

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes

Estudio de impacto vial para la nueva central de transferencia de víveres de la ciudad de Cuenca y diseño de la vía de acceso

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería en Vialidad y Transportes

Autores:

Diana Gisella Maita León

María Augusta Torres Lazo

Director:

Juan Marcelo Avilés Ordoñez

ORCID: 0009-0008-8944-2118

Cuenca, Ecuador

2023-03-06

Resumen

En la actualidad, la ciudad de Cuenca cuenta con 6 mercados; 5 de ellos funcionan como minoristas, y el mercado “El Arenal” con una operación mixta; es decir, minorista y a la vez mayorista. Éste último se encuentra ubicado dentro de la parte urbana de la ciudad, por lo que los vehículos de los comerciantes mayoristas que abastecen a este mercado y los minoristas que a su vez se abastecen del mismo deben ingresar a la ciudad y atravesar la misma para llegar a este punto; adicionalmente, es importante recalcar que este mercado no fue planificado como mayorista; sin embargo, la dinámica del comercio en el sector le ha asignado este carácter.

En este sentido, el GAD Municipal de Cuenca ha identificado la necesidad de crear un Centro de Transferencia de Víveres en el sector de Capulispanba, dado que un gran número de comerciantes mayoristas vienen desde provincias que se encuentran al norte del cantón. El ingreso a la vía de acceso a este equipamiento, será a través de la Panamericana Norte, vía de la red estatal que constituye un ingreso y salida de la ciudad, por lo que cuenta con un elevado volumen vehicular.

Actualmente, el GAD Municipal de Cuenca ya cuenta con los diseños definitivos del proyecto arquitectónico; sin embargo, dentro del mismo no se ha previsto la solución para el acceso a este equipamiento; razón por la cual se realiza el estudio de impacto vial, en el cual se pueda evalúa las condiciones de las vías e intersección de acceso, respecto a su nivel de servicio, en el escenario actual (con y sin implementación del proyecto); así también en la situación futura al año horizonte 2027, una vez que el equipamiento sea implementado.

Los resultados que se del estudio de impacto vial, permiten definir la solución óptima para la intersección de acceso al equipamiento, y con el objetivo de proporcionar una solución integral para la accesibilidad al proyecto, se realiza el diseño definitivo de la vía de acceso y de su intersección con la Panamericana Norte, para lo cual se desarrolla un detallado estudio topográfico, estudio de suelos, diseño de pavimentos, verificación de la estabilidad de taludes y el diseño hidrológico e hidráulico para la vía.

Palabras clave: impacto vial, nivel de servicio, mitigación de impactos, TPDA, diseño geométrico.

Abstract

Actually, Cuenca city has 6 markets; 5 of them function as retailers, and the "El Arenal" market with a mixed operation; that is, minor and at the same time wholesale. The latter is located within the urban part of the city, so the vehicles of the wholesalers that supply this market and the retailers that in turn supply it must enter the city and cross it to get there. at this point; In addition, it is important to emphasize that this market was not planned as a wholesaler; however, the dynamics of trade in the sector has given it this character.

In this sense, the Municipal GAD of Cuenca has identified the need to create a Food Transfer Center in the Capulispamba sector, given that a large number of wholesalers come from provinces that are to the north of the canton. The entrance to the access road to this facility will be through the Panamericana Norte highway, a road of the state network that constitutes an entrance and exit from the city, for which reason it has a high volume of vehicles.

Currently, the Municipal GAD of Cuenca already has the final designs of the architectural project; however, within it the solution for access to this equipment has not been provided; for which the road impact study is carried out, in which the conditions of the roads and interruption of access can be evaluated, with respect to their level of service, in the current scenario (with and without implementation of the reason project); as well as in the future situation to the horizon year 2027, once the equipment is implemented.

The results of the road impact study allow us to define the optimal solution for the intersection of access to the equipment, and with the aim of providing a comprehensive solution for accessibility to the project, the final design of the access road and its intersection with the Panamericana Norte, for which a detailed topographical study, soil study, pavement design, slope stability verification and hydrological and hydraulic design for the road are develop.

Keywords: road impact, service level, impact mitigation, TPDA, geometric design.

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	23
1.1	ANTECEDENTES.....	24
1.2	PROBLEMÁTICA	24
1.3	JUSTIFICACIÓN	25
1.4	OBJETIVO GENERAL	25
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2	ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VÍVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	27
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	28
1.2	PLAZA DE ESTACIONAMIENTO DISPONIBLES.....	33
1.3	ESQUEMA DE ACCESIBILIDAD Y CIRCULACIÓN PEATONAL	36
1.4	ESQUEMA DE ACCESIBILIDAD Y CIRCULACIÓN VEHICULAR.....	39
1.5	EQUIPAMIENTOS URBANOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	44
1.6	ANÁLISIS DE CIRCULACIÓN DEL TRÁFICO	46
1.7	GEOMETRÍA Y VISIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS HACIA EL EQUIPAMIENTO	46
1.7.1	Radios de giro	46
1.7.2	Análisis de la distancia de visibilidad.....	47
1.8	GEOMETRÍA Y VISIBILIDAD DE INCORPORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS HACIA EL EQUIPAMIENTO	50
1.8.1	Radios de giro	50
1.8.2	Análisis de visibilidad	50
1.9	ANÁLISIS DE TRÁNSITO	52
1.9.1	Definición del área de estudio.....	52
1.9.2	Análisis de transporte público	53
1.10	ANÁLISIS DE CONFLICTOS	54
1.10.1	Conflictos vehículo – vehículo	54
1.10.2	Conflictos vehículo – peatón.....	54
1.10.3	Conflictos vehículo – ciclista	55
1.11	ANÁLISIS OPERATIVO DE LAS INTERSECCIONES	55
1.11.1	Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	55
1.11.1.1	Factor Horario (Fh).....	56

