3812.0		
Peso del Agua (gr.)		35.1	35.1	381.0	381.0	30.8	30.8	279.5	279.5	26.5	26.5	178.0		
Peso del tarro (gr.)		78.84	78.84	0	0	73.355	73.355	0	0	67.87	67.87	0		
Peso del suelo seco (gr.)		251.8	251.8	4091.4	4091.4	219.2	219.2	3922.6	3922.6	186.7	186.7	3751.6		
% de humedad		13.94	13.94	23.25	23.25	14.04	14.04	21.16	21.16	14.17	14.17	18.92		
Promedio de Humedad (%)		13.94	13.94	23.25	23.25	14.04	14.04	21.16	21.16	14.17	14.17	18.92		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
01/06/2023	14.3	24	0.12	0.003	0.1	0.003	0.12	0.003	0.12	0.003	0.12			
02/06/2023	14.3	48	1.26	0.031	1.2	0.030	1.35	0.034	1.35	0.034	1.35			
03/06/2023	14.3	72	3.5	0.088	3.4	0.085	3.5	0.088	3.5	0.088	3.5			
04/06/2023	14.3	96	4.1	0.103	4.3	0.108	4.3	0.108	4.3	0.108	4.3			
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.35	4.57	total	2.35			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	2	3	4	4	6	5						
1.270	0.050	1'00"	5	4	10	6	14	8						
1.910	0.075	1'30"	18	9	22	10	25	12						
2.540	0.100	2'00"	40	17	28.9	2.9	36	16	21.4	2.1	32	14		
3.810	0.150	3'00"	142	56	94	38	46	20						
5.080	0.200	4'00"	236	92	87.2	5.8	143	56	53.8	3.6	80	21		
6.350	0.250	5'00"	352	137	203	79	53	22						
7.620	0.300	6'00"	385	150	224	87	62	26						
10.160	0.400	8'00"	436	170	266	100	78	31						
12.700	0.500	10'00"	506	199	297	116	88	35						

Henry Rivadeneira Obhías
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

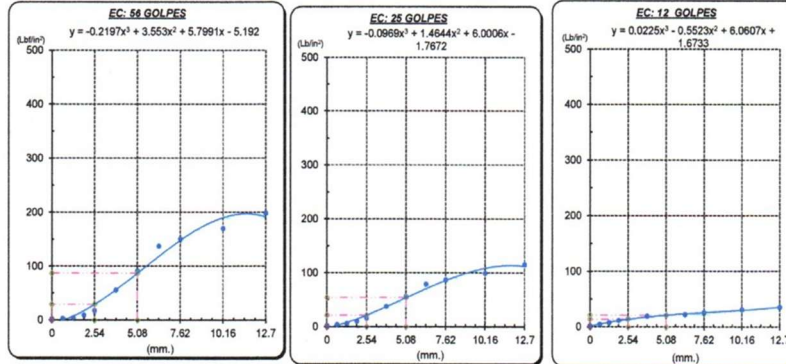


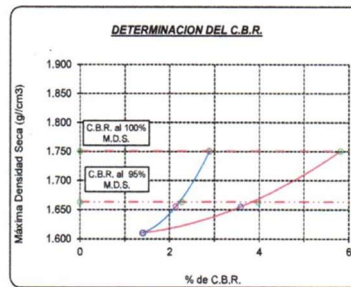
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.751 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.663 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 15.60 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
 C.B.R. AL 100 % M.D.S. 3 % 6 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S. 2 % 4 %



Henry Rivadeneyra Obllitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 22. Proctor modificado calicata 4 – muestra 4

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : C-04
 MUESTRA : M-4

PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

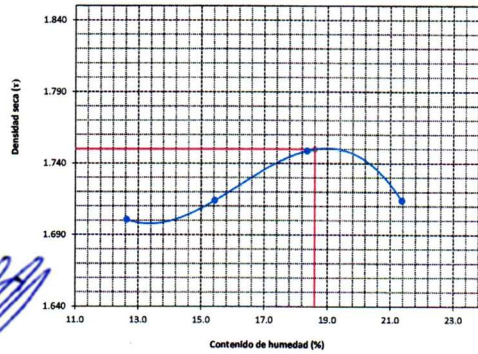
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5680	5740	5827	5837
Peso del molde	g.	3855	3855	3855	3855
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1825	1885	1972	1982
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.915	1.978	2.070	2.080

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	356.87	382.10	381.21	175.80
Peso del suelo seco + tara	g.	321.10	335.96	328.40	162.00
Peso de tara	g.	37.89	36.84	40.60	40.60
Peso de agua	g.	35.77	46.14	52.81	23.8
Peso de suelo seco	g.	283.21	299.12	287.8	111.4
Contenido de agua	%	12.6	15.4	18.3	21.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.701	1.714	1.749	1.714

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.750	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	18.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira
 Obdilas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

