

UCUENCA

Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Civil

Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Civil

Autora:

Karla Ivonne Cedillo Vargas

CI: 0105564231

Correo electrónico: karla.cedillo4@gmail.com

Director:

Ing. Juan Marcelo Avilés Ordóñez. MSc

CI: 0103872503

Cuenca, Ecuador

24-junio-2022

Resumen

Al sur de la ciudad de Cuenca se encuentran emplazadas las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez las cuales presentan condiciones poco adecuadas para la circulación vehicular. Esto afecta la seguridad de los usuarios frecuentes de dichas vías, además de provocar demoras en la movilización. El presente estudio busca mejorar las condiciones de estas a través de diseños de pavimentos, geométrico vial y de muros de contención, para esto se realizaron trabajos de topografía y estudios tanto geotécnicos como de tráfico.

Respecto al pavimento, se diseñaron estructuras de tipo flexible y rígido para un periodo de 20 años. Se recomienda el uso del pavimento rígido que consiste en una estructura conformada por 15.5 cm de base y 18.0 cm de concreto.

Se realizó el diseño geométrico procurando seguir las Normas de Diseño Geométrico – 2003 del MOP, para un TPDA de 2742 vehículos al final del periodo de diseño y una velocidad de diseño de 50 Km/h. Algunos resultados del diseño difieren respecto a las recomendaciones de la norma porque estos fueron acoplados a la infraestructura existente de la zona. Sin embargo, los parámetros obtenidos fueron verificados para el vehículo de diseño y además resultaron ser correspondientes a velocidades alrededor de los 40 Km/h que se espera como velocidad de circulación al ser una zona residencial.

Palabras claves: Diseño geométrico. Diseño de pavimentos. Estudio de tráfico. Muros de contención.

Abstract

Salto de la Soga, Juego de la Pallca, and Juego de Ajedrez streets are located in the south of Cuenca city and are in poor conditions for vehicular traffic. This situation affects the security of the frequent users and causes delays in the mobilization. Thus, this study aims to improve their conditions by performing pavements, road geometric, and retaining wall designs. Topography and both geotechnical and traffic studies were conducted to accomplish it.

Regarding the pavements, flexible and rigid structures were designed for a 20 years period. It is recommended to implement the obtained rigid pavement design that consists of a 15.5 cm granular base course and an 18.0 cm concrete course.

The geometric design was performed trying to follow the Geometric Design Standards - 2003 from MOP, and it was used 2742 vehicles as the TPDA at the end of the design period and a 50Km/h design speed. Some design results differ from the standard recommendations because it was necessary to fit them to the existing infrastructure of the zone. However, the obtained parameters were verified for the design vehicle; additionally, these ones correspond to a 40 Km/h speed, which is the expected for the circulation because it is a residential zone.

Keywords: Road geometric design. Pavement design. Traffic study. Retaining walls.

Índice de Contenidos

Resumen	2
Abstract	3
Índice de Figuras	7
Índice de Tablas	8
Índice de Ecuaciones	11
Agradecimiento	14
Dedicatoria	15
1. Introducción, Antecedentes y Generalidades del proyecto.....	16
1.1. Introducción.....	16
1.2. Antecedentes.....	16
1.3. Definición del problema	17
1.4. Justificación.....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos	17
1.6. Ubicación del proyecto	18
1.7. Longitudes.....	19
1.8. Metodología.....	19
1.8.1. Trabajos de campo.....	19
1.8.2. Trabajos de oficina.....	19
1.9. Documentos entregables.....	20
2. Estudio Topográfico	21
2.1. Metodología.....	21
2.2. Puntos georreferenciados ETAPA EP	21
2.3. Cierre de poligonal.....	23
3. Estudio Geológico – Geotécnico	25
3.1. Introducción.....	25
3.2. Geología de la Zona	25
3.3. Ensayos de laboratorio (estudio geotécnico)	27
3.3.1. Determinación del CBR de diseño	29
4. Estudio de Tráfico	30
4.1. Metodología.....	30
4.2. Conteo de tráfico	30

4.2.1.	Ubicación del punto de conteo	30
4.2.2.	Información general del conteo	31
4.2.3.	Resultados obtenidos del conteo	32
4.3.	Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (<i>TPDA</i>) actual	33
4.3.1.	Definición	33
4.3.2.	Cálculo factor horario, diario, semanal y mensual	33
4.3.3.	Cálculo <i>TPDA</i>	41
4.4.	Proyección del <i>TPDA</i>	42
4.4.1.	Periodo de diseño	42
4.4.2.	Tasa de crecimiento vehicular	42
4.4.3.	Proyección al final del periodo de diseño	46
5.	Diseño de pavimentos	48
5.1.	Metodología.....	48
5.2.	Número de ejes simples equivalentes (<i>N</i>)	48
5.2.1.	Definición de las variables para el cálculo de <i>N</i>	49
5.2.2.	Determinación de <i>N</i>	51
5.3.	Capa de Mejoramiento	53
5.4.	Método de diseño de pavimentos flexibles según la AASHTO	53
5.4.1.	Determinación de las variables de diseño	54
5.4.2.	Propiedades de los materiales de las capas de pavimento	56
5.4.3.	Coeficientes estructurales de las capas del pavimento.....	57
5.4.4.	Características estructurales del pavimento	60
5.4.5.	Procedimiento de diseño	62
5.5.	Método de diseño de pavimentos rígidos según la AASHTO	65
5.5.1.	Determinación de las variables de diseño	66
5.5.2.	Propiedades de los materiales de las capas de pavimento	66
5.5.3.	Características estructurales del pavimento	69
5.5.4.	Procedimiento de diseño	70
5.5.5.	Espaciamiento entre juntas	71
5.5.6.	Dispositivos de transferencia de carga (pasadores).....	72
6.	Diseño geométrico.....	73
6.1.	Metodología de diseño	73
6.2.	Criterios de diseño	73
6.2.1.	Topografía y características físicas del relieve	73

6.2.2.	Clasificación funcional de las carreteras.....	74
6.2.3.	Velocidad de diseño.....	74
6.4.	Secciones transversales.....	76
6.5.	Diseño geométrico horizontal.....	77
6.5.1.	Peralte.....	77
6.5.2.	Radio mínimo en Curvas Horizontales.....	82
6.5.3.	Resultados diseño geométrico horizontal.....	82
6.5.4.	Análisis de resultados del diseño geométrico horizontal.....	84
6.6.	Diseño geométrico vertical.....	86
6.6.1.	Pendientes máximas y mínimas.....	86
6.6.2.	Coeficiente “K”.....	86
6.6.3.	Resultados diseño geométrico vertical.....	87
6.7.	Movimiento de masas.....	88
7.	Diseño de muros de contención.....	89
7.1.	Metodología.....	89
7.2.	Muro de gaviones.....	89
7.3.	Ecuaciones de diseño.....	90
7.3.1.	Dimensionamiento inicial.....	90
7.3.2.	Criterio de falla por volteo.....	90
7.3.3.	Criterio de falla por deslizamiento.....	92
7.3.4.	Criterio de falla por capacidad portante.....	93
7.4.	Estructuras a diseñar.....	94
7.5.	Datos generales del diseño.....	95
7.6.	Procedimiento de diseño.....	96
7.6.1.	Muro $H = 4m$	96
7.6.2.	Muros $H = 3m$	101
7.6.3.	Muros $H = 2m$	108
7.6.4.	Muro $H = 1m$	113
8.	Presupuesto.....	117
9.	Conclusiones y Recomendaciones.....	119
9.1.	Conclusiones.....	119
9.2.	Recomendaciones.....	120
	Referencias bibliográficas.....	121
	Anexos.....	123

Índice de Figuras

Figura 1 Localización del proyecto	18
Figura 2 Emplazamiento del proyecto en la Hoja Geológica "Cuenca"	26
Figura 3 Ubicación calicatas	28
Figura 4 Puntos de interés para el conteo vehicular y sentidos de circulación	31
Figura 5 Estación Av. Américas.....	35
Figura 6 Estación Av. Remigio Crespo	35
Figura 7 Estación Av. 24 de Mayo.....	35
Figura 8 Estación Av. Huayna Capac.....	36
Figura 9 Estación Autopista	36
Figura 10 Curva del modelo logístico	43
Figura 11 Estimación del coeficiente estructural a_1 a partir de Módulo Elástico del Asfalto.....	58
Figura 12 Estimación del coeficiente estructural a_2 a partir del CBR de la capa de base granular	59
Figura 13 Estimación del coeficiente estructural a_3 a partir del CBR de la capa de subbase granular.....	60
Figura 14 Ábaco para determinación del módulo de reacción efectivo	68
Figura 15 Corrección del módulo de reacción efectivo por potencial pérdida de soporte	69
Figura 16 Esquema Muro de Contención	91
Figura 17 Esquema muro de contención.....	95
Figura 18 Configuración geométrica – Muro H=4m	96
Figura 19 Diagrama de presiones - Muro H=4m.....	99
Figura 20 Bloques a ser analizados - Muro H=4m	99
Figura 21 Configuración geométrica – Muros H=3m.....	102
Figura 22 Diagrama de presiones - Muro H=3m.....	105
Figura 23 Bloques a ser analizados - Muro H=3m	106
Figura 24 Configuración geométrica – Muros H=2m.....	108
Figura 25 Diagrama de presiones - Muro H=2m.....	111
Figura 26 Bloques a ser analizados - Muro H=2m	112
Figura 27 Configuración geométrica – Muro H=1m	114
Figura 28 Diagrama de presiones - Muro H=1m.....	116

Índice de Tablas

Tabla 1	Coordenadas puntos de inicio y fin de los tramos	18
Tabla 2	Longitudes aproximadas de diseño.....	19
Tabla 3	Coordenadas puntos ETAPA EP.....	23
Tabla 4	Ángulos Internos.....	23
Tabla 5	Coordenadas poligonal corregida	24
Tabla 6	Características geotécnicas de las Terrazas	27
Tabla 7	Parámetros físico-mecánicos de las Terrazas t_1 a t_4	27
Tabla 8	Coordenadas perforaciones.....	28
Tabla 9	Resumen de resultados de ensayos del laboratorio de suelos	29
Tabla 10	Resumen del aforo vehicular	32
Tabla 11	Datos conteo Estación Autopista	37
Tabla 12	Factores horarios	38
Tabla 13	Factores diarios.....	39
Tabla 14	Consumo de combustible en la provincia del Azuay y factores mensuales	41
Tabla 15	Resumen cálculo TPDA ₂₀₂₁	41
Tabla 16	TPDA de diseño.....	42
Tabla 17	Valores de R^2 para los T_s asumidos	44
Tabla 18	Tasa de crecimiento vehículos livianos	45
Tabla 19	Valores de TPDA proyectado 2021-2025	46
Tabla 20	Valores de TPDA proyectado 2026-2030	46
Tabla 21	Valores de TPDA proyectado 2031-2035	47
Tabla 22	Valores de TPDA proyectado 2036-2040	47
Tabla 23	Valores de TPDA proyectado 2041-2045	47
Tabla 24	TPDA acumulado en el periodo de diseño	47
Tabla 25	Porcentaje de vehículos pesados en cada carril.....	49
Tabla 26	Factor de distribución por carril.....	50
Tabla 27	Características vehículos pesados.....	50
Tabla 28	Parámetros factor camión - Pavimentos Flexibles	51
Tabla 29	Parámetros factor camión - Pavimentos Rígidos	51
Tabla 30	Factor de equivalencia de carga para pavimentos flexibles y rígidos	51
Tabla 31	Determinación N por tipo de vehículo - Pavimento Flexible.....	52
Tabla 32	Determinación N por tipo de vehículo - Pavimento Rígido	52
Tabla 33	Determinación N de diseño	52
Tabla 34	Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras	55
Tabla 35	M_R de las capas de base y subbase	57
Tabla 36	Valores de m_i recomendados para la modificación de los coeficientes de las capas de base y subbase granulares	61
Tabla 37	Características de la calidad del drenaje	61
Tabla 38	Variables de diseño Pavimento Flexible.....	62
Tabla 39	Módulo resiliente de las capas del pavimento.....	63
Tabla 40	Espesores calculados para cada capa del pavimento.....	64
Tabla 41	Espesores mínimos recomendados	64
Tabla 42	Verificación espesores calculados Pavimento Flexible.....	65
Tabla 43	Parámetros para el cálculo de k.....	68

Tabla 44 Coeficiente de Transferencia de Cargas J.....	70
Tabla 45 Variables de diseño Pavimento Rígido.....	70
Tabla 46 Resultados diseño pavimento rígido.....	71
Tabla 47 Información de dispositivos de transferencia de carga.....	72
Tabla 48 Relación Función, Clase MOP y Tráfico.....	74
Tabla 49 Velocidad de diseño recomendada en función del TPDA y el tipo de relieve.....	75
Tabla 50 Dimensiones vehículo de diseño.....	75
Tabla 51 Sección de diseño.....	76
Tabla 52 Peraltes transversales adoptados en curvas horizontales del proyecto.....	78
Tabla 53 Gradiente de borde máxima (i).....	79
Tabla 54 Valores diagrama de peralte - Salto a la Soga.....	80
Tabla 55 Valores diagrama de peralte - Juego de la Pallca.....	80
Tabla 56 Valores diagrama de peralte - Juego de Ajedrez.....	81
Tabla 57 Propiedades curvas horizontales- Salto de la Soga.....	83
Tabla 58 Información PI - Salto de la Soga.....	83
Tabla 59 Propiedades curvas horizontales- Juego de la Pallca.....	83
Tabla 60 Información PI – Juego de la Pallca.....	84
Tabla 61 Propiedades curvas horizontales – Juego de Ajedrez.....	84
Tabla 62 Información PI – Juego de Ajedrez.....	84
Tabla 63 Pendientes longitudinales máximas en función de la clase de carretera.....	86
Tabla 64 Valores referenciales Coeficiente K.....	87
Tabla 65 Propiedades curvas verticales - Salto a la Soga.....	87
Tabla 66 Propiedades curvas verticales – Juego de la Pallca.....	87
Tabla 67 Propiedades curvas verticales - Juego de Ajedrez.....	88
Tabla 68 Cantidades Movimiento de tierras.....	88
Tabla 69 Parámetros generales del diseño de muros de contención.....	95
Tabla 70 Parámetros de diseño – Muro H=4m.....	96
Tabla 71 Cálculo momento actuante – Muro H=4m.....	97
Tabla 72 Cálculo momento resistente – Muro H=4m.....	97
Tabla 73 Verificación de falla por volteo – Muro H=4m.....	97
Tabla 74 Verificación de falla por deslizamiento – Muro H=4m.....	98
Tabla 75 Verificación de falla por capacidad portante – Muro H=4m.....	98
Tabla 76 Dimensiones Bloques - Muro H=4m.....	100
Tabla 77 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=4m.....	100
Tabla 78 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=4m.....	100
Tabla 79 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=4m.....	101
Tabla 80 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=4m.....	101
Tabla 81 Parámetros de diseño – Muros H=3m.....	101
Tabla 82 Cálculo momento actuante – Muros H=3m.....	102
Tabla 83 Cálculo momento resistente – Muros H=3m.....	102
Tabla 84 Verificación de falla por volteo – Muros H=3m.....	103
Tabla 85 Verificación de falla por deslizamiento – Muros H=3m.....	103
Tabla 86 Verificación de falla por capacidad portante – Muros H=3m.....	104
Tabla 87 Dimensiones Bloques - Muro H=3m.....	106
Tabla 88 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=3m.....	106
Tabla 89 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=3m.....	107

Tabla 90 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=3m	107
Tabla 91 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=3m	107
Tabla 92 Parámetros de diseño – Muros H=2m	108
Tabla 93 Cálculo momento actuante – Muros H=2m	108
Tabla 94 Cálculo momento resistente – Muros H=2m	109
Tabla 95 Verificación de falla por volteo – Muros H=2m	109
Tabla 96 Verificación de falla por deslizamiento – Muros H=2m	109
Tabla 97 Verificación de falla por capacidad portante – Muros H=2m.....	110
Tabla 98 Dimensiones Bloques - Muro H=3m	112
Tabla 99 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=3m.....	112
Tabla 100 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=3m	112
Tabla 101 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=3m	113
Tabla 102 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=3m	113
Tabla 103 Parámetros de diseño – Muro H=1m	113
Tabla 104 Cálculo momento actuante – Muro H=1m.....	114
Tabla 105 Cálculo momento resistente – Muro H=1m.....	114
Tabla 106 Verificación de falla por volteo – Muro H=1m	114
Tabla 107 Verificación de falla por deslizamiento – Muro H=1m	115
Tabla 108 Verificación de falla por capacidad portante – Muro H=1m	115
Tabla 109 Presupuesto	117

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Tolerancia para levantamientos topográficos con estación total.....	23
Ecuación 2 Tráfico Promedio Diario Anual	33
Ecuación 3 Factor horario	38
Ecuación 4 Factor diario	38
Ecuación 5 Tráfico Promedio Diario Semanal	39
Ecuación 6 Factor mensual.....	40
Ecuación 7 Tasa de motorización	43
Ecuación 8 Relación tasa de motorización y curva logística	43
Ecuación 9 Tasa de crecimiento	45
Ecuación 10 Proyección TPDA	46
Ecuación 11 Número de ejes simples equivalentes.....	48
Ecuación 12 Número de ejes simples equivalentes - modificada	49
Ecuación 13 Relación para diseño de Pavimento Flexible	53
Ecuación 14 Relación SN con espesores de capa.....	54
Ecuación 15 Cambio total del índice de servicio del pavimento.....	56
Ecuación 16 Correlación M_R con CBR para suelos finos.....	56
Ecuación 17 Correlación M_R con CBR para suelos granulares	57
Ecuación 18 Relación para diseño de Pavimento Rígido	65
Ecuación 19 Correlación Módulo de elasticidad y Resistencia a la Compresión Simple Fuente: (AASHTO, 1993).....	67
Ecuación 20 Correlación Módulo de Rotura y Resistencia a la compresión Simple Fuente: (AASHTO, 1993).....	67
Ecuación 21 Longitud de desarrollo del peralte	77
Ecuación 22 Longitud de Aplanamiento	78
Ecuación 23 Radio mínimo en curvas horizontales	82
Ecuación 24 Valor inicial del ancho B	90
Ecuación 25 Factor de seguridad por vuelco	90
Ecuación 26 Presión activa del suelo.....	92
Ecuación 27 Factor de seguridad por deslizamiento	92
Ecuación 28 Fuerza de resistencia horizontal.....	93
Ecuación 29 Factor de seguridad por capacidad portante	93
Ecuación 30 Relación excentricidad – base	93
Ecuación 31 Capacidad última de carga del suelo	94
Ecuación 32 Presión máxima que transmite el muro al terreno	94

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Karla Ivonne Cedillo Vargas en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de junio de 2022



Karla Ivonne Cedillo Vargas

C.I: 0105564231

Cláusula de Propiedad Intelectual

Karla Ivonne Cedillo Vargas, autora del trabajo de titulación "Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 24 de junio de 2022



Karla Ivonne Cedillo Vargas

C.I: 0105564231

Agradecimiento

Gracias infinitas a mis papás, por siempre estar dispuestos a brindarme su ayuda en cualquier situación a lo largo de este camino, sin ustedes esto no sería posible.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca por la formación académica brindada durante 10 semestres.

A todos los docentes que han sido parte de este proceso, en especial al ingeniero Juan Avilés por el tiempo y los conocimientos brindados para la realización de este trabajo.

A mis familiares y amigos.

Dedicatoria

A mis papás, Yvonne y Diego, quienes con amor y esfuerzo han permitido que llegue hasta aquí.

A mis abuelos, en especial a Mariana y Bolívar, mi inspiración para seguir adelante, y mi apoyo incondicional durante estos años.

A mi hermano Diego, por su confianza en mí.

A mi sobrina Alejandra, eres la luz que alegra nuestras vidas.

A Javier, por el cariño y por alentarme a continuar siempre.

1. Introducción, Antecedentes y Generalidades del proyecto

1.1. Introducción

Es inevitable pensar en vialidad cuando se habla del desarrollo de una comunidad, pueblo o ciudad. Los caminos han servido desde siempre para comunicar poblaciones permitiendo el transporte de personas, servicios y productos. Por esto y más, es importante invertir esfuerzos para obtener y mantener vías de calidad y seguras, ya que sin duda estas significarán una mejora en la vida de las personas que hacen parte de los grupos mencionados, dando paso a un desarrollo económico más rápido.

Para conseguir vías que permitan cumplir estos propósitos, se debe partir de un diseño geométrico y de pavimentos correctamente realizados. El diseño geométrico es el que definirá la configuración geométrica de la vía, mientras que el de pavimentos especifica la estructura de materiales que van a dar soporte a las cargas que transitarán por la vía durante su vida útil. La combinación de estos dos diseños permitirá que la vía resultante sea apta para la circulación vehicular, cumpliendo con criterios de seguridad, comodidad, estética y economía.

Al Sur de la ciudad de Cuenca, se encuentra un conjunto de calles que no presentan las condiciones adecuadas para la circulación vehicular y peatonal. Entre estas se encuentra un tramo de la calle Salto de la Soga, y las calles Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez.

1.2. Antecedentes

Las calles objeto de estudio están ubicadas en un sector de la ciudad en donde existen varias calles con condiciones poco adecuadas para la circulación vehicular. Estas se han mantenido en los últimos años con tratamientos de lastrado. Además, en los últimos años el sector ha evidenciado un aumento de viviendas, y las calles conectan a otros sectores que cuentan con varias viviendas y edificios residenciales. La calle Salto de la Soga tiene una singularidad, y es que conecta a la Avenida de las Américas, que es una de las principales de la ciudad. Lo expuesto evidencia que las calles son bastante transitadas, por lo que es necesario mantener condiciones óptimas para la circulación, lo que no sucede actualmente debido a los baches que se forman frecuentemente, ya que las capas de lastre con las que han sido tratadas en los últimos años traen pocos beneficios a largo

plazo, ya que se desgastan rápidamente y más aún en los temporales de lluvia que se presentan en la ciudad. Por último, es importante mencionar que otras calles cercanas a las del estudio, por ejemplo, la Calle Antonio Ulloa, que conecta con la calle Juego de Ajedrez, está siendo intervenida para mejorar las condiciones de circulación, por lo que el beneficio será mucho mayor al adecuar la calle Juego de la Ajedrez.

1.3. Definición del problema

En base a lo que antecede se ve la necesidad de intervenir las calles, para mejorar los tiempos de traslado, mejorar la conectividad entre los sectores aledaños y la conectividad con el resto de la ciudad. Esto ayudará a acelerar el desarrollo económico de la zona y beneficiará sobre todo a los pobladores

1.4. Justificación

Como solución al evidente problema de vialidad, el presente documento muestra el desarrollo de estudios preliminares (topográfico, geotécnico y de tráfico) que dan paso al diseño geométrico y de pavimentos de las calles mencionadas, así como el diseño de muros de contención. El desarrollo correcto de los diseños mencionados, además de mejorar las condiciones de vialidad, darán paso al desarrollo de este sector, permitiendo una mejor conexión con el resto de la ciudad.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar estudios y diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, ubicadas al sur de la ciudad de Cuenca, a efectos de mejorar la conectividad en la ciudad.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar los estudios preliminares: topográfico, geotécnico, tráfico.
- Realizar el diseño de pavimentos
- Realizar el diseño geométrico de la vía
- Realizar el diseño de muros de contención
- Generar el presupuesto para la construcción de las calles

1.6. Ubicación del proyecto

Las calles están emplazadas al suroeste de la ciudad, en el sector de Narancay Alto, ubicado en la parroquia Yanuncay, la Figura 1 muestra la localización de las calles a ser diseñadas. Además, en la Tabla 1 Coordenadas puntos de inicio y fin de los tramos se muestran las coordenadas de los puntos señalados en la Figura 1 que corresponden al inicio y fin de cada uno de los tramos.

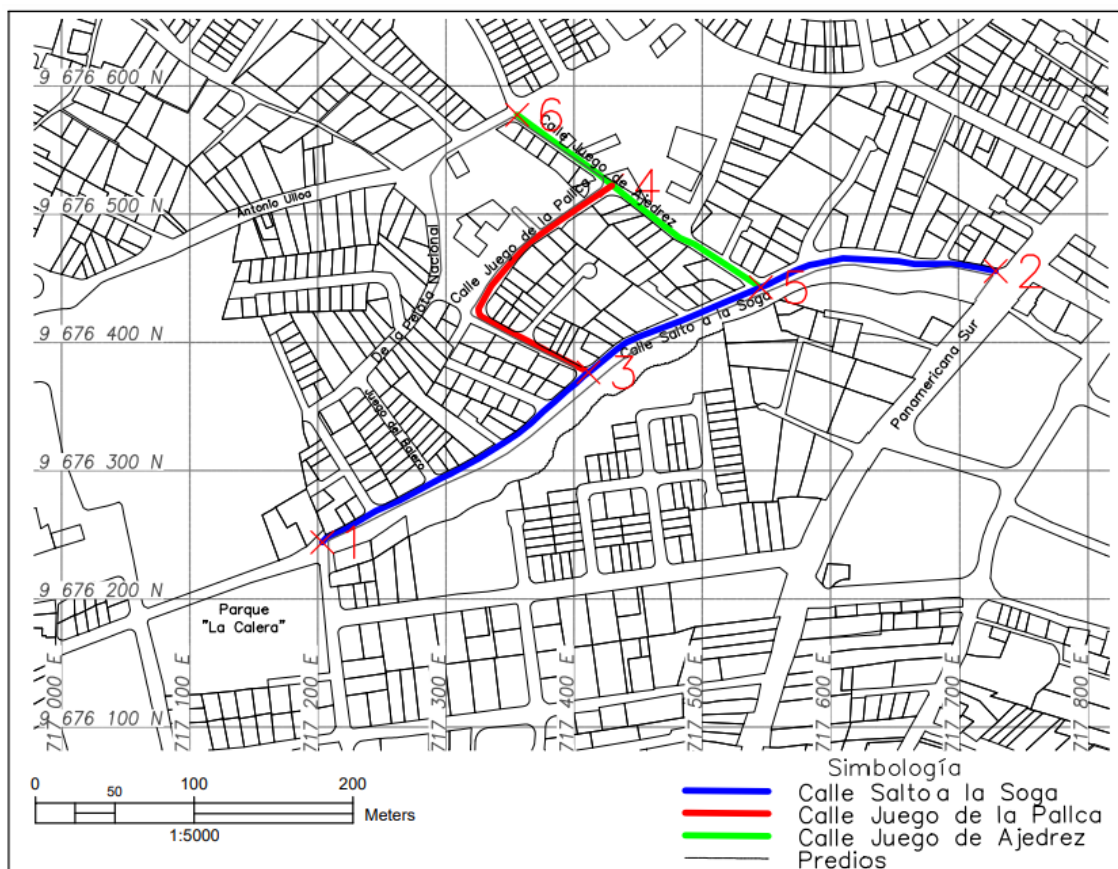


Figura 1 Localización del proyecto
Adaptado de: (ETAPA EP, 2021)

Tabla 1 Coordenadas puntos de inicio y fin de los tramos

Punto No.	UTM		Descripción del punto
1	717203.47 E	9676244.08 S	Inicio Calle Salto de la Soga
2	717729.03 E	9676455.60 S	Fin Calle Salto de la Soga
3	717411.23 E	9676376.55 S	Inicio Calle Juego de la Pallca
4	717429.58 E	9676522.29 S	Fin Calle Juego de la Pallca
5	717545.69 E	9676442.86 S	Inicio Calle Juego de Ajedrez
6	717355.54 E	9676577.44 S	Fin Calle Juego de Ajedrez

1.7. Longitudes

Las longitudes aproximadas de diseño son las presentadas en la Tabla 2, la suma de estas resulta en una longitud total de diseño igual a 1080 m.

Tabla 2 Longitudes aproximadas de diseño

Nombre de la Calle	Longitud [m]
Salto de la Soga	610
Juego de la Pallca	240
Juego de Ajedrez	230

1.8. Metodología

En general este trabajo estará dividido en dos partes, la primera comprende los trabajos en campo, y la segunda los trabajos de oficina. A continuación, únicamente se explicará la metodología de manera global, al ser un proyecto técnico y para una mejor comprensión lectora, se describirá la metodología de manera individual en cada capítulo.

1.8.1. Trabajos de campo

Esta parte del trabajo incluye los siguientes trabajos: levantamiento topográfico, estudio de tráfico y estudios de suelos, estos a su vez abarcan actividades como:

- Inspección visual de la vía para el análisis de la situación actual.
- Ubicación de hitos georreferenciados, para poder tener puntos de control que sirvan al proyecto.
- Levantamiento topográfico de la franja de las calles, con un margen mínimo de 20 m a ambos lados de cada eje vial (este margen variará dependiendo del nivel de detalle que se necesite en algunos tramos de las calles).
- Toma de muestras de suelo para posteriormente realizar los ensayos pertinentes.
- Conteo manual de tráfico.

1.8.2. Trabajos de oficina

Por otro lado, esta parte se refiere al procesamiento de la información obtenida en campo y dan paso al diseño vial, de pavimentos y de muros de contención. Aquí se incluyen las siguientes actividades:

- Procesamiento de información topográfica, ensayos de suelos y del conteo vehicular.
- El procesamiento de la información obtenida con el conteo vehicular permitirá la obtención del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) proyectado al final del periodo de diseño.
- El TPDA proyectado junto a la topografía permiten el desarrollo del diseño geométrico de las vías.
- Los resultados de los ensayos en las muestras de suelo junto con el TPDA dan paso al diseño de pavimentos de las calles.
- Diseño de muros de contención.
- Cálculo de volúmenes de movimientos de tierras
- Obtención de cantidades de obra
- Desarrollo del presupuesto definitivo

1.9. Documentos entregables

- Diseño de pavimentos
- Diseño geométrico horizontal
- Diseño geométrico vertical
- Diseño de muros de contención
- Presupuesto de construcción del proyecto

2. Estudio Topográfico

2.1. Metodología

Previo al levantamiento se realizó una visita a campo que permitió planificar este, además de señalar puntos de importancia a ser considerados posteriormente. Durante la visita se localizaron dos puntos (clavos en veredas) cercanos al sitio, pertenecientes a ETAPA EP, que sirven para georreferenciar la información topográfica obtenida.

Se realizó el levantamiento de información topográfica con Estación Total, de la franja de las tres calles parte de este estudio, con ancho variable entre 6 y 12 metros. Además, se hizo el levantamiento de zonas aledañas, especialmente en la Calle Salto de la Soga, ya que está ubicada al margen de la quebrada. Para esto se inició con el cierre de una poligonal, y posteriormente se realizó el levantamiento de la franja, en donde se tuvo en cuenta todos los elementos de superficie, tales como: postes, alcantarillas, linderos, cuerpos de agua, etc.

2.2. Puntos georreferenciados ETAPA EP

Se identificó un par de puntos (clavos con capuchón) cercanos a la zona del proyecto, ubicados por la empresa ETAPA EP, que como se indicó antes servirán para georreferenciar la información topográfica levantada. Las siguientes ilustraciones muestran los dos puntos localizados, mientras que la Tabla 3 muestra las coordenadas de los puntos, proporcionadas por ETAPA EP.



Ilustración 1 Clavo con capuchón 1



Ilustración 2 Clavo con capuchón 2

Tabla 3 Coordenadas puntos ETAPA EP
Fuente: (ETAPA EP, SF)

Punto No.	UTM	
Clavo con capuchón 1	717187.043 E	9675897.849 S
Clavo con capuchón 2	717267.814 E	9675910.370 S

2.3. Cierre de poligonal

Para realizar el levantamiento, se generó una poligonal cerrada de 6 vértices. El error de la poligonal fue corregido cuidando que su valor no sea mayor a la tolerancia calculada con la Ecuación 1.

$$tol = a\sqrt{n}$$

Ecuación 1 Tolerancia para levantamientos topográficos con estación total
Fuente: (Wolf & Ghilani, 2016)

Donde:

a : precisión del equipo

n : número de ángulos

La tolerancia del equipo usado para el levantamiento es de 5" y como se indicó antes el polígono está conformado por 6 vértices, es decir, 6 ángulos. Esto da como resultado una tolerancia de 12.25".

La siguiente tabla muestra los valores de los ángulos internos medidos, cuya suma resulta en 720.003°, lo que quiere decir que existe un error de 0.003° (10.8") que debe ser compensado.

Tabla 4 Ángulos Internos

Ángulo No.	Valor	
1	192°6'23"	192.106
2	0°0'10"	0.003
3	167°53'37"	167.894
4	197°35'50"	197.597
5	0°0'2"	0.001
6	162°24'10"	162.403
		720.003

Una vez realizada esta corrección a los ángulos internos, se procede a calcular las coordenadas modificadas de la poligonal, las cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Coordenadas poligonal corregida

Punto	N	E
E1	9676294.540	717313.541
E2	9676400.613	717431.428
E3	9676473.628	717592.453
E1.C	9676400.713	717431.630
E2.C	9676294.791	717313.971
CIERRE	9676226.967	717195.934
E1	9676294.540	717313.541

3. Estudio Geológico – Geotécnico

3.1. Introducción

En este apartado se comienza describiendo en general la geología de la zona del proyecto, utilizando recursos bibliográficos, como la información proporcionada por el IGM (Instituto Geográfico Militar). En seguida se presentan los resultados obtenidos de los estudios realizados en laboratorio para conocer las características geotécnicas del suelo del proyecto.

3.2. Geología de la Zona

Entre las 151 hojas geológicas en las que divide el Instituto Geográfico Militar (IGM) al país, el área donde se emplazan las calles parte de este proyecto se encuentra en la No. 53, que muestra el suroeste de la ciudad de Cuenca. En la Figura 2 se observa que las calles atraviesan las denominadas “Terrazas”, específicamente la Terraza No.3 (t₃). El Proyecto PRECUPA (Prevención-Ecuador-Cuenca-Paute), llevado a cabo por el Cuerpo Suizo de Socorro en Caso de Catástrofe (CSS) en cooperación con instituciones ecuatorianas, describe las características geológicas y habla sobre el comportamiento geotécnico de los suelos presentes en las Terrazas.

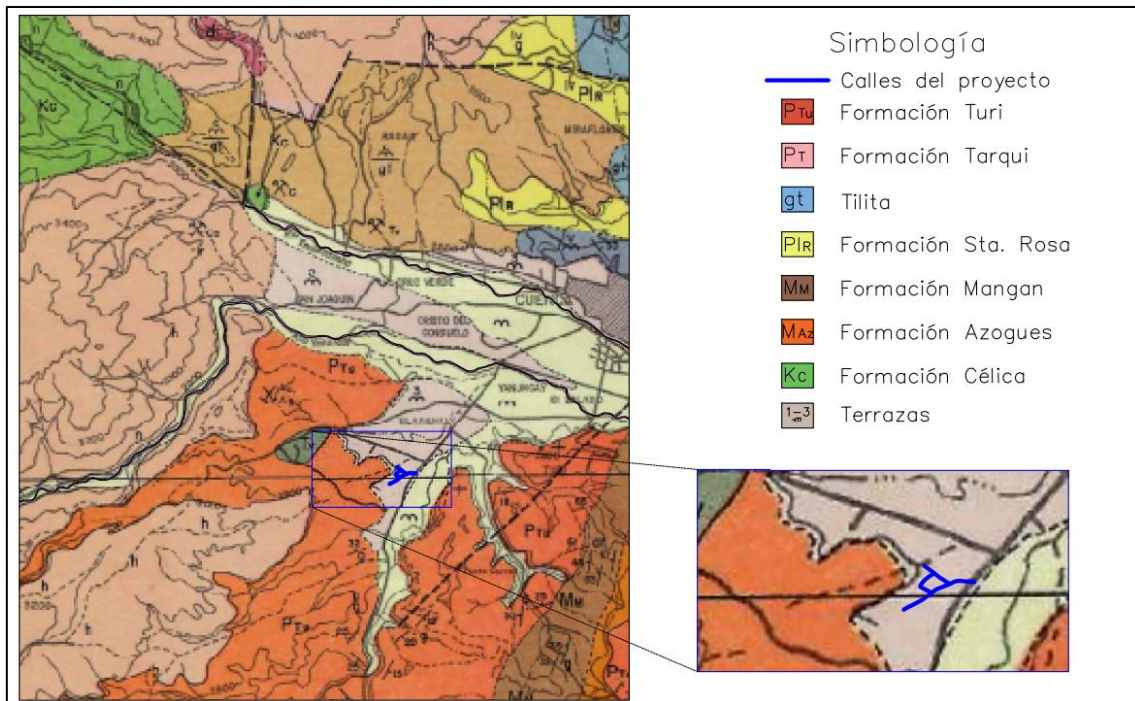


Figura 2 Emplazamiento del proyecto en la Hoja Geológica "Cuenca"
Adoptado de: Instituto Geográfico Militar

Según el Proyecto PRECUPA existen cinco diferentes niveles de terrazas, cuya depositación tuvo lugar en el período cuaternario, estas están compuestas por potentes capas conglomeráticas de matriz areno-arcillosa que están distribuidas en los márgenes de los ríos Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarqui. En general se describen como depósitos de origen mayormente aluvial. Las terrazas (t₁-t₄), en donde se incluye la de interés, están formadas por bloques y boleos subangulares a redondeados y subsféricos (ocurrencia 40 y 70%) en matriz de grava areno arcillosa (ocurrencia 60 y 30%) (CSS, 1998).

Acerca del comportamiento del material de las terrazas el Proyecto PRECUPA contiene alguna información, la Tabla 6 presenta un resumen que expone las partes más importantes.

Tabla 6 Características geotécnicas de las Terrazas
Adaptado de: (CSS, 1998)

Características geotécnicas	Descripción
Condición geodinámica	Existe erosión hídrica en taludes de corte expuesto a causa de las corrientes superficiales.
Condición hidrogeológica	Los niveles freáticos se encuentran poco a medianamente profundos. Los terrenos son afectados por flujos de agua. La terraza t ₃ cuenta con una permeabilidad media alta con niveles estáticos superficiales cercanos al pie del talud y hasta mayores de 20m de profundidad.
Trabajabilidad	Los trabajos de excavación se pueden realizar con maquinaria liviana (mediana dificultad). Aunque también es posible trabajar a mano, pero con más dificultad.
Posible uso del material	Se pudieran usar como bases de carreteras, áridos de hormigón pobre y en lastrado de vías.
Comportamiento en resumen	Las terrazas son depósitos competentes, permeables, predominantemente friccionantes, aptos para construcción, y buen terreno de cimentación. Se debe tener especial atención si están expuestos en taludes, ya que hay tendencia al desprendimiento.