1.11.1.2 Factor Diario (Fd).....	56
1.11.1.3 Factor semanal (Fs).....	56
1.11.1.4 Factor mensual (Fm).....	57
1.11.1.5 Determinación del factor de hora pico “FHP”.....	57
1.11.1.6 Consumo de combustibles.....	58
1.11.1.7 Conteo automático de tráfico.....	58
1.11.2 Velocidad de circulación.....	60
1.11.3 Capacidad y niveles de servicio.....	62
1.11.4 Intersecciones semaforizadas.....	63
1.11.5 Intersecciones señalizadas con PARE en la vía principal, “TWSC”.....	64
1.11.6 Redondeles o glorietas.....	65
1.12 INTERSECCIÓN A: PANAMERICANA NORTE Y VÍA DE ACCESO.....	66
1.13 INTERSECCIÓN B: PANAMERICANA NORTE Y PUENTE DE GUANGARCUCHO.....	75
1.14 INTERSECCIÓN C: PANAMERICANA NORTE Y AV. DEL BOMBERO.....	83
1.14.1 Intersección D: Panamericana Norte y Vía a Ucubamba.....	92
1.15 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO FUTURO.....	102
1.15.1 Determinación del tráfico atraído y generado.....	102
1.15.2 Asignación de volúmenes de viajes con destino hacia la Central de Transferencia de Víveres.....	103
1.15.3 Distribución del tráfico atraído en las intersecciones de análisis.....	107
1.15.3.1 Viajes atraídos de los comerciantes minoristas hacia el equipamiento.....	107
1.15.3.2 Análisis multicriterio para asignación de viajes.....	110
1.15.3.3 Viajes atraídos de los comerciantes mayoristas hacia el equipamiento.....	115
1.15.3.4 Resumen de viajes atraídos de comerciantes minoristas y mayoristas hacia el equipamiento.....	117
1.15.3.5 Asignación de volúmenes de viajes con origen en la Central de Transferencia de Víveres.....	118
1.15.4 Distribución del tráfico generado en las intersecciones de análisis.....	118
1.15.4.1 Tráfico generado de comerciantes minoristas.....	118
1.15.4.2 Tráfico generado de comerciantes mayoristas.....	120
1.15.4.3 Resumen de viajes generados de comerciantes minoristas y mayoristas desde el equipamiento.....	122
1.15.4.4 Resumen de viajes atraídos y generados de comerciantes minoristas y mayoristas hacia y desde el equipamiento, respectivamente.....	123
1.16 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE INTERSECCIONES CON PROYECTO.....	124
1.16.1 Intersección A.....	124

1.16.2	Intersección B.....	127
1.16.3	Intersección C	128
1.16.4	Intersección D	130
1.16.5	Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el estado actual sin proyecto vs estado actual con proyecto.....	133
1.17	DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO FUTURO.....	133
1.17.1.1	Tasa de crecimiento de vehículos livianos.....	134
1.17.1.2	Valores de a y b.....	134
1.17.1.3	Tasa de motorización y tasa de saturación.....	135
1.17.2	Tasa de crecimiento de buses y camiones.....	135
1.17.2.1	Información demográfica del área de estudio.....	135
1.17.2.2	Parque automotor del área de estudio.....	136
1.17.3	Tasas de crecimiento anual del parque automotor.....	137
1.18	ANÁLISIS DE INTERSECCIONES EN EL AÑO HORIZONTE 2027.....	137
1.18.1	Intersección A.....	137
1.18.2	Intersección B.....	139
1.18.3	Intersección C	141
1.18.4	Intersección D	143
1.18.5	Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el estado actual con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto.....	146
1.19	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	146
1.19.1	Intersección A.....	147
1.19.2	Intersección B.....	156
1.19.3	Intersección C	160
1.19.4	Intersección D	163
1.19.5	Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el escenario al año horizonte 2027 con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto y con las medidas de mitigación propuestas.	166
3	DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO A LA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VÍVERES	168
2.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	168
2.2	GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA	169
2.3	GEOLOGÍA DE LA ZONA	169
2.4	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	171
2.4.1	Equipo utilizado	172

2.5	ESTUDIO DE SUELOS	173
2.5.1	Registro de calicata.....	173
2.5.2	Ensayos de laboratorio	174
2.5.2.1	Determinación del CBR.....	175
2.5.2.2	Determinación del módulo resiliente de la subrasante	177
2.5.2.3	Determinación del módulo resiliente de la subbase	177
2.5.2.4	Determinación del módulo resiliente de la base	178
2.6	DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	179
2.6.1	Numero de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos en el carril y periodo de diseño.....	179
2.1.1.1	Cálculo del TPDA	179
2.1.1.2	Determinación del factor de distribución por dirección FD	180
2.1.1.3	Determinación del factor de distribución por carril FL	180
2.1.1.4	Factor de proyección Fp.....	181
2.1.1.5	Cálculo del factor camión Fc: Factor equivalente de carga	181
2.6.2	N: Numero de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos en el carril y periodo de diseño.	182
2.6.3	Determinación del número estructural SN, método de la AASHTO	183
2.6.4	Índice de servicialidad.....	183
2.6.5	Factor de confiabilidad Zr.....	183
2.6.6	Desviación normal estándar So	184
2.6.7	Número estructural SN.....	184
2.6.8	Coeficientes estructurales de capas (a)	184
2.6.9	Coeficientes de drenaje, m	185
2.6.10	Estructura de pavimento	185
2.7	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	186
2.7.1	Clasificación topográfica	188
2.7.2	Vehículo de diseño.....	188
2.7.3	Velocidad de diseño	190
2.7.4	Radio mínimo	191
2.7.5	Velocidad de circulación	192
2.8	DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.....	192
2.8.1	Distancia de visibilidad.....	192
2.8.2	Distancia de visibilidad de parada	192
2.8.3	Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	193
2.9	ALINEAMIENTO HORIZONTAL	195