Anexo 23. CBR calicata 4 – muestra 4

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : C-04
 MUESTRA : M-4
 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
N° Molde	A-5				A-3				A-2							
	5				5				5							
N° Capa	56				25				12							
N° Golpes por capa	56				25				12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA																
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12475	12751	12773	12973,5	13071	13196										
Peso de molde (g)	8405	8405	8829	8829	9253	9253										
Peso del suelo húmedo (g)	4070	4346	3944	4144,5	3818	3943										
Volumen del molde (cc)	2086	2086	2112	2112	2073	2073										
Densidad húmeda (g/cc)	1.951	2.083	1.867	1.962	1.842	1.902										
% de humedad	9.32	16.22	10.67	15.84	12.92	16.25										
Densidad seca (g/cc)	1.784	1.792	1.687	1.694	1.631	1.636										
HUMEDAD																
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	379.9	379.9	4346	4346	314.4	314.4	4144.5	4144.5	248.9	248.9	3943.0	3943.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)	349.3	349.3	4070	4070	286.3	286.3	3944	3944	223.3	223.3	3818.0	3818.0				
Peso del Agua (gr.)	30.6	30.6	276.0	276.0	28.1	28.1	200.5	200.5	25.6	25.6	125.0	125.0				
Peso del tarro (gr.)	21.44	21.44	0	0	23.465	23.465	0	0	25.49	25.49	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)	327.9	327.9	3998.6	3998.6	262.9	262.9	3878.6	3878.6	197.9	197.9	3756.7	3756.7				
% de humedad	9.32	9.32	16.22	16.22	10.67	10.67	15.84	15.84	12.92	12.92	16.25	16.25				
Promedio de Humedad (%)	9.32		16.22		10.67		15.84		12.92		16.25					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
01/06/2023	14.3	24	0.12	0.003		0.1	0.003		0.12	0.003						
02/06/2023	14.3	48	1.26	0.031		1.2	0.030		1.36	0.034						
03/06/2023	14.3	72	3.5	0.088		3.4	0.085		3.6	0.088						
04/06/2023	14.3	96	4.1	0.103		4.3	0.108		4.3	0.108						
			4.57	total 2.24		4.57	total 2.35		4.57	total 2.35						
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2				
0.640	0.025	0'30"	1	3			5	4			9	6				
1.270	0.050	1'00"	10	6			14	7			17	9				
1.910	0.075	1'30"	18	9			23	11			27	12				
2.540	0.100	2'00"	30	21	23.9	2.4	41	17	18.7	1.9	31	14	11.3	1.1		
3.810	0.150	3'00"	105	42			72	29			38	17				
5.080	0.200	4'00"	163	60	58.6	3.9	99	39	39.2	2.6	44	19	15.5	1.0		
6.350	0.250	5'00"	228	88			140	55			64	23				
7.620	0.300	6'00"	236	92			148	58			60	25				
10.180	0.400	8'00"	280	109			171	67			61	25				
12.700	0.500	10'00"	337	131			204	79			70	29				

Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Giovanni Bellini Chinchay Tineo
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación y propuesta de solución integral en el óvalo José Quiñones y Nicolás de Piérola para optimizar el tráfico vehicular
 Ubicación : Distrito de Chiclayo
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

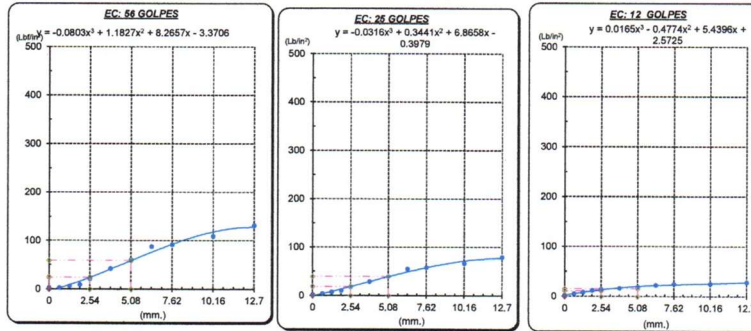


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

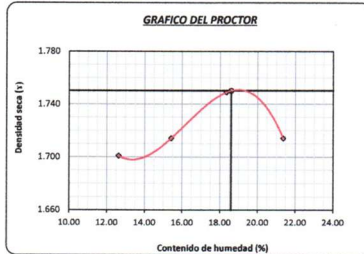
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.750 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.663 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 18.60 %

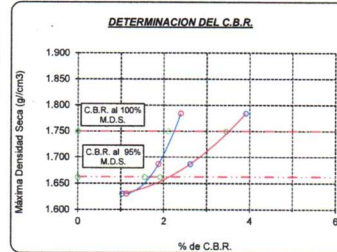
VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
 C.B.R. AL 100 % M.D.S. 2 % 3 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S. 2 % 2 %