El Proyecto PRECUPA define a los suelos de las terrazas de la 1 a la 4 como GW-SW (Grava bien gradada – Arena bien gradada) según la clasificación SUCS, además expone los parámetros físico-mecánicos de los suelos de estas terrazas, estos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Parámetros físico-mecánicos de las Terrazas t₁ a t₄
Adaptado de: (CSS, 1998)

K [m/s]	γ [kN/m ³]	C' [MN/m ²]	ϕ' [°]	C _u [MN/m ²]	ϕ_u [°]	σ_c [kN/m ²]
10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵	21 - 22	0	35 - 45	-	-	

3.3. Ensayos de laboratorio (estudio geotécnico)

Para el estudio de suelos, de acuerdo a la normativa vigente para vías estatales, se deben realizar calicatas cada 500 m, por lo que para este caso específico se requieren 2 perforaciones. Se decidió hacer estas en el cruce de la calle principal (Calle Salto a la Soga) con las secundarias (Calle Juego de la Pallca y Calle Juego de Ajedrez). La Figura

3, muestra la ubicación de estos puntos, mientras que la Tabla 8 muestra las coordenadas los mismos.



*Figura 3 Ubicación calicatas
Adaptado de: (Google Earth, 2022)*

*Tabla 8 Coordenadas perforaciones
Fuente: Google Earth*

Calicata No.	UTM	
1	717403.00 E	9676376.00 S
2	717581.00 E	9676460.00 S

Las muestras de suelo fueron sometidas a distintos ensayos de laboratorio, los cuales fueron realizados por la empresa TITANIUM ROAD, con el fin de caracterizar los suelos de la zona, y con el objetivo principal de obtener el valor de CBR de la subrasante, que es un parámetro que juega un papel importante en el diseño de pavimentos. Para esto se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de agua

- Granulometría
- Límite líquido y plástico
- Compactación (Proctor modificado)
- CBR (California Bearing Ratio / Razón de Soporte de California)

Los resultados obtenidos en los ensayos practicados en la calicata No. 1 se encuentran en el Anexo 6, mientras que en el Anexo 7 se muestran los resultados de la calicata No.2.

En resumen, se puede observar que los suelos de subrasante según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) están constituidos por arcillas inorgánicas de baja compresibilidad, con índice plástico no menor al 15.00%, con contenido de humedad promedio de 19.73%, y CBR en un rango de 3.40% a 3.80%. Un resumen de los resultados obtenidos para las 2 calicatas se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Resumen de resultados de ensayos del laboratorio de suelos

Calicata No.	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	LL	LP	IP	Humedad	Humedad óptima	Densidad seca máxima	CBR
	-	-	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kg/m ³]	[%]
1	CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad	A-7-6 (19)	48.65	23.29	25.36	19.00	13.71	1.780	3.8
2	CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad	A-6 (14)	36.81	21.53	15.28	20.45	11.98	1.722	3.4

3.3.1. Determinación del CBR de diseño

Al tener únicamente dos valores de CBR y al no existir mucha diferencia entre estos, se decide utilizar el valor de **3.40%** que hace más seguro al diseño al ser el menor entre los dos.

4. Estudio de Tráfico

4.1. Metodología

Para el análisis del volumen vehicular se procedió según lo detallado a continuación:

1. Conteo vehicular en la zona de estudio
 - 1.1. Selección de la ubicación para el conteo vehicular
 - 1.2. Definición del tipo de conteo y fechas para la realización
2. Procesamiento de datos obtenidos
 - 2.1. Definición Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)
 - 2.2. Determinación de los factores: horario, semanal, diario y mensual
 - 2.3. Determinación TPDA actual
 - 2.4. Proyección del TPDA

4.2. Conteo de tráfico

4.2.1. Ubicación del punto de conteo

Luego de una observación previa del flujo vehicular en la zona del proyecto, se identificaron dos puntos en donde el conteo podía tener resultados más significativos para el estudio, estos se muestran en la Figura 4.

Se decidió realizar el conteo en el Punto 1 ilustrado en la Figura 4, donde existe un mayor flujo de vehículos, por lo que este punto representa mayor relevancia para el estudio.

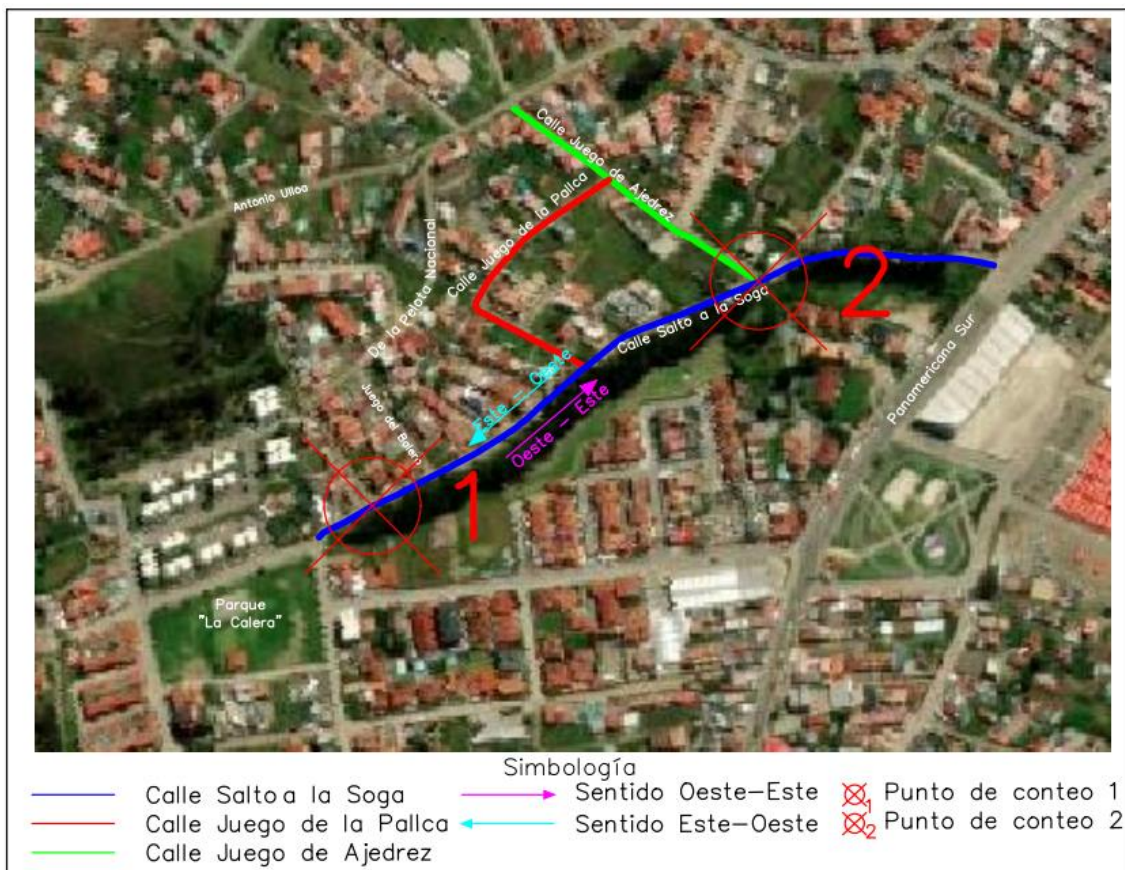


Figura 4 Puntos de interés para el conteo vehicular y sentidos de circulación
Adaptado de: Google Earth

4.2.2. Información general del conteo

Después de elegir el punto en donde se realizaría el conteo, y al no tener dispositivos de conteo automático en la zona, se decidió realizar un conteo de tráfico manual. Se realizaron 3 días de conteo con una duración de 14 horas cada uno. El aforo se llevó a cabo los días 03, 04 y 05 de diciembre de 2021 (viernes, sábado y domingo respectivamente). Se emplearon estos días de la semana ya que, por observación previa, en estos aparentemente existía un mayor flujo vehicular. Otro punto importante de mencionar es que se realizó el conteo en ambos sentidos de circulación (Este – Oeste y Oeste – Este).

El Anexo 1 muestra el formato de tabla utilizado durante el aforo, en donde se muestra los tipos de vehículos contabilizados y los intervalos de tiempo utilizados.

4.2.3. Resultados obtenidos del conteo

En el Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 se encuentra la información recolectada durante el aforo en los días viernes, sábado y domingo respectivamente. La Tabla 10 contiene la información resumida para cada día del aforo y en los dos sentidos de circulación.

Tabla 10 Resumen del aforo vehicular

Sentido Este - Oeste			
Fecha	Vehículos livianos	Buses	Camión 2 ejes
Viernes 03/12	407	4	15
Sábado 04/12	848	3	24
Domingo 05/12	225	1	3
TOTAL	1480	8	42
Volumen total aforado:			1530
Sentido Oeste - Este			
Fecha	Vehículos livianos	Buses	Camión 2 ejes
Viernes 03/12	339	2	9
Sábado 04/12	545	0	15
Domingo 05/12	241	0	5
TOTAL	1125	2	29
Volumen total aforado:			1156
Volumen total aforado en ambos sentidos:			2686 veh
Total aforado por tipo de vehículo en ambos sentidos	2605	10	71
% Respecto al total aforado en ambos sentidos	96.98%	0.37%	2.64%

4.3. Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (*TPDA*) actual

4.3.1. Definición

El tránsito promedio diario o *TPDA*, representa el tránsito total que circula por la carretera durante el año dividido entre 365, es decir, representa el volumen de tránsito promedio por día del año (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

Este parámetro es importante ya que permitirá clasificar a la vía, lo que posteriormente servirá para el diseño geométrico, además interviene directamente para obtener el espesor de la estructura de pavimento.

Al referirse este al volumen anual de tráfico, su obtención directa se vuelve complicada ya que se necesitaría un aforo vehicular durante un año completo. Por esto para determinarlo se utilizan factores que permiten relacionar el tráfico aforado en un periodo de tiempo determinado con el valor del *TPDA*.

La Ecuación 2 muestra la relación mencionada entre el *TPDA* y el tráfico aforado durante “n” horas de un día cualquiera.

$$TPDA = T_{AF} * F_h * F_d * F_s * F_m$$

Ecuación 2 Tráfico Promedio Diario Anual
Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

Donde:

T_{AF} : tráfico aforado durante “n” horas de un día

F_h : factor horario

F_d : factor diario

F_s : factor semanal

F_m : factor mensual

A continuación, se presenta el proceso de cálculo y los valores determinados.

4.3.2. Cálculo factor horario, diario, semanal y mensual

Para la determinación de los factores horario y diario fue necesario el uso de una estación maestra que cuente con datos de flujo vehicular de 24 horas los 7 días de la semana, en la

cual se pueda observar un comportamiento similar al obtenido en el conteo vehicular realizado los días 03, 04 y 05 de diciembre en la Calle Salto a la Soga.

Selección de la estación maestra

Para esto fue necesario recurrir a datos de conteos semanales continuos realizados en la ciudad, con el propósito de encontrar el que muestre características semejantes al conteo realizado en la zona del proyecto. Se empleó la información de algunas estaciones de conteo semanal continuo proporcionada por la Dirección de Gestión de Movilidad del Municipio de Cuenca.

Para conocer el comportamiento de las estaciones y poder comparar las tendencias de cada una con la estación de la Calle Salto a la Soga, se normalizaron todos los valores en un rango de 0 a 1, además las curvas fueron desplazadas verticalmente (sin afectar su forma) para que el valor inicial (correspondiente a la hora 6:00 – 7:00) coincidiera para las dos curvas.

Las figuras presentadas a continuación muestran los gráficos de las estaciones de conteo continuo comparadas con la del conteo realizado en la zona del proyecto. Cada una de estas gráficas presenta los valores normalizados de los datos del conteo vehicular en el rango en el que fueron tomados en la Calle Salto a la Soga, es decir, los días viernes, sábado y domingo entre las 6h00 y las 20h00.

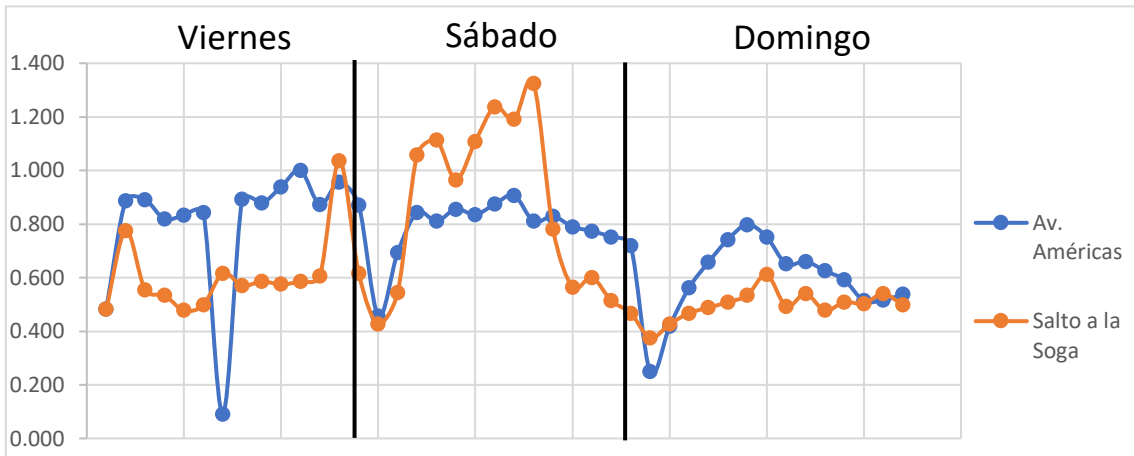


Figura 5 Estación Av. Américas

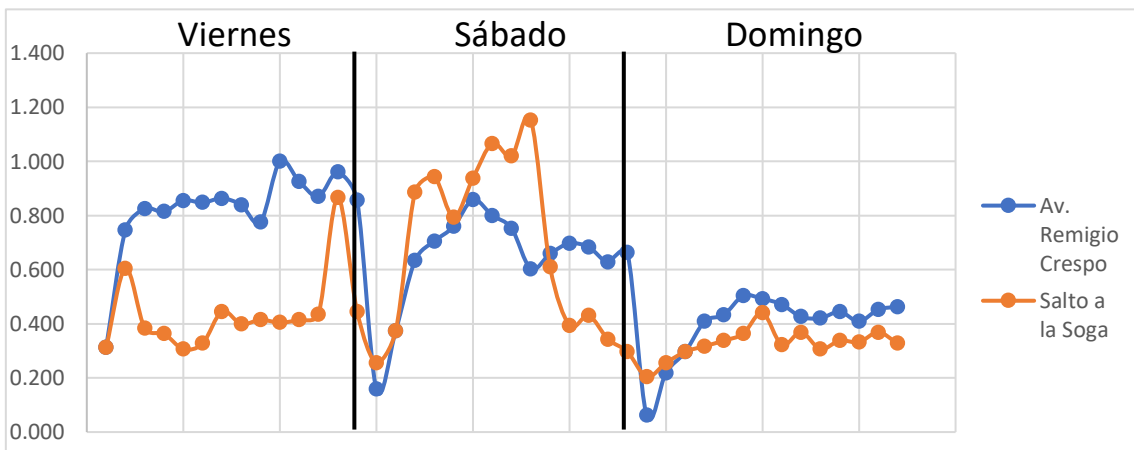


Figura 6 Estación Av. Remigio Crespo

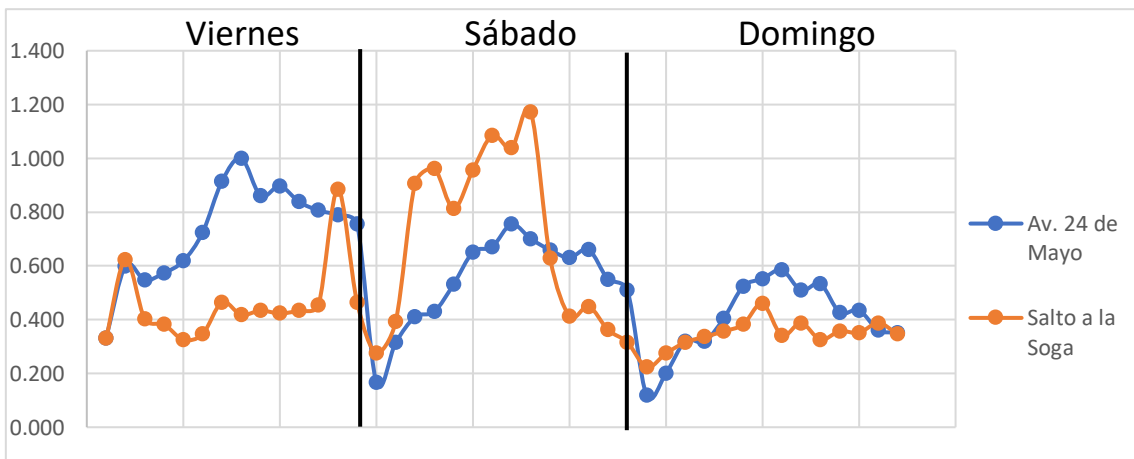


Figura 7 Estación Av. 24 de Mayo

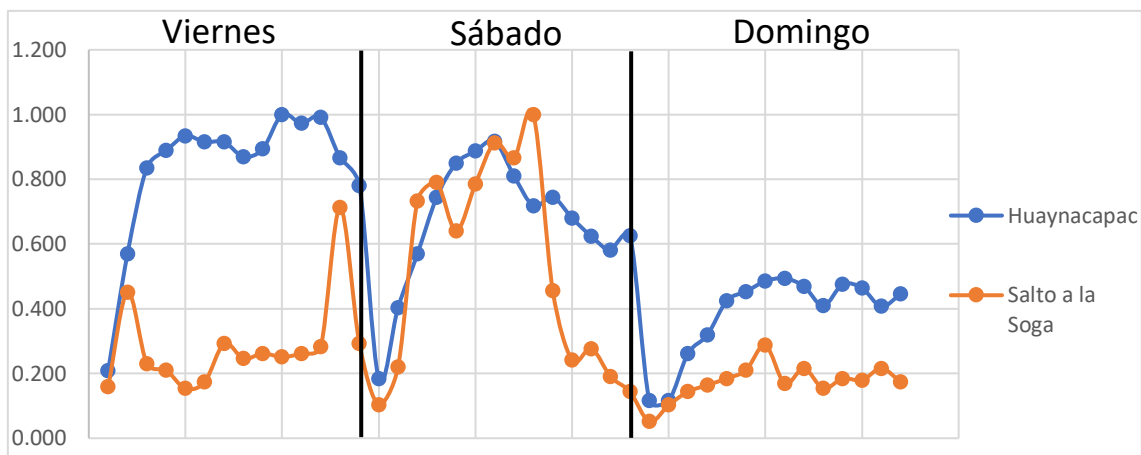


Figura 8 Estación Av. Huayna Capac

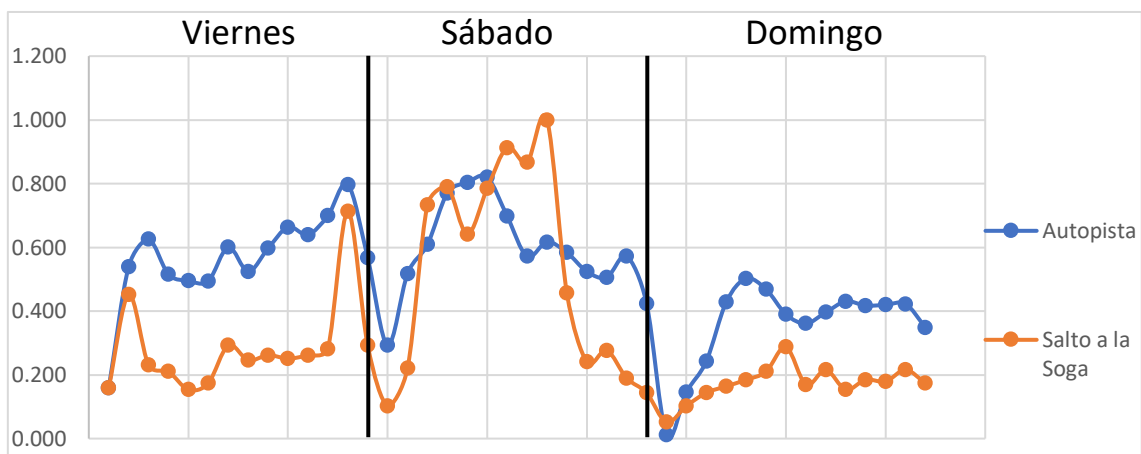


Figura 9 Estación Autopista

Después del análisis de estas figuras, se llegó a la conclusión de que la estación Autopista (Figura 9), es la que tiene el comportamiento más similar al que muestra la estación Salto a la Soga.

Comparando las características del volumen vehicular a lo largo de los tres días, se puede ver una clara similitud en las curvas del día viernes, en donde existen dos picos, entre las 12h00 – 13h00 y entre 18h00 – 19h00, periodo en el cual se presume las personas retornan a sus casas, a la mitad y al final de la jornada laboral respectivamente. El día sábado a pesar de ser en el que las curvas más difieren, se observa un crecimiento progresivo del número de vehículos durante la mañana hasta tempranas horas de la tarde, después se observa una disminución en la curva, hasta que se da un pico entre las 17h00 y 19h00. Finalmente, durante el día domingo la forma de las curvas también son similares, en

donde el volumen incrementa durante la mañana, para disminuir en la tarde, hasta volverse más o menos constante (presenta fluctuaciones pequeñas), aquí no hay un pico tan marcado en las horas de la noche.

Es por todo lo explicado previamente que se seleccionó a esta estación como estación Maestra, que servirá como referencia para obtener los factores diario y horario. La Tabla 11 presenta la información obtenida del conteo vehicular semanal continuo de esta estación.

Tabla 11 Datos conteo Estación Autopista
Fuente: Dirección de Gestión de Movilidad del Municipio de Cuenca

Intervalo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
00h00 - 01h00	33	53	73	54	47	190	113	563
01h00 - 02h00	17	38	39	37	31	158	81	401
02h00 - 03h00	13	10	27	35	24	101	57	267
03h00 - 04h00	14	18	42	25	16	117	53	285
04h00 - 05h00	19	29	91	61	41	183	63	487
05h00 - 06h00	96	59	278	188	163	404	93	1281
06h00 - 07h00	391	213	737	487	466	650	263	3207
07h00 - 08h00	1005	713	1444	1043	988	958	448	6599
08h00 - 09h00	1079	1085	1436	1167	1107	1084	581	7539
09h00 - 10h00	1052	1013	1461	1129	956	1306	836	7753
10h00 - 11h00	990	930	1440	1043	928	1351	937	7619
11h00 - 12h00	950	878	144	162	927	1374	891	5326
12h00 - 13h00	999	1078	1298	1101	1073	1207	783	7539
13h00 - 14h00	1342	937	988	988	968	1033	744	7000
14h00 - 15h00	978	1027	1283	1123	1068	1095	792	7366
15h00 - 16h00	1054	953	1207	961	1159	1050	839	7223
16h00 - 17h00	888	859	1045	871	1127	968	821	6579
17h00 - 18h00	923	1012	1007	942	1208	943	824	6859
18h00 - 19h00	1060	988	1012	953	1343	1034	828	7218
19h00 - 20h00	894	742	761	783	1027	830	727	5764
20h00 - 21h00	557	567	485	463	979	615	505	4171
21h00 - 22h00	373	306	309	292	684	411	306	2681
22h00 - 23h00	245	198	208	201	492	293	169	1806
23h00 - 24h00	119	106	100	115	287	142	61	930
Total	15091	13812	16915	14224	17109	17497	11815	106463
Total 14 horas (6h00 – 20h00)	13605	12428	15263	12753	14345	14883	10314	

4.3.2.1. Factor horario

Este factor relaciona el volumen histórico registrado durante un día completo, con el volumen registrado en las “n” horas de conteo (Flores, 2016). Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$F_h = \frac{\text{Volumen historial de 24 horas}}{\text{Volumen de n horas}}$$

Ecuación 3 Factor horario
Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

Este factor se calcula entonces para los días viernes, sábado y domingo (en los que se realizó el conteo en la Calle Salto a la Soga); para esto se utilizaron los datos de las dos últimas filas de la Tabla 11, y se obtuvo como resultado los factores mostrados en la Tabla 12.

Tabla 12 Factores horarios

Día	Volumen 24 horas [veh]	Volumen 14 horas [veh]	F_h
Viernes	17109	14345	1.193
Sábado	17497	14883	1.176
Domingo	11815	10314	1.146

4.3.2.2. Factor diario

Permite llevar el volumen de tráfico diario registrado a una media de tráfico diario semanal, surge al relacionar el promedio del tráfico registrado durante una semana completa (TPDS), con la suma del tráfico total registrado en un determinado día de la semana (Flores, 2016). Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$F_d = \frac{TPDS}{\text{Volumen de vehículos del día}}$$

Ecuación 4 Factor diario
Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

La siguiente ecuación muestra la relación para obtener el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS):

$$TPDS = \frac{\text{Volumen total de vehículos en una semana}}{7}$$

*Ecuación 5 Tráfico Promedio Diario Semanal
Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)*

Este factor, al igual que el anterior, también se obtiene para los días viernes, sábado y domingo. La Tabla 13 muestra los valores utilizados (obtenidos de la Tabla 11) y los factores diarios calculados.

Tabla 13 Factores diarios

Día	Volumen 24 horas [veh]	TPDS [veh/día]	F_d
Viernes	17109		0.889
Sábado	17497	15209	0.869
Domingo	11815		1.287

4.3.2.3. Factor semanal

Para obtener este factor se emplea un concepto diferente al tradicional, se usan los resultados obtenidos en el estudio “Determinación de los factores de mayoración del tráfico promedio diario anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca” que pretende determinar factores únicos para la ciudad de Cuenca.

Se menciona que los factores semanales usados tradicionalmente se consideran constantes a lo largo de cualquier periodo mensual, ya que dependen del número de días en un mes, sin embargo esto no es lo que sucede en realidad, “el comportamiento del tráfico semanal no necesariamente es constante durante periodos mensuales, ya que, al igual que existen días de la semana que presentan valores atípicos por cualquier motivo, así también existen semanas que presentan volúmenes de tráfico irregulares a lo largo del mes y año” (Gordillo & Miguitama, 2018, p.33). Entonces se emplea la siguiente expresión, que relaciona el TPDA con el TPDS, para el cálculo del factor semanal.

$$F_s = \frac{TPDA}{TPDS}$$

El estudio emplea los datos de conteos anuales continuos en diferentes estaciones de la ciudad para determinar el F_s para las 52 semanas del año. Como resultado se obtiene que el factor semanal para la semana No. 48 (29 de noviembre – 05 de diciembre) es de 1.071.

El valor del factor semanal que se emplea tradicionalmente para el mes de diciembre es de 1.108. Sin embargo, a pesar de ser este mayor y por lo tanto más conservador, se decide emplear $F_s=1.071$ ya que representa de mejor manera el comportamiento del tráfico en la ciudad de Cuenca.

4.3.2.4. Factor mensual

Este permite llevar el tráfico promedio mensual al volumen de tráfico promedio anual, se puede obtener a través de datos de consumo de combustibles. Se determina relacionando el consumo promedio mensual y el consumo del mes de conteo, tal como lo indica la siguiente expresión:

$$F_m = \frac{\text{Consumo Promedio Mensual}}{\text{Consumo en el mes de conteo}}$$

Ecuación 6 Factor mensual
Fuente: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

La Tabla 14 muestra los valores de consumo de combustible en la provincia del Azuay durante los años 2018, 2019 y 2020 proporcionados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH). Aunque es común utilizar los datos del año previo al de diseño, en este caso el año 2020 no fue tomado en cuenta ya que presenta valores atípicos que pueden ser atribuidos al confinamiento ocasionado por la pandemia. Entre los años 2018 y 2019, se selecciona el valor de **0.955** que corresponde al año 2018 al ser este el más conservador para el diseño.

Tabla 14 Consumo de combustible en la provincia del Azuay y factores mensuales
Fuente: ARCH

Mes	2018	2019	2020
Enero	7709243	7897125	7967600
Febrero	6907220	7341474	7380719
Marzo	7988839	7767003	4735603
Abril	7466450	7954346	1884521
Mayo	7925585	8240668	3299116
Junio	7941503	7609163	5191316
Julio	7808845	8085000	5932489
Agosto	7902444	7954019	5876522
Septiembre	7638084	7804323	6401251
Octubre	8426054	7193909	7157471
Noviembre	8000005	7953100	6694640
Diciembre	8190108	8225417	7436366
Promedio Mensual	7825365	7835463	5829802
F_m	0.955	0.953	0.784

4.3.3. Cálculo TPDA

Con la Ecuación 2 se procede a calcular el valor del *TPDA*. Se obtuvieron valores para cada día en el que se realizó el conteo (viernes, sábado y domingo), ya que los factores horario y diario difieren para estos tres. La Tabla 15 muestra un resumen de los factores utilizados, y el *TPDA* calculado para cada día señalado.

Tabla 15 Resumen cálculo *TPDA*₂₀₂₁

Parámetro	Descripción	Valor			Unidad
		Viernes	Sábado	Domingo	
F_h	Factor horario	1.193	1.176	1.146	-
F_d	Factor diario	0.889	0.869	1.287	-
F_s	Factor semanal	1.071	1.071	1.071	-
F_m	Factor mensual	0.955	0.955	0.955	-
T_{AF}	Tráfico aforado	844	1502	718	vehículos
TPDA₂₀₂₁		916	1570	1084	

Para el diseño se decide utilizar un promedio de los tres valores obtenidos, no se seleccionó el mayor valor (1570, correspondiente al día sábado) ya que este está bastante distante de los otros dos valores, por lo que no representa el comportamiento que se da el

resto de la semana. La Tabla 16 muestra el promedio, y además el *TPDA* por tipo de vehículo de acuerdo al porcentaje de composición vehicular.

Tabla 16 *TPDA* de diseño

Tipo Vehículo		<i>TPDA</i>₂₀₂₁
Liviano	96.98%	1155
Bus	0.37%	5
Camión 2 ejes	2.64%	32
<i>TPDA TOTAL</i>₂₀₂₁		1192

4.4. Proyección del *TPDA*

Esta permite llevar el parámetro *TPDA* del año inicial al año final del periodo de diseño de la vía, para esto primero entonces es necesario definir el periodo de diseño del proyecto.

4.4.1. Periodo de diseño

Los años de operación (*n*) de un proyecto son definidos como el periodo comprendido desde la inauguración del mismo hasta el fin de su vida útil. Para proyectos de rehabilitación y mejoras *n* adoptará el valor de **20 años** (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012). Para el presente estudio se considera que el proyecto se pondrá en funcionamiento a finales del año 2025, por lo que el periodo de diseño comprende el inicio del año 2026 hasta el fin del 2045.

4.4.2. Tasa de crecimiento vehicular

Para la proyección se procedió a encontrar tasas de crecimiento independientes para cada tipo de vehículo, ya que estos no crecen con el mismo patrón.

Vehículos livianos – Modelo logístico

Para lograr una mejor aproximación a la realidad, la tasa de crecimiento de vehículos livianos se estimó utilizando el modelo logístico. Este representa el crecimiento de las poblaciones naturales a través de una curva sigmoidea (forma de S), en donde hay una fase inicial en la que el crecimiento es relativamente lento, seguida de una fase con crecimiento rápido. Luego, a media que pasa el tiempo y la población se acerca a la capacidad de carga del ambiente (tasa de saturación T_s), la tasa de crecimiento se

ralentiza, hasta finalmente estabilizarse, aunque pequeñas fluctuaciones pueden presentarse cerca de la tasa de saturación (Ibarra & Trinidad, 2010). La Figura 10 muestra la curva que modela este comportamiento.



Figura 10 Curva del modelo logístico
Fuente: (Ibarra & Trinidad, 2010)

La Tasa de Motorización (T_m) se relaciona con el modelo previamente explicado. Esta tasa representa el número de vehículos por cada mil habitantes en un año en particular. La Ecuación 8 muestra la relación entre T_m y el modelo logístico.

$$T_m = \frac{\text{No. vehículos}}{(\text{Población}/1000)}$$

Ecuación 7 Tasa de motorización
Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013)

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{(a+bt)}}$$

Ecuación 8 Relación tasa de motorización y curva logística

Donde:

T_m : tasa de motorización (vehículos/1000 habitantes)

T_s : tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes)

e : base del logaritmo natural

a, b : constantes

t : tiempo

Al tener la Ecuación 8 tres variables, bajo adecuadas transformaciones es posible darle la forma de una recta:

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$$

Al conocer el registro histórico de T_m , y al imponer valores de T_s , esta ecuación toma forma de una recta, y al aplicar regresión lineal se pueden obtener los valores de a y b. Se ajusta el valor de T_s hasta encontrar el mejor coeficiente de correlación (se inicia con el valor de $T_s=240$ porque se conoce que el valor de saturación está cercano a este). Se utilizaron datos desde el año 1969 hasta 2019 de la población urbana de Cuenca y los vehículos livianos matriculados, no se tomó en cuenta al año 2020 ya que presenta un valor atípico en el número de vehículos matriculados debido al confinamiento producido por la pandemia.

Después de algunas variaciones al valor de T_s , se encontró que con 250 se obtienen los mejores resultados, con $R^2 = 0.9261$. La Tabla 17 muestra los diferentes T_s adoptados juntos con su respectivo valor de R^2 .

Tabla 17 Valores de R^2 para los T_s asumidos

T_s	R^2
230	0.9236
240	0.9256
250	0.9261
255	0.9260
260	0.9258

Con el valor de $T_s = 250$ y la Ecuación 8 se calcula el nuevo valor de T_m para cada año hasta el final del periodo de diseño. Por último, al relacionar los valores de la población y los valores de T_m mediante la Ecuación 7, se obtiene el número de vehículos para el mismo número de años. El Anexo 5 muestra el registro de histórico de valores de T_m , además del proceso realizado hasta obtener el número de vehículos.

Al tener el número de vehículos se procede a calcular la tasa de crecimiento, esto se hace usando la Ecuación 9.

$$i = \sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1$$

Ecuación 9 Tasa de crecimiento

Donde:

i: Tasa de crecimiento para 5 años

n: número de años transcurridos entre *TA* y *TF* (n=5)

TF: tráfico futuro para el año n+5

TA: tráfico actual para el año n

La Tabla 18 muestra los valores de las tasas de crecimiento obtenidas hasta el año 2045.

Tabla 18 Tasa de crecimiento vehículos livianos

Periodo	Tasa de crecimiento vehículos livianos
2015-2020	4.20%
2020-2025	3.86%
2025-2030	3.60%
2030-2035	3.39%
2035-2040	3.24%
2040-2045	3.12%

Vehículos pesados

Para analizar el crecimiento de los vehículos pesados (buses y camiones) se hace la suposición de que estos crecen con una relación directa al crecimiento poblacional de la ciudad. Para determinar las tasas se emplea nuevamente la Ecuación 9, tomando en cuenta que se deben cambiar las variables de tráfico (*TF* y *TA*) por información poblacional. Se obtiene entonces una tasa de crecimiento para buses y camiones de **2.83%** para todo el periodo analizado.

4.4.3. Proyección al final del periodo de diseño

Una vez obtenidas las tasas de crecimiento para cada tipo de vehículo, la Ecuación 10 permite realizar la proyección del *TPDA*.

$$TPDA_f = TPDA_a * (1 + i)^n$$

Ecuación 10 Proyección TPDA

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Donde:

TPDA_f: tráfico promedio diario anual futuro

TPDA_a: tráfico promedio diario anual actual

i: tasa de crecimiento

n: número de años (*TPDA_f*-*TPDA_a*)

Se realizaron proyecciones desde el año 2022 hasta el año 2045, sin embargo, en el *TPDA* acumulado para el periodo de diseño solo considera los años 2026 a 2045. Estas proyecciones se hicieron distinguiendo el tipo de vehículo. Los resultados se muestran en las siguientes tablas, en periodos de 5 años cada uno.

Tabla 19 Valores de TPDA proyectado 2021-2025

	Año				
	2021	2022	2023	2024	2025
Tipo Vehículo					
Liviano	1155	1200	1247	1296	1347
Bus	5	6	7	8	9
Camión 2 ejes	32	34	36	38	40
Total	1192	1240	1290	1342	1396

Tabla 20 Valores de TPDA proyectado 2026-2030

	Año				
	2026	2027	2028	2029	2030
Tipo Vehículo					
Liviano	1396	1447	1500	1554	1610
Bus	10	11	12	13	14
Camión 2 ejes	42	44	46	48	50
Total	1448	1502	1558	1615	1674

Tabla 21 Valores de TPDA proyectado 2031-2035

	Año				
	2031	2032	2033	2034	2035
Tipo Vehículo					
Liviano	1665	1722	1781	1842	1905
Bus	15	16	17	18	19
Camión 2 ejes	52	55	58	61	64
Total	1732	1793	1856	1921	1988

Tabla 22 Valores de TPDA proyectado 2036-2040

	Año				
	2036	2037	2038	2039	2040
Tipo Vehículo					
Liviano	1967	2031	2097	2165	2236
Bus	20	21	22	23	24
Camión 2 ejes	67	70	73	76	79
Total	2054	2122	2192	2264	2339

Tabla 23 Valores de TPDA proyectado 2041-2045

	Año				
	2041	2042	2043	2044	2045
Tipo Vehículo					
Liviano	2306	2379	2454	2531	2611
Bus	25	26	28	30	32
Camión 2 ejes	83	87	91	95	99
Total	2414	2492	2573	2656	2742

La suma de los valores obtenidos para cada tipo de vehículo desde el año 2026 al 2045, da como resultado lo presentado en la Tabla 24. El valor total de *TPDA* acumulado en el periodo de diseño resulta ser de **40935 vehículos**.

Tabla 24 *TPDA* acumulado en el periodo de diseño

Tipo de vehículo	<i>TPDA</i> 2026-2045
Liviano	39199
Bus	396
Camión 2 ejes	1340
Total	40935

5. Diseño de pavimentos

5.1. Metodología

Para determinar la estructura de pavimento que se ajuste mejor a las características geotécnicas y de tráfico de la zona de estudio, se emplean los métodos desarrollados por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para el diseño de pavimentos. Se desarrollan los métodos de diseño para pavimentos flexibles y rígidos, con el fin de ofrecer las dos opciones, permitiendo evaluar las características de estas dos. En los siguientes numerales se describe la obtención de los parámetros de diseño para cada tipo de pavimento, además se exponen los resultados obtenidos.

5.2. Número de ejes simples equivalentes (N)

Este representa el número de ejes equivalentes de 8.2 t que circularán en el carril de diseño en el año base o de puesta en servicio del pavimento (Montejo, 1998). Montejo presenta la siguiente expresión para la obtención de este parámetro:

$$N = TPDA_{AñoFin} * \%V_c * F_D * F_L * FE_c * F_P * 365$$

*Ecuación 11 Número de ejes simples equivalentes
Fuente: (Montejo, 1998)*

Donde:

$TPDA_{AñoFin}$: tráfico promedio diario anual al final del periodo de diseño

$\%V_c$: porcentaje de vehículos comerciales en el carril de diseño

F_D : factor de distribución direccional

F_L : factor de distribución por carril

FE_c : factor de equivalencia de carga

F_P : factor de proyección

Para el análisis, se obtendrán el número de ejes simples equivalentes para los diferentes tipos de vehículos identificados durante el conteo vehicular, por lo que la Ecuación 11 es modificada, dando como resultado la Ecuación 12.

$$N = TPDA_{2026-2045} * F_D * F_L * FE_c * 365$$

Ecuación 12 Número de ejes simples equivalentes - modificada

Donde:

$TPDA_{2026-2045}$: tráfico promedio diario acumulado en el período de diseño

F_D : factor de distribución direccional

F_L : factor de distribución por carril

FE_c : factor de equivalencia de carga;

F_p : factor de proyección

5.2.1. Definición de las variables para el cálculo de N

Factor de distribución direccional (F_D)

Este factor depende del número total de carriles de la vía a diseñar, hace referencia al porcentaje de vehículos que circulan en el carril de diseño. Para obtener factor se utilizan los resultados del conteo vehicular.