2.9.1	Peralte con curvas diferente a mínimo	195
2.9.2	Transición del peralte	196
2.9.3	Longitud de aplanamiento.....	197
2.9.4	Longitud de transición	198
2.9.5	Tangente intermedia mínima	198
2.9.6	Sobrecancho	199
2.10	ALINEAMIENTO VERTICAL	200
2.10.1	Tangente vertical.....	200
2.10.2	Pendiente máxima.....	200
2.10.3	Pendiente mínima	200
2.10.4	Curvas verticales.....	200
2.10.5	Curvas verticales convexas	201
2.10.6	Curvas verticales cóncavas	202
2.11	SECCIÓN TRANSVERSAL	203
2.12	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS.....	204
2.12.1	Alternativa 1.....	204
2.12.2	Alternativa 2.....	205
2.12.3	Evaluación de las alternativas.....	205
2.13	COMPROBACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN BASE A LA POTENCIA DEL VEHÍCULO TIPO.....	208
2.14	DISEÑO DE INTERSECCIÓN, TIPO ROTONDA.....	208
2.14.1	Parámetros geométricos a utilizar.....	208
2.14.2	Resultados obtenidos.....	212
2.15	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	212
2.16	ANÁLISIS DE SECCIONES TRANSVERSALES.....	213
2.17	DRENAJE.....	214
2.17.1	Estimación de la precipitación de diseño.....	217
4	PRESUPUESTO.....	221
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	224
6	BIBLIOGRAFÍA.....	228
7	ANEXOS.....	230

Índice de ilustraciones

Ilustración 2.1: Plano de Ubicación y Nueva Vía de Circunvalación	28
Ilustración 2.2: Fotografía del sitio de emplazamiento	28
Ilustración 2.3: Planta General del Proyecto	28
Ilustración 2.4: Áreas generales de la central de transferencia de víveres	29
Ilustración 2.5: Perfil de elevación de la vía de acceso actual	30
Ilustración 2.6: Modelo de gestión de la central de transferencia de víveres	31
Ilustración 2.7: Modelo de gestión ampliado propuesto para la nueva central de transferencia de víveres	32
Ilustración 2.8: Áreas exteriores del proyecto	32
Ilustración 2.9: Zonas de parqueo para vehículos livianos al inicio del proyecto	33
Ilustración 2.10: Tipologías de naves y andenes para carga y descarga	34
Ilustración 2.11: Secciones transversales del proyecto	35
Ilustración 2.12: Implantación final del proyecto, áreas de circulación peatonal y vehicular	36
Ilustración 2.13: Sección transversal del proyecto	36
Ilustración 2.14: Tipologías de naves, andenes y áreas de circulación	37
Ilustración 2.15: Acceso comedor	37
Ilustración 2.16: Edificio de Oficinas	37
Ilustración 2.17: Emplazamiento de las diferentes actividades de comercio	38
Ilustración 2.18: Diseño actual del acceso vehicular	39
Ilustración 2.19: Sección tipo de la vía de acceso diseñada	39
Ilustración 2.20: Perfil vertical del diseño existente de la vía de acceso	40
Ilustración 21: Fuerzas que actúan sobre el vehículo y que deben ser vencidas por la potencia del motor	41
Ilustración 2.22: Vista aérea de la circulación vehicular del proyecto	44
Ilustración 2.23: Emplazamiento del predio del proyecto en la parroquia LLacao	44
Ilustración 2.24: División zona urbana/rural y emplazamiento del proyecto	44
Ilustración 2.25: Equipamientos relevantes en el área de influencia del proyecto	45
Ilustración 2.26: Trazado geométrico de la Alternativa # 1 para la vía de acceso	46
Ilustración 2.27: Trazado geométrico de la Alternativa # 2 para la vía de acceso	46
Ilustración 2.28: Cuadro VI-3 – Distancia de visibilidad, Fuente: MTOP 2003	47
Ilustración 2.29: Distancia de visibilidad para acceso al equipamiento alternativa 1	48
Ilustración 2.30: Distancia de visibilidad para acceso al equipamiento alternativa 2	48
Ilustración 2.31: Distancia de visibilidad para incorporación al equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 1	49

Ilustración 2.32: Distancia de visibilidad para incorporación al equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 2	49
Ilustración 2.33: Distancia de visibilidad para salida del equipamiento alternativa 1	50
Ilustración 2.34: Distancia de visibilidad para salida del equipamiento alternativa 2	50
Ilustración 2.35: Distancia de visibilidad para salida desde el equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 1	51
Ilustración 2.36: Distancia de visibilidad para salida desde el equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 2	51
Ilustración 2.37: Distribución espacial de las intersecciones a analizar en el área de influencia directa y media	52
Ilustración 2.38: Paradas de bus en el tramo del área de influencia directa y media	53
Ilustración 2.39: Puntos de conflicto en intersección A: Panam. Norte y vía de acceso	66
Ilustración 2.40: Señalización existente en el estado	66
Ilustración 2.42: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección A	69
Ilustración 2.43: Trazado de la red Intersección A	71
Ilustración 2.44: Puntos de conflicto en intersección B: Panam. Norte y puente de Guangarcucho	74
Ilustración 2.45: Señalización existente en el estado	74
Ilustración 2.47: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección B	77
Ilustración 2.48: Trazado de la red Intersección B	79
Ilustración 2.49: Puntos de conflicto en intersección B: Panamericana Norte y puente de Guangarcucho	81
Ilustración 2.50: Señalización existente en el estado actual en la intersección C	82
Ilustración 2.51: Secciones de las vías que convergen en la intersección B	82
Ilustración 2.52: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección C	85
Ilustración 2.53: Trazado de la red Intersección C	87
Ilustración 2.54: Fuente: Elaboración propia	89
Ilustración 2.55: Señalización existente en el	94
Ilustración 2.57: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección D	92
Ilustración 2.58: Trazado de la red Intersección D	95
Ilustración 2.59: Caracterización de flujo de comerciantes minoristas al día en la central de transferencia de víveres	98
Ilustración 2.60: Parroquias urbanas del cantón Cuenca	102
Ilustración 2.61: Mapa parroquias rurales del cantón Cuenca	103
Ilustración 2.62: Asignación de viajes de comerciantes minoristas atraídos por el equipamiento	104