GRAFICO DEL PROCTOR



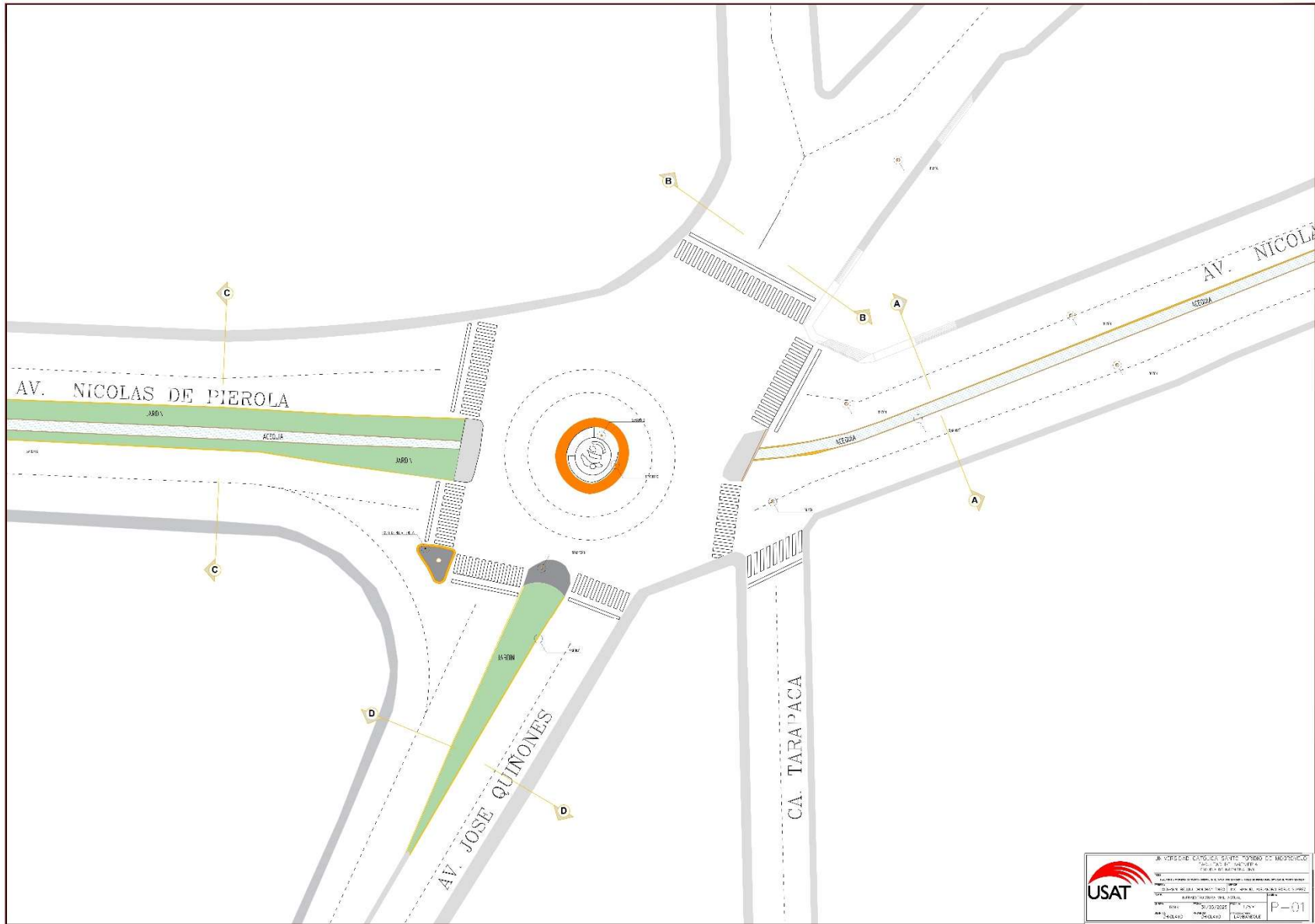
DETERMINACION DEL C.B.R.



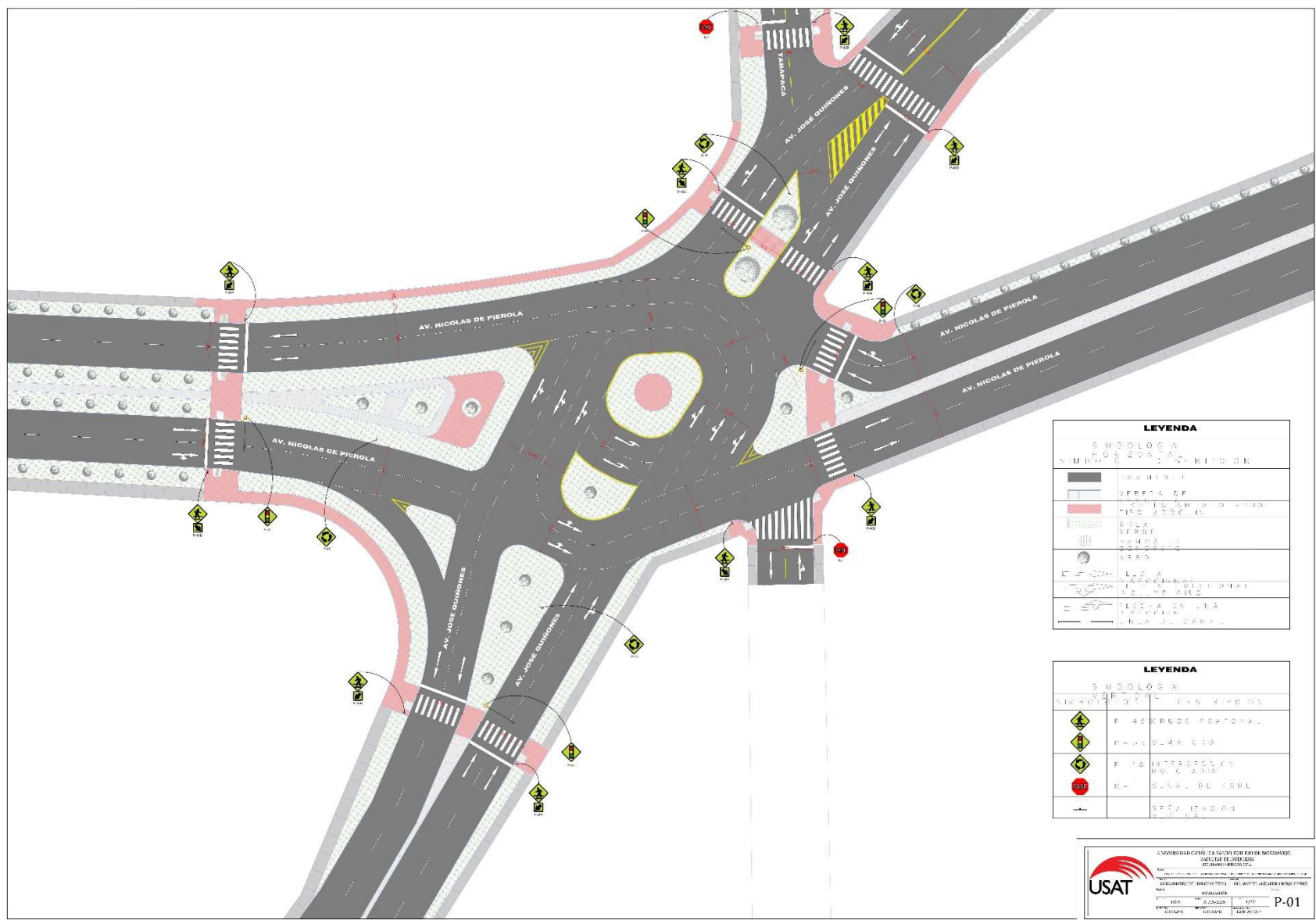
Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



