De la Tabla 10 se obtienen el total de vehículos (livianos y pesados) en los tres días de conteo en ambos sentidos, en la Tabla 25 se muestran los porcentajes de cada sentido respecto al número total de vehículos aforado. Se toma el valor de **56.96%** correspondiente al sentido Este – Oeste por ser este el mayor entre los dos obtenidos.

Tabla 25 Porcentaje de vehículos pesados en cada carril

Sentido	Total aforado de vehículos	Porcentaje respecto al total
Este - Oeste	1530	56.96%
Oeste - Este	1156	43.04%
Total	2686	

Factor de distribución por carril (F_L)

Como lo indica su nombre, este hace referencia al porcentaje de vehículos que circulan en cada carril de la dirección de diseño. En este caso al existir solamente un carril por dirección, a ese factor le corresponde el valor de **100%**, ya que el total de vehículos circularan por el mismo carril. Esto se puede corroborar con la Tabla 26 que se presenta a continuación, la cual muestra valores de referencia del F_L .


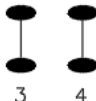

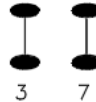
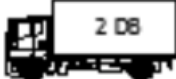
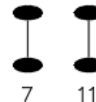
Tabla 26 Factor de distribución por carril
Fuente: (Montejo, 1998)

Número de carriles en cada dirección	% de ESAL en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Factor de equivalencia de carga (FE_c)

Este factor relaciona la carga de los ejes de los vehículos que circulan por la vía, con una carga de eje estándar (18000 libras/8.2 ton/18 kips), por lo tanto, este factor debe ser obtenido para cada tipo de vehículo identificado en el conteo vehicular. En este caso particular se identificaron vehículos livianos, buses de 2 ejes y camiones de 2 ejes del tipo. A cada uno se le ha asignado una clasificación según lo expuesto por el MTOP. Para los vehículos livianos se decide utilizar el tipo 2D, esto para de alguna manera poder compensar el hecho de que los vehículos pesados en el país muchas veces no cumplen con las características de peso especificadas (siendo en la mayoría de los casos superiores a estas). El estudio denominado “Análisis de esfuerzos en pavimentos de concreto tipo whitetopping: caso de estudio vía Biblián-Zhud” realizó el pesaje de los vehículos que circulan por la vía Biblián-Zhud. Señalando que en casi todos los casos los camiones sobrepasan los pesos estipulados por el MTOP (Bojorque, 2021). La Tabla 27 muestra las características de las clasificaciones designadas a cada tipo de vehículo.

Tabla 27 Características vehículos pesados
Adaptado de: (AASHTO, 1993)

Clasificación	Ilustración	Distribución de carga por eje
2 D (Liviano)		
2 DA (Bus)		
2 DB (Camión)		

Se distingue este factor para cada tipo de pavimento, ya que las variables que intervienen en el cálculo difieren para cada caso. La Tabla 28 y Tabla 29 muestran los parámetros definidos para el cálculo del factor de equivalencia de carga de pavimento flexibles y rígidos respectivamente.

Tabla 28 Parámetros factor camión - Pavimentos Flexibles

Variable	Valor
SN	3
Pt	2
G	-0.09
β_{18}	1.22

Tabla 29 Parámetros factor camión - Pavimentos Rígidos

Variable	Valor
D	10
Pt	1.5
G	-0.08
β_{18}	1.03

La siguiente tabla muestra los valores del factor de equivalencia obtenidos para cada tipo de vehículo según el tipo de pavimento.

Tabla 30 Factor de equivalencia de carga para pavimentos flexibles y rígidos

Tipo Vehículo	FE_c	
	Flexibles	Rígidos
2 D (Liviano)	0.07	0.06
2 DA (Bus)	0.54	0.52
2 DB (Camión)	4.08	4.14

5.2.2. Determinación de N

Como se explicó previamente, el valor de N se obtiene (con la Ecuación 12) para cada tipo de vehículo identificado en el conteo vehicular, se distingue este factor para los dos tipos de pavimentos debido al valor de FE_c . La Tabla 31 y

Tabla 32 exponen las variables y los resultados obtenidos del cálculo de N para pavimentos flexibles y rígidos respectivamente.

Tabla 31 Determinación N por tipo de vehículo - Pavimento Flexible

Parámetro	Descripción	2 D	2 DA	2 DB	Unidad
TPDA 2026–2045	TPDA acumulado en el periodo de diseño	39199	396	1340	vehículos
F_D	Factor de distribución direccional		56.96%		-
F_L	Factor de distribución por carril		100%		-
FE_c	Factor de equivalencia de carga	0.07	0.54		4.08
N	Número de Ejes Simples Equivalentes vehículos	572486	44455	1136622	ESALs

Tabla 32 Determinación N por tipo de vehículo - Pavimento Rígido

Parámetro	Descripción	2 D	2 DA	2 DB	Unidad
TPDA 2026–2045	TPDA acumulado en el periodo de diseño	39199	396	1340	vehículos
F_D	Factor de distribución direccional		56.96%		-
F_L	Factor de distribución por carril		100%		-
FE_c	Factor de equivalencia de carga	0.062	0.522	4.145	4.08
N	Número de Ejes Simples Equivalentes	503020	43015	1154878	ESALs

Por último, la siguiente tabla presenta la suma del valor de **N** obtenido para cada tipo de vehículo según el tipo de pavimento, estos serán los valores empleados para el diseño.

Tabla 33 Determinación N de diseño

Parámetro	Descripción	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido	Unidad
N	Número de Ejes Simples Equivalentes acumulados en el periodo de diseño	1,753,563	1,700,913	ESALs

5.3. Capa de Mejoramiento

Previo al diseño de las estructuras de pavimentos, es necesario mencionar que se plantea colocar una capa de material de mejoramiento sobre la subrasante, esto únicamente con un fin constructivo. Muchas veces al momento de la construcción, la excavación para llegar al nivel de la subrasante deja una acumulación de lodo que hace que la compactación sea complicada, por lo que es necesario incluir una capa de material que facilite la compactación y deje el sitio plano para la colocación de la estructura del pavimento. A pesar de que el material aporta estructuralmente a la capa de subrasante, este aporte resulta ser bastante pequeño, por lo que no se considera que este afecte en la capacidad de la subrasante. Se propone la colocación de una capa de 20 cm de espesor.

La capa propuesta será considerada en el presupuesto de la obra, sin embargo, este rubro podría no llegar a ejecutarse al momento de la construcción, lo que no generaría problemas ya que el costo sería menor; por otro lado, al no usarse este muro, queda abierta la posibilidad de incrementar algún otro que surja durante la ejecución de la obra.

5.4. Método de diseño de pavimentos flexibles según la AASHTO

La AASHTO en la Guía para diseño de estructuras de pavimento, presenta la siguiente expresión que rige el diseño de la estructura de pavimentos flexibles.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$
$$* \log_{10}(M_R) - 8.07$$

*Ecuación 13 Relación para diseño de Pavimento Flexible
Fuente: (AASHTO, 1993)*

Donde:

W_{18} : número de pasadas de ejes simples equivalentes de 18 kips (8.2 t) acumulados durante el periodo de diseño y carril de diseño

Z_R : confiabilidad, abscisa correspondiente a un área igual a la curva de confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

S_o : desviación estándar de todas las variables

ΔPSI : diferencia entre el índice inicial de servicio (P_o) y el índice final (P_t) del pavimento

M_R : módulo resiliente de la subrasante

SN : número estructural indicativo del total de pavimento requerido

Esta última variable de la ecuación tiene singular importancia, ya que rige el diseño de los pavimentos flexibles según el diseño de la AASHTO. “Este es un número abstracto que representa la resistencia estructural de un pavimento requerida para una combinación dada de: soporte de suelo M_R y del tránsito total de W_{18} , de la serviciabilidad total y de las condiciones ambientales” (Montejo, 1998, p.275).

La Ecuación 14 proporciona la relación entre el valor de SN y los espesores de las capas de rodadura, base y subbase.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

*Ecuación 14 Relación SN con espesores de capa
Fuente: (AASHTO, 1993)*

Donde:

a_1, a_2, a_3 : coeficientes de capa representativos de rodadura, base y subbase, respectivamente

D_1, D_2, D_3 : espesores de capa de rodadura, base y subbase, respectivamente (pulgadas)

m_2, m_3 : coeficiente de drenaje de las capas de base y subbase, respectivamente

5.4.1. Determinación de las variables de diseño

Confiabilidad (Z_R)

Esta representa la probabilidad de que una sección diseñada se comporte de acuerdo a las condiciones de tránsito y ambientales impuestas en el diseño, pretende dar un cierto nivel de certidumbre para asegurar que las condiciones se mantengan durante el periodo de diseño. Este factor de confiabilidad tiene en cuenta posibles variaciones en el tránsito como en el comportamiento, esto hace que proporcione un nivel de confianza (R) (Montejo, 1998).

La Tabla 34, extraída de la guía de la AASHTO, muestra los niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras. Se puede apreciar que los niveles son mayores a medida que el uso de las vías incrementa su valor.

Al tener una carretera de tipo local, y ubicada en el área urbana de Cuenca, el nivel de confiabilidad se toma como el valor promedio del rango de 50 – 80, resultando en **65%**.

Tabla 34 Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras
Fuente: (AASHTO, 1993)

Clasificación	Niveles de confiabilidad recomendados	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de Tránsito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Desviación estándar (S_o)

“Los valores de S_o desarrollados en el AASHTO ROAD TEST no incluyeron error por el tránsito. Sin embargo, el error en la predicción del comportamiento desarrollado en el tramo de ensayo fue de 0.35 para los pavimentos flexibles, lo cual corresponde a una desviación estándar total de 0.45” (Montejo, 1998, p.264).

Valores típicos de S_o están en el rango de 0.40 a 0.50 en pavimentos flexibles. Se selecciona para el diseño **0.45** que corresponde al valor medio de este rango.

Variación del índice de servicio (ΔPSI)

“La serviciabilidad se define como la idoneidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar” (Montejo, 1998, p.265). Para evaluar esta característica del pavimento se emplea el concepto de Índice de Servicio Presente (PSI), este varía entre 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). Es importante tener en claro los valores de este índice al inicio (P_o) y al final (P_t) del periodo de diseño, pues estos definirán su comportamiento y capacidad de servicio a lo largo del tiempo.

El parámetro ΔPSI expresa la diferencia entre los índices inicial y final, como muestra la siguiente ecuación.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

*Ecuación 15 Cambio total del índice de servicio del pavimento
Fuente: (Montejo, 1998)*

Se utiliza para P_o el valor de **4.2** que es el que fue obtenido en el ensayo AASHTO, mientras que para P_t se utiliza el valor de **2.0** que es el que sugiere la AASHTO para calles residenciales.

Se obtiene entonces con los valores seleccionados y con la Ecuación 15, un valor de ΔPSI de **2.2**.

5.4.2. Propiedades de los materiales de las capas de pavimento

Módulo resiliente de la subrasante

El Módulo Resiliente (M_R) es un parámetro que de cierta manera permite conocer la resistencia de la subrasante. Este es la base para caracterizar el suelo de subrasante en los métodos de diseño de la AASHTO.

Al ser necesario equipo especializado para su obtención y al ser difícil su adquisición, se han establecido correlaciones sugeridas por la AASHTO para su determinación (Montejo, 1998). La Ecuación 16 muestra la correlación, encontrada por Heukelom y Klomp, entre M_R medido en campo y el CBR de laboratorio para la misma densidad. Se considera razonable usar esta en suelos finos con CBR de hasta 10%, por lo que, según los resultados de laboratorio, es aplicable en este estudio.

$$M_{R[psi]} = 1500 * CBR$$

*Ecuación 16 Correlación M_R con CBR para suelos finos
Fuente: (Montejo, 1998)*

Sustituyendo el valor del CBR de 3.40 en la Ecuación 16, se obtiene un valor de M_R para la subrasante de **5100 psi**.

Módulo resiliente de las capas de base y subbase

Para determinar el valor de M_R de estas capas, es necesario primero definir los valores de CBR de cada una. El MTOP en la NEVI – 12 Vol.3, presenta los valores mínimos de CBR de los suelos que constituyen la estructura del pavimento, para la capa de base el

valor mínimo es de 80%, mientras que para la capa de subbase el CBR será igual o mayor a 30%. Estos valores mínimos son los que se emplean en el diseño.

Para la obtención de los valores de M_R de estas capas, se utiliza la Ecuación 17, que es la recomendada por la guía de diseño de la AASHTO para suelos granulares.

$$M_{R[\text{psi}]} = 4326 * \ln(\text{CBR}) + 241$$

*Ecuación 17 Correlación M_R con CBR para suelos granulares
Fuente: (Montejo, 1998)*

Con esta ecuación, y reemplazando los valores de CBR antes señalados, se obtienen los valores de M_R para cada capa, los resultados se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35 M_R de las capas de base y subbase

	CBR	M_R [psi]
Base	80	19197.65
Subbase	30	14954.58

5.4.3. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento

Los coeficientes (a_i) involucrados en el cálculo del SN dependen de las características de los materiales de cada capa del pavimento, y se obtienen empleando los diagramas de diseño de la AASHTO.

Asfalto

El coeficiente estructural del concreto asfáltico está relacionado con el módulo elástico del mismo. Para definir esta característica de la capa de asfalto, se recurrió al documento denominado “ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEFINITIVOS DE LA CARRETERA CUENCA – AZOGUES – BIBLIÁN”, realizados por la empresa asociación CAMINOSCA – PROMANVIAL – CONSULTING CIA. LTDA”, en este estudio se hace un primer análisis con un módulo elástico de 380,000 psi, el cuál corresponde a un coeficiente estructural de 0.41, sin embargo el mismo estudio menciona que este coeficiente puede ser muy optimista, y puede resultar en espesores insuficientes de capas asfálticas; el módulo de la capa asfáltica puede resultar menor por efectos de la temperatura de servicio de la mezcla, pues en los ensayos de medición de deflexiones se

han detectado temperaturas hasta de 35°C que no son compatibles con un módulo tan alto como el determinado solamente con la relación de la estabilidad Marshall; por lo tanto, el valor máximo que podemos asignar a este coeficiente estructural es de 0.35. Por lo mencionado, se define para la capa asfáltica un coeficiente estructural a_1 de **0.35**, que según la Figura 11 corresponde a un módulo elástico de 275000 psi. (*INFORME DE EVALUACIÓN TÉCNICA.pdf, s/f*)

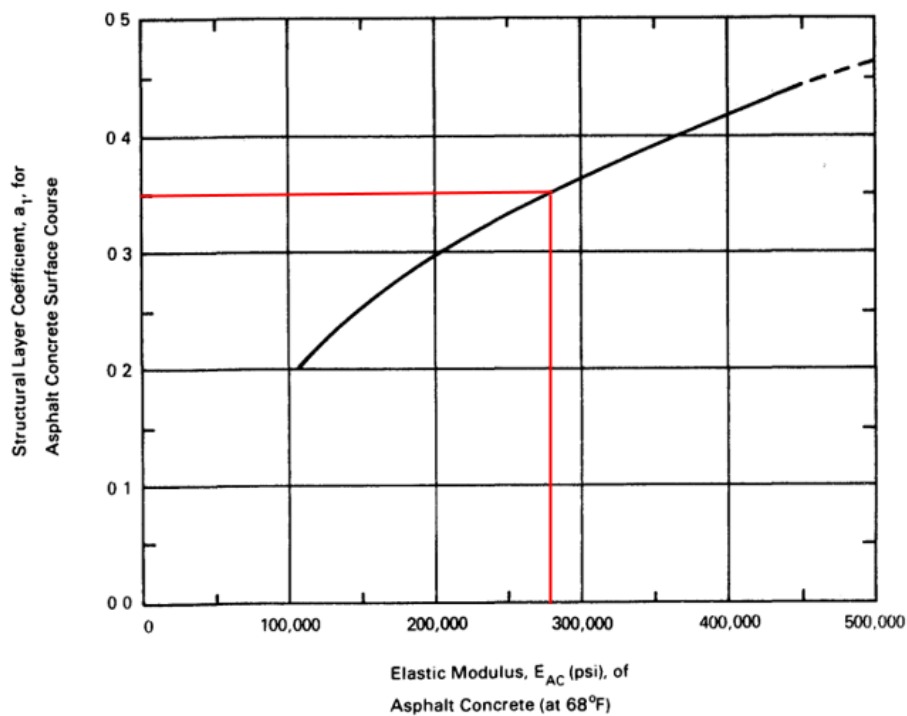


Figura 11 Estimación del coeficiente estructural a_1 a partir de Módulo Elástico del Asfalto
Fuente: (AASHTO, 1993)

Capa de base granular

La siguiente figura, también proporcionada por la AASHTO, permite determinar el coeficiente estructural a_2 a partir del CBR de la capa de base.

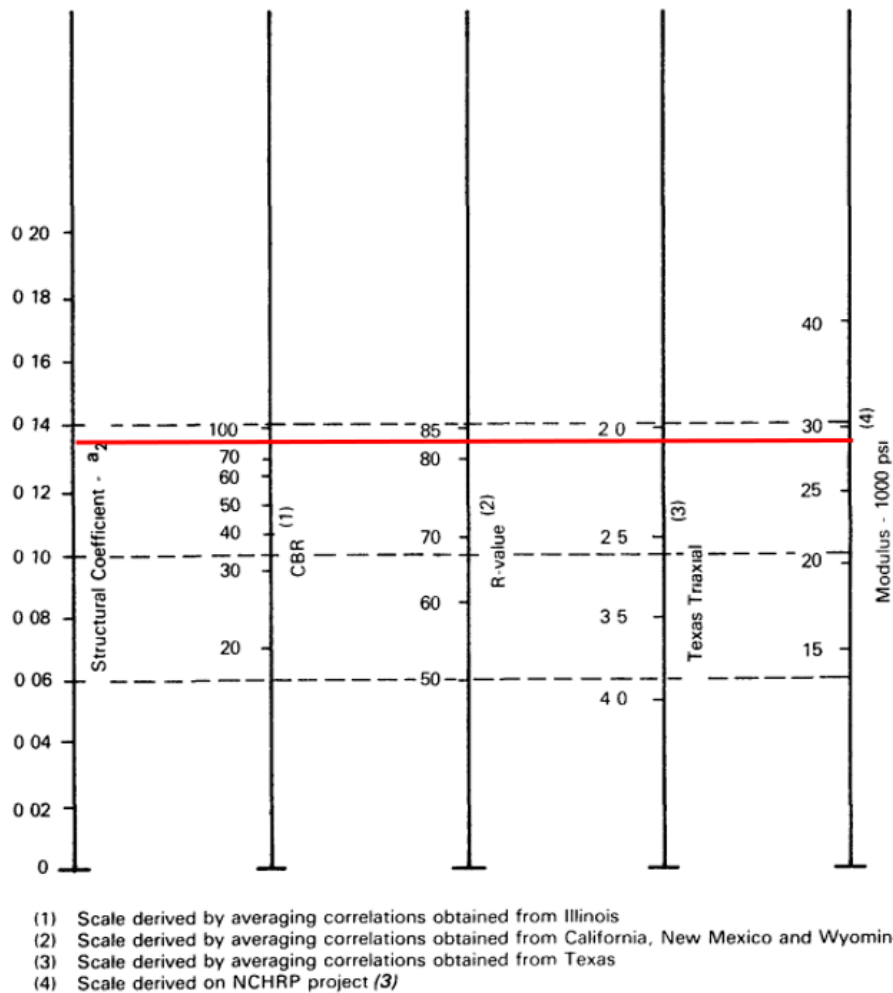


Figura 12 Estimación del coeficiente estructural a_2 a partir del CBR de la capa de base granular
 Fuente: (AASHTO, 1993)

Para el valor de CBR igual a 80%, según la Figura 12 corresponde un valor de a_2 de **0.135**.

Capa de subbase granular

Se presenta una gráfica similar a la anterior para la estimación del coeficiente estructural a_3 correspondiente a la capa de subbase, esta se muestra en la Figura 13.

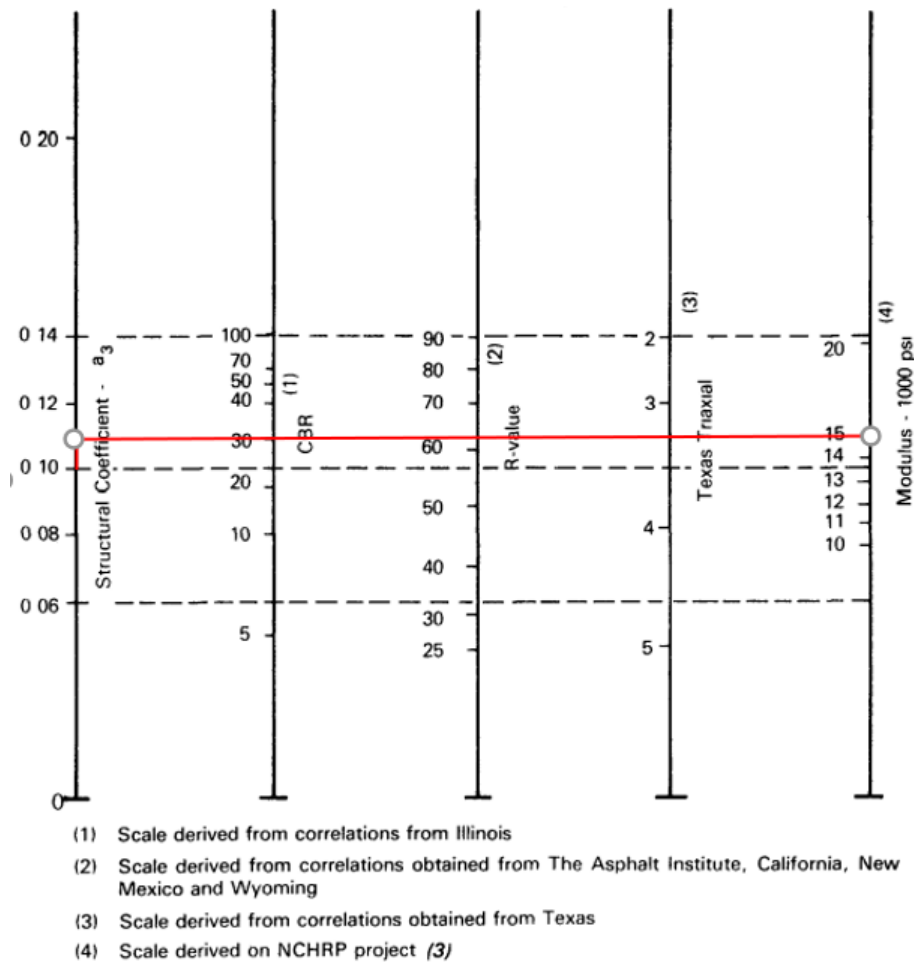


Figura 13 Estimación del coeficiente estructural a_3 a partir del CBR de la capa de subbase granular
Fuente: (AASHTO, 1993)

Para el CBR de 30% de la capa de subbase, según la Figura 13, corresponde un valor de a_3 igual a **0.11**.

5.4.4. Características estructurales del pavimento

Coeficiente de drenaje (m_i)

El tratamiento para lograr el nivel esperado de drenaje de un pavimento flexible, se consigue a través del empleo de coeficientes de capas modificadas. El factor de modificación del coeficiente de capa se denomina m_i y ha sido integrado dentro de la ecuación del número estructural (Ecuación 14) (Montejo, 1998).

La guía de diseño de la AASHTO proporciona valores de m_i de acuerdo a la calidad de drenaje y el tiempo en el año en el que se espera que el pavimento esté normalmente

expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación. Estos valores se presentan en la Tabla 36.

Tabla 36 Valores de m_i recomendados para la modificación de los coeficientes de las capas de base y subbase granulares
Fuente: (AASHTO, 1993)

Calidad del drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Montejo presenta la Tabla 37, en donde se encuentran las definiciones generales para los diferentes niveles de drenaje de la estructura del pavimento.

Tabla 37 Características de la calidad del drenaje
Fuente: (Montejo, 1998)

Calidad del drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	(El agua no drena)

Este parámetro no se refiere a las condiciones geométricas impuestas para el drenaje de la vía, en realidad representa las condiciones a las que se expone la vía ya sea durante su construcción o durante su vida útil. Al tener en cuenta esto, y conociendo las circunstancias que usualmente se presentan durante la construcción como: rotura de tuberías, infiltración de agua en las capas de base y subbase, exposición de estas capas a la lluvia después de haber sido colocadas, etc., además considerando que las calles se encuentran junto a una quebrada, para este estudio se considera una calidad de drenaje muy pobre, también se asume que la estructura contará con niveles de humedad cercanos a la saturación un 20% del tiempo, por lo que según la Tabla 36 el coeficiente de drenaje

está en el rango de 0.75 a 0.40, y toma el valor medio de **0.60**. Las suposiciones realizadas son válidas para las capas de base y subbase, por lo que m_2 y m_3 son iguales.

5.4.5. Procedimiento de diseño

Una vez definidos todos los parámetros involucrados en el diseño de pavimentos flexibles, el siguiente paso es encontrar el valor de los espesores mínimos que puedan cumplir con estos. A continuación, se enlista una serie de pasos a seguir para determinar estos espesores:

1. Obtener SN de la ecuación de la AASHTO (Ecuación 13), para cada capa de la estructura de pavimento.
2. Una vez obtenidos los valores de SN, se procede a determinar los espesores, que convenientemente combinados proporcionen la capacidad portante correspondiente a dicho valor de SN
3. Se deben comparar los espesores con los valores mínimos recomendados por la AASHTO

5.4.5.1. Obtención de valores de SN para cada capa

A continuación, se calcula el valor de SN para cada capa que conformará la estructura del pavimento flexible. La Tabla 38 muestra un resumen de las variables utilizadas que son constantes para el diseño de las tres capas.

Tabla 38 Variables de diseño Pavimento Flexible

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
W_{18}	Número de ejes simples equivalentes acumulados	1753563	ESALs
Z_R	Confiabilidad	0.65	-
S_o	Desviación estándar de todas las variables	0.45	-
P_o	Índice de servicio inicial	4.2	-
P_t	Índice de servicio final	2.0	-
ΔPSI	Diferencia total del índice de servicio	2.2	-

Con los datos presentados en la tabla anterior, junto con el respectivo módulo resiliente de cada capa, y con la ayuda de la herramienta SOLVER en el software Excel, se obtienen los valores de SN para las tres capas que conformarán el pavimento flexible. Los valores resultantes se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39 Módulo resiliente de las capas del pavimento

	Módulo resiliente M_R [psi]	SN
Base	19197.65	1.88
Subbase	14954.58	2.07
Subrasante	5100.00	3.06

5.4.5.2. Cálculo de los espesores de cada capa

Una vez que ha sido determinado el número estructural es necesario obtener un conjunto de espesores que combinados sean capaces de brindar la capacidad de carga solicitada por el SN calculado. para esto se emplea la Ecuación 14 antes descrita.

El espesor de la capa de subbase se obtiene con la siguiente expresión:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

Se redondea el valor de D_1 , obteniéndose D_1^* , se calcula y comprueba que:

$$SN_1^* = a_1 * D_1^* \geq SN_1$$

El siguiente paso es calcular el espesor de la capa base, utilizando:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

Se redondea el valor de D_2 , obteniéndose D_2^* , se calcula $SN_2^* = SN_1^* + a_2 * m_2 * D_2^*$, y se verifica que:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

Por último, se obtiene el valor del espesor de la capa de subbase, mediante la siguiente ecuación:

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3 * m_3}$$

Al igual que en los casos anteriores, se redondea el valor de D_3 , obteniéndose D_3^* , y se calcula $SN_3^* = SN_2^* + a_3 * m_3 * D_3^*$, y se verifica:

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 * m_3}$$

Al emplear las expresiones indicadas, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 40.

Tabla 40 Espesores calculados para cada capa del pavimento

Capa	Parámetro	Valor	Unidad
Rodadura	D1	5.39	in
	D1*	5.50	in
	SN1*	1.93	
Base	D2	1.80	in
	D2*	2.00	in
	SN2*	2.09	
Subbase	D3	14.75	in
	D3*	15.00	in
	SN3*	3.08	

5.4.5.3. Espesores mínimos

Como último paso del proceso de diseño, se comparan los valores obtenidos con los mínimos sugeridos por la AASHTO, estos se toman como referencia ya que es poco práctico y además antieconómico el uso de capas muy delgadas. La Tabla 41 presenta el valor de espesores mínimos de las capas de asfalto y base granular.

Tabla 41 Espesores mínimos recomendados
Fuente: (AASHTO, 1993)

No. de ejes equivalentes [millones]	Concreto asfáltico [in]	Base granular [in]
< 0.05	1.0 o TSD	4.00
0.05 - 0.15	2.00	4.00
0.15 - 0.50	2.50	4.00
0.50 - 2.00	3.00	6.00
3.00 - 7.00	3.50	6.00
> 7.00	4.00	6.00

La Tabla 42 muestra la verificación de los espesores, en donde si el espesor calculado es menor al mínimo, el de construcción asume el valor de este último.

Tabla 42 Verificación espesores calculados Pavimento Flexible

Capa	Espesor			
	Calculado	Referencia	Construcción	
	[in]	[in]	[in]	[cm]
Rodadura	5.50	3.00	5.50	13.00
Base	2.00	6.00	6.00	15.50
Subbase	15.00	6.00	15.00	36.00
			TOTAL	64.50

5.5. Método de diseño de pavimentos rígidos según la AASHTO

Para el presente estudio se propone utilizar Pavimentos de Concreto Simple (JPCP, por sus siglas en inglés) con pasadores en las juntas como dispositivos de transferencia de carga, debido a que este tipo es actualmente el más usado en Ecuador.

La AASHTO en la Guía para el diseño de estructuras de pavimento, presenta la siguiente expresión que rige el diseño de la estructura de pavimentos rígidos.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_o + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) * \log_{10}\left(\frac{S'_c * C_d(D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{EC}{k}\right)^{0.25}} \right]}\right)$$

Ecuación 18 Relación para diseño de Pavimento Rígido

Fuente: (AASHTO, 1993)

Donde:

W_{18} : número de pasadas de ejes simples equivalentes de 18 kips (8.2 t) acumulados durante el periodo de diseño y carril de diseño

Z_R : confiabilidad, abscisa correspondiente a un área igual a la curva de confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

S_o : desviación estándar de todas las variables

P_t : índice de serviciabilidad final

ΔPSI : diferencia entre el índice inicial de servicio (P_o) y el índice final (P_t) del pavimento

E_c : módulo de elasticidad en psi del concreto

S'_c : módulo de ruptura en psi para el concreto

k : módulo de reacción efectivo en pci de la subrasante

C_d : coeficiente de drenaje

J : coeficiente de transferencia de cargas

D : espesor en pulgadas

5.5.1. Determinación de las variables de diseño

Confiabilidad (Z_R)

Se utiliza el valor de **65%**, el mismo utilizado en el diseño de pavimentos flexibles, según la Tabla 34 de la guía de diseño de la AASHTO.

Desviación estándar (S_o)

Valores típicos de S_o para pavimentos rígidos están entre 0.35 y 0.40. Para el diseño se selecciona el valor medio que corresponde a **0.38**.

Variación del índice de servicio (ΔPSI)

Se emplea un valor de P_o de **4.5** que fue el obtenido en el ensayo de la AASHTO, y para P_t el valor de **2** que sugiere la AASHTO para calles residenciales.

Con los valores señalados y empleando la Ecuación 15 se obtiene un valor de ΔPSI de **2.5**.

5.5.2. Propiedades de los materiales de las capas de pavimento

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c)

Se adopta este valor igual a **350 kg/cm²** (4978.20 psi), comúnmente usado en el medio.

Módulo de elasticidad del concreto (E_c)

Este se obtiene a través de una correlación (Ecuación 19) con la resistencia a la compresión (f'_c) del concreto.

$$E_{c[psi]} = 57000 * \sqrt{f'_c}$$

*Ecuación 19 Correlación Módulo de elasticidad y Resistencia a la Compresión Simple
Fuente: (AASHTO, 1993)*

El módulo de elasticidad resultante es igual a **4021694.40 psi**.

Módulo de rotura del concreto (S'_c)

El módulo de rotura del concreto puede ser empleado como indicador de la resistencia a la flexión. Para un concreto de peso normal, este valor suele estar entre 8 a 10 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión (Ecuación 20).

$$S'_c = 8 a 10 \sqrt{f'_c}$$

*Ecuación 20 Correlación Módulo de Rotura y Resistencia a la compresión Simple
Fuente: (AASHTO, 1993)*

Con el valor de f'_c antes definido, y empleando el valor medio de la Ecuación 20, E_c adopta el valor de **635 psi**.

Módulo de reacción efectivo de la subrasante (k)

Este valor define el soporte de la subrasante, pero debido al elevado costo que puede llegar a tener el ensayo usado para su obtención, se obtiene comúnmente su valor al relacionar algunos parámetros que caracterizan la capa de base y subrasante.

La Guía de diseño de la AASHTO presenta una serie de ábacos que permiten relacionar dichos parámetros para obtener el valor de k , los mismos que son empleados en el presente estudio.

La Tabla 43 muestra los parámetros iniciales en la determinación de k , mientras que la Figura 14 presenta el ábaco en donde se introducen estos, para finalmente obtener un valor de k igual a **300 pci**.

Tabla 43 Parámetros para el cálculo de k

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
E_{SB}	Módulo elástico del material de la base	19197.65	psi
D_{SB}	Espesor tentativo de la capa de base	6	in
M_R	Módulo resiliente de la subrasante	5100	psi

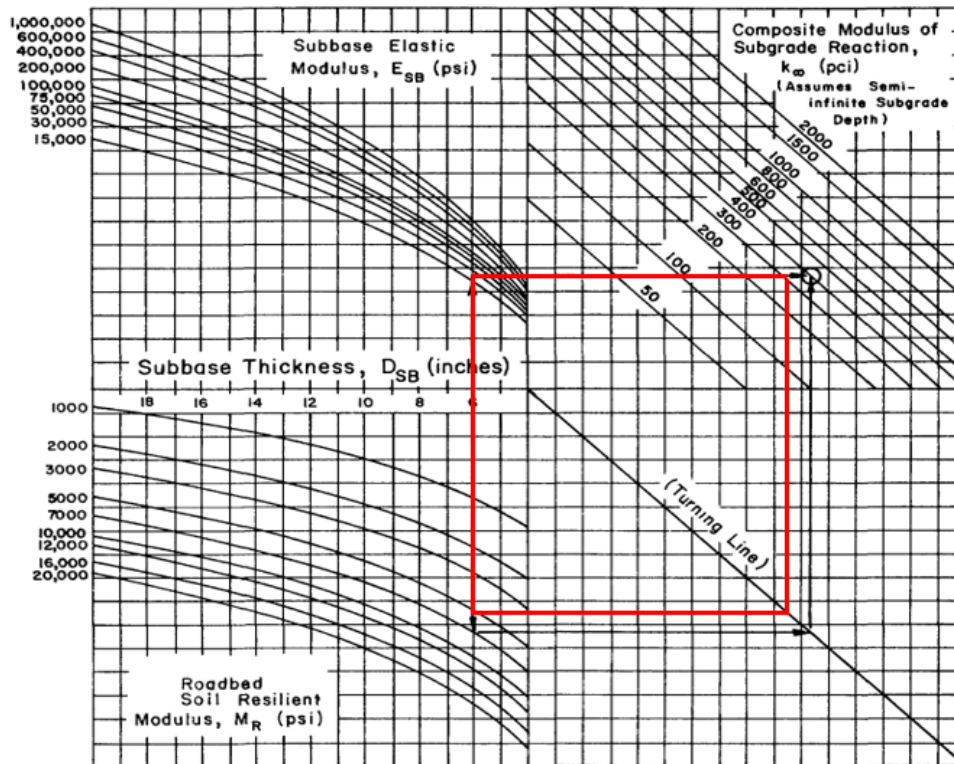


Figura 14 Ábaco para determinación del módulo de reacción efectivo

Fuente: (AASHTO, 1993)

Elaboración: (AASHTO, 1993)

Es importante mencionar que la Guía de la AASHTO considera una corrección al valor de k si hay presencia de una base rígida a menos de 3 pies de profundidad bajo la subrasante, esto no aplica en este caso ya que se considera que la capa de subrasante tiene un espesor infinito.

Coefficiente de pérdida de soporte (L_s)

Este parámetro que interviene en el diseño de los pavimentos rígidos, pretende contabilizar la pérdida de soporte que surge a partir de la erosión en la subbase y/o por los movimientos verticales diferenciales del suelo (AASHTO, 1993). La Guía presenta

rangos sugeridos de L_s en función del tipo de material de la capa de base. Para bases granulares no tratadas, con E entre 15000 a 45000 psi, se recomienda un rango de 1.0 a 3.0. Se decide utilizar el valor de **1.0** debido a que el módulo elástico de la capa de base (19197.65 psi) está más cercano al valor inferior del rango indicado.

Con el valor seleccionado, y con la Figura 15 se obtiene el valor de k corregido, que resulta ser de **100 pci**, este es el empleado en el diseño.