Ilustración 2.63: Ruta desde el punto en común hacia el equipamiento, a través de la intersección de Ucubamba	107
Ilustración 2.64: Ruta desde el punto en común hacia el equipamiento, a través de la intersección de la Av. Del Bombero	107
Ilustración 2.65: Asignación de viajes de comerciantes minoristas atraídos por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio	109
Ilustración 2.66: Asignación de viajes de comerciantes mayoristas atraídos por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio	111
Ilustración 2.67: Distribución espacial de los mercados minoristas respecto a la central de transferencia de víveres	112
Ilustración 2.68: Asignación de viajes de comerciantes minoristas generados por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio	113
Ilustración 2.69: Asignación de viajes de comerciantes mayoristas generados por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio	116
Ilustración 2.70: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección A	117
Ilustración 2.71: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección B	118
Ilustración 2.72: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en	118
Ilustración 2.73: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección D	118
Ilustración 2.74: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección A	119
Ilustración 2.75: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección A, con la implementación del proyecto	119
Ilustración 2.76: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección B	121
Ilustración 2.77: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección B, con la implementación del proyecto	121
Ilustración 2.78: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda	123
Ilustración 2.79: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección C, con la implementación del proyecto	123
Ilustración 2.80: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección D	125

Ilustración 2.81: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección D, con la implementación del proyecto	125
Ilustración 2.82: Asignación de volúm. vehiculares proyectados al 2027 intersección A	132
Ilustración 2.83: Asignación de volúm. vehiculares proyectados al 2027 intersección B	134
Ilustración 2.84: Asignación de volúm. vehiculares proyectados al 2027 intersección C	136
Ilustración 2.85: Asignación de volúm. vehiculares proyectados al 2027 intersección D	138
Ilustración 2.86: Geometría de la solución propuesta en la alternativa 1 para la intersección de la nueva vía de acceso al equipamiento	142
Ilustración 2.87: Geometría de la solución propuesta en la alternativa 1 para la intersección de la nueva vía de acceso al equipamiento	144
Ilustración 2.88: Fases semafóricas propuestas para la alternativa 2 de solución a la intersección de la nueva vía de acceso y la Panamericana Norte	145
Ilustración 2.89: Señales regulatorias	147
Ilustración 2.90: Señales preventivas	148
Ilustración 2.91: Ejemplos de líneas transversales	149
Ilustración 2.92: Ejemplos de líneas longitudinales	149
Ilustración 2.93: Ejemplos de flechas	150
Ilustración 2.94: Esquema de señalización propuesta para la intersección A	150
Ilustración 2.95: Geometría de la solución propuesta para la intersección B	151
Ilustración 2.96: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección B	151
Ilustración 97: Esquema de señalización propuesto para intersección “B” en complemento de las medidas de mitigación propuestas	154
Ilustración 2.98: Geometría de la solución propuesta para la intersección C	154
Ilustración 2.99: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección C	155
Ilustración 100: Esquema de señalización propuesto para intersección “C” en complemento de las medidas de mitigación propuestas	157
Ilustración 2.101: Geometría de la solución propuesta para la intersección D	157
Ilustración 2.102: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección D	158
Ilustración 103: Esquema de señalización propuesto para intersección “D” en complemento de las medidas de mitigación propuestas	160
Ilustración 3.1 Ubicación de la nueva Central de Transferencia de Víveres	162
Ilustración 3.2 Mapa geomorfológico del área de estudio, PDOT Cuenca 2015	163
Ilustración 3.3 Mapa geológico del área de estudio, PDOT Cuenca 2015	164
Ilustración 3.4 Hitos F-3 y BM-2 para levantamiento topográfico	165
Ilustración 3.5 Levantamiento topográfico acceso Centro de Transferencia de Víveres.	166
Ilustración 3.6 Perfil estratigráfico en la calicata realizada.	167

Ilustración 3.7 Curva Proctor modificado	169
Ilustración 3.8 Curva de penetración en función de la carga aplicada vs tiempo.	169
Ilustración 3.9 Curva de densidad seca vs CBR.	171
Ilustración 3.10. Abaco para la obtención de MR y coeficiente estructural	172
Ilustración 3.11. Abaco para la obtención de MR y coeficiente estructural de la	172
Ilustración 3.12 Niveles de confiabilidad.	178
Ilustración 3.13 Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”.	179
Ilustración 3.14 Coeficiente de drenaje, m	179
Ilustración 3.15 Estructura de pavimento	180
Ilustración 3.16 Vía de acceso actual para la Central de transferencia de Víveres.	181
Ilustración 3.17 Alineamiento vertical actual del acceso a la Central de Transferencia	182
Ilustración 3.18 Características mínimas requeridas del vehículo de diseño.	184
Ilustración 3.19 Etapas del desarrollo del peralte.	192
Ilustración 3.20 Sección tipo	199
Ilustración 3.21 Emplazamiento alternativa 1	199
Ilustración 3.22 Emplazamiento alternativa 2	200
Ilustración 3.23 Perfil longitudinal de las alternativas analizadas	202
Ilustración 3.24 Sección tipo, acceso a la Central transferencia de víveres.	208
Ilustración 3.25 Análisis de estabilidad, sección 0+090m	209
Ilustración 3.26 Análisis de estabilidad, sección 0+220m	209
Ilustración 3.27 Red hidrográfica en el área de estudio. (PDOT, 2015)	210
Ilustración 3.28 Ubicación estación meteorológica Ucubamba. ETAPA EP.	211
Ilustración 3.29 Ajuste de Gumbel para precipitaciones máxima 24horas	213
Ilustración 3.30 Zonificación de intensidades.	214
Ilustración 3.31 Geometría de la cuneta	215