Anexo 25. Plano de planta de la infraestructura vial actual del óvalo de las Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola



Anexo 29. Señalización de la infraestructura vial propuesta del óvalo de Av. José Quiñones y Nicolás de Piérola





















Anexo 31. Formato del punto de control vehicular N° 2 – Av. José Quiñones (sentido: este – oeste)

FECHA	HORARIO	SENTIDO	TOTAL	MOTOTAXIS	MOTO LINEAL	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				
						COLECTIVO 	PARTICULAR 	RURAL 	COMBI 	PICKUP 		B2 	B3 - 1 	B4 - 1 	C2 	C3 	C4 	T2 S1 	T2 S2 	T2 S3 	T3 S1 
LUNES 28/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1633	623	203	359	154	237	47		3			5	2						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	818	302	156	146	67	119	22		2			2	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	111	12	18	34	38	4	3					1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			845	310	133	171	82	120	24	0	2	0	0	3	0	2	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			845	310	133	171	82	120	24	0	2	0	0	3	0	2	0	0	0	0
MARTES 29/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1625	645	217	348	149	211	42		2			7	4						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	830	295	152	154	64	121	27		4			4	9						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	86	9	13	30	21	2	8					2	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			843	311	134	172	75	114	26	0	3	0	0	4	0	6	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			843	311	134	172	75	114	26	0	3	0	0	4	0	6	0	0	0	0
MIÉRCOLES 30/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1608	624	233	340	135	221	40		3			9	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	796	287	148	157	61	104	26		2			3	8						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	73	10	9	25	18	2	7					1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			818	302	135	170	69	108	25	0	2	0	0	4	0	5	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			818	302	135	170	69	108	25	0	2	0	0	4	0	5	0	0	0	0
JUEVES 31/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1722	668	243	367	152	221	50		6			9	6						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	929	311	176	167	78	132	37		8			8	12						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	94	15	15	37	13	3	7					1	3						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			919	326	153	185	80	122	33	0	6	0	0	7	0	8	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			919	326	153	185	80	122	33	0	6	0	0	7	0	8	0	0	0	0
VIERNES 01/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1728	634	301	356	156	216	47		5			9	4						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	887	287	159	163	78	134	36		9			12	9						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	118	15	19	32	28	6	13					4	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			905	306	160	179	85	123	33	0	6	0	0	9	0	6	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			905	306	160	179	85	123	33	0	6	0	0	9	0	6	0	0	0	0
SÁBADO 02/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1666	655	223	351	158	215	46		6			3	9						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	884	304	156	166	77	123	34		7			9	8						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	113	18	19	34	28	6	5					1	2						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			887	320	139	179	85	117	30	0	5	0	0	6	0	7	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			887	320	139	179	85	117	30	0	5	0	0	6	0	7	0	0	0	0
DOMINGO 03/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	E - O	1430	602	201	299	102	191	27		2			2	4						
	HN: 5 PM - 6 PM	E - O	658	234	123	121	43	101	21		4			2	9						
	HM: 1 AM - 2 AM	E - O	34	3	8	10	9	1	1					1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			695	268	114	138	49	99	18	0	3	0	0	2	0	6	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			695	268	114	138	49	99	18	0	3	0	0	2	0	6	0	0	0	0
IMDs TOTAL (VEH/DÍA)			844	306	138	170	75	114	27	0	4	0	0	5	0	6	0	0	0	0	
FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIÓN DE PEAJE.MOCCE.(Dic.-2016)			0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	
IMDa			558	202	91	113	49	76	18	0	2	0	0	3	0	4	0	0	0	0	

Anexo 32. Formato del punto de control vehicular N° 3 – Av. Nicolás de Piérola (sentido: norte - sur)