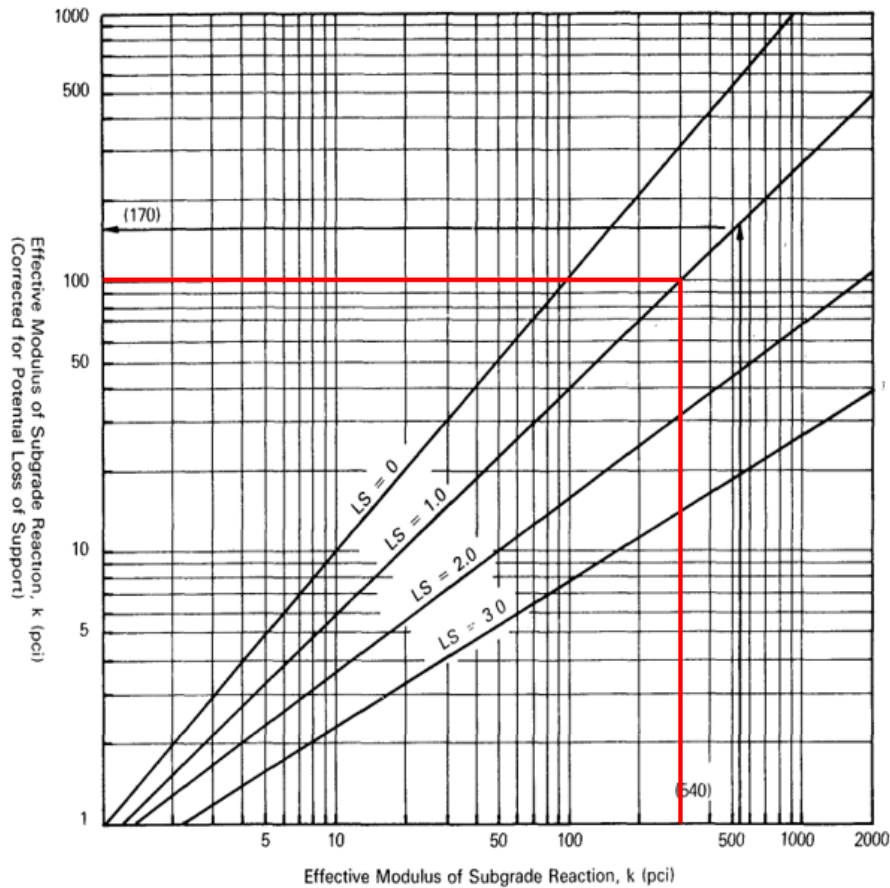


Figura 15 Corrección del módulo de reacción efectivo por potencial pérdida de soporte

Fuente: (AASHTO, 1993)

Elaboración: (AASHTO, 1993)

5.5.3. Características estructurales del pavimento

Coefficiente de drenaje (C_d)

Este tiene el mismo concepto que el coeficiente antes descrito para pavimentos flexibles. Se hace la misma consideración para los pavimentos rígidos, por lo que el coeficiente adquiere el valor de **0.6**.

Coeficiente de transferencia de cargas (J)

Como se había mencionado antes, el pavimento contará con dispositivos de transferencia de carga entre juntas (pasadores), debido a esto es necesario definir el coeficiente J . Este representa a través de un porcentaje que tan efectivo es el mecanismo de transferencia de carga.

La AASHTO presenta la siguiente tabla para definir el valor de J , este depende del tipo de pavimento y de las condiciones de confinamiento de la estructura (tipo de berma).

Tabla 44 Coeficiente de Transferencia de Cargas J
Fuente: (AASHTO, 1993)

Dispositivo de transferencia de carga	Berma		Asfalto		Concreto	
	Si	No	Si	No	Si	No
Tipo de pavimento						
JPCP y JRCP	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2		
CRCP	2.9 - 3.2	N/A	2.3 - 2.9	N/A		

Al ser un pavimento del tipo JPCP y considerando que la berma será de concreto, se emplea el valor de **2.80** que es el intermedio en el rango de 2.5 a 3.1.

5.5.4. Procedimiento de diseño

Con la Ecuación 18, y los parámetros de diseño definidos, se obtiene el espesor de la capa de concreto hidráulico. La Tabla 45 muestra un resumen de las variables de diseño.

Tabla 45 Variables de diseño Pavimento Rígido

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
N	Número de ejes simples equivalentes acumulados	1700913	ESALs
Z_R	Confiabilidad	0.65	-
S_o	Desviación estándar	0.38	-
P_o	Índice de servicio inicial	4.50	-
P_t	Índice de servicio final	2.00	-
ΔPSI	Diferencia total del índice de servicio	2.50	-
E_c	Módulo de elasticidad del concreto	4021694.37	psi
S'_c	Módulo de rotura del concreto	635	psi
k	Módulo de reacción efectivo de la subrasante	100	pci
C_d	Coeficiente de drenaje	0.6	-
J	Coeficiente de transferencia de cargas	2.80	-

El espesor mínimo de la capa de concreto resulta ser de **7.26 in** (aproximadamente 19 cm) para la construcción. El espesor de la base es de **6 in**, valor utilizado en el cálculo del módulo de reacción efectivo de la subrasante (k), este cumple con el espesor mínimo recomendado por la AASHTO, según la Tabla 41. La Tabla 46 muestra un resumen de los resultados obtenidos en el diseño de pavimentos rígidos.

Tabla 46 Resultados diseño pavimento rígido

Capa	Espesor			
	Calculado [in]	Referencia [in]	Construcción	
			[in]	[cm]
Rodadura	7.26	-	7.26	18.00
Base	6.00	6.00	6.00	15.50
			TOTAL	33.50

5.5.5. Espaciamiento entre juntas

Las juntas tienen lugar en los pavimentos rígidos para permitir la expansión y contracción de la losa, aliviando así las tensiones debidas a cambios de temperatura, fricción, y para facilitar la construcción. En general, el espaciamiento de las juntas de contracción tanto transversales como longitudinales depende de condiciones locales de los materiales y el entorno, mientras que las juntas de expansión y construcción dependen principalmente de las capacidades de diseño y construcción (AASHTO, 1993).

El espaciamiento de las juntas también está relacionado al espesor de la losa de concreto, se recomienda que el espaciamiento (en pies) entre juntas transversales no exceda por mucho dos veces el espesor de la losa (en pulgadas) (AASHTO, 1993). Siguiendo esta recomendación de la Guía de la AASHTO, para el espesor obtenido de 7 in, la separación máxima resulta ser de **14 pies (4.30 m)**.

Se debe procurar colocar las juntas longitudinales en los bordes de los carriles para minimizar los problemas de transferencia de carga. En este caso el ancho de carril es de **3.00 m**, que correspondería entonces a la separación entre juntas longitudinales.

5.5.6. Dispositivos de transferencia de carga (pasadores)

La AASHTO recomienda dependiendo del espesor de pavimento el diámetro, longitud y separación de los pasadores. Para el espesor de 7 in (18 cm) se proponen los valores expuestos en la Tabla 47.

*Tabla 47 Información de dispositivos de transferencia de carga
Fuente: (AASHTO, 1993)*

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud total	Separación entre centros
	[mm]	[mm] [in]		
160 - 180	22	7/8	350	300

6. Diseño geométrico

El diseño geométrico de carreteras es aquel que correlaciona los elementos físicos de las carreteras con las características de operación de los vehículos, usando las matemáticas, la física y la geometría. Una carretera es geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta (diseño horizontal) y en perfil (diseño vertical) (Grisales, 2004).

El presente capítulo detalla el diseño geométrico vial de las calles parte de este proyecto, mismo que se realiza en base a la normativa vigente en Ecuador para el diseño de carreteras “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 (MOP 2003)” y se proyecta utilizando el programa computacional AutoCAD CIVIL 3D.

6.1. Metodología de diseño

Al estar las calles emplazadas en un sector urbanizado de la ciudad, estas se encuentran de cierta manera definidas por las estructuras que las rodean (viviendas). Es por esto que el diseño geométrico detallado a continuación busca adaptarse a las condiciones actuales con el fin de afectar a las estructuras existentes en la menor medida posible, sin embargo, el diseño busca apegarse en cuanto sea posible a lo establecido por la normativa.

Previo a iniciar el diseño y adoptando lo que dice la normativa, se determina una tipología vial en base a los requerimientos funcionales y de tráfico, y en base a esta se determinan valores básicos del diseño tales como: velocidad, pendiente longitudinal y transversal, peralte máximo. A partir de estos últimos, se verifican y calculan parámetros tales como: radios mínimos, longitudes de espirales, peralte, etc.

6.2. Criterios de diseño

6.2.1. Topografía y características físicas del relieve

El MOP 2003, en función de las características topográficas, clasifica al terreno en tres grupos: llano, ondulado y montañoso.

“... topografía llana cuando en el trazado del camino no gobiernan las pendientes...topografía ondulada cuando la pendiente del terreno se identifica, sin excederse, con las pendientes longitudinales que se pueden dar al trazado. Y finalmente, un terreno es de topografía montañosa cuando las pendientes del proyecto gobiernan el trazado, siendo de carácter suave cuando la pendiente transversal del terreno es menor o

igual al 50% y de carácter escarpada cuando dicha pendiente es mayor al referido valor.” (Ministerio de Obras Públicas, 2003, p.4)

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio topográfico, y en base a los conceptos definidos por el MOP 2003, se considera que el proyecto objeto de este estudio se encuentra emplazado en un **Terreno Montañoso**.

6.2.2. Clasificación funcional de las carreteras

El MOP presenta la Tabla 48, en la cual se muestra la clasificación funcional de las vías de acuerdo al tráfico proyectado al año fin del periodo de diseño).

*Tabla 48 Relación Función, Clase MOP y Tráfico
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)*

Función	Clase de carretera	TPDA (año final de diseño)
	RI - RII	>8000
Corredor Arterial	I	3000-8000
	II	1000-3000
Colectora	III	300-1000
	IV	100-300
Vecinal	V	<100

De acuerdo a esta última tabla y con el TPDA de **2742 vehículos** correspondiente al final del periodo de diseño (20 años), valor obtenido en el capítulo 4 y presentado en la Tabla 23; las calles objeto de estudio son catalogadas como **VÍA COLECTORA CLASE II**.

6.2.3. Velocidad de diseño

Esta es la máxima velocidad a la cual los vehículos pueden circular con seguridad en una vía donde las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta se seleccionará en función de las condiciones topográficas del terreno, de la importancia de la vía, etc. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012). Esta velocidad es la base mediante la cual se pueden definir las características geométricas de los elementos, garantizando comodidad y seguridad a los usuarios.

Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – 2003 establecen valores de velocidad de diseño recomendados en función de la clase de carretera y el tipo de terreno. A continuación, se muestra un extracto de la tabla de velocidades de diseño presentada por

el MOP, se muestran las velocidades correspondientes a un relieve montañoso. Para una carretera de Clase II y el tipo de relieve mencionado, la velocidad de diseño recomendada es de **50 km/h**.

*Tabla 49 Velocidad de diseño recomendada en función del TPDA y el tipo de relieve
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)*

Categoría de la vía	TPDA Esperado	Velocidad de diseño (km/h)			
		Relieve Montañoso			
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
		Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta
R-I o R-II	>8000	90	80	90	80
I	3000-8000	80	60	80	60
II	1000-8000	70	50	70	50
III	300-1000	60	40	60	40
IV	100-300	50	25	50	25
V	<100	40	25	40	25

6.3. Vehículo de diseño

Para poder verificar los resultados del diseño geométrico, se emplea como vehículo de diseño el camión SU (Single Unit Truck) dimensionado por la AASHTO, sus dimensiones se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 50 Dimensiones vehículo de diseño
Fuente: (AASHTO, 1993)*

Vehículo de diseño	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Distancia delantera [m]	Distancia trasera [m]	Distancia entre ejes [m]
Camión Single Unit (SU)	3.4-4.1	2.6	9.1	1.2	1.8	6.1

6.4. Secciones transversales

Se genera el diseño horizontal para cada calle del estudio con los anchos de sección indicados en la siguiente tabla, estos valores fueron adoptados de acuerdo a las condiciones y estructura (viviendas) presentes en la zona.

Tabla 51 Sección de diseño

Calle	Ancho calzada	Ancho bordillo	Ancho vereda	Ancho total de sección
Principal (Salto de la Soga)	3.00	0.20	1.30	9.00
Secundarias (Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez)	2.50	0.20	1.00	7.40

A continuación, la Ilustración 3 e Ilustración 4 muestran las secciones utilizadas en el diseño tanto de la calle principal y calles secundarias respectivamente.

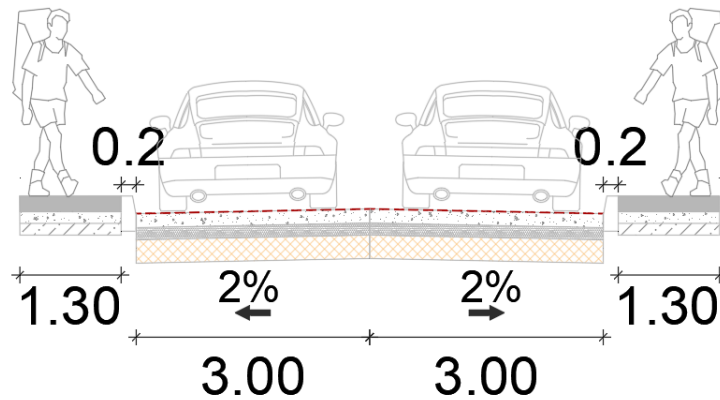


Ilustración 3 Sección transversal - Calle Salto a la Soga

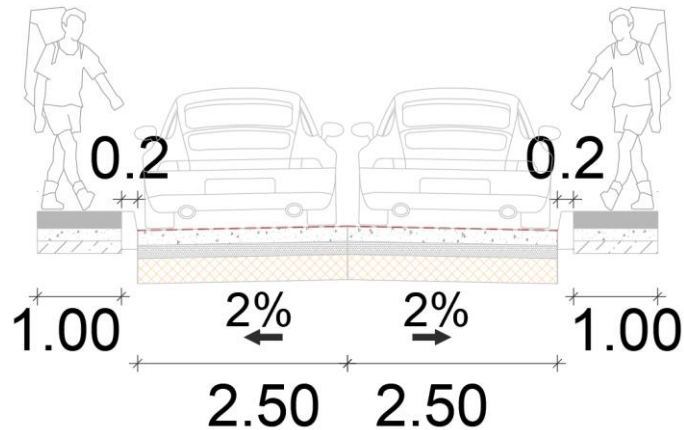


Ilustración 4 Sección transversal - Calle Juego de la Pallca y Calle Juego de Ajedrez

6.5. Diseño geométrico horizontal

Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Este está compuesto de dos elementos, las tangentes y las curvas sean estas circulares o de transición (Ministerio de Obras Públicas, 2003).

6.5.1. Peralte

Al pasar de una alineación recta a una curva se debe realizar una transición en la sección transversal, que permita pasar de un estado de sección normal (bombeo) al estado de sección completamente peraltada, en una longitud necesaria para efectuar esta transición del peralte. Por lo tanto, es importante calcular la longitud de desarrollo, que viene dada por la siguiente expresión:

$$L_t = \frac{e * b}{2 * i}$$

Ecuación 21 Longitud de desarrollo del peralte
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)

Donde:

L_t : longitud de desarrollo del peralte

e : peralte

b : ancho de la calzada

i : gradiente de borde

Otro parámetro importante a determinar es la longitud de aplanamiento (N), misma que se obtiene mediante la Ecuación 22.

$$N = \frac{L_t * e'}{e}$$

*Ecuación 22 Longitud de Aplanamiento
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)*

Donde:

e' : pendiente lateral de bombeo

Para determinar estas longitudes, primero se debe definir el peralte máximo que será alcanzado en cada curva. Se ha intentado mantener un peralte igual al de bombeo (2.00%) como base del diseño, sin embargo, este valor es modificado en la calle Salto a la Soga, específicamente en las curvas cercanas a las intersecciones (curvas 3 y 4), en donde se ha visto conveniente hacer ciertas consideraciones. En las curvas especificadas, se toman en cuenta los peraltes alcanzados al llegar a las intersecciones con las calles secundarias diseñadas. La siguiente tabla muestra los peraltes máximos adoptados para las curvas de cada alineamiento horizontal diseñado.

Tabla 52 Peraltes transversales adoptados en curvas horizontales del proyecto

Curva No.	Calle Salto a la Soga	Calle Juego de la Pallca	Calle Juego de Ajedrez
1	2.0%	2.0%	2.0%
2	2.0%	2.0%	2.0%
3	3.2%	-	2.0%
4	7.4%	-	-
5	2.0%	-	-

Además, se adopta un valor de i igual a 0.77% que viene dado por la Tabla 53.

Tabla 53 Gradiente de borde máxima (i)

Velocidad [Km/h]	Gradiente de borde máxima [%]
30	1.28
40	0.96
50	0.77
60	0.64

Con las expresiones dadas y los parámetros definidos, se obtienen los diagramas de peralte para cada una de las vías diseñadas, a continuación, se muestra un resumen de los valores obtenidos, los diagramas de peraltes se pueden ver en el Anexo 8.

Tabla 54 Valores diagrama de peralte - Salto a la Soga

Curva	Radio	E_t	e	L_t	N	E_{tmin}	I	$E_{t1/3}$	$I_{1/3}$	Tipo	L_t'	e'	N	Abscisas		N	e'
														Inicio e_{max}	Fin e_{max}		
	m	m	%	m	m	m	%	m	%	-	m	m	m	m	m	m	m
1	30		2.00	7.79	7.79							-0+015.324	-0+007.532	0+000.260	0+024.930	0+032.722	0+040.514
		139.612				31.17	0.09	144.81	0.08	Normal	-						
2	80		2.00	7.79	7.79							0+148.956	0+156.748	0+164.540	0+183.220	0+191.012	0+198.804
		103.469				15.58	0.15	110.22	0.15	Normal	-						
3	80		3.20	12.47	7.79							0+230.866	0+238.658	0+251.126	0+313.680	0+326.148	0+333.940
		79.097				20.26	0.40	92.86	0.40	Normal	28.27						
4	120		7.40	28.83	7.79							0+356.157	0+363.949	0+392.780	0+397.500	0+425.771	-
		23.705				36.62	1.19	35.91	1.19	Forzada	-						
5	120		2.00	7.79	7.79							-	0+425.771	0+433.417	0+504.900	0+512.692	0+520.484

Tabla 55 Valores diagrama de peralte - Juego de la Pallca

Curva	Radio	E_t	e	L_t	N	E_{tmin}	I	$E_{t1/3}$	$I_{1/3}$	Tipo	L_t'	e'	N	Abscisas		N	e'
														Inicio e_{max}	Fin e_{max}		
	m	m	%	m	m	m	%	m	%	-	m	m	m	m	m	m	m
1	9		2.00	6.49	6.49							0+077.913	0+084.406	0+090.900	0+105.710	0+112.204	0+118.697
		23.04				25.97	0.43	27.37	0.37	Normal	12.99						
2	120		2.00	6.49	6.49							-	0+122.256	0+128.750	0+180.490	0+186.984	0+193.477

Tabla 56 Valores diagrama de peralte - Juego de Ajedrez

Curva	Radio	E_t	e	L_t	N	E_{tmin}	I	$E_{t1/3}$	$I_{1/3}$	Tipo	e'	N	Abscisas		N	e'
													Inicio e_{max}	Fin e_{max}		
	m	m	%	m	m	m	%	m	%	-	m	m	m	m	m	m
1	120		2.00	6.49	6.49						-0+011.407	-0+004.914	0+001.580	0+025.230	0+031.724	0+038.217
		39.17				25.97	0.26	43.50	0.23	Normal						
2	250		2.00	6.49	6.49						0+051.413	0+057.906	0+064.400	0+085.640	0+092.134	0+098.627
		72.69				12.99	0.14	77.02	0.13	Normal						
3	250		2.00	6.49	6.49						0+145.343	0+151.836	0+158.330	0+165.830	0+172.324	0+178.817

6.5.2. Radio mínimo en Curvas Horizontales

Este radio señala el valor más bajo que brinda seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del peralte máximo (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente (Ministerio de Obras Públicas, 2003).

El radio mínimo de curvas horizontales puede ser determinado a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

*Ecuación 23 Radio mínimo en curvas horizontales
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)*

Donde:

R : radio mínimo de una curva horizontal en m

V : velocidad de diseño en Km/h

f : coeficiente de fricción lateral

e : peralte de la curva en m/m (metro por metro ancho de la calzada)

Aplicando la Ecuación 23 con los parámetros dados por la normativa, se tiene:

$$R = \frac{50^2}{127(0.08 + 0.19)} = 72.91m \approx 75m$$

6.5.3. Resultados diseño geométrico horizontal

El Anexo 9 contiene los planos que contienen el resultado del diseño geométrico tanto horizontal como vertical, a continuación, se muestra un resumen de lo obtenido.

Las tablas (Tabla 57, Tabla 59 y Tabla 61) detallan las propiedades de las curvas que conforman el trazado geométrico horizontal de cada una de las calles parte de este estudio. Mientras tanto, en la Tabla 58, Tabla 60 y Tabla 62, se encuentra información de los PI que conforman las curvas mencionadas.

Salto de la Soga

Tabla 57 Propiedades curvas horizontales- Salto de la Soga

No.	Long. m	Radio m	Abs. PI m	Abs. PC m	Abs. PT m	Delta °	Cuerda m	Tangente m	External m
1	24.66	30.00	0+000.260	0+024.930	0+013.340	47.10	23.98	13.08	2.73
2	18.68	80.00	0+164.540	0+183.220	0+173.920	13.38	18.64	9.38	0.55
3	26.99	80.00	0+286.690	0+313.680	0+300.320	19.33	26.87	13.63	1.15
4	14.33	120.00	0+392.780	0+407.110	0+399.960	6.84	14.32	7.17	0.21
5	74.08	120.00	0+430.820	0+504.900	0+469.080	35.37	72.91	38.26	5.95

Tabla 58 Información PI - Salto de la Soga

	PI	Norte	Este	Distancia	Rumbo
Inicio	0+000.000	9676231.07	717199.71		
				13.34	N15°27'24"E
1	0+013.340	9676243.93	717203.27		
				162.07	N62°33'41"E
2	0+173.920	9676318.61	717347.11		
				126.48	N49°10'53"E
3	0+300.320	9676401.29	717442.82		
				99.90	N68°30'53"E
4	0+399.960	9676437.88	717535.78		
				69.14	N61°40'20"E
5	0+469.080	9676470.68	717596.64		
				151.50	S82°57'23"E
Fin	0+618.130	9676452.11	717747.00		

Juego de la Pallca

Tabla 59 Propiedades curvas horizontales- Juego de la Pallca

No.	Long. m	Radio m	Abs. PI m	Abs. PC m	Abs. PT m	Delta °	Cuerda m	Tangente m	External m
1	14.81	9.00	0+100.600	0+090.900	0+105.710	94.31	13.20	9.70	4.24
2	52.341	120.00	0+156.120	0+129.53	0+181.870	24.99	51.93	26.59	2.91

Tabla 60 Información PI – Juego de la Pallca

	PI	Norte	Este	Long.	Rumbo
Inicio	0+000.000	9676374.69	717412.03		
				100.60	N62°13'04"E
1	0+100.600	9676421.58	717323.03		
				60.11	N32°05'25"E
2	0+156.120	9676472.51	717354.97		
				90.65	N57°04'53"E
Fin	0+245.930	9676521.78	717431.07		

Juego de Ajedrez

Tabla 61 Propiedades curvas horizontales – Juego de Ajedrez

No.	Long.	Radio	Abs. PI	Abs. PC	Abs. PT	Delta	Cuerda	Tangente	External
	m	m	m	m	m	°	m	m	m
1	23.65	120.00	0+013.440	0+001.580	0+025.230	11.29	23.61	11.86	0.59
2	21.24	250.00	0+075.030	0+064.400	0+085.640	4.87	21.23	10.63	0.23
3	7.51	250.00	0+162.080	0+158.330	0+165.830	1.72	7.51	3.75	0.03

Tabla 62 Información PI – Juego de Ajedrez

	PI	Norte	Este	Long.	Rumbo
Inicio	0+000.000	9676442.21	717543.81		
				13.44	N46°48'56"E
1	0+013.440	9676451.41	717534.01		
				61.66	N58°06'28"E
2	0+075.030	9676483.98	717481.66		
				87.07	N53°14'26"E
3	0+162.080	9676536.09	717411.90		
				74.69	N54°57'39"E
Fin	0+236.770	9676578.97	717350.75		

6.5.4. Análisis de resultados del diseño geométrico horizontal

Respecto al diagrama de peraltes, la norma especifica que los valores de i no deben superar el 0.77% para una velocidad de 50 Km/h, sin embargo, en la curva No. 4 de la calle Salto a la Soga (Tabla 54) el parámetro adquiere un valor de 1.19% que supera al máximo, sin embargo, este valor se acerca al indicado para una velocidad de 40Km/h por lo que es aceptable, ya que esta es la velocidad de circulación que se esperaría al ser una vía de tipo residencial.

Algunos radios de las curvas del diseño horizontal resultaron ser menores al mínimo calculado (75 m), esto debido a que como se indicó antes, el diseño se tuvo que acoplar a la infraestructura existente en la zona. La calle Salto a la Soga, en la Curva No. 1 tiene un radio de 30 m, mientras que en la calle Juego de la Pallca en su Curva No. 1 tiene un radio de 9 m.

Se empleó el programa AutoCAD CIVIL 3D y la herramienta “Vehicle Tracking” para simular la trayectoria del vehículo de diseño en la Calle Salto a la Soga, determinando así que todos los radios adoptados en el diseño son suficientes para la circulación de este. Además, el radio de 30 m corresponde a una velocidad de 32 Km/h, la cual se considera adecuada para la circulación en esta calle. La siguiente imagen muestra la trayectoria del vehículo obtenida.

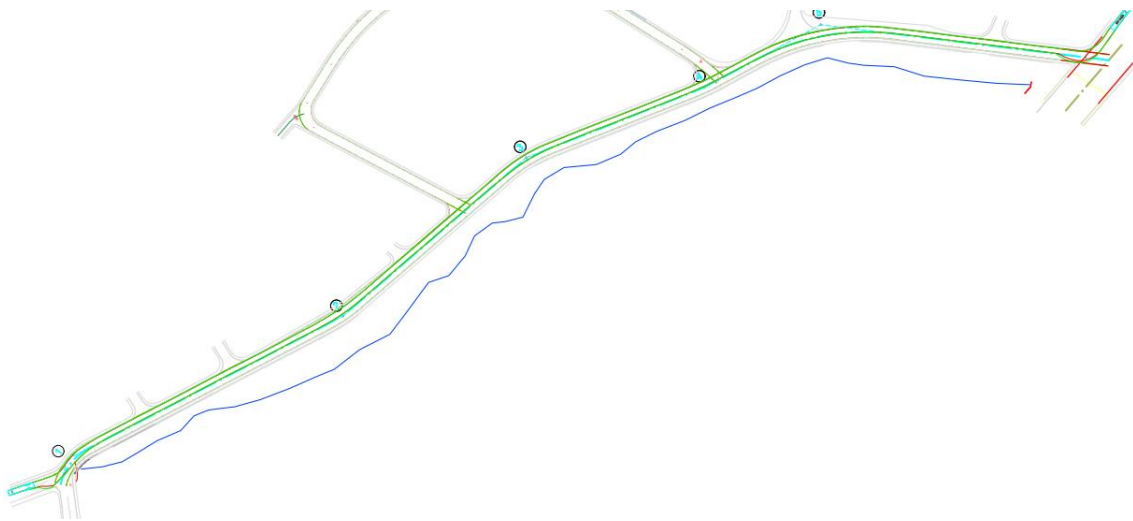


Ilustración 5 Simulación trayectoria vehículo de diseño

El radio de 9 m en la Calle Juego de la Pallca no pudo ser incrementado debido a la infraestructura (viviendas) que se encuentran situadas cerca a la curva. Este radio corresponde a una velocidad de 18 Km/h que, a pesar de ser bastante pequeña, es una velocidad de circulación que se puede esperar debido a la pendiente que presenta en este tramo la vía (18.08%).

Se controlaron los radios en las curvas en donde se prevé la circulación de vehículos más grandes que el de diseño (buses). En la intersección de la Calle Salto de la Soga con la Av. de las Américas, en donde podría entrar un bus, el radio es de 10.0 m que es suficiente para que no haya problema con la circulación.

6.6. Diseño geométrico vertical

El alineamiento vertical es igual de importante que el horizontal, este debe tener relación directa con la velocidad de diseño y con las curvas horizontales (Ministerio de Obras Públicas, 2003).

6.6.1. Pendientes máximas y mínimas

Los criterios para determinar las pendientes máximas han sido tomados de las normas de diseño del MOP. Sin embargo, debido a la topografía de la zona existen tramos donde las pendientes son considerablemente altas, y reducir estas pendientes significaría impedir el acceso a algunas de las viviendas que bordean las calles.

El MOP presenta la siguiente tabla en donde se exponen valores de pendientes máximas que pudieran adoptarse en función de la clase de carretera y la topografía del terreno.

Tabla 63 Pendientes longitudinales máximas en función de la clase de carretera

Clase de carretera		Valor Recomendado			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II	>8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000 a 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000 a 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300 a 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	<100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Según lo expuesto en la tabla, la pendiente máxima recomendada para carreteras de Clase II sobre un terreno montañoso es de 8%. La norma también menciona que para carreteras de Clase II, en longitudes cortas se puede aumentar esta pendiente en 1%.

La pendiente longitudinal mínima se establece en 0.5% para evitar problemas de drenaje.

6.6.2. Coeficiente “K”

La tabla presentada a continuación muestra los valores mínimos que se espera alcance el coeficiente K en curvas verticales para la velocidad de diseño según el MOP.

Tabla 64 Valores referenciales Coeficiente K
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003)

Tipo de curva	Coeficiente K
Convexas	7
Cóncavas	10

6.6.3. Resultados diseño geométrico vertical

Como ya se indicó antes, el Anexo 9 contiene los planos que contienen el resultado del diseño geométrico tanto horizontal como vertical, a continuación, se muestra un resumen de lo obtenido.

Las siguientes tablas muestran el resultado del diseño geométrico vertical, detallando los puntos más importantes de este.

Tabla 65 Propiedades curvas verticales - Salto a la Soga

Curva No.	Tipo	PIV	Cota	Pendiente entrada	Pendiente salida	LCV	K
Inicio		0+000.000	2593.855		1.21%		
1	Cóncava	0+020.000	2594.098	1.21%	-4.37%	30.00	5.377
2	Convexa	0+070.000	2591.915	-4.37%	0.79%	40.00	7.765
3	Cóncava	0+110.000	2592.230	0.79%	-5.62%	40.00	6.245
4	Convexa	0+180.000	2588.297	-5.62%	-3.74%	60.00	31.971
5	Convexa	0+330.000	2582.683	-3.74%	-1.48%	80.00	35.414
6	Cóncava	0+470.000	2580.606	-1.48%	-3.02%	40.00	26.083
7	Convexa	0+530.000	2578.796	-3.02%	5.62%	50.00	5.791
8	Cóncava	0+580.000	2581.605	5.62%	-0.62%	40.00	6.415
Fin		0+618.132	2581.380	-0.62%			

Tabla 66 Propiedades curvas verticales – Juego de la Pallca

Curva No.	Tipo	PIV	Cota	Pendiente entrada	Pendiente salida	LCV	K
Inicio		0+000.000	2585.321		5.60%		
1	Convexa	0+015.000	2586.161	5.60%	15.98%	20.00	1.927
2	Convexa	0+060.000	2593.353	15.98%	18.08%	40.00	19.061
3	Cóncava	0+100.000	2600.584	18.08%	-0.40%	30.00	1.623
4	Cóncava	0+190.000	2600.224	-0.40%	-3.17%	40.00	14.437
Fin		0+245.927	2598.450	-3.17%			

Tabla 67 Propiedades curvas verticales - Juego de Ajedrez

Curva No.	Tipo	PIV	Cota	Pendiente entrada	Pendiente salida	LCV	K
Inicio		0+000.000	2581.510		0.00%		
1	Convexa	0+015.000	2582.554	6.96%	12.11%	30.00	5.824
2	Convexa	0+125.000	2595.876	12.11%	18.69%	50.00	7.605
3	Cóncava	0+195.000	2608.955	18.69%	3.36%	45.00	2.937
Fin		0+236.770	2610.361	3.36%			

6.7. Movimiento de masas

En la Tabla 68 se exponen las cantidades totales del movimiento de tierras obtenido para cada calle del estudio. El detalle del movimiento de tierras se muestra en los anexos.

Tabla 68 Cantidades Movimiento de tierras

Calle	Corte [m ³]	Relleno [m ³]
Salto a la Soga	2127.15	207.60
Juego de la Pallca	778.85	108.11
Juego de Ajedrez	623.60	205.63
TOTAL	3529.60	521.34

7. Diseño de muros de contención

7.1. Metodología

Para las estructuras de contención parte de este estudio, se ha decidido utilizar muros de gaviones; el diseño de estos consistirá en un dimensionamiento inicial de las estructuras, para posteriormente dar paso a las verificaciones que permitan comprobar que estas cumplan con los criterios de falla de volteo, deslizamiento y capacidad de portante. Para esto es necesario conocer las presiones que el terreno lateral ejerce sobre el muro. Teniendo en cuenta lo indicado, se seguirán los pasos presentados a continuación para el diseño de cada estructura:

1. Cálculo momentos desestabilizantes
2. Cálculo momentos estabilizadores
3. Verificación por volteo
4. Verificación por deslizamiento
5. Verificación por capacidad portante

7.2. Muro de gaviones

Los muros de gaviones son estructuras que integran cajas de malla de alambre de acero que son rellenas con piedras de varios tamaños a fin de dar estabilidad a una estructura.

El uso de este tipo de muros tiene algunos beneficios tanto constructivos como funcionales. La construcción es mucho más rápida y resulta más económica comparando con los muros usados tradicionalmente para la contención del terreno (muros de hormigón armado). Funcionalmente también tienen cierta ventaja gracias a la flexibilidad del alambre que es capaz de soportar el flujo y golpeteo de agua sin desintegrarse, además la malla es más resistente a la corrosión.

Es por lo mencionado que se ha decidido utilizar este tipo de muros para este proyecto, estos estarán emplazados junto a la quebrada que limita la calle Salto a la Soga.

7.3. Ecuaciones de diseño

El diseño de los muros de contención se basa en determinar el ancho “ B ” de la estructura tal que cumpla con los criterios de falla de: volteo, deslizamiento y capacidad portante.

7.3.1. Dimensionamiento inicial

Para dar paso a la verificación de los criterios de falla, se debe adoptar el valor de B , para obtener una referencia inicial de este, se emplea la siguiente ecuación:

$$B_o = \frac{1}{2}(1 + H)$$

Ecuación 24 Valor inicial del ancho B

Donde:

B_o : ancho inicial adoptado

H : altura total del muro

7.3.2. Criterio de falla por volteo

Se debe verificar que no haya vuelco sobre la punta del muro, comprobando que los momentos resistentes sean mayores en cierta medida a los momentos desestabilizantes, debiendo cumplirse lo que se muestra a continuación:

$$FS_{(vuelco)} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \geq 2.0$$

*Ecuación 25 Factor de seguridad por vuelco
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

$FS_{(vuelco)}$: factor de seguridad por vuelco

$\sum M_R$: suma de momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco (momentos resistentes)

$\sum M_O$: suma de momentos de fuerzas que tienden a volcar sobre el punto C (momentos desestabilizantes)

A continuación, la Figura 16 muestra un esquema de la estructura a diseñar, en donde se ilustran las fuerzas que actúan sobre la misma.

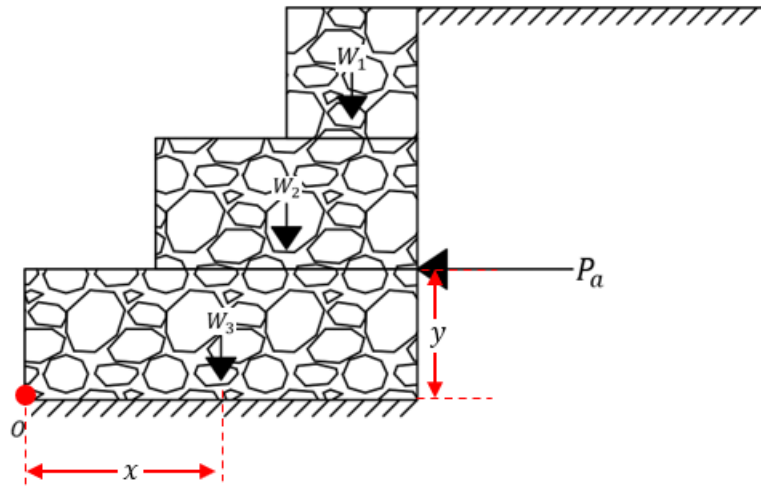


Figura 16 Esquema Muro de Contención

Momentos resistentes

Son los que contribuyen a evitar el vuelco de la estructura, debido a la configuración que se dará a los muros (Figura 16), los momentos resistentes se reducen a los provocados por el peso de la estructura.

El peso de cada uno de los bloques es calculado con la siguiente expresión:

$$W_i = V * \gamma_{Roca}$$

Donde:

W_i : peso del bloque

V : volumen del bloque

γ_{Roca} : peso específico de la roca que conforma el gavión

Los momentos son calculados en base a el punto “O” señalado en la Figura 16 que es el punto alrededor del cual se puede producir el vuelco.

Momentos desestabilizantes

Dada la configuración mostrada en la Figura 16, la única fuerza desestabilizante es la fuerza activa del terreno (P_a). Para calcular esta, se puede emplear la siguiente expresión desarrollada por Rankine.

$$P_a = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_a$$

*Ecuación 26 Presión activa del suelo
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

γ : peso específico del terreno

H : altura total del muro

K_a : coeficiente de empuje activo

$$K_a = \cos \beta * \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'^2}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'^2}} \right)$$

Donde:

β : ángulo que el terreno lateral forma con el muro

ϕ' : ángulo de fricción efectivo del terreno

7.3.3. Criterio de falla por deslizamiento

Se debe verificar que no haya deslizamiento a lo largo de la base del muro, para esto se debe verificar la siguiente relación:

$$FS_{(deslizamiento)} = \frac{\sum F_R}{\sum F_d} \geq 1.5$$

*Ecuación 27 Factor de seguridad por deslizamiento
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

$\sum F_R$: suma de fuerzas de resistencia horizontal

$\sum F_d$: suma de fuerzas impulsoras horizontales

Fuerzas de resistencia horizontal

La fuerza resistente está ubicada en la base del muro y está definida por la siguiente ecuación:

$$F_R = \sum V * \tan \phi'$$

*Ecuación 28 Fuerza de resistencia horizontal
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

$\sum V$: sumatoria de fuerzas verticales

Fuerzas impulsoras horizontales

En la Figura 16 se puede apreciar que la única fuerza horizontal que actúa deslizando a la estructura es la fuerza activa del terreno (P_a).

7.3.4. Criterio de falla por capacidad portante

La presión vertical que el muro transmite al suelo en donde será emplazado, debe ser comparada con la capacidad última de carga del mismo. Se debe cumplir lo indicado a continuación:

$$FS_{(capacidad\ de\ carga)} = \frac{q_u}{q_{max}} \geq 3.0$$

*Ecuación 29 Factor de seguridad por capacidad portante
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

q_u : capacidad última de carga del suelo

q_{max} : presión máxima transmitida por el muro al suelo

Además, se debe cumplir lo que señala la Ecuación 30, para evitar que exista un esfuerzo de tensión actuando sobre el suelo.

$$e \leq \frac{B}{6}$$

*Ecuación 30 Relación excentricidad – base
Fuente: (Das, 2015)*

Capacidad última de carga del suelo

La relación que permite calcular la capacidad del suelo se presenta a continuación.

$$q_u = c'N_cF_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B'N_\gamma F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

*Ecuación 31 Capacidad última de carga del suelo
Fuente: (Das, 2015)*

Donde:

N_c, N_q, N_γ : factores de capacidad de carga

c' : cohesión efectiva del terreno

$$q = \gamma D$$

$$B' = B - 2e$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\phi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\phi^\circ}{\phi'^\circ}\right)^2$$

$$\phi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{P_a \cos \alpha}{\sum V} \right)$$

Presión máxima transmitida por el muro al suelo

Esta se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

*Ecuación 32 Presión máxima que transmite el muro al terreno
Fuente: (Das, 2015)*

7.4. Estructuras a diseñar

Finalizado el diseño geométrico se procede a revisar el trazado final para definir los lugares al margen de la quebrada en donde será necesario emplazar muros de contención.