Índice de gráficos

Gráfico 2-1: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de intersección A	68
Gráfico 2-2: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de intersección A	69
Gráfico 2-3: Composición vehicular del TPDA en acceso Vía de Acceso N – S de intersección A	69
Gráfico 2-4: Composición vehicular del TPDA en intersección A	69
Gráfico 2-5: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección A	70
Gráfico 2-6: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección A	70
Gráfico 2-7: Variación horaria del TPDA en acceso Vía de acceso N – S de Intersección A	70
Gráfico 2-8: Variación horaria del TPDA en Intersección A	71
Gráfico 2-9: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección A	72
Gráfico 2-10: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de intersección B	77
Gráfico 2-11: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de intersección B	78
Gráfico 2-12: Composición vehicular del TPDA en acceso Puente de Guangarcucho S - N de intersección B	78
Gráfico 2-13: Composición vehicular del TPDA en intersección B	78
Gráfico 2-14: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección B	79
Gráfico 2-15: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección B	79
Gráfico 2-16: Variación horaria del TPDA en acceso Puente de Guangarcucho S – N de Intersección B	79
Gráfico 2-17: Variación horaria del TPDA en Intersección B	80
Gráfico 2-18: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección B	81
Gráfico 2-19: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección C	86
Gráfico 2-20: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección C	86
Gráfico 2-21: Composición vehicular del TPDA en acceso Av. Del Bombero S – N de Intersección C	87

Gráfico 2-22: Composición vehicular del TPDA en Intersección C	87
Gráfico 2-23: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección C	87
Gráfico 2-24: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección C	88
Gráfico 2-25: Variación horaria del TPDA en acceso Av. Del Bombero S – N de Intersección C	88
Gráfico 2-26: Variación horaria del TPDA en Intersección C	88
Gráfico 2-27: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección C	90
Gráfico 2-28: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección D	95
Gráfico 2-29: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección D	95
Gráfico 2-30: Composición vehicular del TPDA en acceso Vía a Ucubamba S – N de Intersección D	95
Gráfico 2-31: Composición vehicular del TPDA en Intersección D	96
Gráfico 2-32: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección D	96
Gráfico 2-33: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección D	97
Gráfico 2-34: Variación horaria del TPDA en acceso Vía a Ucubamba S – N de Intersección D	97
Gráfico 2-35: Variación horaria del TPDA en Intersección D	97
Gráfico 2-36: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección D	99

Índice de tablas

Tabla 2-1: Cantidad de estacionamientos requeridos según la ordenanza	33
Tabla 2-2: Cantidad de estacionamientos para vehículos pesados	34
Tabla 2-3: Especificaciones técnicas camión tipo para traslado de productos de mayoristas	43
Tabla 2-4: Potencia necesaria para la circulación del vehículo característico en la vía de acceso diseñada actualmente	43
Tabla 2-5: Intersecciones a analizar en el área de influencia directa y media	52
Tabla 2-6: Líneas de bus que circulan en el área de influencia directa y media	53
Tabla 2-7: Resumen consumo de combustible año 2019	58
Tabla 2-8: Conteos automáticos Panamericana Norte, sentido Este – Oeste	58
Tabla 2-9: Conteos automáticos Panamericana Norte, sentido Oeste – Este	59
Tabla 2-10: Valores de los factores de expansión resultantes y que se emplearán	59
Tabla 2-11: Criterios para establecer los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas	62
Tabla 2-12: Criterios para establecer los niveles de servicio en intersecciones “TWSC”	63
Tabla 2-13: Criterios para establecer los niveles de servicio en redondeles	64
Tabla 2-14: TPDA en accesos y en intersección A	67
Tabla 2-15: TPDA en hora pico de la intersección A	70
Tabla 2-16: Factor de hora pico para accesos e Intersección A	70
Tabla 2-17: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección A	71
Tabla 2-18: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección A	72
Tabla 2-19: TPDA en accesos y en intersección A	75
Tabla 2-20: TPDA en hora pico de la intersección B	78
Tabla 2-21: Factor de hora pico para accesos e Intersección B	79
Tabla 2-22: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección B	79
Tabla 2-23: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección A	80
Tabla 2-24: TPDA en accesos y en intersección C	83
Tabla 2-25: TPDA en hora pico de la intersección C	86
Tabla 2-26: Factor de hora pico para accesos e Intersección B	86
Tabla 2-27: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección C	87
Tabla 2-28: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección C	88
Tabla 2-29: TPDA en accesos y en intersección D	91
Tabla 2-30: Fases y ciclo del semáforo que regula la intersección D	94
Tabla 2-31: TPDA en hora pico de la intersección D	94

Tabla 2-32: Factor de hora pico para accesos e Intersección D	95
Tabla 2-33: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección D	95
Tabla 2-34: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección D	96
Tabla 2-35: Modos de transporte empleados por los comerciantes minoristas para abastecerse de productos	100
Tabla 2-36: Distribución horaria del volumen de minoristas	100
Tabla 2-37: Caracterización de flujo de comerciantes minoristas al día en la central de transferencia de víveres	101
Tabla 2-38: Parroquias urbanas de domicilio de los comerciantes minoristas	102
Tabla 2-39: Parroquias rurales de domicilio de los comerciantes minoristas	103
Tabla 2-40: Ponderación asignada a cada criterio para distribución de viajes	107
Tabla 2-41: Calificación asignada al primer parámetro de ponderación	109
Tabla 2-42: Calificación asignada al segundo parámetro de ponderación	109
Tabla 2-43: Porcentaje de asignación de viajes a cada intersección del área de influencia	109
Tabla 2-44: Puntos de origen de los viajes de comerciantes mayoristas hacia el equipamiento	111
Tabla 2-45: Asignación de viajes de vehículos livianos y pesados con destino hacia la central de transferencia de víveres	113
Tabla 2-46: Sectores de destino del volumen de salida de vehículos pesados (mayoristas)	116
Tabla 2-47: Asignación de viajes de vehículos livianos y pesados con origen en la central de transferencia de víveres	118
Tabla 2-48: Resultados intersección A estado actual con proyecto	121
Tabla 2-49: Resultados intersección B estado actual con proyecto	123
Tabla 2-50: Resultados intersección C estado actual con proyecto	125
Tabla 2-51: Resultados intersección D estado actual con proyecto	127
Tabla 2-52: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el estado actual sin proyecto vs el estado actual con proyecto	128
Tabla 2-53: Proyecciones poblacionales del cantón Cuenca 1969 – 2031	131
Tabla 2-54: Vehículos livianos matriculados en el cantón Cuenca 1969 – 2019	132
Tabla 2-55: Tasas de crecimiento del parque automotor hasta el año 2042	132
Tabla 2-56: TPDA hora pico intersección A proyectado al año 2027	133
Tabla 2-57: Resultados análisis intersección A año 2027 con proyecto	134
Tabla 2-58: TPDA hora pico intersección B proyectado al año 2027	135
Tabla 2-59: Resultados análisis intersección B año 2027 con proyecto	136
Tabla 2-60: TPDA hora pico intersección C proyectado al año 2027	137