FECHA	HORARIO	SENTIDO	TOTAL	MOTOTAXIS	MOTO LINEAL	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER					
						COLECTIVO	PARTICULAR	RURAL COMBI	PICKUP		B2	B3 - 1	B4 - 1	C2	C3	C4	T2 S1	T2 S2	T2 S3	T3 S1	T3 S2	
LUNES 28/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1567	540	147	171	396	222	75	5	2			2	3	4						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1199	433	98	123	300	178	55	2	3			3	2	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	96	24	13	15	23	11	4	1	1			1	1	2						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			1015	358	89	108	255	147	47	3	2	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			1015	358	89	108	255	147	47	3	2	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0
MARTES 29/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1360	503	103	122	345	199	64	7	5			4	5	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1017	410	67	99	249	134	49	1	2			2	3	1						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	60	16	6	7	16	7	2	1	1			2	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			864	335	61	82	215	119	41	3	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			864	335	61	82	215	119	41	3	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0
MIÉRCOLES 30/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1404	498	123	134	345	212	65	7	4			4	5	7						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1060	412	76	103	268	142	42	3	2			4	6	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	60	17	7	7	11	8	3	1	1			1	3	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			896	335	71	87	223	126	38	4	2	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			896	335	71	87	223	126	38	4	2	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0
JUEVES 31/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1642	548	156	189	404	235	88	7	4			3	2	6						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1284	444	103	133	312	193	78	3	6			4	5	3						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	107	30	15	12	27	9	5	3	2			2	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			1079	367	94	117	264	158	62	4	5	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			1079	367	94	117	264	158	62	4	5	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0
VIERNES 01/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1705	567	176	199	420	235	91	7	2			2	3	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1317	446	109	155	317	202	76	3	3			3	2	1						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	130	34	20	27	28	11	3	3	1			1	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			1117	373	104	134	271	163	62	4	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			1117	373	104	134	271	163	62	4	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
SÁBADO 02/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1720	587	186	199	400	234	92	8	4			4	3	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	1288	465	108	134	311	183	67	4	8			4	2	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	79	29	10	11	12	4	6	2	1			2	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			1094	387	103	120	259	151	58	5	5	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			1094	387	103	120	259	151	58	5	5	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0
DOMINGO 03/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	N - S	1200	465	87	121	300	173	44	3	2			2	2	1						
	HN: 5 PM - 6 PM	N - S	893	358	56	99	201	140	32	1	1			2	1	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	N - S	50	13	8	7	6	7	2	1	2			2	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			759	299	52	82	177	115	28	2	2	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			759	299	52	82	177	115	28	2	2	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0
IMDs TOTAL (VEH/DÍA)				975	350	82	104	237	140	48	3	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0
FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIÓN DE PEAJE MOCCÉ (Dic - 2016)				0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739
IMDa				644	231	54	69	157	92	32	2	2	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0

Anexo 33. Formato del punto de control vehicular N° 4 – Av. Nicolás de Piérola (sentido: sur - norte)

FECHA	HORARIO	SENTIDO	TOTAL	MOTOTAXIS	MOTO LINEAL	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER					
																						
LUNES 28/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	886	318	165	95	220	27	45		4			5	5	2						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	676	278	87	66	201	12	23		1			2	4	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	74	20	18	11	9	3	9		1			1	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			578	224	89	60	158	14	25	0	2	0	0	3	4	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			578	224	89	60	157.75	14	25	0	2	0	0	3	4	2	0	0	0	0	0
MARTES 29/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	792	302	132	78	200	15	40		6			7	9	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	564	254	55	45	167	16	17		2			1	6	1						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	50	10	9	9	6	2	6		2			2	1	3						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			493	205	63	44	135	12	20	0	3	0	0	3	6	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			493	205	63	44	135	12	20	0	3	0	0	3	6	2	0	0	0	0	0
MIÉRCOLES 30/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	800	297	135	66	201	34	49		7			3	6	2						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	523	223	56	42	167	6	17		4			3	4	1						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	42	9	3	4	12	6	2		2			1	2	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			472	188	63	39	137	13	21	0	4	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			472	188	63	39	136.75	13	21	0	4	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0
JUEVES 31/08/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	955	328	178	105	233	34	54		7			9	4	3						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	739	298	91	76	213	16	33		2			1	7	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	85	23	15	12	12	7	10		2			1	2	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			630	237	94	67	168	18	33	0	3	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			630	237	94	67	167.75	18	33	0	3	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0
VIERNES 01/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	1014	345	171	115	260	44	62		4			6	6	1						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	778	298	99	88	220	21	43		1			4	3	1						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	107	30	22	23	16	6	6		1			1	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			669	243	98	79	179	23	39	0	2	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			669	243	98	79	179	23	39	0	2	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0
SÁBADO 02/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	976	345	177	104	242	37	51		6			9	3	2						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	767	300	99	71	242	18	29		2			1	3	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	75	27	20	6	5	6	6		1			1	1	2						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			646	243	99	63	183	20	29	0	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			646	243	99	63	182.75	20	29	0	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0
DOMINGO 03/09/2023	HP: 12 PM - 1 PM	S - N	651	276	98	58	164	21	25		2			3	2	2						
	HN: 5 PM - 6 PM	S - N	450	201	42	46	134	10	11		1			1	2	2						
	HM: 1 AM - 2 AM	S - N	24	4	1	5	3	2	4		2			1	1	1						
	PROMEDIO HORARIO = (6 HP + 12 HN + 6 HM)/24			394	171	46	39	109	11	13	0	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
	TOTAL DÍA			394	171	46	39	108.75	11	13	0	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
IMDs TOTAL (VEH/DÍA)				554	216	79	56	153	16	26	0	3	0	0	3	4	2	0	0	0	0	0
FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIÓN DE PEAJE.MOCCE.(Dic. 2010)				0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6605	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739	0.6739
IMDa				366	142	52	37	101	10	17	0	2	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0

Anexo 34. Memoria fotográfica



Figura 23. Conteo vehicular en punto de control N° 1.