De esta revisión, con la ayuda del programa AutoCAD CIVIL 3D, se ha determinado que en total es necesario emplazar un total de 48 muros de contención, todos con altura

variable entre 1, 2, 3 y 4 metros, estos cubrirán una longitud total de 459 m al margen de la quebrada. La distribución de los mismos se ve a detalle en el Anexo 9.

7.5. Datos generales del diseño

La Figura 17 presenta un esquema de las estructuras a ser diseñadas, se pueden ver además los parámetros del suelo y la roca de los gaviones.

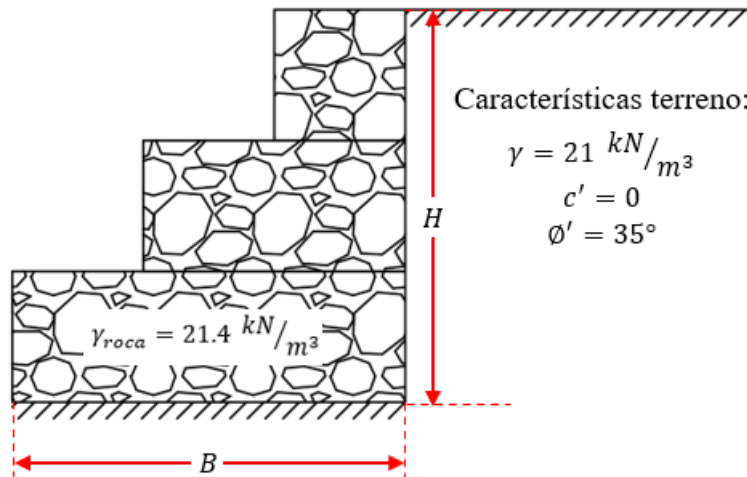


Figura 17 Esquema muro de contención

La Tabla 69 muestra los parámetros del suelo y de configuración del muro que serán iguales para todas las estructuras que se diseñarán.

Tabla 69 Parámetros generales del diseño de muros de contención

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
γ	Peso específico del terreno	21	kN/m^3
γ_{Roca}	Peso específico de la roca que conforma el gavión	21.4	kN/m^3
ϕ'	Ángulo de fricción efectivo del terreno	35	$^\circ$
c'	Cohesión efectiva del terreno	0	kN/m^2
β	Ángulo que el terreno lateral forma con el muro	0	$^\circ$

7.6. Procedimiento de diseño

7.6.1. Muro $H = 4m$

La Tabla 70 presentada a continuación, muestra los parámetros iniciales utilizados en el diseño de estos muros, mientras que la Figura 18 ilustra un esquema de la configuración adoptada para los mismos.

En seguida, se presenta una serie de tablas en donde se verifica que la estructura diseñada cumple con las verificaciones necesarias para los criterios de falla antes mencionados.

Datos iniciales y dimensionamiento

Tabla 70 Parámetros de diseño – Muro $H=4m$

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
H	Altura total del muro	4	m
B	Ancho inicial adoptado	2.5	m

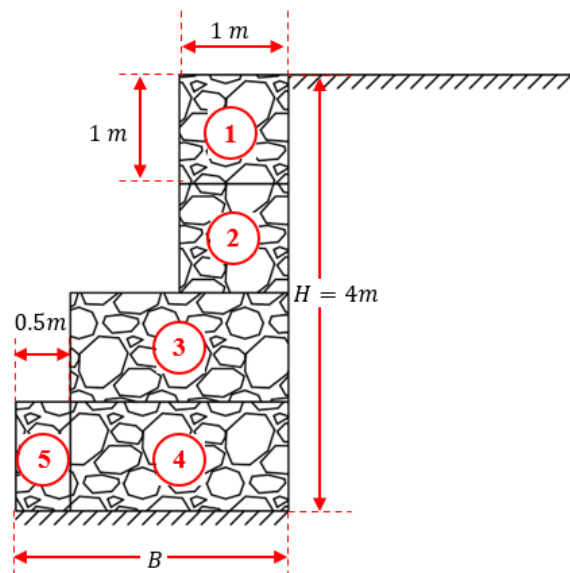


Figura 18 Configuración geométrica – Muro $H=4m$

Verificación de falla por volteo

Tabla 71 Cálculo momento actuante – Muro H=4m

Momento Actuante			
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	-
E_a	Empuje activo	45.53	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	1.33	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	60.70	kN*m

Tabla 72 Cálculo momento resistente – Muro H=4m

Momento Resistente							
Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca (γ_{Roca})	Peso parcial (W_i)	Brazo (x)	Momento (M_R)
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN*m
1	1	1	1		21.4	2.0	42.8
2	1	1	1		21.4	2.0	42.8
3	1	2	2	21.4	42.8	1.5	64.2
4	1	0.5	0.5		10.7	0.25	2.7
5	1	2	2		42.8	1.5	64.2
				$\sum V$	139.1	$\sum M_R$	216.7

Tabla 73 Verificación de falla por volteo – Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum M_R$	Suma momentos resistentes	216.68	kN*m
$\sum M_O$	Suma momentos actuantes	60.70	kN*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	3.57	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2.00	-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por deslizamiento

Tabla 74 Verificación de falla por deslizamiento – Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	97.40	kN
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	45.53	kN
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	2.14	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia	1.50	-
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por capacidad portante

Tabla 75 Verificación de falla por capacidad portante – Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
e	Excentricidad	0.13	m
$B/6$		0.42	m
$e < B/6 \therefore CUMPLE$			
B'	Ancho efectivo	2.60	m
N_c		46.12	-
N_q	Factores de capacidad de carga	33.30	-
N_γ		48.03	-
F_{cd}		1.00	-
F_{qd}		1.00	-
$F_{\gamma d}$		1.00	-
φ		18.12	°
$F_{\gamma i}$		0.23	-
$F_{qi} = F_{ci}$		0.64	-
q		0	kN/m ²
q_u	Capacidad última de carga del suelo	262.97	kN/m ²
q_{max}	Presión máxima transmitida por el muro al suelo	72.83	kN/m ²
$FS_{(capacidad)_C}$	Factor de seguridad por capacidad calculado	3.61	-
$FS_{(capacidad)_R}$	Factor de seguridad por capacidad de referencia	3.00	-
$FS_{(capacidad)_C} > FS_{(capacidad)_R} \therefore CUMPLE$			

La Figura 19 muestra el diagrama de presiones del muro de $H = 4m$.

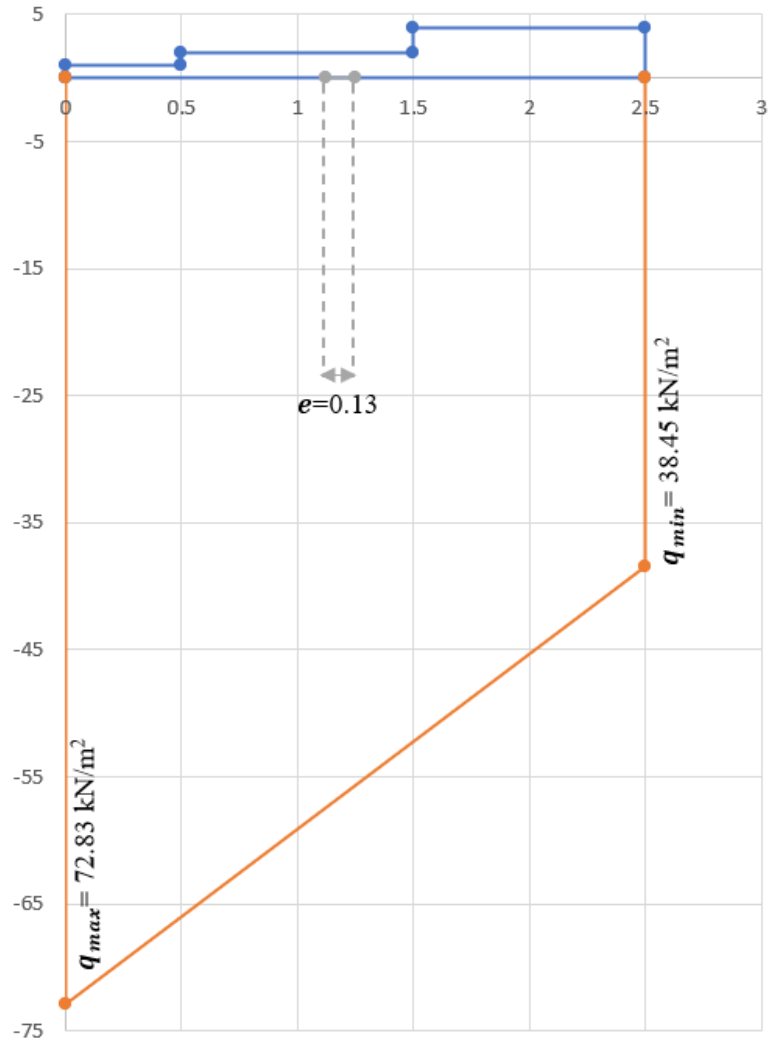


Figura 19 Diagrama de presiones - Muro H=4m

Verificación entre bloques

A continuación, se presenta la verificación de los criterios de falla por volteo y deslizamiento entre los bloques de la estructura adaptada para el muro de 4 m de altura. En donde se analizan los bloques mostrados en la figura a continuación.

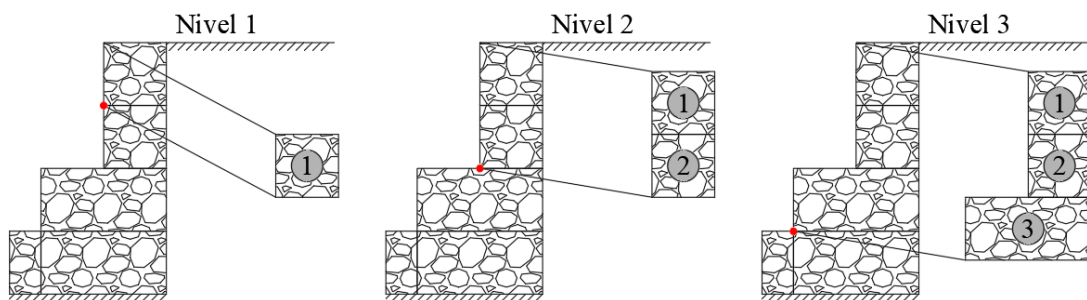


Figura 20 Bloques a ser analizados - Muro H=4m

- Dimensiones

La Tabla 76 muestra las dimensiones de los bloques (mostrados en la Figura 20) que conforman la estructura adoptada para el muro de $H = 4m$, que servirán para hacer las verificaciones respectivas.

Tabla 76 Dimensiones Bloques - Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Unidad
h	Altura del bloque	1	1	1	m
b	Ancho del bloque	1	1	2	m

- Criterio de falla por volteo

Tabla 77 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	0.27	0.27	-
E_a	Empuje activo	2.85	11.38	25.61	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	0.33	0.67	1.00	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	0.95	7.59	25.61	kN*m

Tabla 78 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=4m

Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca	Peso parcial	Brazo X	Momento
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN/m*m
Nivel 1							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	21.4	$\sum M_R$	10.7
Nivel 2							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
2	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	42.8	$\sum M_R$	21.4
Nivel 3							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
2	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
3	1	2	2	42.8	42.8	1	42.8
				$\sum V$	85.6	$\sum M_R$	64.2

Tabla 79 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Unidad
$\sum M_R$	Suma de momentos resistentes	10.7	21.4	64.2	kN/m*m
$\sum M_O$	Suma de momentos actuantes	0.95	7.59	25.61	kN/m*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	11.28	2.82	2.51	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia		2		-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$					

- **Criterio de falla por deslizamiento**

Tabla 80 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=4m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	14.98	29.97	59.94	kN/m*m
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	2.85	11.38	25.61	kN/m*m
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	5.27	2.63	2.34	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia		1.5		-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$					

7.6.2. Muros $H = 3m$

A continuación, la Tabla 81 muestra los parámetros iniciales utilizados en el diseño de los muros con altura de 3 m, mientras que la Figura 21 ilustra un esquema de la configuración adoptada para los mismos.

Por último, se presenta una serie de tablas en donde se verifica que la estructura diseñada cumple con las verificaciones necesarias para los criterios de falla antes enumerados.

Datos iniciales y dimensionamiento

Tabla 81 Parámetros de diseño – Muros H=3m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
H	Altura total del muro	3	m
B	Ancho inicial adoptado	2	m

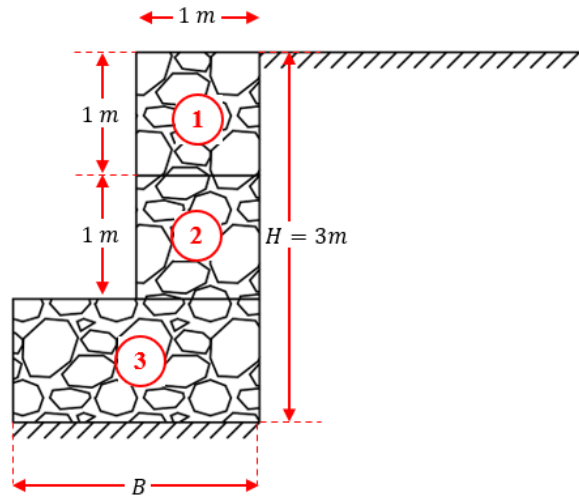


Figura 21 Configuración geométrica – Muros H=3m

Verificación de falla por volteo

Tabla 82 Cálculo momento actuante – Muros H=3m

Momento Actuante			
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	-
E_a	Empuje activo	25.61	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	1	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	25.61	kN*m

Tabla 83 Cálculo momento resistente – Muros H=3m

Momento Resistente							
Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca (γ_{Roca})	Peso parcial (W_i)	Brazo (x)	Momento (M_R)
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN*m
1	1	1	1		21.4	1.5	32.1
2	1	1	1	21.4	21.4	1.5	32.1
3	1	2	2		42.8	1.0	42.8
				$\sum V$	85.6	$\sum M_R$	107.0

Tabla 84 Verificación de falla por volteo – Muros H=3m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum M_R$	Suma momentos resistentes	107.00	kN*m
$\sum M_O$	Suma momentos actuantes	25.61	kN*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	4.18	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2.00	-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por deslizamiento

Tabla 85 Verificación de falla por deslizamiento – Muros H=3m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	59.94	kN
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	25.61	kN
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	2.34	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia	1.50	-
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por capacidad portante

Tabla 86 Verificación de falla por capacidad portante – Muros H=3m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
e	Excentricidad	0.05	m
$B/6$		0.33	m
$e < B/6 \therefore$ CUMPLE			
B'	Ancho efectivo	1.90	m
N_c		46.12	-
N_q	Factores de capacidad de carga	33.30	-
N_γ		48.03	-
F_{cd}		1.00	-
F_{qd}		1.00	-
$F_{\gamma d}$		1.00	-
φ		16.66	°
$F_{\gamma i}$		0.28	-
$F_{qi} = F_{ci}$		0.66	-
q		0	kN/m ²
q_u	Capacidad última de carga del suelo	263.46	kN/m ²
q_{max}	Presión máxima transmitida por el muro al suelo	49.11	kN/m ²
$FS_{(capacidad)_C}$	Factor de seguridad por capacidad calculado	5.36	-
$FS_{(capacidad)_R}$	Factor de seguridad por capacidad de referencia	3.00	-
$FS_{(capacidad)_C} > FS_{(capacidad)_R} \therefore$ CUMPLE			

La Figura 22 muestra el diagrama de presiones del muro de $H = 3m$.

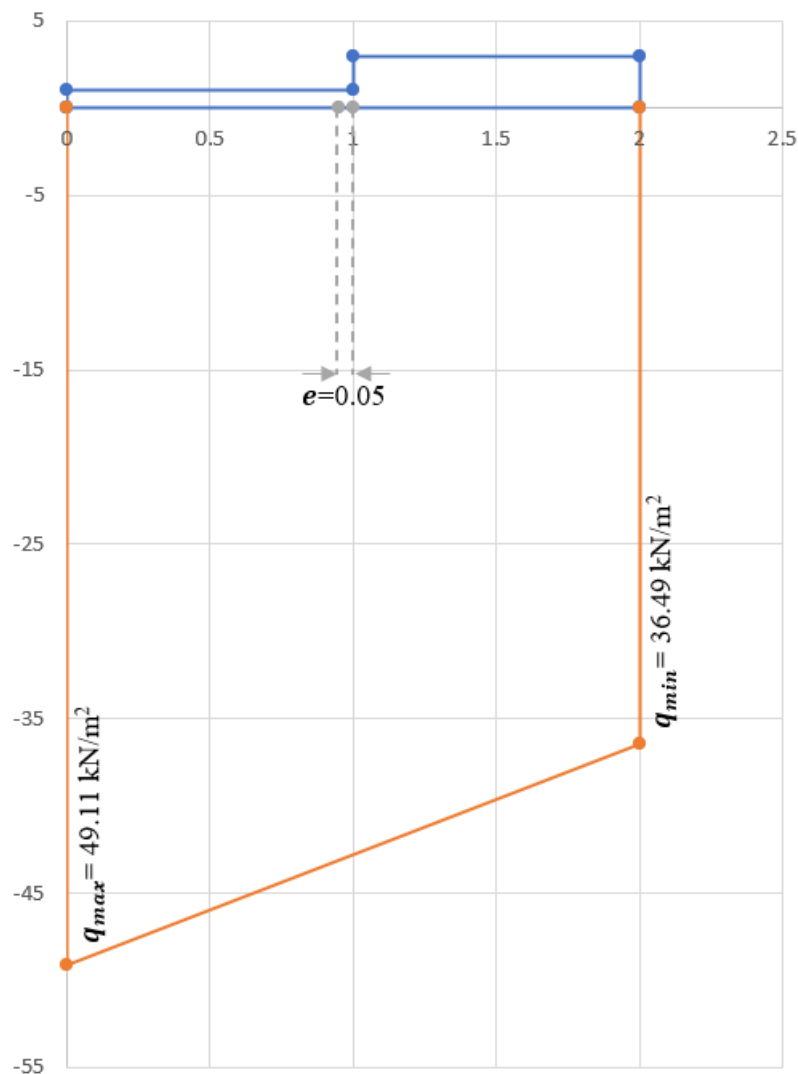


Figura 22 Diagrama de presiones - Muro $H=3m$

Verificación entre bloques

A continuación, se presenta la verificación de los criterios de falla por volteo y deslizamiento entre los bloques de la estructura adaptada para el muro de 3 m de altura. En donde se analizan los bloques mostrados en la Figura 23.

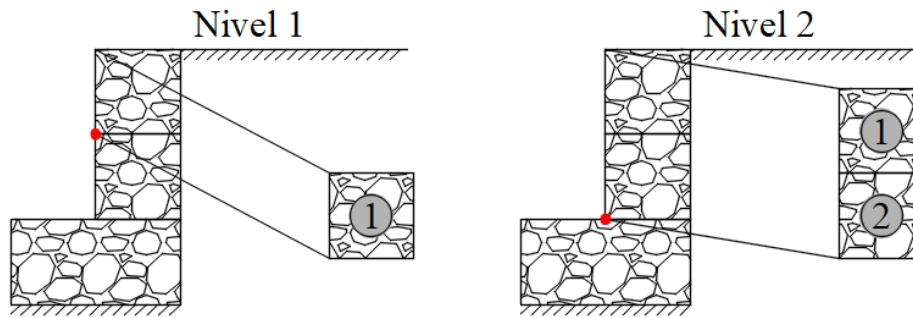


Figura 23 Bloques a ser analizados - Muro H=3m

- Dimensiones

La Tabla 87 muestra las dimensiones de los bloques (mostrados en la Figura 23) que conforman la estructura adoptada para el muro de $H = 4m$, que servirán para hacer las verificaciones respectivas.

Tabla 87 Dimensiones Bloques - Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Bloque 1	Bloque 2	Unidad
h	Altura del bloque	1	1	m
b	Ancho del bloque	1	1	m

- Criterio de falla por volteo

Tabla 88 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	0.27	-
E_a	Empuje activo	2.85	11.38	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	0.33	0.67	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	0.95	7.59	kN*m

Tabla 89 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=3m

Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca	Peso parcial	Brazo X	Momento
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN/m*m
Nivel 1							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	21.4	$\sum M_R$	10.7
Nivel 2							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
2	1	1	1		21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	42.8	$\sum M_R$	21.4

Tabla 90 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Unidad
$\sum M_R$	Suma de momentos resistentes	10.7	21.4	kN/m*m
$\sum M_O$	Suma de momentos actuantes	0.95	7.59	kN/m*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	11.28	2.82	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2		-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$				

- **Criterio de falla por deslizamiento**

Tabla 91 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	14.98	29.97	kN/m*m
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	2.85	11.38	kN/m*m
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	5.27	2.63	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia		1.5	
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore CUMPLE$				

7.6.3. Muros $H = 2m$

A continuación, la Tabla 92 muestra los parámetros iniciales utilizados en el diseño de estos muros, mientras que la Figura 24 ilustra un esquema de la configuración adoptada para los mismos.

Por último, se presenta una serie de tablas en donde se verifica que la estructura diseñada cumple con las verificaciones necesarias para los criterios de falla antes enumerados.

Datos iniciales y dimensionamiento

Tabla 92 Parámetros de diseño – Muros $H=2m$

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
H	Altura total del muro	2	m
B	Ancho inicial adoptado	1.5	m

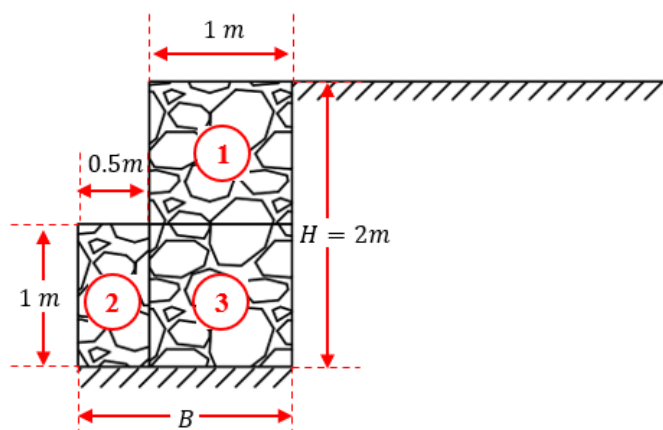


Figura 24 Configuración geométrica – Muros $H=2m$

Verificación de falla por volteo

Tabla 93 Cálculo momento actuante – Muros $H=2m$

Momento Actuante			
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	-
E_a	Empuje activo	11.38	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	0.67	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	7.59	kN*m

Tabla 94 Cálculo momento resistente – Muros H=2m

Momento Resistente							
Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca (γ_{Roca})	Peso parcial (W_i)	Brazo (x)	Momento (M_R)
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN*m
1	1	1	1		21.4	1.0	21.4
2	1	0.5	0.5	21.4	10.7	0.25	2.7
3	1	1	1		21.4	0.75	16.1
				$\sum V$	53.5	$\sum M_R$	40.1

Tabla 95 Verificación de falla por volteo – Muros H=2m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum M_R$	Suma momentos resistentes	40.13	kN*m
$\sum M_O$	Suma momentos actuantes	7.59	kN*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	5.29	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2.00	-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por deslizamiento

Tabla 96 Verificación de falla por deslizamiento – Muros H=2m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	37.46	kN
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	11.38	kN
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	3.29	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia	1.50	-
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por capacidad portante

Tabla 97 Verificación de falla por capacidad portante – Muros H=2m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
e	Excentricidad	0.14	m
$B/6$		0.25	m
$e < B/6 \therefore$ CUMPLE			
B'	Ancho efectivo	1.22	m
N_c		46.12	-
N_q	Factores de capacidad de carga	33.30	-
N_γ		48.03	-
F_{cd}		1.00	-
F_{qd}		1.00	-
$F_{\gamma d}$		1.00	-
φ		12.01	°
$F_{\gamma i}$		0.21	-
$F_{qi} = F_{ci}$		0.75	-
q		0	kN/m ²
q_u	Capacidad última de carga del suelo	264.66	kN/m ²
q_{max}	Presión máxima transmitida por el muro al suelo	55.90	kN/m ²
$FS_{(capacidad)_C}$	Factor de seguridad por capacidad calculado	4.73	-
$FS_{(capacidad)_R}$	Factor de seguridad por capacidad de referencia	3.00	-
$FS_{(capacidad)_C} > FS_{(capacidad)_R} \therefore$ CUMPLE			

La Figura 25 muestra el diagrama de presiones del muro de $H = 2m$.

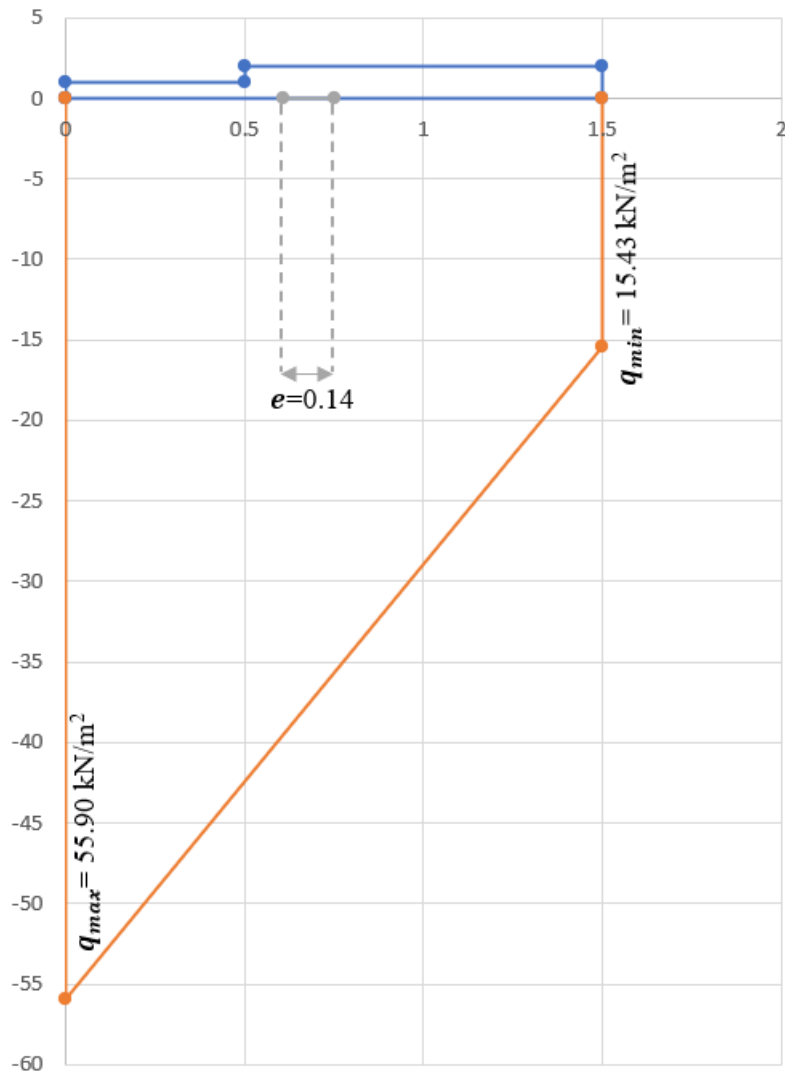


Figura 25 Diagrama de presiones - Muro H=2m

Verificación entre bloques

A continuación, se presenta la verificación de los criterios de falla por volteo y deslizamiento entre los bloques de la estructura adaptada para el muro de 2 m de altura. En donde se analizan los bloques mostrados en la Figura 26.

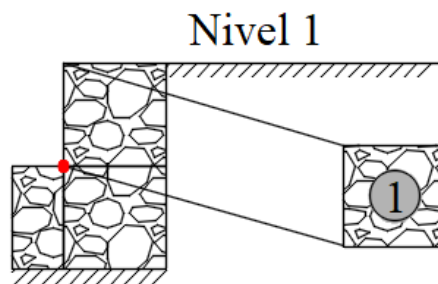


Figura 26 Bloques a ser analizados - Muro H=2m

- Dimensiones

La Tabla 87 muestra las dimensiones de los bloques (mostrados en la Figura 23Figura 20) que conforman la estructura adoptada para el muro de $H = 4m$, que servirán para hacer las verificaciones respectivas.

Tabla 98 Dimensiones Bloques - Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Bloque 1	Unidad
h	Altura del bloque	1	m
b	Ancho del bloque	1	m

- Criterio de falla por volteo

Tabla 99 Cálculo momentos actuantes - Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	-
E_a	Empuje activo	2.85	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	0.33	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	0.95	kN*m

Tabla 100 Cálculo momentos resistentes - Bloques Muro H=3m

Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca	Peso parcial	Brazo X	Momento
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN/m*m
Nivel 1							
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	21.4	$\sum M_R$	10.7

Tabla 101 Verificación de falla por volteo – Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Unidad
$\sum M_R$	Suma de momentos resistentes	10.7	kN/m*m
$\sum M_O$	Suma de momentos actuantes	0.95	kN/m*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	11.28	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2	-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore \text{CUMPLE}$			

- **Criterio de falla por deslizamiento**

Tabla 102 Verificación de falla por deslizamiento – Bloques Muro H=3m

Parámetro	Descripción	Nivel 1	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	14.98	kN/m*m
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	2.85	kN/m*m
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	5.27	-
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia	4.5	-
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore \text{CUMPLE}$			

7.6.4. Muro $H = 1m$

La Tabla 103 muestra los parámetros iniciales utilizados en el diseño de este muro, mientras que la Figura 27 ilustra un esquema de la configuración adoptada para el mismo.

En seguida, se presenta una serie de tablas en donde se verifica que la estructura diseñada cumple con las verificaciones necesarias para los criterios de falla antes mencionados.

Datos iniciales y dimensionamiento

Tabla 103 Parámetros de diseño – Muro H=1m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
H	Altura total del muro	1	m
B	Ancho inicial adoptado	1	m

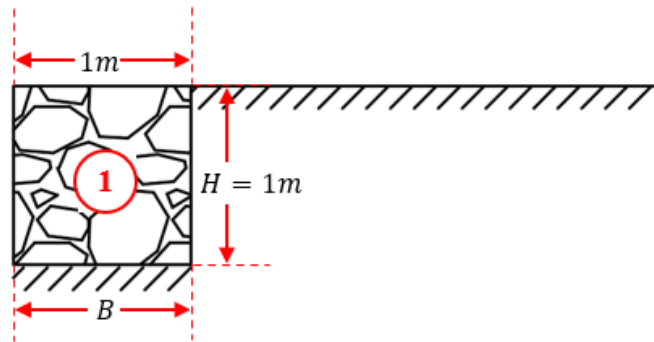


Figura 27 Configuración geométrica – Muro H=1m

Verificación de falla por volteo

Tabla 104 Cálculo momento actuante – Muro H=1m

Momento Actuante			
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
k_a	Coefficiente de empuje activo	0.27	-
E_a	Empuje activo	2.85	kN
y_{E_a}	Altura de aplicación del empuje activo	0.33	m
M_{E_a}	Momento ocasionado por el empuje activo	0.95	kN*m

Tabla 105 Cálculo momento resistente – Muro H=1m

Momento Resistente							
Bloque No.	Altura	Ancho	Área	Peso Unitario roca (γ_{Roca})	Peso parcial (W_i)	Brazo (x)	Momento (M_R)
	m	m	m ²	kN/m ³	kN/m	m	kN*m
1	1	1	1	21.4	21.4	0.5	10.7
				$\sum V$	21.4	$\sum M_R$	10.7

Tabla 106 Verificación de falla por volteo – Muro H=1m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum M_R$	Suma momentos resistentes	10.70	kN*m
$\sum M_O$	Suma momentos actuantes	0.95	kN*m
$FS_{(volteo)_C}$	Factor de seguridad por volteo calculado	11.28	-
$FS_{(volteo)_R}$	Factor de seguridad por volteo de referencia	2.00	-
$FS_{(volteo)_C} > FS_{(volteo)_R} \therefore CUMPLE$			

Verificación por criterio de falla por deslizamiento

Tabla 107 Verificación de falla por deslizamiento – Muro H=1m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\sum F_R$	Fuerzas de resistencia horizontal	14.98	kN
$\sum F_d$	Fuerzas impulsoras horizontales	2.85	kN
$FS_{(deslizamiento)_R}$	Factor de seguridad por deslizamiento de referencia	1.50	-
$FS_{(deslizamiento)_C}$	Factor de seguridad por deslizamiento calculado	5.27	-
$FS_{(deslizamiento)_C} > FS_{(deslizamiento)_R} \therefore \text{CUMPLE}$			

Verificación por criterio de falla por capacidad portante

Tabla 108 Verificación de falla por capacidad portante – Muro H=1m

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
e	Excentricidad	0.04	m
$B/6$		0.17	m
$e < B/6 \therefore \text{CUMPLE}$			
B'	Ancho efectivo	0.91	m
N_c		46.12	-
N_q	Factores de capacidad de carga	33.30	-
N_γ		48.03	-
F_{cd}		1.00	-
F_{qd}		1.00	-
$F_{\gamma d}$		1.00	-
φ		7.57	°
$F_{\gamma i}$		0.61	-
$F_{qi} = F_{ci}$		0.84	-
q		0	kN/m ²
q_u	Capacidad última de carga del suelo	282.21	kN/m ²
q_{max}	Presión máxima transmitida por el muro al suelo	27.09	kN/m ²
$FS_{(capacidad)_C}$	Factor de seguridad por capacidad calculado	10.42	-
$FS_{(capacidad)_R}$	Factor de seguridad por capacidad de referencia	3.00	-
$FS_{(capacidad)_C} > FS_{(capacidad)_R} \therefore \text{CUMPLE}$			

La Figura 28 muestra el diagrama de presiones del muro de $H = 1m$.

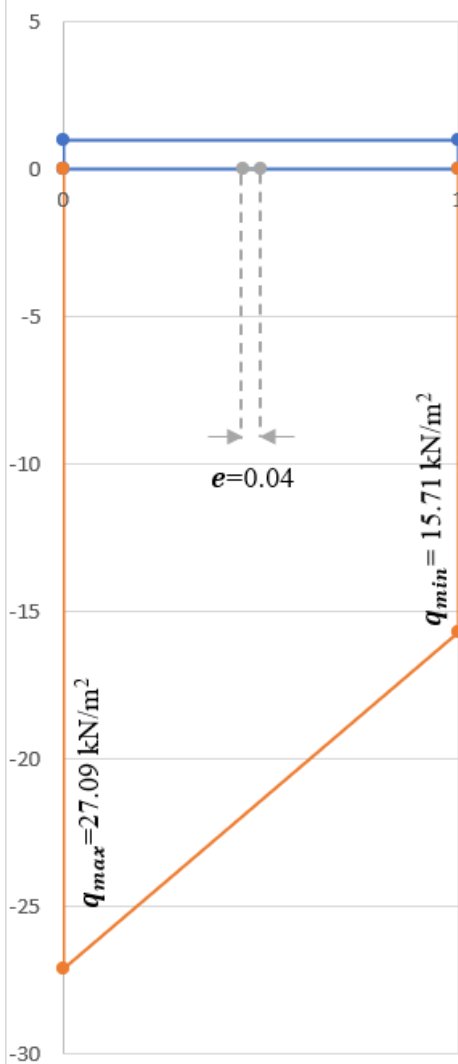


Figura 28 Diagrama de presiones - Muro $H=1\text{m}$

8. Presupuesto

Se presenta a continuación el presupuesto generado para la construcción de la obra, para una estructura de pavimento rígido. Este fue realizado utilizando los rubros de la base de datos proporcionada por ETAPA EP, cuyos costos corresponden a enero de 2022.

Tabla 109 Presupuesto

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		MOVIMIENTO DE TIERRAS				31,543.54
1.1	501001	Replanteo y nivelación de vías	m	1,239.86	3.13	3,880.77
1.2	504033	Excavación a máquina material sin clasificar con excavadora de oruga	m ³	3,882.56	1.54	5,979.14
1.3	506002	Cargado de material con cargadora	m ³	3,882.56	1.00	3,882.56
1.4	506014	Transporte de materiales hasta 5 km, incluye pago en escombrera	m ³	3,882.56	2.26	8,774.59
1.5	505040	Relleno compactado con material de sitio con equipo pesado	m ³	573.47	15.74	9,026.48
2		MUROS, VEREDAS Y BORDILLOS				159,191.10
2.1	527063	Replantillo de piedra e = 10 cm	m ²	3,401.05	6.11	20,780.41
2.2	505040	Relleno compactado con material de sitio con equipo pesado	m ³	680.21	15.74	10,706.50
2.3	501010	Encofrado Recto para estructuras de hormigón visto	m ²	1,091.08	15.06	16,431.64
2.4	507011	Hormigón Simple f'c= 280 Kg/cm ²	m ³	680.21	129.89	88,352.46
2.5	501005	Encofrado metálico chaflán para bordillo, h=40 cm	m	2,727.70	6.73	18,357.39
2.6	527029	Bordillo parterre de 20x40 cm, f'c = 210Kg/cm ²	m	2,479.72	1.84	4,562.69
3		CALZADA	m ²			143,143.92
3.1	505039	Relleno compactado con material de mejoramiento con equipo pesado.	m ³	1,036.24	15.74	16,310.44
3.2	535912	Suministro y colocación de material de base	m ³	535.39	26.05	13,946.95
3.3	501006	Encofrado metalico pavimento	m	1,363.85	6.60	9,001.40
3.4	528001	Losa de Pavimento Hormigón f'c (28) = 350 kg/cm ²	m ³	518.12	174.44	90,380.99
3.5	513003	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm ²	Kg	2,441.29	1.97	4,809.33
3.6	509001	Curado de superficie con aditivo químico	m ²	3,454.14	0.61	2,107.02
3.7	527024	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	2,039.56	3.23	6,587.78
4		SEÑALIZACION				6,745.46

4.1	531005	Pintura para señalización de tráfico con equipo line lazer, franja de 12.5cm	m	4,091.54	1.13	6,745.46
5	MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					1,185.59
5.1	532003	Señalización con cinta	m	100.00	0.22	22.00
5.2	532001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	5.00	26.47	132.35
5.3	532007	Bloques de hormigón para protección de vías	u	4.00	16.02	64.08
5.5	532006	Cobertura de plástico (5 usos)	m ²	3,140.13	0.28	967.16
6	MUROS DE CONTENCIÓN					51,616.79
6.1	540230	Sum,-Ins, Gavión 0,5x1,0x2,0 (incluye piedra)	m ³	23.00	101.09	2,325.07
6.2	540229	Sum,-Ins, Gavión 2,0x1,0x1,0 (incluye piedra)	m ³	108.00	89.68	9,685.44
6.3	540235	Sum,-Ins, Gavión 1,0x1,0x1,0 (incluye piedra)	m ³	544.00	71.77	39,042.88
6.4	540240	Sum,-Ins, Gavión 0,5x1,0x3,0 (incluye piedra)	m ³	4.50	125.20	563.40
SUBTOTAL						393,426.39
IVA					12 %	47,211.17
TOTAL						440,637.55
Son: CUATROCIENTOS CUARETA MIL SEISCIENTOS TREINTA Y SIETE CON 55/100 DÓLARES						

9. Conclusiones y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

Se lograron realizar los estudios y diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, ubicadas al sur de la ciudad de Cuenca, contemplando el diseño geométrico, de pavimentos y de muros de contención.