Tabla 2-61: Resultados análisis intersección C año 2027 con proyecto	138
Tabla 2-62: TPDA hora pico intersección D proyectado al año 2027	139
Tabla 2-63: Resultados análisis intersección D año 2027 con proyecto	140
Tabla 2-64: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el estado actual con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto	141
Tabla 2-65: Resultados análisis alternativa 1 para solución de intersección con nueva vía de acceso, al año 2027 con proyecto	144
Tabla 2-66: Resultados análisis alternativa 1 para solución de intersección con nueva vía de acceso, al año 2027 con proyecto	147
Tabla 2-67: Resultados de solución propuesta para intersección B	154
Tabla 2-68: Resultados de solución propuesta para intersección C	158
Tabla 2-69: Resultados de solución propuesta para intersección D	161
Tabla 2-70: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el escenario al año horizonte 2027 con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto y con las medidas de mitigación planteadas	163
Tabla 3.1 Coordenadas de ubicación de la nueva Central de Transferencia de Víveres	164
Tabla 3.2 Coordenadas de hitos para levantamiento topográfico	167
Tabla 3.3 Resultados, ensayos geotécnicos, calicata 1	170
Tabla 3.4 Características del molde para el ensayo	171
Tabla 3.5 Datos para obtener el CBR	172
Tabla 3.6 TPDA 2022	175
Tabla 6.7 Tasa de crecimiento para cinco años	175
Tabla 3.8 TPDA2025	176
Tabla 3.9 FD factor de distribución por dirección	176
Tabla 3.10 FL: factor de distribución por carril	176
Tabla 3.11 Fp: factor de proyección	177
Tabla 3.12 Fp: Tipos de vehículos motorizados, pesos y dimensiones	177
Tabla 3.13 FEc, factor equivalente de carga	178
Tabla 3.14 N: Ejes equivalentes de 8.2 Ton.	178
Tabla 3.15 Clasificación del terreno en función de su topografía.	184
Tabla 3.16 Características del vehículo de diseño	184
Tabla 3.17 Longitudes entre ejes, vehículo de diseño.	186
Tabla 3.18 Clasificación de carreteras en base al TPDA.	186
Tabla 3.19 Velocidad de diseño en función de la categoría de la vía y su relieve.	186
Tabla 3.20 Coeficientes de fricción transversal	187
Tabla 3.21 Valores de peraltes límites	187

Tabla 3.22 Relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de circulación (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	188
Tabla 3.23 Mínima distancia de visibilidad de parada. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	189
Tabla 3.24 Mínima distancia de visibilidad de rebasamiento en carreteras de dos carriles. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)	190
Tabla 3.25 Radios mínimos para peraltes específicos, dada la velocidad de diseño y un peralte máximo $e(\text{máx})=10\%$ (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004)	191
Tabla 3.26 Gradientes longitudinales relativas máximas. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	192
Tabla 3.27 Gradientes máximas según el tipo de vía a diseñar. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	195
Tabla 3.28 Valores mínimo de diseño del coeficiente K, para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	196
Tabla 3.29 Valores mínimo de diseño del coeficiente K, para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)	197
Tabla 3.30 k: inverso del coeficiente de tracción en función	200
Tabla 3.31 Valores de la longitud resistente X_0 , para las alternativas evaluadas.	201
Tabla 3.32 Características alternativas analizadas.	201
Tabla 3.33 Potencia necesaria para la circulación del vehículo característico en la vía de acceso propuesta	202
Tabla 3.34 Parámetros geométricos para el anillo de circulación. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)	203
Tabla 3.35 Parámetros geométricos para la entrada. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)	204
Tabla 3.36 Parámetros geométricos para la salida. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)	204
Tabla 3.37 Parámetros geométricos para la visibilidad. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)	205
Tabla 3.38 Parámetros geométricos para otros factores (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)	205
Tabla 3.39 Parámetros (Anillo de Circulación)	205
Tabla 3.40 Parámetros (Entrada)	206
Tabla 3.41 Parámetros (Salida)	206
Tabla 3.42 Precipitación máxima en 24 horas. ETAPA EP.	210
Tabla 3.43 Verificación de la calidad de datos, test de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov	211
Tabla 3.44 Análisis de Gumbel para precipitaciones máximas en 24 horas. ETAPA EP.	212

Tabla 3.45 Ecuaciones de intensidad para la zona del proyecto.	213
Tabla 3.46 Parámetros para diseño de cunetas.	214
Tabla 3.47 Parámetros hidráulicos para cunetas.	215

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, quienes son el pilar fundamental en mi vida, mi mayor motivación para conseguir las metas planteadas en el ámbito profesional y personal, y siempre son mi apoyo incondicional; a mis hermanos que han sido mi soporte y mi refugio, este logro también es de todos ustedes.

Ing. Gisella Maita

Este logro va dedicado a mis padres que siempre han estado apoyándome en cada paso que doy en mi vida, a mi familia en general por cada una de sus palabras de aliento. En especial dedico este trabajo a mi persona, ha sido difícil llegar hasta aquí, pero con altas y bajas lo hemos logrado.

Ing. Ma. Augusta Torres

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, gracias a la vida y salud que me ha bendecido, me ha permitido culminar mis estudios de cuarto nivel, un agradecimiento profundo y eterno a mi familia, a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional y la fortaleza que me han dado; a mi compañera María Augusta Torres por su apoyo incondicional, su compromiso y su dedicación en la realización del presente trabajo de titulación; finalmente un agradecimiento sincero a nuestro director de tesis, Ing. Juan Avilés Ordóñez, por la acertada guía y aportes para la exitosa culminación de este trabajo de titulación.