Figura 24. Conteo vehicular en punto de control N° 2.



Figura 25. Conteo vehicular en punto de control N° 3.



Figura 26. Conteo vehicular en punto de control N° 4.



Figura 27. Toma de puntos en calzada.



Figura 28. Toma de puntos en sardineles



Figura 29. Curvas de nivel del área de estudio

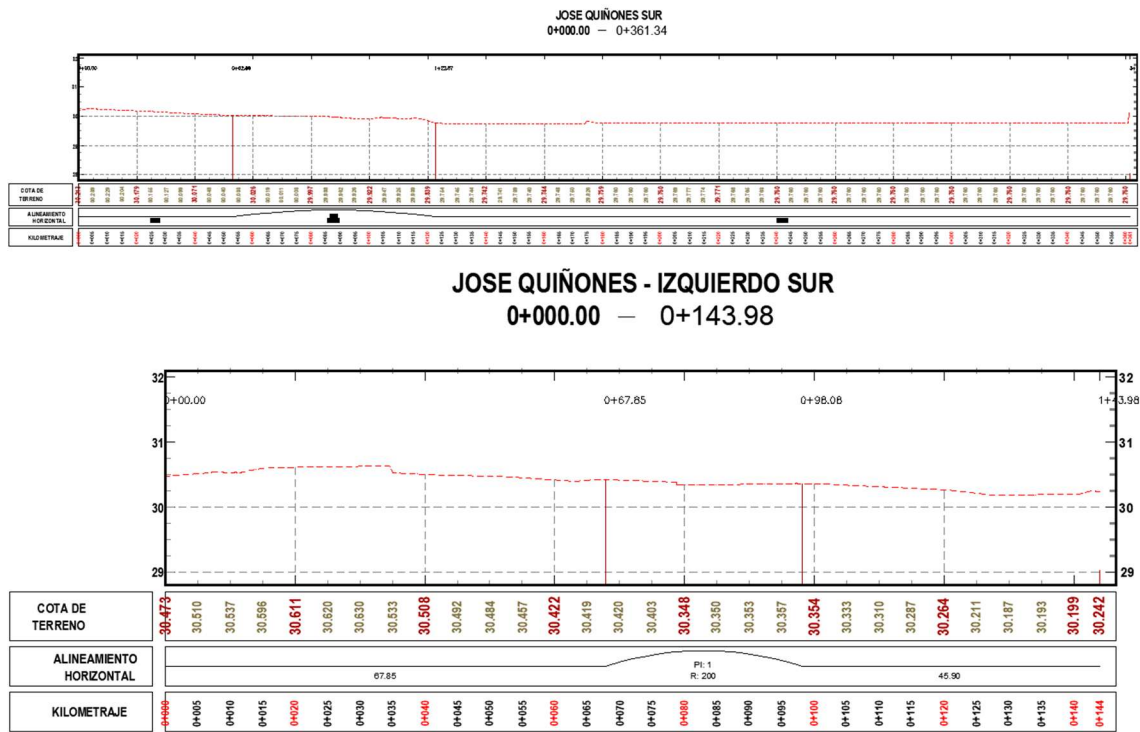
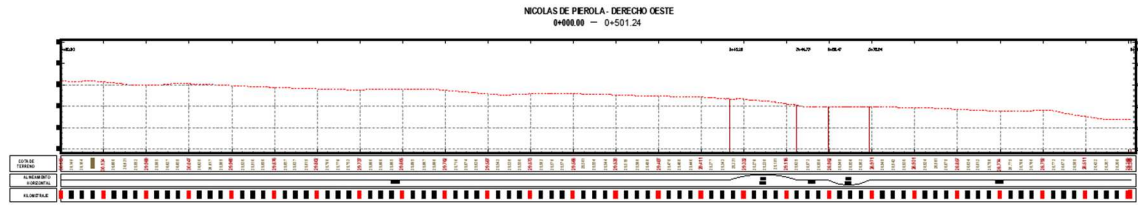


Figura 30. Perfiles longitudinales de la Av. José Quiñones



PROLONGACIÓN – AVENIDA NICOLAS DE PIEROLA (IZQUIERDA)