En el estudio topográfico se logró identificar un par de puntos ubicados por ETAPA EP que sirvieron para georreferenciar el proyecto. Se realizó el cierre de una poligonal para dar paso al levantamiento de la información topográfica.

El estudio geotécnico lo llevó a cabo la empresa TITANIUM ROAD en donde a través de ensayos de laboratorio se obtuvo el valor de *CBR* de la subrasante igual a 3.40%. Gracias a las hojas geológicas del IGM se ubicaron a las calles sobre la terraza No. 3, y utilizando la información del proyecto PRECUPA, se obtuvieron otras características del suelo del sitio, como los parámetros de resistencia de material.

El estudio de tráfico consistió en un conteo vehicular de 3 días de duración. Con los datos recopilados, y el uso de una estación maestra, se obtuvieron los valores de factores que se relacionan con el valor del *TPDA*, llegándose a obtener un valor del *TPDA* actual de 1192 veh. Para proyectar este valor al final del periodo de diseño (20 años), se utilizan tasas de crecimiento distinguiendo los vehículos livianos de los pesados, se obtiene un valor del *TPDA* al final del periodo de diseño igual a 2742 veh.

Se realizó el diseño de pavimentos flexibles y rígidos para el periodo de diseño. La estructura del pavimento flexible resultó ser de 64.50 cm, con una capa de rodadura de 13.0 cm, una capa de base de 15.5 cm y subbase de 36.0 cm de espesor. Por otro lado, el pavimento rígido resultó de un espesor total de 33.5 cm, con una capa de rodadura de 18.0 cm y una de base de 15.5 cm.

El diseño geométrico de las vías fue realizado en lo posible apeándose a lo que indican las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del MOP, sin embargo, al estar ubicadas en una zona urbanizada, el diseño tuvo que adaptarse a las estructuras existentes adyacentes a las vías.

A pesar de que algunos de los parámetros obtenidos en el diseño no cumplen con lo especificado en las normas para la velocidad de diseño adoptada (50 Km/h), estos se acercan a valores que son adecuados para velocidades entre 30 a 40 Km/h, las cuales son velocidades de circulación que se esperarían en las vías al ser estas residenciales.

9.2. Recomendaciones

Se recomienda el uso de la estructura de pavimento rígido diseñada, ya que las vías pavimentadas de la zona también cuentan con este tipo de pavimento por lo que el funcionamiento de la conexión entre estos (rígido-rígido) sería mejor. Además, la estructura de pavimento rígido requiere un mantenimiento menos frecuente que el de un pavimento flexible, lo que disminuye los costos a largo plazo.

Respecto al diseño de muros de contención, se recomienda hacer ensayos de laboratorios para determinar los parámetros de resistencia del material de la zona, los diseños presentados en este estudio fueron realizados con los parámetros obtenidos del proyecto PRECUPA, que caracterizan de manera muy global a los suelos, por lo que los parámetros utilizados no son necesariamente los más exactos.

Se deben actualizar los precios del presupuesto de acuerdo al año en el que se vaya a ejecutar la obra; el presupuesto expuesto contempla precios de materiales y mano de obra del año 2022.

Se recomienda realizar el estudio ambiental previo a la ejecución del proyecto, el cual no es presentado por el alcance del trabajo de titulación.








Referencias bibliográficas

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures* (Vol. 1).
- Bojorque, J. (2021). *Análisis de esfuerzos en pavimentos de concreto tipo whitetopping: Caso de estudio vía Biblián-Zhud*. 12, 8.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (8va). Alfaomega.
- CSS. (1998). *Proyecto PRECUPA*.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (4a. Ed.)*. Cengage Learning.
- Flores, J. (2016). *Modelo de caracterización de la movilidad vehicular en el Centro Histórico de Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Gordillo, D., & Miguitama, B. (2018). *Determinación de los factores de mayoración del tráfico primedio diario anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca*.
- Grisales, J. C. (2004). *Diseño geométrico de carreteras*. ECOE Ediciones.
- Ibarra, U., & Trinidad, J. (2010). *El modelo logístico: Una alternativa para el estudio del crecimiento poblacional de organismos*. 12.
- INFORME DE EVALUACIÓN TÉCNICA.pdf*. (s/f). Recuperado el 27 de marzo de 2022, de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/CUENCA-AZOGUES-BIBLIAN_INFORME-EVALUACION-TECNICA-CUENCA-AZOGUES-BIBLIAN-VF.pdf
- Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras—2003*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). *Norma para estudios y diseño vial. Volumen N 2—Libro A*. 382.
- Montejo, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia.




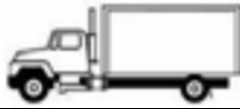
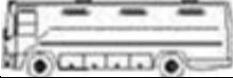


Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Guía Metodológica para el cálculo de la distribución de recursos de la competencia de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial a los gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales.*

Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). *Topografía* (14a ed.). Alfaomega.

Anexo 2 Conteo vehicular 03/12/2021








Fecha:		Viernes 3 de diciembre de 2021						
Sentido:		Este - Oeste						
	Tipo de vehículo							
	Liviano		Pesado			Otros		Peatones
	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	
Hora								
6:00-6:15	2	2	0	1	0	0	0	3
6:15-6:30	1	1	1	0	0	0	0	2
6:30-6:45	2	1	0	0	0	0	0	3
6:45-7:00	5	0	0	0	0	0	0	1
7:00-7:15	6	1	0	0	0	1	0	1
7:15-7:30	6	3	0	0	0	0	2	6
7:30-7:45	15	4	1	0	1	0	0	3
7:45-8:00	5	0	0	0	0	0	0	5
8:00-8:15	5	2	1	0	0	1	0	0
8:15-8:30	4	2	0	0	0	1	0	2
8:30-8:45	3	1	0	0	0	0	0	3
8:45-9:00	4	0	0	1	0	0	0	0
9:00-9:15	5	2	0	0	0	0	1	2
9:15-9:30	5	2	0	0	0	0	0	0
9:30-9:45	3	2	0	0	0	1	0	3
9:45-10:00	4	0	0	0	0	0	0	4
10:00-10:15	2	0	0	0	0	2	0	4
10:15-10:30	1	0	0	0	0	0	0	2
10:30-10:45	4	0	0	0	0	0	0	1
10:45-11:00	2	0	0	0	0	0	1	0
11:00-11:15	1	3	1	0	0	1	0	2
11:15-11:30	2	2	0	1	0	0	0	5
11:30-11:45	3	2	0	1	0	0	0	7
11:45-12:00	5	0	0	0	0	0	0	5

Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	7	2	0	0	0	0	1	1
12:15-12:30	5	1	0	0	0	0	0	7
12:30-12:45	6	2	0	0	0	3	0	2
12:45-13:00	6	1	0	0	0	0	0	1
13:00-13:15	4	3	0	0	0	0	0	1
13:15-13:30	2	2	0	0	0	0	0	3
13:30-13:45	7	2	0	0	0	0	0	5
13:45-14:00	2	2	0	0	2	0	0	3
14:00-14:15	7	0	2	0	0	1	0	0
14:15-14:30	4	0	0	0	0	1	1	8
14:30-14:45	7	2	0	0	0	0	1	3
14:45-15:00	2	1	0	0	0	0	0	4
15:00-15:15	7	0	0	0	0	0	0	7
15:15-15:30	5	0	0	1	0	0	1	1
15:30-15:45	4	1	0	0	0	1	1	3
15:45-16:00	2	1	0	1	0	1	0	6
16:00-16:15	2	4	0	2	0	0	0	7
16:15-16:30	4	0	0	0	0	1	0	0
16:30-16:45	4	1	1	0	0	0	0	2
16:45-17:00	8	2	0	2	0	0	0	4
17:00-17:15	6	0	0	0	0	1	2	6
17:15-17:30	8	0	0	1	0	0	1	8
17:30-17:45	3	0	0	0	0	1	1	2
17:45-18:00	5	3	0	0	0	1	0	5
18:00-18:15	3	3	1	0	0	0	2	4
18:15-18:30	15	10	0	1	0	2	0	4
18:30-18:45	29	17	0	1	0	3	0	1
18:45-19:00	3	13	0	1	1	2	0	4
19:00-19:15	5	10	1	1	0	2	0	3
19:15-19:30	3	4	0	0	0	1	1	2
19:30-19:45	1	4	0	0	0	1	1	2
19:45-20:00	3	3	0	0	0	1	0	0








Fecha:		Viernes 3 de diciembre de 2021						
Sentido:		Oeste - Este						
Hora	Tipo de vehículo							
	Liviano		Pesado			Otros		Peatones
	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	
								
6:00-6:15	1	1	1	0	0	0	0	3
6:15-6:30	1	1	0	0	0	0	0	0
6:30-6:45	1	0	1	0	0	1	0	6
6:45-7:00	2	2	4	0	0	0	1	5
7:00-7:15	7	4	0	0	1	0	0	11
7:15-7:30	6	1	3	0	0	0	0	5
7:30-7:45	9	4	2	0	0	0	2	3
7:45-8:00	8	1	0	0	0	0	0	1
8:00-8:15	3	3	0	0	0	0	0	6
8:15-8:30	7	0	0	0	0	1	1	3
8:30-8:45	1	2	0	0	0	0	0	2
8:45-9:00	3	3	0	0	0	0	0	2
9:00-9:15	1	3	0	0	0	0	0	6
9:15-9:30	4	1	0	0	0	0	1	1
9:30-9:45	0	1	0	0	0	2	0	1
9:45-10:00	3	3	1	1	0	0	0	1
10:00-10:15	3	2	0	0	0	1	0	7
10:15-10:30	3	2	0	0	0	0	0	2
10:30-10:45	2	2	0	0	0	1	2	11
10:45-11:00	2	5	0	0	0	1	0	4
11:00-11:15	0	1	0	0	0	0	0	3
11:15-11:30	3	0	0	0	0	1	0	3
11:30-11:45	3	0	0	0	0	0	0	3
11:45-12:00	5	1	0	0	0	2	0	2

Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	4	3	1	1	0	0	0	0
12:15-12:30	9	1	1	0	0	0	0	6
12:30-12:45	2	0	0	0	1	0	1	4
12:45-13:00	0	3	1	0	0	0	0	1
13:00-13:15	8	0	1	0	0	2	0	2
13:15-13:30	5	1	0	0	0	1	0	3
13:30-13:45	1	2	1	0	0	0	0	3
13:45-14:00	2	0	1	0	0	1	0	5
14:00-14:15	3	0	0	0	0	2	1	5
14:15-14:30	4	3	0	1	0	2	0	3
14:30-14:45	4	5	0	0	0	0	0	5
14:45-15:00	5	0	1	0	0	1	0	5
15:00-15:15	9	0	0	0	0	0	0	3
15:15-15:30	5	0	0	0	0	1	0	6
15:30-15:45	2	4	0	0	0	0	0	2
15:45-16:00	6	1	0	0	0	0	2	1
16:00-16:15	0	1	1	1	0	3	2	3
16:15-16:30	5	1	1	0	0	2	1	2
16:30-16:45	1	3	0	1	0	0	0	8
16:45-17:00	5	0	0	1	0	0	0	7
17:00-17:15	4	1	1	1	0	0	1	2
17:15-17:30	9	1	0	0	0	1	1	8
17:30-17:45	3	1	0	0	0	0	1	12
17:45-18:00	5	3	0	0	0	1	0	0
18:00-18:15	4	1	0	1	0	0	1	15
18:15-18:30	8	1	1	0	0	0	1	12
18:30-18:45	11	2	0	0	0	0	1	7
18:45-19:00	9	1	2	0	0	1	2	2
19:00-19:15	5	2	1	1	0	1	2	5
19:15-19:30	5	1	0	0	0	1	1	3
19:30-19:45	2	1	0	0	0	0	0	2
19:45-20:00	2	1	1	0	0	1	0	2

Anexo 3 Conteo vehicular 04/12/2021

Fecha:		Sábado 4 de diciembre de 2021						
Sentido:		Este - Oeste						
Hora	Tipo de vehículo							
	Liviano		Pesado			Otros		Peatones
	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	
								
6:00-6:15	7	1	1	0	1	0	0	2
6:15-6:30	2	0	0	0	0	0	0	2
6:30-6:45	0	0	0	0	0	0	0	0
6:45-7:00	2	0	0	0	0	0	0	0
7:00-7:15	4	1	0	0	0	0	0	4
7:15-7:30	1	0	0	1	0	0	0	6
7:30-7:45	2	0	0	0	0	0	1	2
7:45-8:00	3	1	0	0	0	0	0	2
8:00-8:15	10	4	0	0	0	1	0	5
8:15-8:30	9	6	0	0	0	0	0	2
8:30-8:45	20	5	0	1	0	0	3	11
8:45-9:00	14	1	0	0	0	2	4	6
9:00-9:15	12	8	0	0	0	2	3	2
9:15-9:30	17	4	1	1	0	1	1	1
9:30-9:45	13	2	0	1	0	2	0	3
9:45-10:00	12	4	0	2	0	1	0	1
10:00-10:15	12	2	1	0	0	0	0	1
10:15-10:30	12	3	0	0	0	4	0	3
10:30-10:45	17	5	0	0	0	1	1	4
10:45-11:00	13	4	0	1	0	2	1	1
11:00-11:15	13	2	0	2	0	0	2	1
11:15-11:30	18	5	0	1	0	4	0	3
11:30-11:45	17	5	0	0	0	0	0	0
11:45-12:00	22	6	0	0	0	2	0	10








Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	24	5	1	1	0	1	0	9
12:15-12:30	21	3	0	0	0	2	0	5
12:30-12:45	19	7	1	0	0	0	2	8
12:45-13:00	21	2	0	2	1	0	2	8
13:00-13:15	34	5	1	2	0	1	0	2
13:15-13:30	33	3	0	1	0	4	0	6
13:30-13:45	4	3	0	0	0	0	0	5
13:45-14:00	19	5	1	2	0	1	1	3
14:00-14:15	16	5	2	1	0	0	1	2
14:15-14:30	37	10	0	1	1	3	1	6
14:30-14:45	31	11	2	0	0	2	1	10
14:45-15:00	46	7	1	2	0	1	0	5
15:00-15:15	32	9	3	1	0	2	1	1
15:15-15:30	6	2	0	0	0	1	1	4
15:30-15:45	3	0	0	0	0	0	0	11
15:45-16:00	6	0	0	0	0	0	1	6
16:00-16:15	5	0	0	0	0	1	2	5
16:15-16:30	5	0	0	0	0	0	2	5
16:30-16:45	3	1	0	0	0	1	0	7
16:45-17:00	4	1	0	0	0	0	0	3
17:00-17:15	6	2	0	0	0	0	1	4
17:15-17:30	7	2	0	0	0	1	3	9
17:30-17:45	4	3	0	0	0	1	1	5
17:45-18:00	7	0	0	0	0	1	0	6
18:00-18:15	2	0	0	0	0	0	0	3
18:15-18:30	3	2	0	0	0	2	0	0
18:30-18:45	4	1	0	0	0	0	1	6
18:45-19:00	2	1	0	0	0	0	0	3
19:00-19:15	3	2	0	0	0	1	2	2
19:15-19:30	3	1	0	0	0	1	0	2
19:30-19:45	2	2	0	0	0	2	0	3
19:45-20:00	2	2	1	1	0	2	1	0

Fecha:		Sábado 4 de diciembre de 2021						
Sentido:		Oeste - Este						
Hora	Tipo de vehículo							
	Liviano		Pesado			Otros		Peatones
	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	
								
6:00-6:15	1	0	0	0	0	0	0	0
6:15-6:30	2	0	0	0	0	0	0	4
6:30-6:45	0	0	0	0	0	0	0	0
6:45-7:00	1	1	1	0	0	0	0	8
7:00-7:15	3	1	0	0	0	0	0	0
7:15-7:30	6	1	0	0	0	0	0	18
7:30-7:45	3	3	0	0	0	1	0	0
7:45-8:00	12	1	0	0	0	0	0	3
8:00-8:15	9	4	0	0	0	2	0	8
8:15-8:30	6	2	0	0	0	0	0	8
8:30-8:45	24	5	0	2	0	1	3	16
8:45-9:00	18	3	0	0	0	2	1	8
9:00-9:15	20	4	0	1	0	2	0	8
9:15-9:30	19	0	0	0	0	1	1	5
9:30-9:45	17	2	0	1	0	3	0	8
9:45-10:00	12	1	0	0	0	1	0	5
10:00-10:15	16	1	1	3	0	4	1	4
10:15-10:30	8	4	0	0	0	2	0	2
10:30-10:45	13	4	0	0	0	1	0	17
10:45-11:00	4	0	0	1	0	0	0	11
11:00-11:15	17	0	0	0	0	0	1	8
11:15-11:30	14	2	0	1	0	3	0	11
11:30-11:45	10	1	0	0	0	0	0	0
11:45-12:00	15	1	0	1	0	0	1	12

Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	16	3	0	0	0	0	0	4
12:15-12:30	15	2	1	0	0	0	1	14
12:30-12:45	14	1	1	0	0	0	0	10
12:45-13:00	14	3	0	0	0	0	1	10
13:00-13:15	21	3	2	2	0	1	1	10
13:15-13:30	11	3	1	0	0	2	0	5
13:30-13:45	5	2	0	0	0	0	0	5
13:45-14:00	2	3	1	0	0	0	2	5
14:00-14:15	3	2	0	1	0	0	0	4
14:15-14:30	7	1	0	0	0	1	1	7
14:30-14:45	1	2	0	0	0	0	1	0
14:45-15:00	4	1	0	0	0	0	0	0
15:00-15:15	9	1	0	0	0	0	0	5
15:15-15:30	7	1	1	0	0	1	0	4
15:30-15:45	2	1	0	0	0	2	0	1
15:45-16:00	5	0	0	0	0	0	22	8
16:00-16:15	10	3	0	0	0	0	4	6
16:15-16:30	4	3	0	0	0	0	0	7
16:30-16:45	0	1	0	0	0	0	0	5
16:45-17:00	6	1	0	0	0	1	0	6
17:00-17:15	3	2	2	0	0	0	2	2
17:15-17:30	7	1	0	0	0	0	3	11
17:30-17:45	5	1	0	0	0	0	1	6
17:45-18:00	2	0	0	0	0	0	0	5
18:00-18:15	5	3	0	1	0	0	1	7
18:15-18:30	5	0	0	0	0	1	1	1
18:30-18:45	4	1	0	1	0	1	1	10
18:45-19:00	1	1	0	0	0	0	0	2
19:00-19:15	1	0	0	0	0	0	1	2
19:15-19:30	1	1	0	0	0	1	1	3
19:30-19:45	2	1	0	0	0	0	0	2
19:45-20:00	1	1	1	0	0	1	0	2

UCUENCA

Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	8	1	0	1	0	0	1	3
12:15-12:30	4	0	1	0	0	0	0	2
12:30-12:45	5	0	0	0	0	1	0	1
12:45-13:00	4	1	0	0	0	0	1	3
13:00-13:15	3	0	0	0	1	0	0	7
13:15-13:30	1	1	0	0	0	0	1	3
13:30-13:45	5	0	0	0	0	1	1	0
13:45-14:00	3	2	0	0	0	0	1	8
14:00-14:15	5	1	0	0	0	1	0	8
14:15-14:30	3	2	0	0	0	0	0	15
14:30-14:45	4	2	0	0	0	1	1	7
14:45-15:00	4	1	0	0	0	0	1	1
15:00-15:15	5	1	0	0	0	0	1	4
15:15-15:30	0	2	0	0	0	1	0	6
15:30-15:45	8	1	0	0	0	1	0	8
15:45-16:00	2	0	0	0	0	0	0	6
16:00-16:15	5	0	0	0	0	0	0	3
16:15-16:30	3	1	0	0	0	0	0	3
16:30-16:45	4	0	0	0	0	0	0	7
16:45-17:00	3	2	0	0	0	1	2	8
17:00-17:15	0	4	0	0	0	0	2	11
17:15-17:30	5	0	0	0	0	2	0	1
17:30-17:45	1	0	0	0	0	0	0	1
17:45-18:00	1	0	0	0	0	1	0	4
18:00-18:15	3	1	0	0	0	0	0	0
18:15-18:30	5	1	0	1	0	0	2	6
18:30-18:45	3	0	0	0	0	0	0	3
18:45-19:00	2	2	0	0	0	1	1	4
19:00-19:15	2	1	0	0	0	1	0	3
19:15-19:30	5	1	0	0	0	1	0	4
19:30-19:45	2	1	1	0	0	0	0	4
19:45-20:00	1	1	0	0	0	1	0	1

Fecha:		Domingo 5 de diciembre de 2021							
Sentido:		Oeste - Este							
		Tipo de vehículo							
		Liviano		Pesado			Otros		Peatones
		Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	
Hora									
6:00-6:15	0	1	0	0	0	0	0	0	2
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30-6:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6:45-7:00	0	0	1	0	0	0	0	0	3
7:00-7:15	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7:15-7:30	1	1	0	0	0	0	0	0	3
7:30-7:45	1	1	0	0	0	0	0	0	1
7:45-8:00	1	1	0	0	0	0	0	0	5
8:00-8:15	3	1	0	0	0	0	0	0	1
8:15-8:30	1	0	1	0	0	0	0	0	1
8:30-8:45	1	3	0	0	0	0	0	0	0
8:45-9:00	5	1	0	0	0	0	0	1	7
9:00-9:15	3	0	1	0	0	0	0	0	5
9:15-9:30	2	2	0	1	0	0	1	0	4
9:30-9:45	2	0	0	0	0	0	0	0	6
9:45-10:00	2	2	1	0	0	0	0	0	4
10:00-10:15	5	0	0	0	0	0	0	3	5
10:15-10:30	4	0	0	0	0	0	0	0	3
10:30-10:45	2	1	0	0	0	0	1	0	6
10:45-11:00	4	0	0	1	0	0	0	1	6
11:00-11:15	2	3	0	1	0	0	1	0	0
11:15-11:30	3	2	0	0	0	0	0	0	0
11:30-11:45	6	1	0	0	0	0	1	0	11
11:45-12:00	2	2	0	0	0	0	2	0	0

Hora	Automóvil	Camioneta	Busetas	Camión 2 ejes	Bus	Motocicleta	Bicicleta	Peatones
12:00-12:15	4	1	0	0	0	0	1	16
12:15-12:30	6	1	0	1	0	0	0	8
12:30-12:45	8	2	0	0	0	0	2	5
12:45-13:00	7	1	0	0	0	0	0	0
13:00-13:15	2	2	0	0	0	0	0	3
13:15-13:30	3	1	0	0	0	0	0	1
13:30-13:45	0	2	0	0	0	1	1	0
13:45-14:00	6	1	0	0	0	0	0	8
14:00-14:15	3	0	0	0	0	1	0	5
14:15-14:30	4	2	0	0	0	0	0	22
14:30-14:45	2	1	0	0	0	2	1	18
14:45-15:00	7	0	1	0	0	0	0	7
15:00-15:15	3	1	0	0	0	0	0	1
15:15-15:30	1	0	0	0	0	0	0	1
15:30-15:45	2	0	0	0	0	0	0	5
15:45-16:00	3	1	0	0	0	0	0	3
16:00-16:15	1	0	0	0	0	0	0	4
16:15-16:30	3	0	0	0	0	0	0	7
16:30-16:45	3	0	1	0	0	0	1	12
16:45-17:00	7	3	0	0	0	1	0	6
17:00-17:15	4	1	1	0	0	0	1	7
17:15-17:30	6	0	0	0	0	0	0	5
17:30-17:45	2	3	0	0	0	0	0	6
17:45-18:00	6	1	0	0	0	0	0	7
18:00-18:15	6	1	0	0	0	0	5	3
18:15-18:30	1	3	0	0	0	0	4	4
18:30-18:45	6	1	0	0	0	0	0	4
18:45-19:00	5	1	0	0	0	1	0	1
19:00-19:15	6	1	0	0	0	1	1	1
19:15-19:30	6	1	0	0	0	1	0	1
19:30-19:45	2	0	0	0	0	0	0	3
19:45-20:00	2	0	0	1	0	0	0	1

Año	Población urbana Cuenca	No. vehículos	T_m real	$\ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$	T_m ajustado	No. vehículos livianos ajustados
1969	93953	1935	20.60	2.41	33.27	3126
1970	98258	2435	24.78	2.21	35.27	3466
1971	102760	3173	30.88	1.96	37.38	3842
1972	107469	3529	32.84	1.89	39.59	4255
1973	112394	3921	34.89	1.82	41.90	4710
1974	117544	4638	39.46	1.67	44.32	5210
1975	122907	5710	46.46	1.48	46.85	5759
1976	128516	6588	51.26	1.36	49.49	6361
1977	134380	8106	60.32	1.15	52.24	7021
1978	140512	8877	63.18	1.08	55.10	7743
1979	146923	11193	76.18	0.82	58.07	8533
1980	153627	11632	75.71	0.83	61.15	9395
1981	160637	12070	75.14	0.84	64.34	10336
1982	167967	13383	79.67	0.76	67.64	11362
1983	173494	14695	84.70	0.67	71.04	12325
1984	179202	15453	86.23	0.64	74.54	13358
1985	185098	16113	87.05	0.63	78.14	14464
1986	191188	18887	98.79	0.43	81.83	15646
1987	197478	18847	95.44	0.48	85.61	16907
1988	203976	18806	92.20	0.54	89.47	18250
1989	210687	23028	109.30	0.25	93.41	19680
1990	217619	20648	94.88	0.49	97.41	21199
1991	224848	22202	98.74	0.43	101.47	22817
1992	232318	22353	96.22	0.47	105.59	24531
1993	240036	22504	93.75	0.51	109.75	26345
1994	248011	21940	88.46	0.60	113.95	28260
1995	256250	25658	100.13	0.40	118.17	30281
1996	264763	27067	102.23	0.37	122.40	32408
1997	273559	30957	113.16	0.19	126.64	34645
1998	282647	31006	109.70	0.25	130.88	36994
1999	292038	35703	122.25	0.04	135.11	39456
2000	301740	42924	142.26	-0.28	139.31	42035
2001	311764	44586	143.01	-0.29	143.48	44731
2002	320575	44282	138.13	-0.21	147.60	47318
2003	329636	52737	159.99	-0.58	151.68	49999
2004	338952	56664	167.17	-0.70	155.70	52774
2005	348532	63779	182.99	-1.00	159.65	55643
2006	358383	71180	198.61	-1.35	163.53	58606
2007	368512	71206	193.23	-1.22	167.32	61662
2008	378927	71232	187.98	-1.11	171.04	64811
2009	389637	71599	183.76	-1.02	174.66	68053

2010	400649	71965	179.62	-0.94	178.18	71388
2011	411973	78243	189.92	-1.15	181.60	74816
2012	423616	79906	188.63	-1.12	184.92	78337
2013	435589	85904	197.21	-1.32	188.14	81951
2014	447900	84176	187.93	-1.11	191.24	85658
2015	460559	89864	195.12	-1.27	194.24	89459
2016	473576	85961	181.51	-0.97	197.12	93354
2017	486961	86966	178.59	-0.92	199.90	97343
2018	500724	92906	185.54	-1.06	202.56	101428
2019	514876	93825	182.23	-0.99	205.12	105610
2020	529428				207.56	109889
2021	544391				209.90	114268
2022	559777				212.13	118747
2023	575598				214.26	123329
2024	591866				216.29	128016
2025	608594				218.22	132809
2026	625795				220.06	137711
2027	643482				221.80	142725
2028	661669				223.45	147853
2029	680369				225.02	153099
2030	699599				226.51	158465
2031	719372				227.91	163955
2032	739703				229.24	169572
2033	760610				230.50	175319
2034	782107				231.68	181202
2035	804211				232.80	187223
2036	826941				233.86	193388
2037	850313				234.85	199700
2038	874345				235.79	206163
2039	899057				236.67	212784
2040	924467				237.50	219566
2041	950595				238.29	226514
2042	977462				239.02	233635
2043	1005088				239.71	240932
2044	1033495				240.36	248412
2045	1062705				240.97	256081
2046	1092740				241.54	263944
2047	1123625				242.08	272008
2048	1155382				242.58	280278
2049	1188036				243.06	288762
2050	1221614				243.50	297465

PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Palla y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.
SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO
NORMA : ASTM D 422-63
Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Calicata No : C-1
Profundidad : 2.00 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Vía :
Abscisa: ---
Coordenadas : 717403.00 m E | 9676376.00 m S

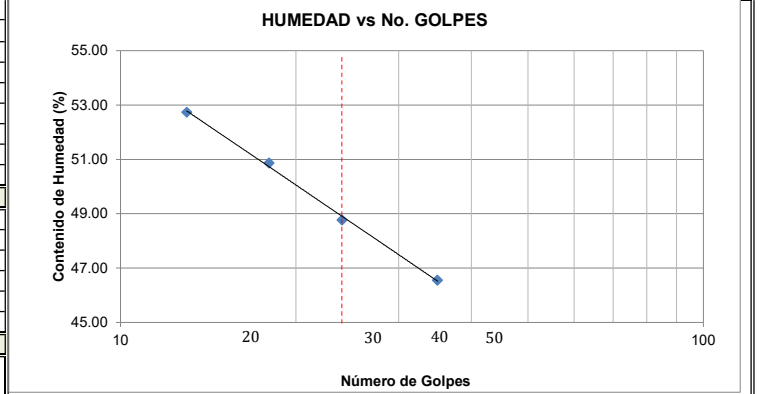
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO		
Peso Inicial de la Muestra Seca	504.20	gr
Peso de la Muestra Después del Lavado	126.00	gr
Pérdida por Lavado	378.20	gr
Tolerancia	24.990	%

HUMEDAD NATURAL						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARRO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO
56		52.61	45.13	5.93	19.08	
37		57.52	49.34	6.11	18.92	19

Tamiz	Abertura (mm)	Ret Parcial (gr)	Ret Acumulado		% Que Pasa
			(gr.)	(%)	
4"	101.60	---	---	---	100
3"	76.20	---	---	---	100
2½"	63.50	---	---	---	100
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100
1½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100
⅜"	9.53	0.00	0.00	0.00	100
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100
PASA N°4		1.00			
N°10	2.00	7.00	7.00	1.39	99
N°40	0.43	69.00	76.00	15.07	85
N°200	0.075	50.00	126.00	24.99	75
PASA 200		0.40			
Total Retenido :	126.40				

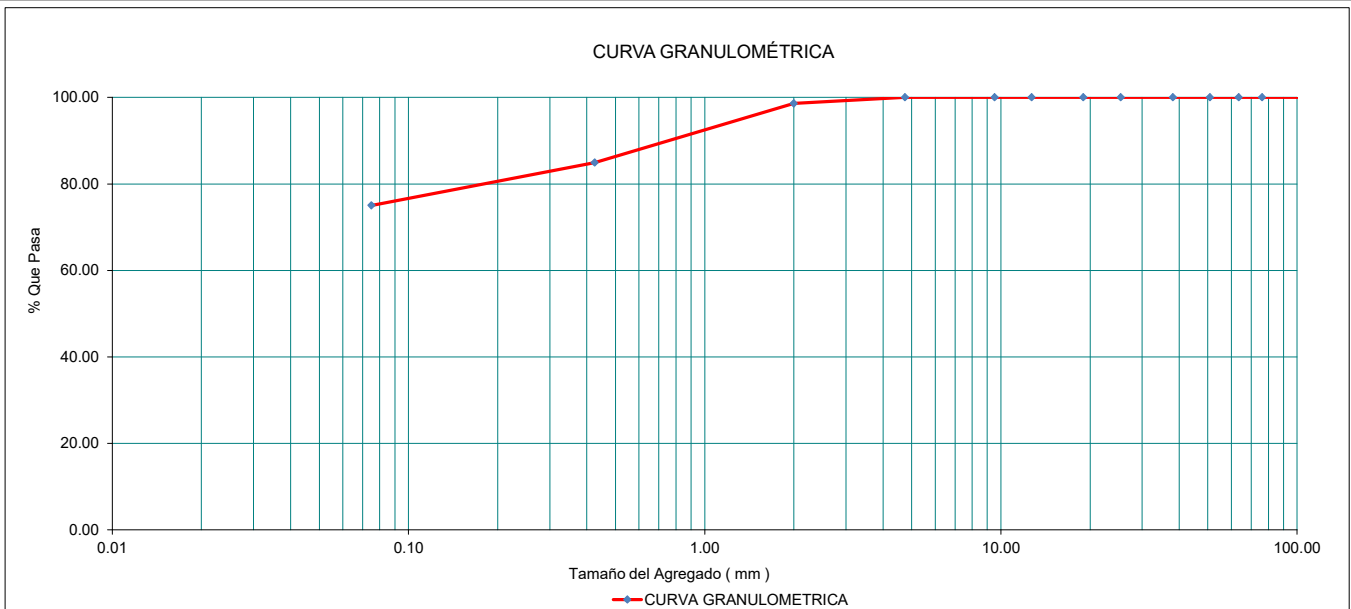
LÍMITE LÍQUIDO						
41	35	20.84	16.11	5.95	46.56	
14	24	20.48	15.72	5.96	48.77	
18	18	19.87	15.18	5.96	50.87	
57	13	21.02	15.80	5.90	52.73	48.65

LÍMITE PLÁSTICO						
38		7.19	6.97	6.04	23.66	
27		7.09	6.87	5.91	22.92	23.29



RESUMEN			
Porcentajes granulometría	Límite Líquido:	LL =	48.65
% Grava = 0	Límite Plástico:	LP =	23.29
% Arena = 25	Índice de Plasticidad :	IP =	25.36
% Finos = 75	Contenido de Humedad :	ω =	19.00
	Grado de Consistencia :	Kw =	1.27

CLASIFICACIÓN DE SUELOS
SUCS : CL Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
AASHTO : A-7-6 (19)



PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.
SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO
NORMA: ASTM D1557

Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Calicata No : C-1
Profundidad : 2.00 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Via : 0
Abscisa: ---

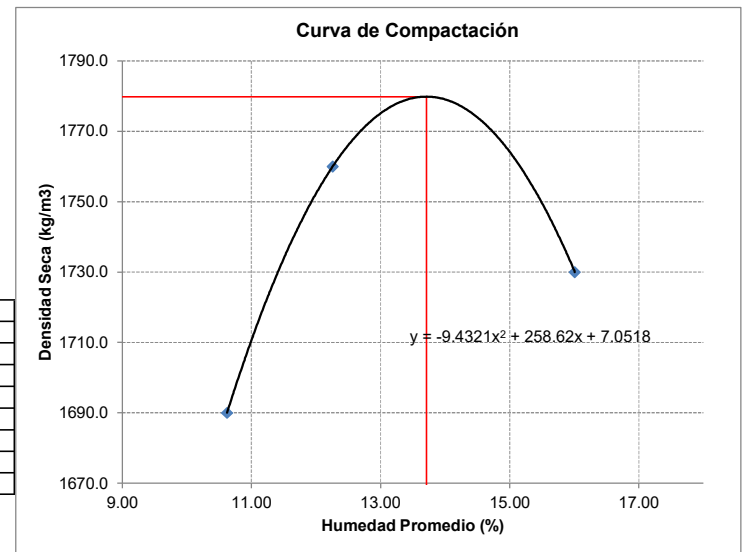
MÉTODO =	A	MOLDE # 1	Peso =	5869	gr
		# Capas / Mol = 5	Volumen =	933	cc
PROCTOR =	MODIFICADO	# Golpes / Capa = 25	Diametro =	4	pulg

Molde #	DENSIDAD DE LABORATORIO		
	1	2	3
Humedad inicial (%)	10.62	12.26	16.01
Peso suelo hum + Molde (gr)	7614	7717	7748
Densidad Húmeda (Kg/m³)	1870	1980	2010
Densidad Seca (Kg/m³)	1690	1760	1730

Molde #	PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA					
	1		2		3	
Tarro #	110	66	73	98	111	84
Peso húmedo + tarro (gr)	60.20	65.34	54.53	57.07	49.78	59.32
Peso seco + tarro (gr)	55.24	60.16	49.69	51.95	44.23	52.58
Peso de tarro (gr)	9.90	9.90	9.98	10.42	9.90	10.06
% de Humedad	10.94	10.31	12.19	12.33	16.17	15.85
% Promedio humedad	10.62		12.26		16.01	

Observaciones :

Den. máxima = 1,780 kg/m³
Hum. óptima = 13.71 %



PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO:	Diseños definitivos de las calles Saito de la Soga, Juego de la Paica y Juego de Ajearez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención		
SOLICITA:	Ing. Karla Cedillo Vargas		
0	0		
ENSAYO :	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
NORMA:	ASTMD-1883		
Fecha de Extracción :	jueves, 13 de enero de 2022		
Fecha de Ensayo:	viernes, 14 de enero de 2022		
Revisado por :	Ing. Miguel Méndez Peralta		
	Calicata No :	C-1	
	Profundidad :	2.00 m	
	Material :	Suelo Natural - Subrasante	
	Vía :		
	Abscisa:	---	

Datos de los Moldes

Peso del martillo = 10 Lbs	Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5			
	Molde №	4M	5M	6M	Molde №	4M	5M	6M
Diámetro =	0.15249 m	6.004 plgs.	0.15254 m	6.006 plgs.	0.15271 m	6.012 plgs.	0.15271 m	6.012 plgs.
Altura =	0.1168 m	4.597 plgs.	0.1162 m	4.573 plgs.	0.1165 m	4.587 plgs.	0.1165 m	4.587 plgs.
Volumen =	0.002133 m ³		0.002123 m ³		0.002134 m ³		0.002134 m ³	

Molde	№	4M	5M	6M
Golpes	№	56	25	10

ANTES DE INMERSIÓN

Peso suelo húmedo + molde	Kg	13.181	12.960	12.082
Peso de molde	Kg	8.927	9.182	8.787
Peso suelo húmedo	Kg	4.254	3.778	3.295
Peso suelo seco	Kg	3.787	3.369	2.925
Densidad húmeda	Kg/m ³	1990	1780	1540
Densidad Seca	Kg/m ³	1780	1590	1370