Ing. Gisella Maita

Agradezco a Dios por regalarme vida, salud y fortaleza para poder alcanzar cada una de las metas propuestas en mi vida. Gracias por poner en mi camino a las personas correctas que han estado prestas para ayudarme cuando lo he necesitado. A mis padres y hermanos por estar apoyándome constantemente. A mi apoyo por tantos años, agradezco tu motivación, tu cariño y tu tiempo.

Extiendo un abrazo fraterno y un sincero agradecimiento al Ing. Juan Avilés por su apoyo y guía constante para el desarrollo del presente proyecto.

Agradezco a mis compañeros de maestría por apoyarnos durante el desarrollo del programa, en especial a mis queridas amigas, Dios les pague por su apoyo en todo momento.

A todas aquellas personas que fueron parte de mi vida, les agradezco con todo mi corazón.

Ing. Ma. Augusta Torres

1 Introducción

El GAD Municipal de Cuenca, dentro de sus lineamientos generales de planificación, ha visto alternativas para mejorar y racionalizar la forma en la que se comercializan y expenden los productos de primera necesidad dentro de la ciudad, razón por la cual plantea la creación del Centro de Transferencia de Víveres. Este equipamiento servirá como centro de acopio para la distribución y control de estos productos, los cuales se expenden en los diferentes mercados de la Ciudad. El Centro de Transferencia de Víveres será el eje para el desarrollo local de una nueva organización, contribuyendo a la libre competencia; mediante la cual productores y comerciantes al por mayor realizan sus transacciones con comerciantes minoristas.

Se pretende implantar esta infraestructura en el Sector de Capulispamba, esto debido a la cercanía con la Panamericana Norte y su posición estratégica desde el cual se puede recibir la producción de las zonas agrícolas y abastecer a los mercados de la ciudad mediante el uso de la red vial primaria de la misma.

Una vez implementada esta infraestructura, se verá una racionalización del flujo vehicular en el abastecimiento de los mercados de Cuenca, evitando así el ingreso de vehículos pesados al área urbana.

Sin embargo, a pesar de las nuevas oportunidades que ofrece este Centro de Transferencia de Víveres, se debe tomar en cuenta que su emplazamiento está en el sector del Centro de Revisión Técnica Vehicular, y que además la vía que conectará a la Ciudad con los diferentes mercados será la Panamericana Norte, que constituye un ingreso a la ciudad; por otra parte, este proyecto generará una alta demanda de vehículos en la zona, de diversa composición, razón por lo cual se pretende realizar un estudio de impacto vial que determine el impacto potencial de tránsito generado por el equipamiento (Vela Morales, 2008)

A partir de los resultados que se obtengan en el Estudio de Impacto Vial, se determinará la solución óptima para la intersección de acceso al equipamiento, y con el fin de proporcionar una solución integral a la accesibilidad del proyecto, se realizará el diseño definitivo tanto de la vía de acceso como de su intersección con la Panamericana Norte, de manera que permitan obtener un presupuesto estimado de la intervención necesaria para el proyecto en su totalidad.

1.1 Antecedentes

En la actualidad, la ciudad de Cuenca cuenta con 6 mercados; 5 de ellos funcionan como minoristas, y el mercado “El Arenal” con una operación mixta; es decir, minorista y a la vez mayorista. Éste último se encuentra ubicado dentro de la parte urbana de la ciudad, por lo que los vehículos de los comerciantes mayoristas que abastecen a este mercado y los minoristas que a su vez se abastecen del mismo deben ingresar a la ciudad y atravesar la misma para llegar a este punto; adicionalmente, es importante recalcar que este mercado no fue planificado como mayorista; sin embargo, la dinámica del comercio en el sector le ha asignado este carácter.

En este sentido, el GAD Municipal de Cuenca ha identificado la necesidad de crear un Centro de Transferencia de Víveres en el sector de Capulispamba, dado que un gran número de comerciantes mayoristas vienen desde provincias que se encuentran al norte del cantón. El ingreso a la vía de acceso a este equipamiento, será a través de la Panamericana Norte, vía de la red estatal que constituye un ingreso y salida de la ciudad, por lo que cuenta con un elevado volumen vehicular.

Actualmente, el GAD Municipal de Cuenca ya cuenta con los diseños definitivos del proyecto arquitectónico; sin embargo, dentro del mismo no se ha previsto la solución para el acceso a este equipamiento; razón por la cual se ha determinado la necesidad de realizar un estudio de impacto vial, en el cual se pueda evaluar las condiciones de las vías e intersección de acceso, respecto a su nivel de servicio, tanto en la situación actual, como en la situación futura, una vez que el equipamiento sea implementado.

Los resultados que se obtengan del estudio de impacto vial, permitirán definir la solución óptima para la intersección de acceso al equipamiento, y con el objetivo de proporcionar una solución integral para la accesibilidad al proyecto, se realizará el diseño definitivo tanto de la vía de acceso como de su intersección con la Panamericana Norte.

1.2 Problemática

Las condiciones actuales del mercado mayorista “El Arenal” no cumple con su función inicial de mercado mayorista, lo que ha generado dificultades, tanto en aspecto de infraestructura como de gestión, situación que se ocasiona principalmente por la falta de criterios y normas específicas para definir las características a cumplir para ser considerado comerciante mayorista, razón por la cual se plantea un Centro de transferencia de víveres.

La implementación de un equipamiento de la magnitud de un Centro de Transferencia de Víveres para la ciudad, implicará un cambio radical en la dinámica del tráfico en el entorno

inmediato y medio del mismo; razón por la cual, previo a su implementación, a más del diseño arquitectónico del proyecto, se requiere dar una solución para la accesibilidad al equipamiento, la cual no ha sido considerada dentro de los estudios con los que cuenta al momento el GAD Municipal del Cantón Cuenca.