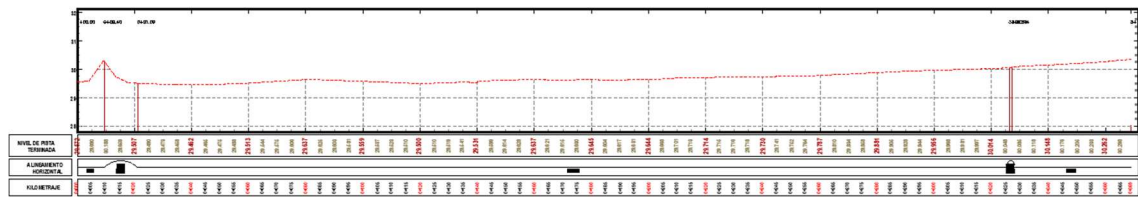


Figura31. Perfiles longitudinales de la Av. Nicolás de Piérola

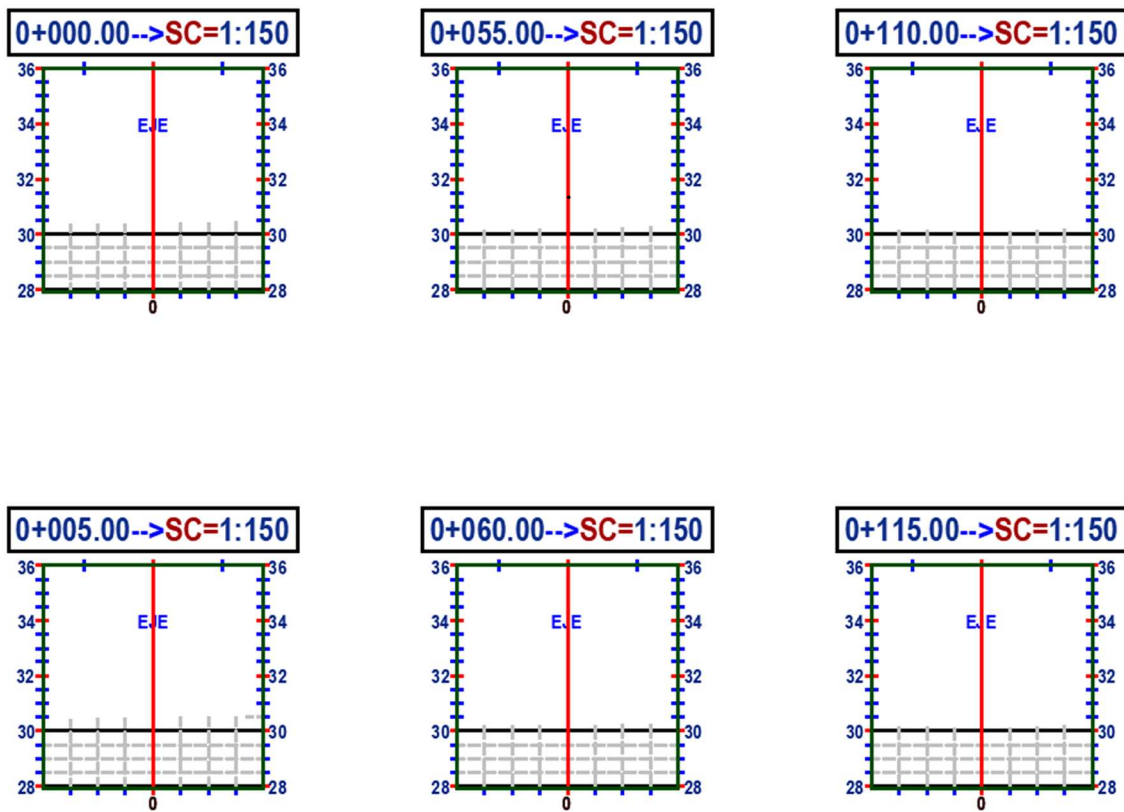


Figura32. Secciones transversales generales



Figura 33. Calicata 1.



Figura 34. Calicata 2.



Figura 35. Calicata 3.



Figura 36. Calicata 4.



Figura 37. Preparación de muestras para contenido de humedad



Figura 38. Colocación de muestras saturadas en horno para contenido de humedad.



Figura 39. Peso de muestras secas para contenido de humedad.



Figura 40. Muestras secas para granulometría.

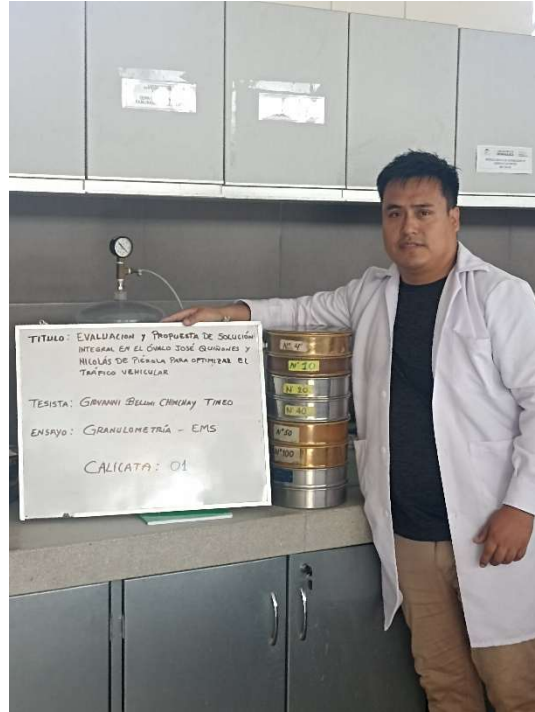


Figura 41. Tamices para granulometría fina.