HUMEDAD	Tarro №	6	8	12	11	10	3	
	Peso húmedo + recipiente	gr	58.96	57.06	59.72	63.01	59.31	54.04
	Peso seco + recipiente	gr	53.25	51.61	53.97	57.03	53.39	48.81
	Peso de agua	gr	5.71	5.45	5.75	5.98	5.92	5.23
	Peso de recipiente	gr	7.20	7.12	7.06	7.27	7.04	7.05
	Peso seco	gr	46.05	44.49	46.91	49.76	46.35	41.76
	Contenido de agua	%	12.40	12.25	12.26	12.02	12.77	12.52
Promedio	%	12.32		12.14		12.65		

LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)

Inicial		0.000	0.000	0.000
24 Horas		355.000	400.000	501.000
48 Horas		389.000	545.000	581.000
72 Horas		422.000	577.000	627.000
96 Horas		448.000	590.000	630.000
Expansión	%	3.86	5.09	5.43

DESPUÉS DE INMERSIÓN

Peso suelo húmedo + molde	Kg	13.530	13.386	12.741
Peso de molde	Kg	8.927	9.182	8.787
Peso suelo húmedo	Kg	4.603	4.204	3.954
Peso suelo seco	Kg	3.794	3.369	2.943
Densidad húmeda	Kg/m ³	2160	1980	1850
Densidad Seca.	Kg/m ³	1780	1590	1380

HUMEDAD	Tarro №	92	67	91	81	78	69	
	Peso húmedo + recipiente	gr	66.40	64.81	62.57	65.01	73.12	85.02
	Peso seco + recipiente	gr	56.38	55.18	51.84	54.44	57.16	65.59
	Peso de agua	gr	10.02	9.63	10.73	10.57	15.96	19.43
	Peso de recipiente	gr	9.83	9.65	10.03	10.18	9.95	9.96
	Peso seco	gr	46.55	45.53	41.81	44.26	47.21	55.63
	Contenido de agua	%	21.53	21.15	25.66	23.88	33.81	34.93
Promedio	%	21.34		24.77		34.37		

Observaciones:

PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

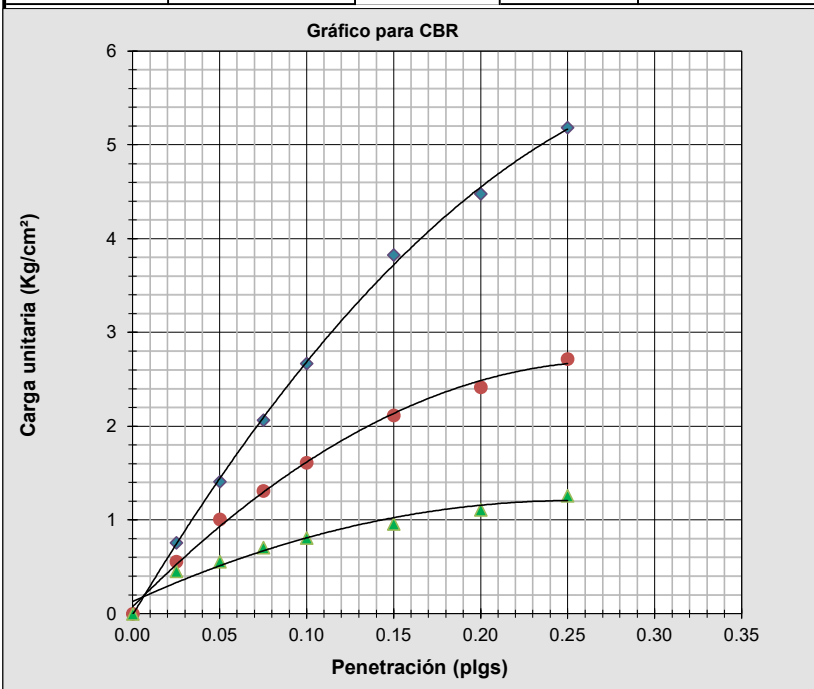
SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NORMA: ASTM D-1883

Calicata No : C-1
Profundidad : 2.00 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Vía : 0
Abscisa: ---

Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Molde №	4M	5M	6M	4M	5M	6M	
№ Golpes por capa	56	25	10	56	25	10	
Penetración		Carga de penetración en KN.			Carga de penetración en Lb.		
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025	0.15	0.11	0.09	33.72	24.73	
1.27	0.05	0.28	0.20	0.11	62.95	44.96	
1.91	0.075	0.41	0.26	0.14	92.17	58.45	
2.54	0.10	0.53	0.32	0.16	119.15	71.94	
3.81	0.15	0.76	0.42	0.19	170.85	94.42	
5.08	0.20	0.89	0.48	0.22	200.08	107.91	
6.35	0.25	1.03	0.54	0.25	231.55	121.40	
7.62	0.30						
10.2	0.40						
12.7	0.50						
Penetración		Carga Unitaria en Lb/plg2			Carga Unitaria en Kg/cm2		
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025	10.73	7.87	6.44	0.75	0.55	
1.27	0.05	20.04	14.31	7.87	1.41	1.01	
1.91	0.075	29.34	18.61	10.02	2.06	1.31	
2.54	0.10	37.93	22.90	11.45	2.67	1.61	
3.81	0.15	54.38	30.05	13.60	3.82	2.11	
5.08	0.20	63.69	34.35	15.74	4.48	2.41	
6.35	0.25	73.71	38.64	17.89	5.18	2.72	
7.62	0.30						
10.2	0.40						
12.7	0.50						



C.B.R. para 2,54mm	
№ Golpes	56
Carga Unitaria (Kg/cm2)	2.67
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	3.78
№ Golpes	25
Carga Unitaria (Kg/cm2)	1.61
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	2.29
№ Golpes	11
Carga Unitaria (Kg/cm2)	0.80
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	1.14

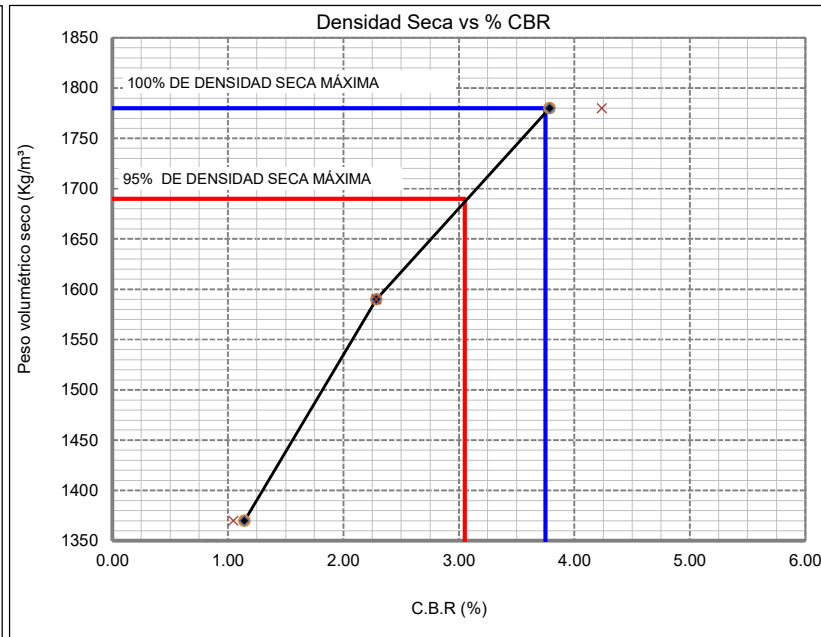
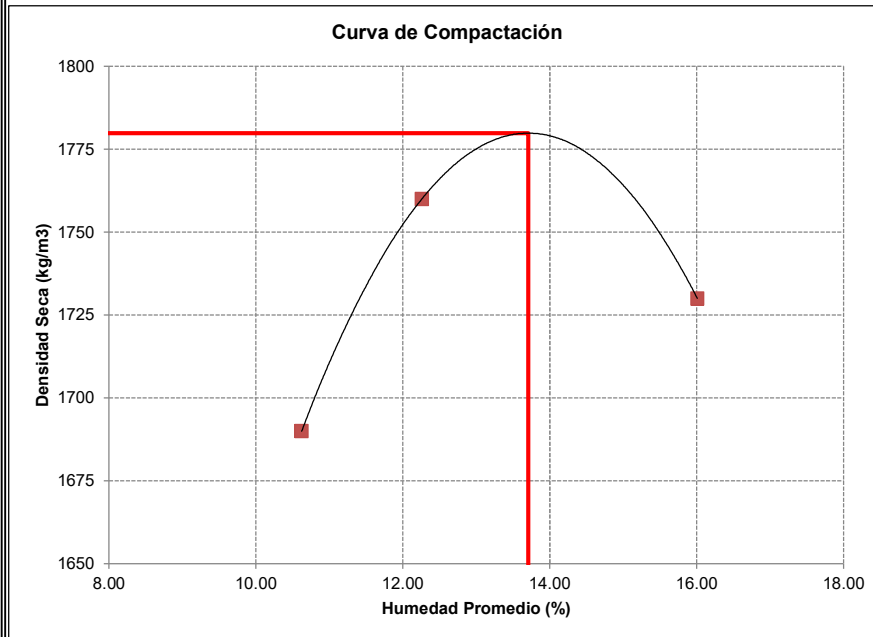
Observaciones:

.....

.....

.....

PROYECTO:	Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Palica y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.	
SOLICITA:	Ing. Karla Cedillo Vargas	
0	0	
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
NORMA:	ASTMD-1883	
Fecha de Extracción:	jueves, 13 de enero de 2022	
Fecha de Ensayo:	viernes, 14 de enero de 2022	
Revisado por :	Ing. Miguel Méndez Peralta	
	Calicata No :	C-1
	Profundidad :	2.00 m
	Material :	Suelo Natural - Subrasante
	Vía :	0
	Abscisa:	---



№ Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	1780	2.67	4.48	70.45	105.68	3.78	4.24	3.86
25	1590	1.61	2.41	70.45	105.68	2.29	2.29	5.09
10	1370	0.80	1.11	70.45	105.68	1.14	1.05	5.43

RESULTADOS		
Densidad seca máxima	=	1779.8 Kg/m3
95% de Densidad seca máxima	=	1690.0 Kg/m3
Humedad óptima	=	13.71 %
CBR al 100% para 0,10"	=	3.8 %
CBR al 95% para 0,10"	=	3.1 %
Expansión	=	3.86 %

Observaciones: _____

PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MENDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Palla y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.
SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO
NORMA : ASTM D 422-63
Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Calicata No : C-2
Profundidad : 1.50 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Vía :
Abscisa: ---
Coordenadas : 717581.00 m E 9676460.00 m S

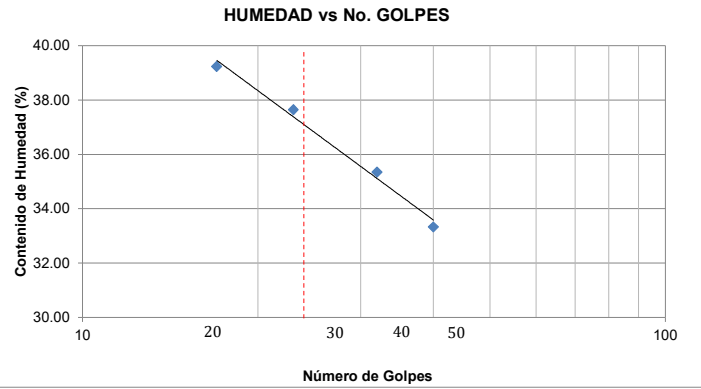
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO		
Peso Inicial de la Muestra Seca	498.13	gr
Peso de la Muestra Después del Lavado	67.40	gr
Pérdida por Lavado	430.73	gr
Tolerancia	13.531	%

HUMEDAD NATURAL						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARRO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO
42		49.35	41.9	5.67	20.56	
30		51.64	43.9	5.85	20.34	20.45

Tamiz	Abertura (mm)	Ret Parcial (gr)	Ret Acumulado (gr.) (%)		% Que Pasa
4"	101.60	---	---	---	100
3"	76.20	---	---	---	100
2½"	63.50	---	---	---	100
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100
1½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100
PASA N°4		1.00			
N°10	2.00	1.50	1.50	0.30	100
N°40	0.43	27.80	29.30	5.88	94
N°200	0.075	38.10	67.40	13.53	86
PASA 200		0.30			
Total Retenido :	67.70				

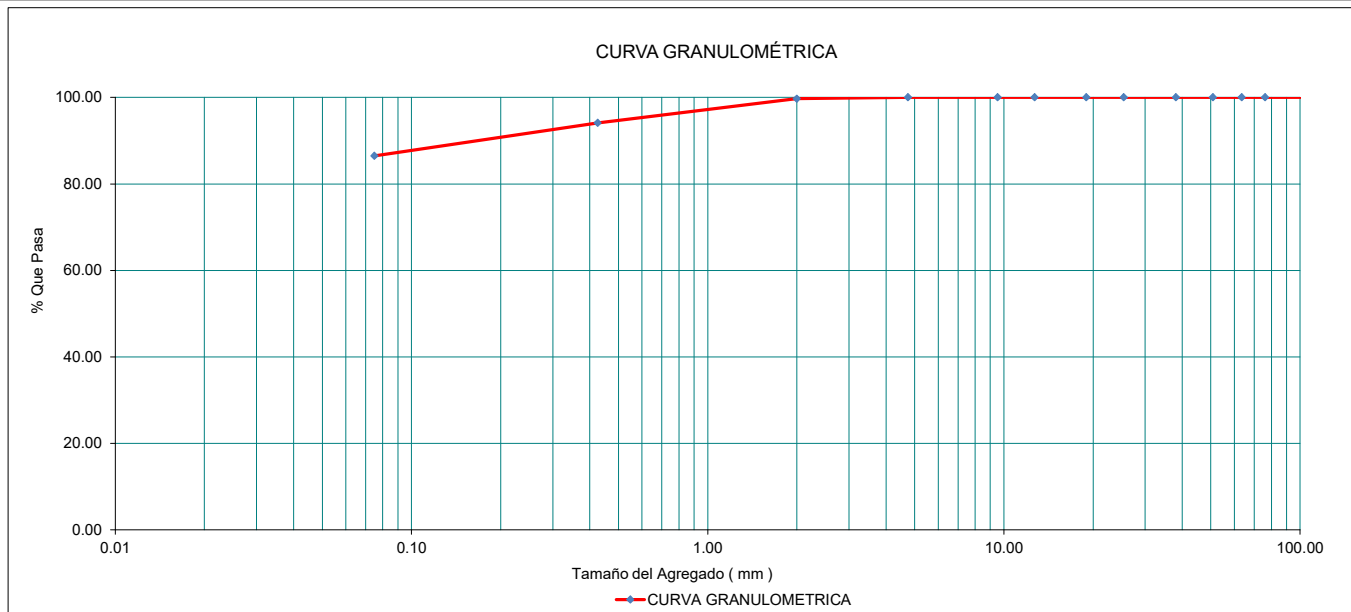
LÍMITE LÍQUIDO						
18	40	22.01	18.00	5.97	33.33	
23	32	20.47	16.66	5.88	35.34	
43	23	20.07	16.25	6.10	37.64	
36	17	19.66	15.78	5.89	39.23	36.81

LÍMITE PLÁSTICO						
17		7.06	6.87	6.04	22.89	
24		7.59	7.34	6.1	20.16	21.53



RESUMEN			
Porcentajes granulometría	Límite Líquido:	LL =	36.81
% Grava = 0	Límite Plástico:	LP =	21.53
% Arena = 14	Índice de Plasticidad :	IP =	15.28
% Finos = 86	Contenido de Humedad :	ω =	20.45
	Grado de Consistencia :	Kw =	0.76

CLASIFICACIÓN DE SUELOS
SUCS : CL Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
AASHTO : A-6 (14)



PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO
NORMA: ASTM D1557

Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Calicata No : C-2
Profundidad : 1.50 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Via :
Abscisa: ---

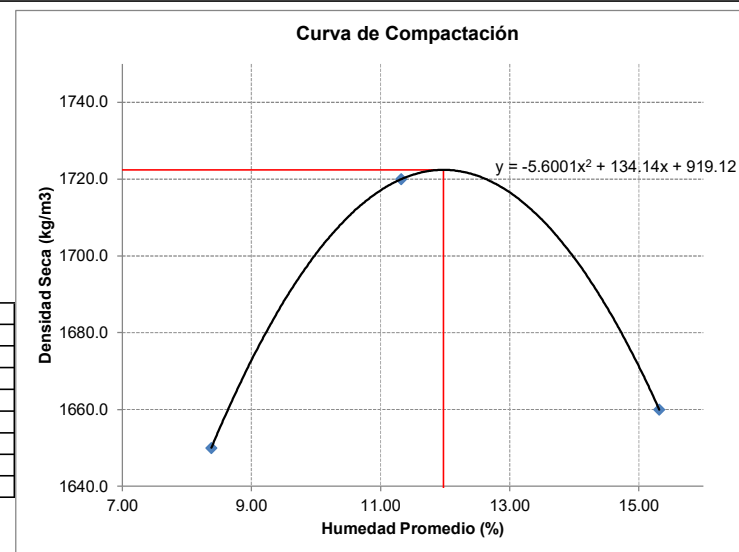
MÉTODO =	A	MOLDE # 1	Peso =	5869	gr
		# Capas / Mol = 5	Volumen =	933	cc
PROCTOR =	MODIFICADO	# Golpes / Capa = 25	Diametro =	4	pulg

Molde #	DENSIDAD DE LABORATORIO		
	1	2	3
Humedad inicial (%)	8.38	11.32	15.32
Peso suelo hum + Molde (gr)	7543	7652	7650
Densidad Húmeda (Kg/m³)	1790	1910	1910
Densidad Seca (Kg/m³)	1650	1720	1660

Molde #	PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA					
	1		2		3	
Tarro #	70	63	75	68	79	62
Peso húmedo + tarro (gr)	57.48	61.85	53.84	55.46	52.97	55.24
Peso seco + tarro (gr)	53.80	57.83	49.47	50.72	47.31	49.21
Peso de tarro (gr)	9.70	10.07	9.95	9.80	10.17	10.03
% de Humedad	8.34	8.42	11.06	11.58	15.24	15.39
% Promedio humedad	8.38		11.32		15.32	

Observaciones :

Den. máxima =	1,722 kg/m3
Hum. óptima =	11.98 %



PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

NORMA: ASTM D-1883

Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022

Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022

Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Calicata No : C-2

Profundidad : 1.50 m

Material : Suelo Natural - Subrasante

Vía :

Abscisa: ---

Datos de los Moldes

Peso del martillo = 10 Lbs	Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5			
	Molde №	8M	Molde №	10M	Molde №	12M		
Diámetro =	0.15255 m	6.006 plgs.	0.15239 m	6.000 plgs.	0.15262 m	6.009 plgs.		
Altura =	0.1168 m	4.599 plgs.	0.1169 m	4.601 plgs.	0.1166 m	4.589 plgs.		
Volumen =	0.002135 m ³		0.002132 m ³		0.002133 m ³			

Molde	№	8M	10M	12M
Golpes	№	56	25	10

ANTES DE INMERSIÓN

Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.936	12.262	12.488
Peso de molde	Kg	8.860	8.653	9.184
Peso suelo húmedo	Kg	4.076	3.609	3.304
Peso suelo seco	Kg	3.676	3.263	2.980
Densidad húmeda	Kg/m ³	1910	1690	1550
Densidad Seca	Kg/m ³	1720	1530	1400

HUMEDAD	Tarro №	112	93	80	88	9	2	
	Peso húmedo + recipiente	gr	61.76	61.69	65.42	63.44	50.73	51.83
	Peso seco + recipiente	gr	56.87	56.44	60.37	58.10	46.74	47.15
	Peso de agua	gr	4.89	5.25	5.05	5.34	3.99	4.68
	Peso de recipiente	gr	10.16	10.04	10.10	10.33	7.13	7.03
	Peso seco	gr	46.71	46.40	50.27	47.77	39.61	40.12
	Contenido de agua	%	10.47	11.31	10.05	11.18	10.07	11.67
	Promedio	%	10.89		10.61		10.87	

LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)

Inicial		0.000	0.000	0.000
24 Horas		315.000	389.000	449.000
48 Horas		382.000	445.000	511.000
72 Horas		415.000	480.000	530.000
96 Horas		420.000	498.000	537.000
Expansión	%	3.62	4.29	4.63

DESPUÉS DE INMERSIÓN

Peso suelo húmedo + molde	Kg	13.220	12.799	13.072
Peso de molde	Kg	8.860	8.653	9.184
Peso suelo húmedo	Kg	4.360	4.146	3.888
Peso suelo seco	Kg	3.682	3.304	2.985
Densidad húmeda	Kg/m ³	2040	1950	1820
Densidad Seca.	Kg/m ³	1720	1550	1400

HUMEDAD	Tarro №	80	88	112	93	85	108	
	Peso húmedo + recipiente	gr	65.40	66.07	69.58	71.58	67.52	66.32
	Peso seco + recipiente	gr	56.84	57.36	57.57	59.02	54.14	53.46
	Peso de agua	gr	8.56	8.71	12.01	12.56	13.38	12.86
	Peso de recipiente	gr	10.10	10.33	10.17	10.05	10.47	10.44
	Peso seco	gr	46.74	47.03	47.40	48.97	43.67	43.02
	Contenido de agua	%	18.31	18.52	25.34	25.65	30.64	29.89
	Promedio	%	18.42		25.49		30.27	

Observaciones:

PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MÉNDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Palla y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

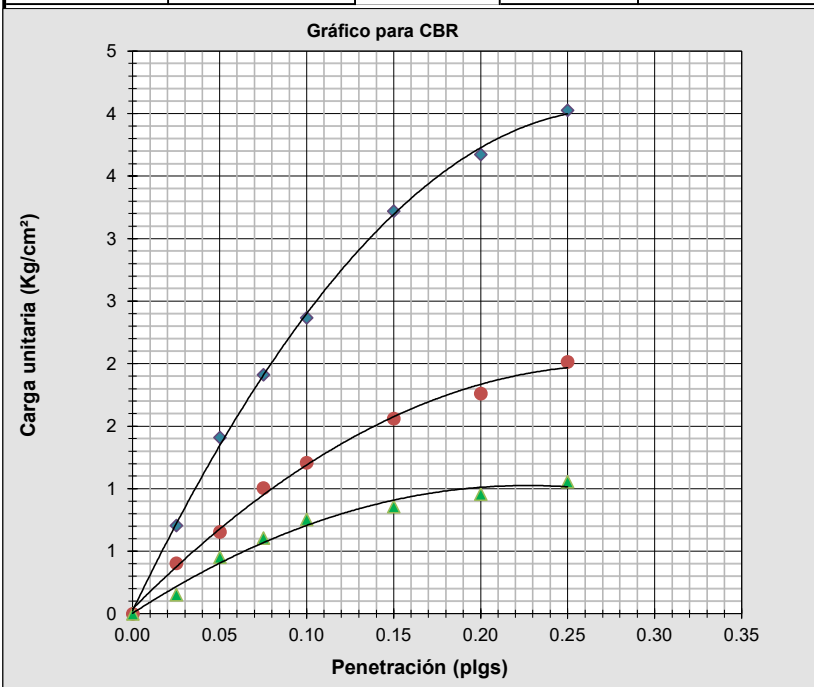
SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NORMA: ASTM D-1883

Calicata No : C-2
Profundidad : 1.50 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Vía :
Abscisa: ---

Fecha de Extracción : jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta

Molde №	8M	10M	12M	8M	10M	12M	
№ Golpes por capa	56	25	10	56	25	10	
Penetración		Carga de penetración en KN.			Carga de penetración en Lb.		
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025	0.14	0.08	0.03	31.47	17.98	
1.27	0.05	0.28	0.13	0.09	62.95	29.23	
1.91	0.075	0.38	0.20	0.12	85.43	44.96	
2.54	0.10	0.47	0.24	0.15	105.66	53.95	
3.81	0.15	0.64	0.31	0.17	143.88	69.69	
5.08	0.20	0.73	0.35	0.19	164.11	78.68	
6.35	0.25	0.80	0.40	0.21	179.85	89.92	
7.62	0.30						
10.2	0.40						
12.7	0.50						
Penetración		Carga Unitaria en Lb/plg2			Carga Unitaria en Kg/cm2		
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025	10.02	5.72	2.15	0.70	0.40	
1.27	0.05	20.04	9.30	6.44	1.41	0.65	
1.91	0.075	27.19	14.31	8.59	1.91	1.01	
2.54	0.10	33.63	17.17	10.73	2.36	1.21	
3.81	0.15	45.80	22.18	12.16	3.22	1.56	
5.08	0.20	52.24	25.05	13.60	3.67	1.76	
6.35	0.25	57.25	28.62	15.03	4.02	2.01	
7.62	0.30						
10.2	0.40						
12.7	0.50						



C.B.R. para 2,54mm	
№ Golpes	56
Carga Unitaria (Kg/cm2)	2.36
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	3.36
№ Golpes	25
Carga Unitaria (Kg/cm2)	1.21
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	1.71
№ Golpes	11
Carga Unitaria (Kg/cm2)	0.75
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	1.07

Observaciones:

.....

.....

.....

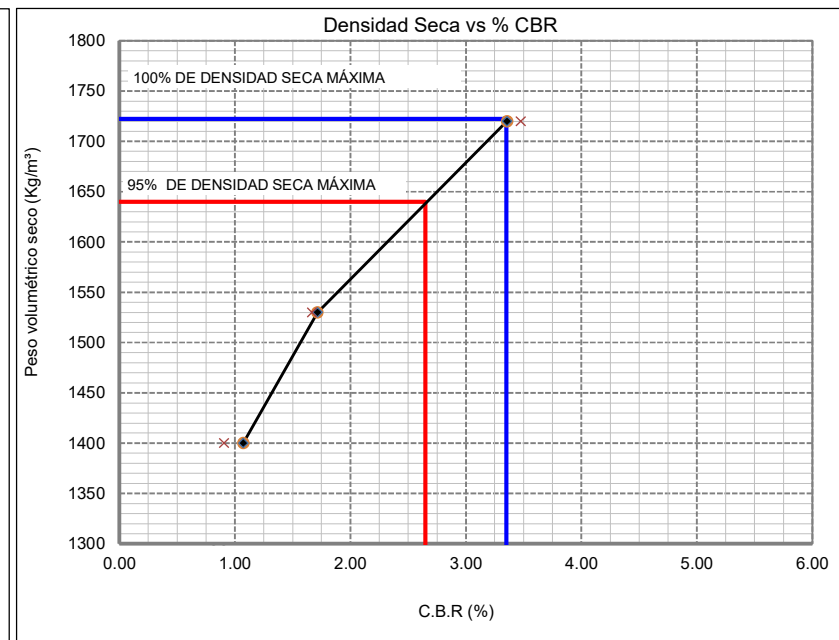
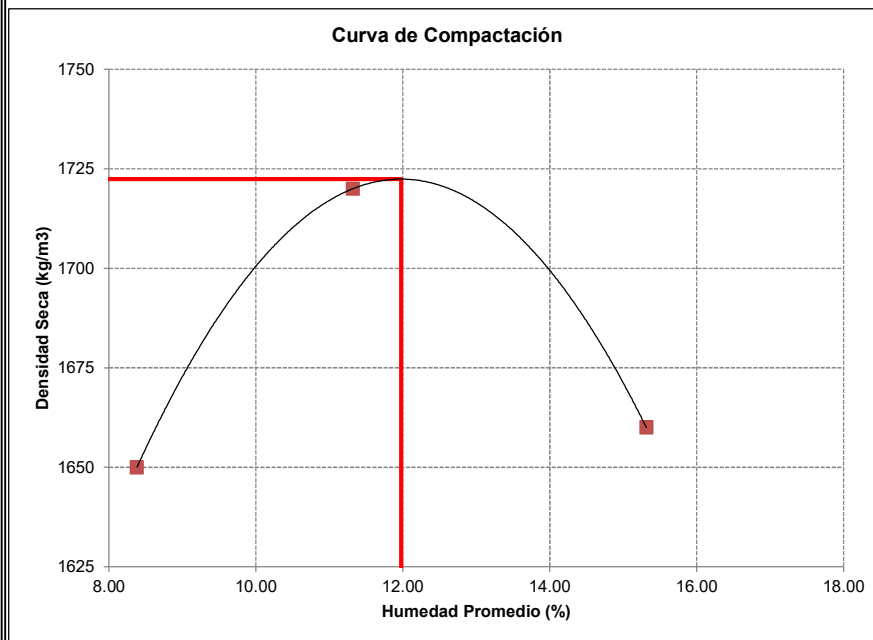
PROYECTO: Diseños definitivos de las calles Salto de la Soga, Juego de la Pallca y Juego de Ajedrez, incluye diseño geométrico, de pavimentos y muros de contención.

SOLICITA: Ing. Karla Cedillo Vargas

ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NORMA: ASTM D-1883

Calicata No : C-2
Profundidad : 1.50 m
Material : Suelo Natural - Subrasante
Vía :
Abscisa : ---

Fecha de Extracción: jueves, 13 de enero de 2022
Fecha de Ensayo: viernes, 14 de enero de 2022
Revisado por : Ing. Miguel Méndez Peralta



Nº Golpes	Densidad Kg/m³	Carga Unitaria Kg/cm²		Carga Unitaria Patrón Kg/cm²		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	1720	2.36	3.67	70.45	105.68	3.36	3.48	3.62
25	1530	1.21	1.76	70.45	105.68	1.71	1.67	4.29
10	1400	0.75	0.96	70.45	105.68	1.07	0.90	4.63

RESULTADOS		
Densidad seca máxima	=	1722.4 Kg/m³
95% de Densidad seca máxima	=	1640.0 Kg/m³
Humedad óptima	=	11.98 %
CBR al 100% para 0,10"	=	3.4 %
CBR al 95% para 0,10"	=	2.7 %
Expansión	=	3.62 %

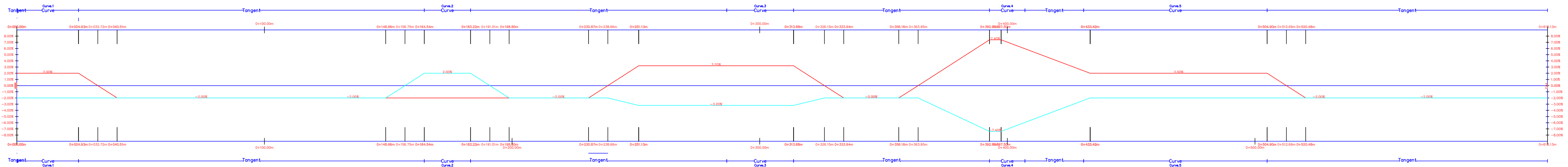
Observaciones:

.....

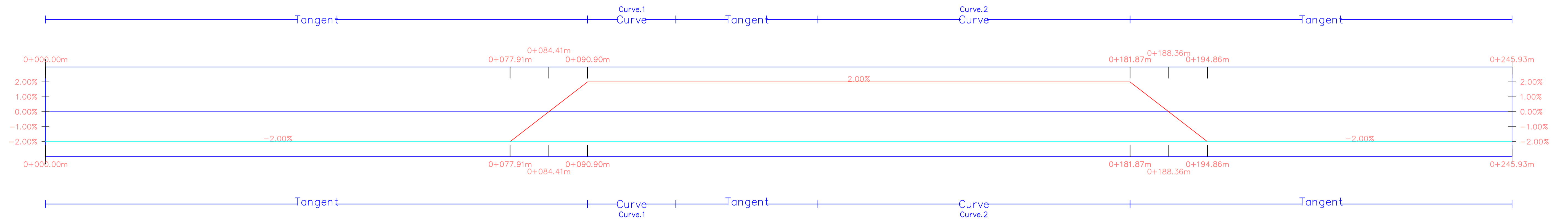
PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. MIGUEL MENDEZ PERALTA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

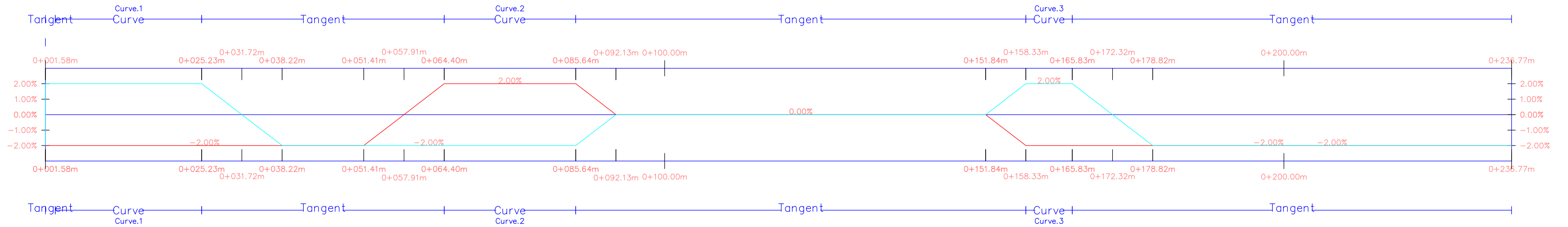
SALTO A LA SOGA



JUEGO DE LA PALLCA

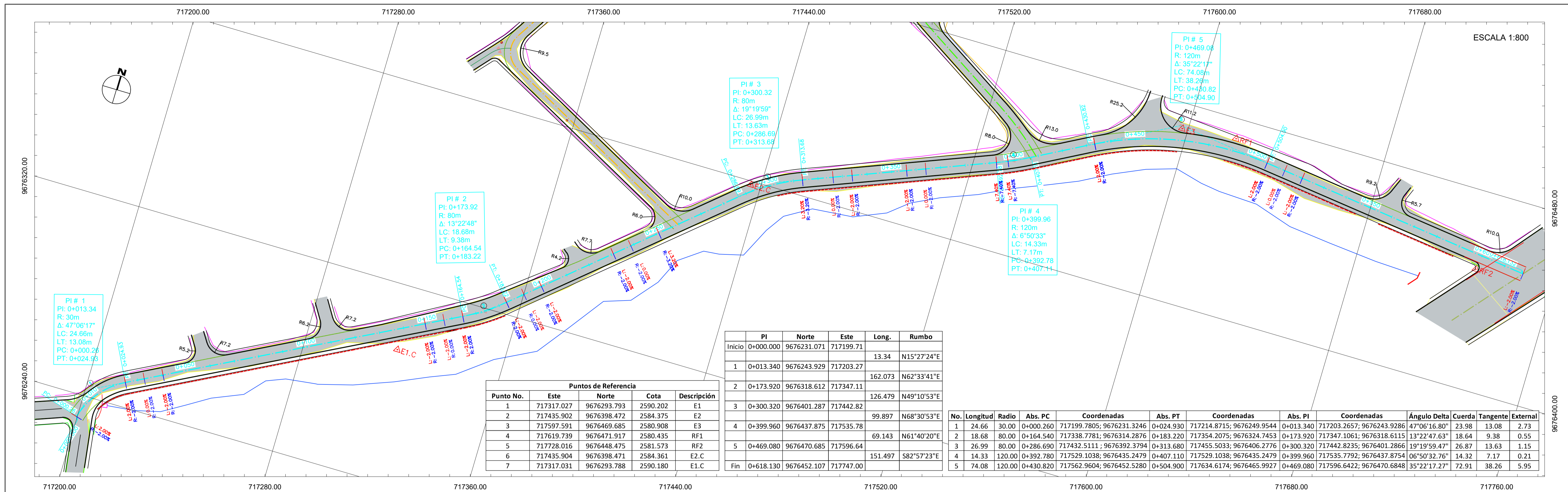


JUEGO DE AJEDREZ



SIMBOLOGÍA	
—	Peralte izquierdo
—	Peralte derecho

UCUENCA			
UNIVERSIDAD DE CUENCA Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil			
PROYECTO: DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS CALLES SALTO DE LA SOGA, JUEGO DE LA PALLCA Y JUEGO DE AJEDREZ, INCLUYE DISEÑO GEOMÉTRICO, DE PAVIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN			
CONTIENE: DIAGRAMAS DE PERALTES			
ESCALA:	DIBUJO: IVONNE CEDILLO VARGAS	FECHA: MAYO 2022	HOJA: 1 DE 1
PROYECTISTA: IVONNE CEDILLO VARGAS		DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN AVILÉS ORDOÑEZ	

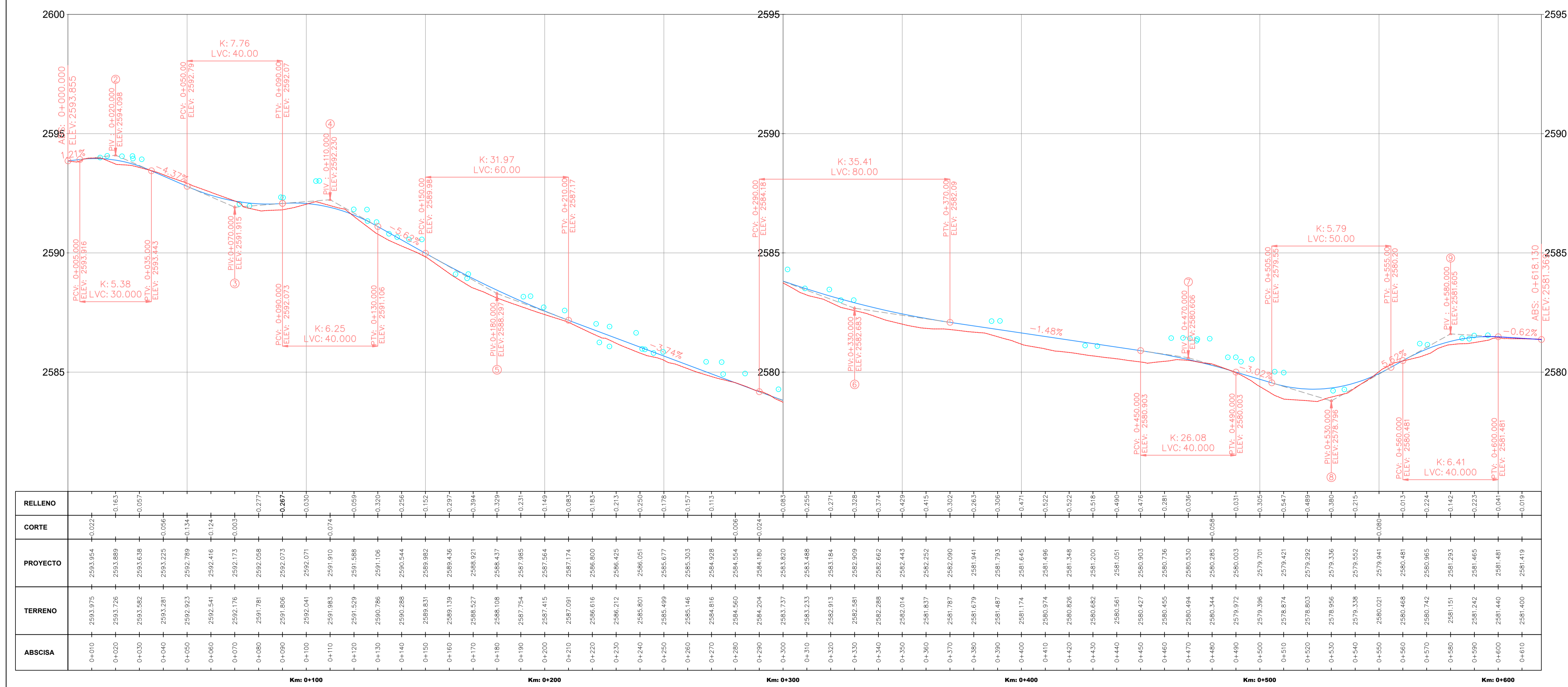


Puntos de Referencia				
Punto No.	Este	Norte	Cota	Descripción
1	717317.027	9676293.793	2590.202	E1
2	717435.902	9676398.472	2584.375	E2
3	717597.591	9676469.685	2580.908	E3
4	717619.739	9676471.917	2580.435	RF1
5	717728.016	9676448.475	2581.573	RF2
6	717435.904	9676398.471	2584.361	E2.C
7	717317.031	9676293.788	2590.180	E1.C