Figura 42. Peso de pasta para límites de consistencia

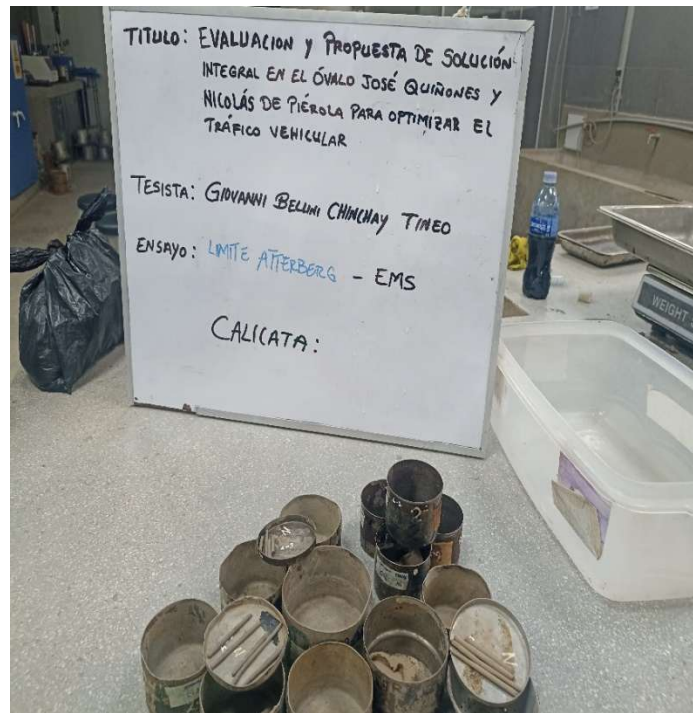


Figura 43. Tiras para límites de consistencia



Figura 44. Preparación de muestras para gravedad específica.



Figura 45. Muestras saturadas para gravedad específica.

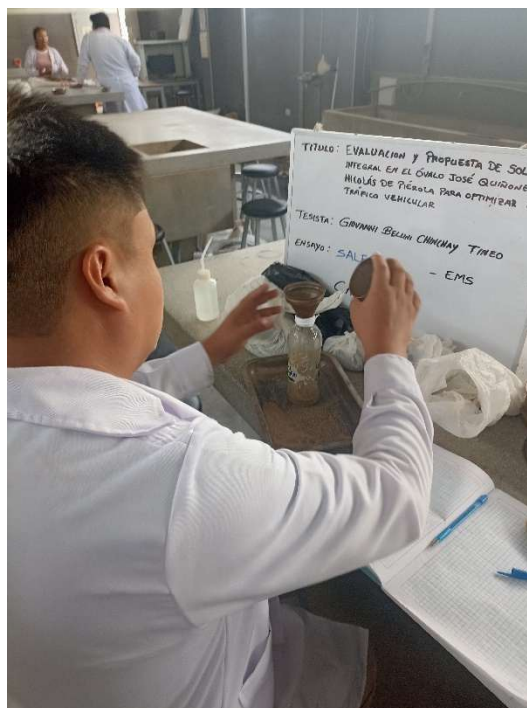


Figura 46. Filtración de muestras saturadas para sales solubles.



Figura 47. Preparación de muestras para proctor modificado.

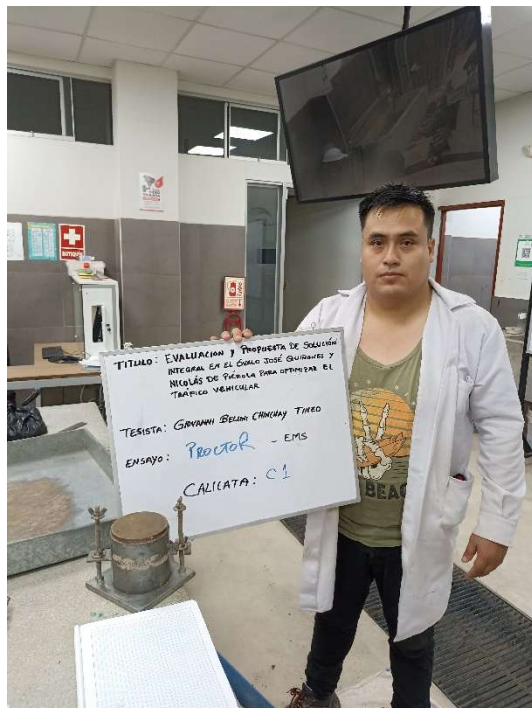


Figura 48. Muestra compactada para proctor modificado.



Figura 49. Muestra compactada para CBR.



Figura 50. Lectura de dial de carga.



Figura 51. Vista render 1 de propuesta final.



Figura 52. Vista render 2 de propuesta final.



Figura 53. Vista render 3 de propuesta final.



Figura 54. Vista render 4 de propuesta final.



Figura 55. Vista render 5 de propuesta final.



Figura 56. Vista render 6 de propuesta final.



Figura 57. Vista render 7 de propuesta final.



Figura 58. Vista render 8 de propuesta final.



Figura 59. Vista render 9 de propuesta final.



Figura 60. Vista render 10 de propuesta final.



Figura 61. Vista render 11 de propuesta final.



Figura 62. Vista render 12 de propuesta final.



Figura 63. Vista render 13 de propuesta final.



Figura 64. Vista render 14 de propuesta final.



CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 27 de octubre del 2025.

Señores

LÓPEZ CARRANZA, ATILIO RUBÉN
CASTILLO VELARDE, ROBERTO CARLOS
Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT

Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL EN EL ÓVALO JOSÉ QUIÑONES Y NICOLÁS DE PIÉROLA PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR”**.

Presentado por el estudiante **CHINCHAY TINEO, GIOVANNI BELLINI** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.

Ing. **BORJA SUÁREZ, MANUEL ALEJANDRO**
Docente Asesor