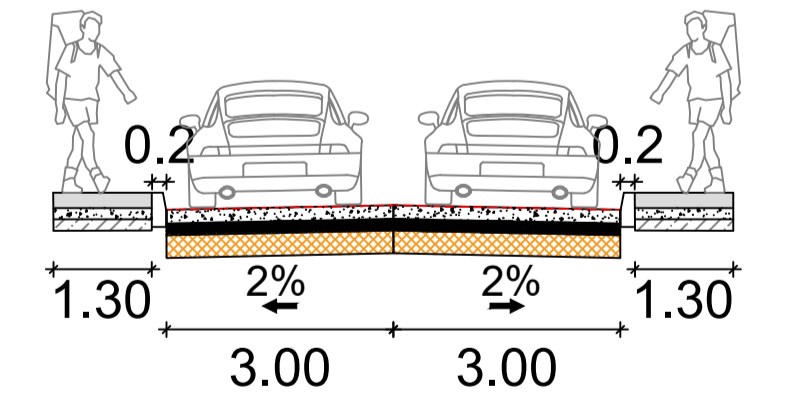
	PI	Norte	Este	Long.	Rumbo
Inicio	0+000.000	9676231.071	717199.71	13.34	N15°27'24"E
1	0+013.340	9676243.929	717203.27	162.073	N62°33'41"E
2	0+173.920	9676318.612	717347.11	126.479	N49°10'53"E
3	0+300.320	9676401.287	717442.82	99.897	N68°30'53"E
4	0+399.960	9676437.875	717535.78	69.143	N61°40'20"E
5	0+469.080	9676470.685	717596.64	151.497	S82°57'23"E
Fin	0+618.130	9676452.107	717747.00		

No.	Longitud	Radio	Abs. PC	Coordenadas	Abs. PT	Coordenadas	Abs. PI	Coordenadas	Ángulo Delta	Cuerda	Tangente	External
1	24.66	30.00	0+000.260	717199.7805; 9676231.3246	0+024.930	717214.8715; 9676249.9544	0+013.340	717203.2657; 9676243.9286	47°06'16.80"	23.98	13.08	2.73
2	18.68	80.00	0+164.540	717338.7781; 9676314.2876	0+183.220	717354.2075; 9676324.7453	0+173.920	717347.1061; 9676318.6115	13°22'47.63"	18.64	9.38	0.55
3	26.99	80.00	0+286.690	717432.5111; 9676392.3794	0+313.680	717455.5033; 9676406.2776	0+300.320	717442.8235; 9676401.2866	19°19'59.47"	26.87	13.63	1.15
4	14.33	120.00	0+392.780	717529.1038; 9676435.2479	0+407.110	717529.1038; 9676435.2479	0+399.960	717535.7792; 9676437.8754	06°50'32.76"	14.32	7.17	0.21
5	74.08	120.00	0+430.820	717562.9604; 9676452.5280	0+504.900	717634.6174; 9676465.9927	0+469.080	717596.6422; 9676470.6848	35°22'17.27"	72.91	38.26	5.95

Perfil Longitudinal: Salto_Soga
Escaleras - V: 50 H:500



SIMBOLOGÍA	
	Eje de vía
	Borde de vía
	Línea de fábrica
	Eje quebrada
	Vía existente
	Punto de referencia
	Muro de Gavión H=4m
	Muro de Gavión H=3m
	Muro de Gavión H=2m
	Muro de Gavión H=1m
	Peralte izquierdo (L)
	Peralte derecho (R)
	Diseño vertical
	Entrada derecha
	Entrada izquierda
	Vía actual



- Carpeta hidráulica (20 años) e=18.00 cm
- Baza granular (20 años) e=15.50 cm
- Material de mejoramiento (20 años) e=30.00 cm

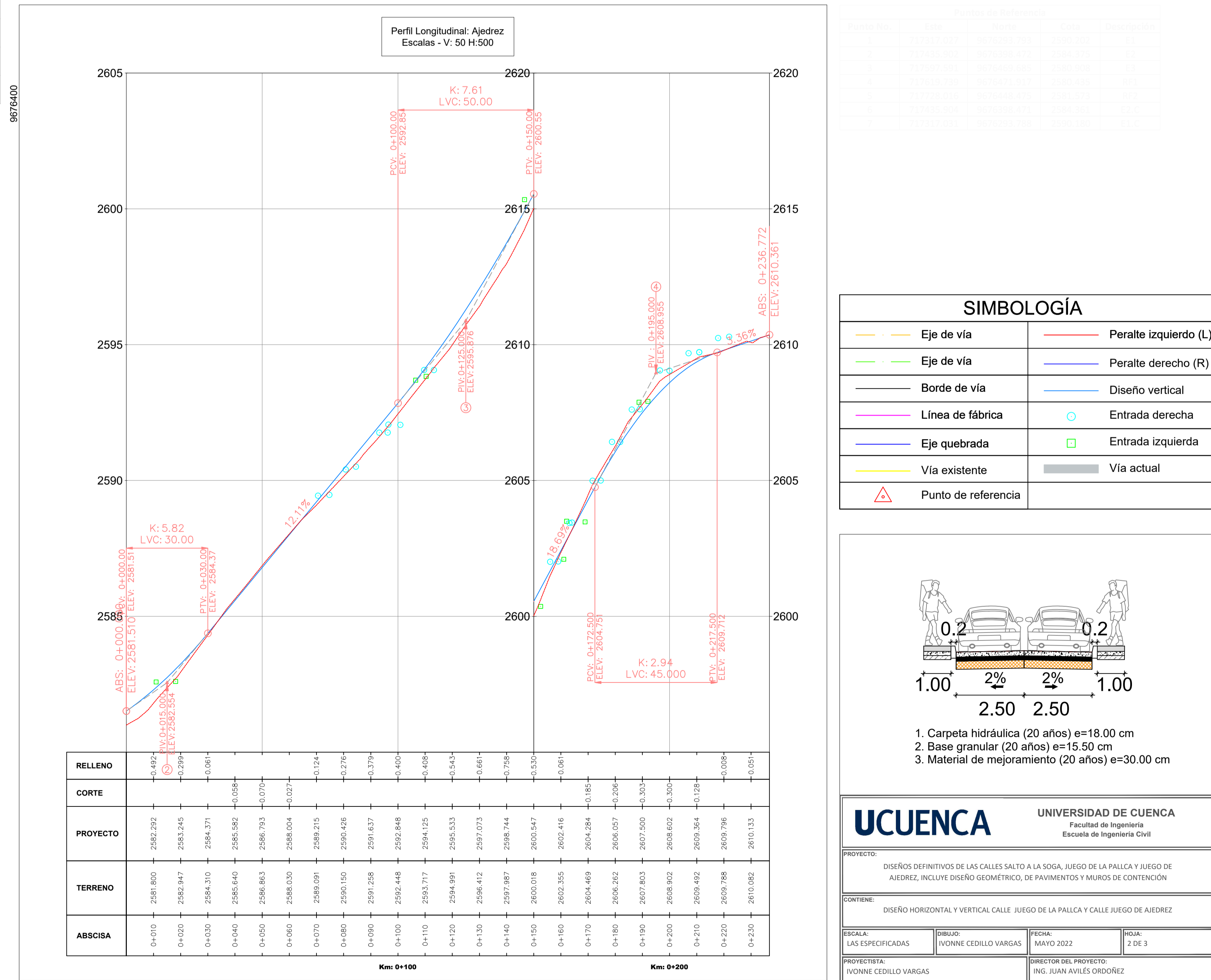
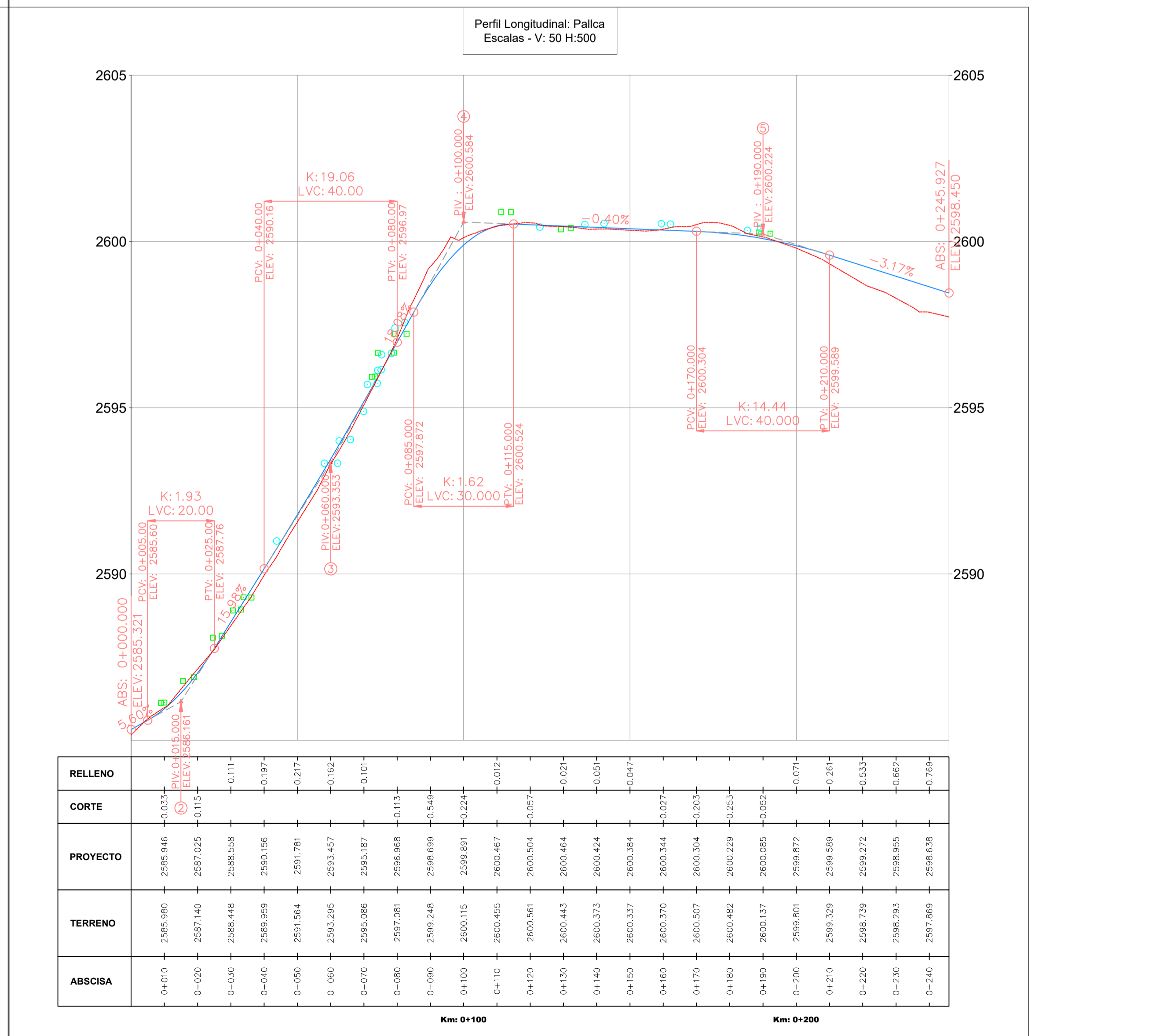
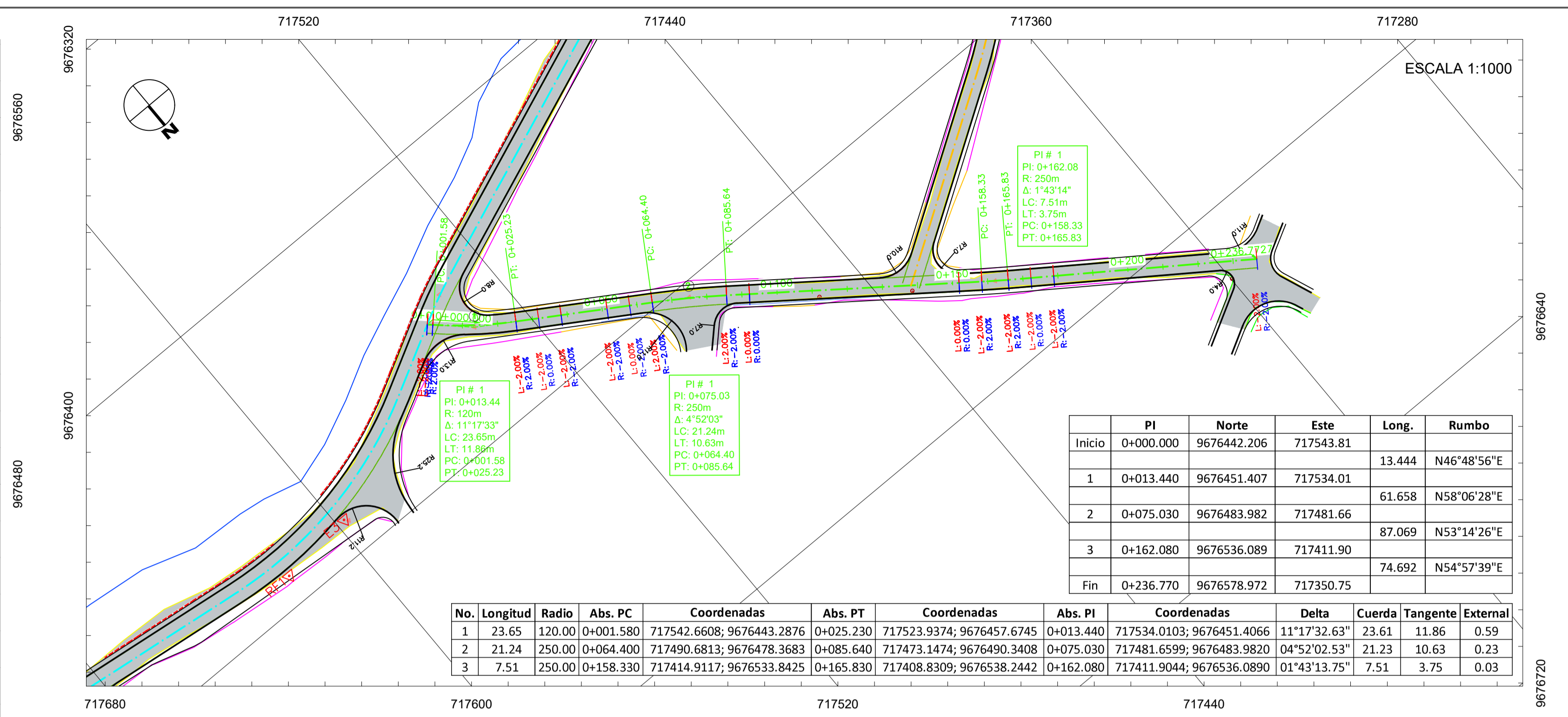
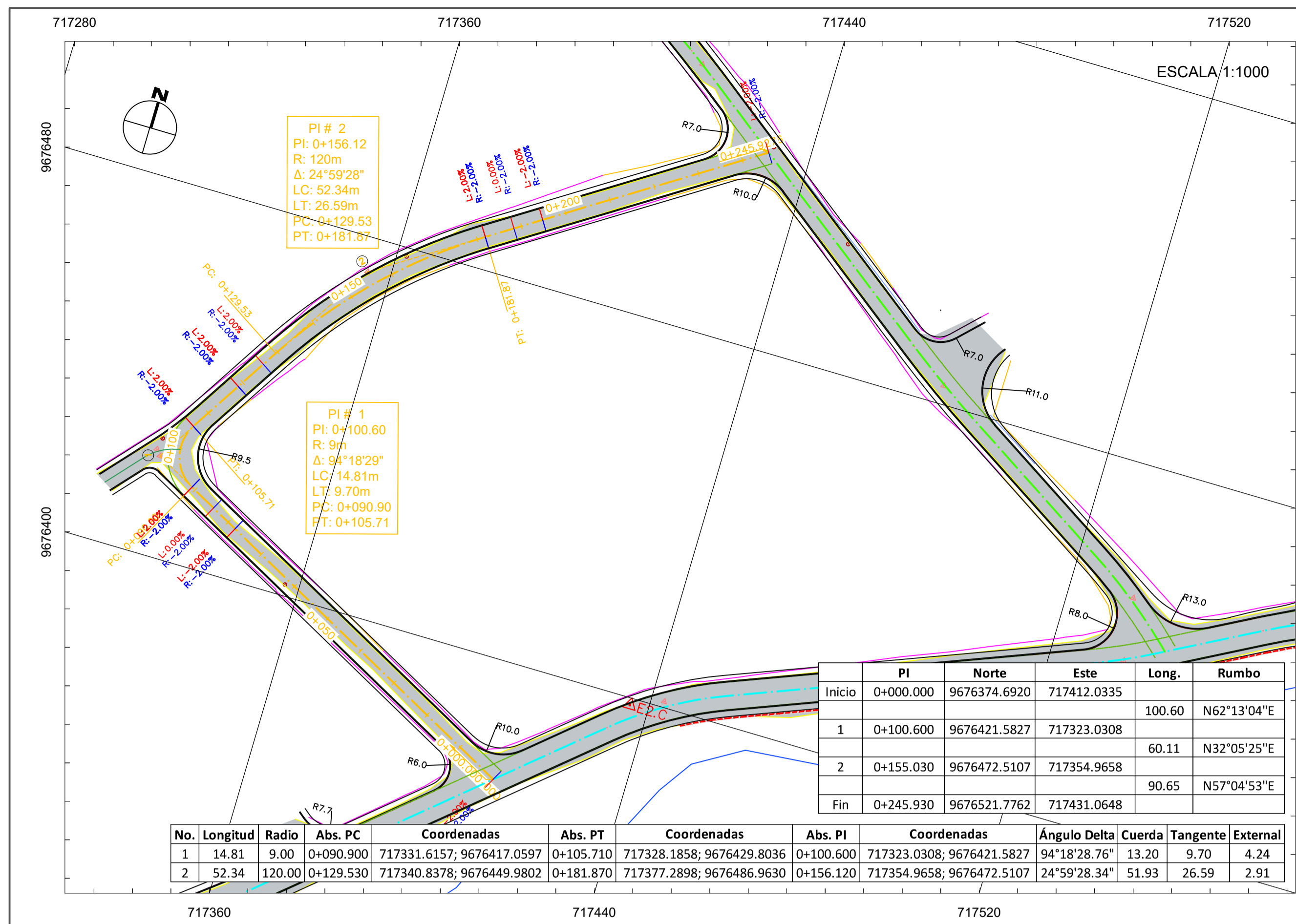
UCUENCA UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO: DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS CALLES SALTO A LA SOGA, JUEGO DE LA PALLCA Y JUEGO DE AJEDREZ, INCLUYE DISEÑO GEOMÉTRICO, DE PAVIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL CALLE SALTO A LA SOGA

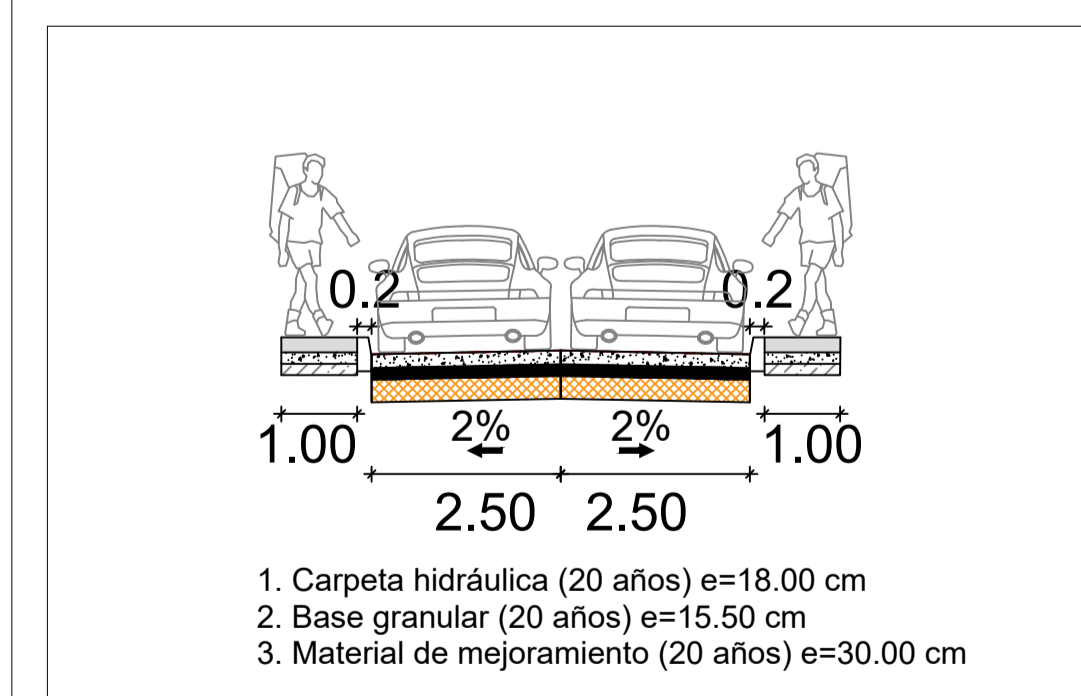
ESCALA: LAS ESPECIFICADAS | DIBUJO: IVONNE CEDILLO VARGAS | FECHA: MAYO 2022 | HOJA: 1 DE 4

PROYECTISTA: IVONNE CEDILLO VARGAS | DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN AVILES ORDOÑEZ



SIMBOLOGÍA

	Eje de vía		Peralte izquierdo (L)
	Eje de vía		Peralte derecho (R)
	Borde de vía		Diseño vertical
	Línea de fábrica		Entrada derecha
	Eje quebrada		Entrada izquierda
	Vía existente		Vía actual
	Punto de referencia		



UCUENCA UNIVERSIDAD DE CUENCA
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO: DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS CALLES SALTO A LA SOGA, JUEGO DE LA PALLA Y JUEGO DE AJEDREZ, INCLUIE DISEÑO GEOMÉTRICO, DE PAVIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

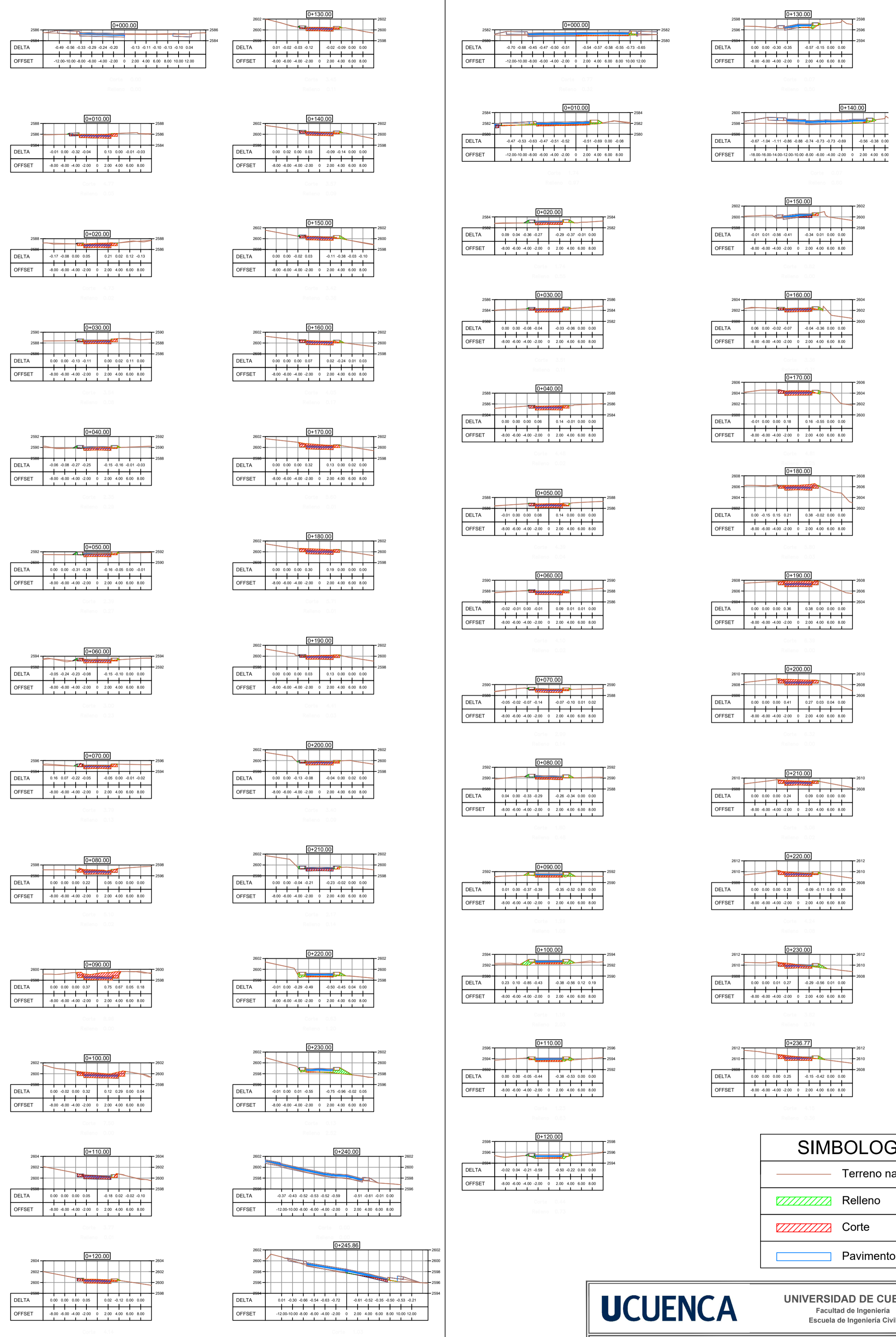
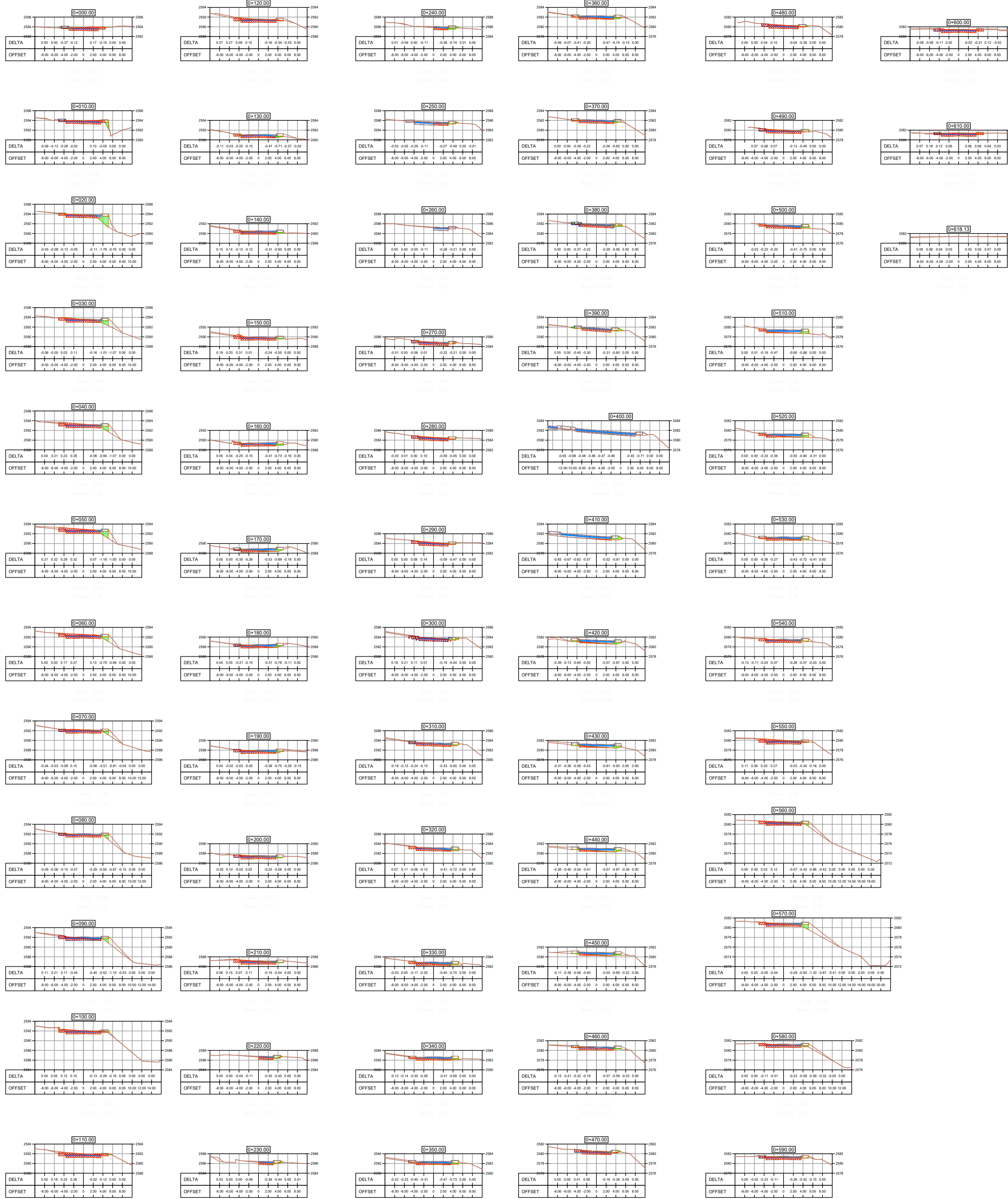
CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL CALLE JUEGO DE LA PALLA Y CALLE JUEGO DE AJEDREZ

ESCALA: LAS ESPECIFICADAS	DIBUJÓ: IVONNE CEDILLO VARGAS	FECHA: MAYO 2022	HOJA: 2 DE 3
PROYECTISTA: IVONNE CEDILLO VARGAS	DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN AVILÉS ORDOÑEZ		

SALTO DE LA SOGA

JUEGO DE LA PALLCA

JUEGO DE AJEDREZ



SIMBOLOGÍA

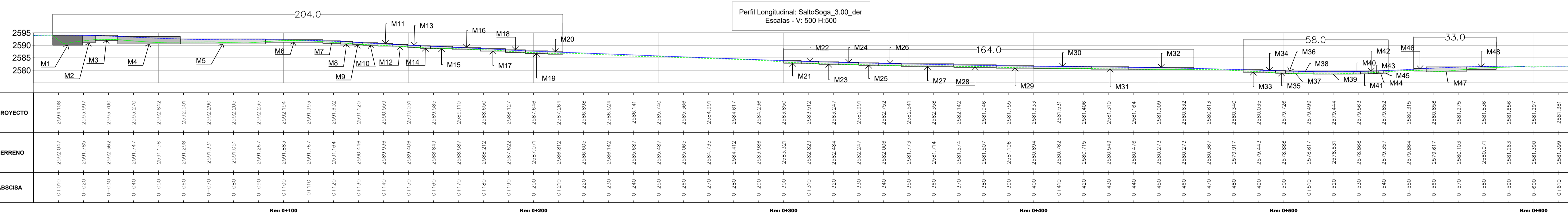
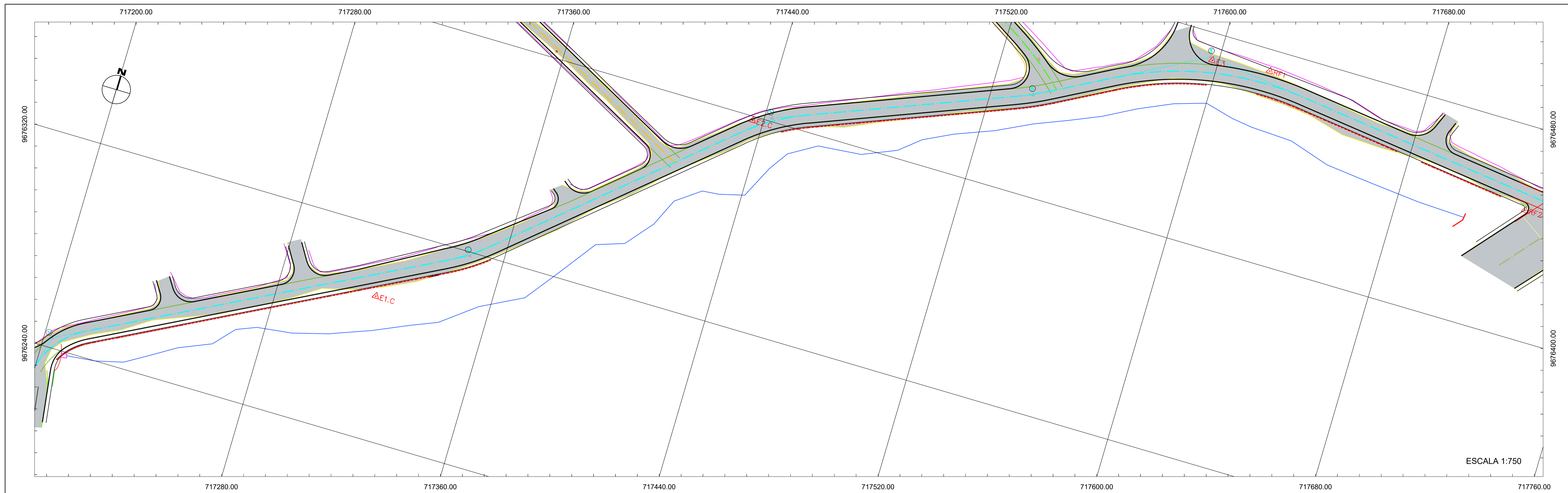
- Terreno natural
- ▨ Relleno
- ▧ Corte
- ▭ Pavimento

UCUENCA UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO: DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS CALLES SALTO DE LA SOGA, JUEGO DE LA PALLCA Y JUEGO DE AJEDREZ, INCLUYE DISEÑO GEOMÉTRICO, DE PAVIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1:500	DIBUJO: IVONNE CEDILLO VARGAS	FECHA: MAYO 2022	HOJA: 3 DE 4
PROYECTISTA: IVONNE CEDILLO VARGAS		DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN AVILES ORDOÑEZ	



PROYECTO	TERRENO	ABSCISA
2594.108	2592.047	0+010
2593.997	2591.785	0+020
2593.700	2592.362	0+030
2593.270	2591.747	0+040
2592.842	2591.158	0+050
2592.501	2591.298	0+060
2592.290	2591.131	0+070
2592.205	2591.051	0+080
2592.235	2591.267	0+090
2592.194	2591.883	0+100
2591.993	2591.767	0+110
2591.632	2591.164	0+120
2591.120	2590.446	0+130
2590.559	2589.936	0+140
2590.031	2589.406	0+150
2589.585	2588.849	0+160
2589.110	2588.587	0+170
2588.650	2588.212	0+180
2588.127	2587.622	0+190
2587.646	2587.071	0+200
2587.264	2586.812	0+210
2586.898	2586.605	0+220
2586.524	2586.142	0+230
2586.141	2585.687	0+240
2585.740	2585.487	0+250
2585.366	2585.065	0+260
2584.991	2584.735	0+270
2584.617	2584.412	0+280
2584.236	2583.986	0+290
2583.850	2583.321	0+300
2583.512	2582.629	0+310
2583.247	2582.464	0+320
2582.991	2582.247	0+330
2582.752	2582.006	0+340
2582.541	2581.773	0+350
2582.358	2581.714	0+360
2582.142	2581.574	0+370
2581.946	2581.507	0+380
2581.755	2581.106	0+390
2581.613	2580.894	0+400
2581.531	2580.762	0+410
2581.406	2580.715	0+420
2581.310	2580.649	0+430
2581.164	2580.476	0+440
2581.009	2580.273	0+450
2580.832	2580.273	0+460
2580.613	2580.367	0+470
2580.340	2579.917	0+480
2580.035	2579.443	0+490
2579.726	2578.888	0+500
2579.499	2578.617	0+510
2579.444	2578.531	0+520
2579.563	2578.868	0+530
2579.852	2579.357	0+540
2580.315	2579.864	0+550
2580.858	2579.617	0+560
2581.275	2580.103	0+570
2581.536	2580.971	0+580
2581.656	2581.263	0+590
2581.297	2581.390	0+600
2581.381	2581.399	0+610

Muro No.	Altura H [m]	Longitud L [m]
1	4	12
2	3	5
3	2	9
4	3	25
5	2	34
6	1	23
7	1	7
8	1	5
9	1	4
10	1	6
11	1	6
12	1	6
13	1	5
14	1	4
15	1	9
16	1	11
17	1	10
18	1	8
19	1	9
20	1	6
21	1	7
22	1	7
23	1	8
24	1	8

Muro No.	Altura H [m]	Longitud L [m]
25	1	8
26	1	9
27	1	21
28	1	17
29	1	15
30	1	23
31	1	15
32	1	26
33	1	8
34	1	5
35	1	4
36	1	3
37	1	2
38	1	6
39	1	16
40	1	3
41	1	3
42	1	2
43	1	2
44	1	2
45	1	2
46	1	5
47	1	16
48	1	12

SIMBOLOGÍA	
	Muro de Gavión H=4m
	Muro de Gavión H=3m
	Muro de Gavión H=2m
	Muro de Gavión H=1m
	Terreno
	Proyecto
	Vía actual
	Franja de ubicación de muros

UCUENCA UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO: DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS CALLES SALTO DE LA SOGA, JUEGO DE LA PALCA Y JUEGO DE AJEDREZ, INCLUYE DISEÑO GEOMÉTRICO, DE PAVIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

CONTIENE: MUROS DE CONTENCIÓN

ESCALA: LAS INDICADAS	DIBUJO: IVONNE CEDILLO VARGAS	FECHA: MAYO 2022	HOJA: 4 DE 4
PROYECTISTA: IVONNE CEDILLO VARGAS		DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN AVILÉS ORDOÑEZ	