El lugar del emplazamiento del Centro de Transferencia de Víveres, implica necesariamente que el acceso a la vía de ingreso a este equipamiento se realice a través de la Panamericana Norte, vía de la red Estatal con una considerable antigüedad, que constituye un acceso alterno de ingreso a la ciudad desde la zona norte, cuya capacidad no ha sido modificada desde su construcción.

1.3 Justificación

La Dirección de Mercados se registra un 18,63% de comerciantes que se consideran mayoristas, y el 81,37% se registran con minoristas. Además, la actual infraestructura no cumple las expectativas para lo cual fue creado, por ello, es imprescindible, la creación de un mercado mayorista, exclusivo para la transferencia de víveres.

En este sentido, considerando el incremento del parque automotor durante los últimos años, el flujo vehicular que circula a través de la Panamericana Norte ha incrementado en gran medida, ocasionando problemas de congestionamiento; por lo tanto, es necesario realizar un adecuado análisis de la situación tanto actual como futura (considerando la implementación del equipamiento) de la intersección de la vía de acceso con la Panamericana Norte, a partir del cual se definirá la solución óptima desde el aspecto de tránsito.

Para la implementación del proyecto de forma integral, es necesario contar con el presupuesto tanto del proyecto arquitectónico en sí, como de la solución para su accesibilidad; en este sentido, es necesario realizar el diseño definitivo tanto de la vía de acceso como de la intersección, que implica su diseño geométrico, diseño de pavimentos, estabilidad de taludes, diseño hidráulico.

1.4 Objetivo General

Realizar el estudio de impacto vial para la nueva central de transferencia de víveres de la ciudad de Cuenca y el diseño definitivo de la vía de acceso y de su intersección con la Panamericana Norte.

1.5 Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de servicio actual y futuro de acceso al equipamiento: Panamericana Norte y calle S/N (sector Revisión Técnica Vehicular).
- Establecer la posible asignación de los viajes atraídos.
- Evaluar dos alternativas planteadas y seleccionar la alternativa óptima.
- Realizar el levantamiento topográfico de la vía de acceso y de un tramo de 500m de la Panamericana Norte.
- Realizar el diseño geométrico de la alternativa seleccionada para la intersección de ingreso al equipamiento.
- Calcular un presupuesto para la construcción de la vía de acceso y de su intersección con la Panamericana Norte, incluyendo estructura del pavimento, estabilidad de taludes, y obras hidráulicas.

2 Estudio de impacto vial para la nueva central de transferencia de víveres de la ciudad de Cuenca

El continuo crecimiento de la ciudad demanda que la planificación de la misma se encuentra orientada hacia un desarrollo sostenible, desde todas las aristas que abarca este concepto tan amplio, con el fin de evitar que un crecimiento desordenado genere problemas de diversa índole, entre los que se encontrarían los problemas de movilidad.

Actualmente, en lo que refiere a equipamientos de abastecimiento de productos de primera necesidad, el modelo de gestión de la ciudad no refleja una estructura adecuada en cuanto a la cadena logística que deben seguir la distribución de estos productos, desde su ingreso a la ciudad.

Históricamente, el mercado del Arenal ha funcionado como un mercado mayorista y minorista a la vez, pues si bien los comerciantes mayoristas (que expenden sus productos en grandes volúmenes) llegan hacia este centro de abastos de la ciudad, la ciudadanía en general también lo puede hacer, ya que en el lugar se comercializa por mayor y menor.

Esta situación ha generado algunos problemas en varios aspectos, desde seguridad hasta la movilidad; los ejes viales que circundan el equipamiento, y por lo tanto las intersecciones próximas, presentan largas colas vehiculares que pueden apreciarse durante las horas de máxima demanda.

En este sentido, el GAD Municipal del cantón Cuenca dentro de sus lineamientos generales de planificación, tomó la decisión de racionalizar y mejorar la forma en la que se comercializan y expenden los productos de primera necesidad de la ciudad, por lo que se planteó la idea de generar un nuevo Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca; así como la creación de un Nuevo Mercado Mayorista que sirva como centro de distribución y control de los productos que se expenden en los mercados de la ciudad.

Esta nueva centralidad fungirá como centro de acopio y distribución a la red de mercados de la ciudad y contará con los espacios adecuados para el abastecimiento y distribución de alimentos al sistema de mercados propuesto. El nuevo mercado mayorista será el eje para el desarrollo local de una nueva organización, contribuyendo a la libre competencia mediante la cual productores y comerciantes al por mayor realizan sus transacciones con comerciantes minoristas.

Además, la implementación de este equipamiento, a través del nuevo modelo de gestión

deberá generar una redistribución del flujo vehicular en el abastecimiento de los mercados de Cuenca, evitando así el ingreso de vehículos pesados a los mismos y por tanto al área urbana.

1.1 Descripción del proyecto

Los datos generales del proyecto se presentan a continuación:

Parroquia rural: Llacao

Ciudad: Cuenca

Provincia: Azuay

Dirección: Av. Panamericana Norte y vía S/N

Propietario del inmueble: Municipio de Cuenca

Uso Actual: Antigua cartera de piedra

Uso propuesto: Central de transferencia de víveres

Área de terreno: 77521,55 m²

Área construcción: 53231,47 m²

Área de zonas recreativas, abiertas y comunitarias: 5941,51m²

Área de vías: 16098,94m²

Ubicación: Sistema: WGS84

Coordenada X: 729905.69 Coordenada Y: 9684173.37

El proyecto propone centralizar en este equipamiento la introducción de productos de primera necesidad, y la comercialización por parte de los comerciantes mayoristas, a los diferentes comerciantes minoristas de la ciudad, para lo cual se propone la creación de esta infraestructura acompañada del respectivo modelo de gestión, que permita ejecutar regular las condiciones de funcionamiento de esta central de transferencia de víveres.

En función de la información proporcionada por el GAD Municipal del cantón Cuenca, respecto a los estudios disponibles hasta el momento, del diseño arquitectónico y demás ingenierías del proyecto, se conoce que el GAD Municipal del cantón Cuenca asignó el predio para el nuevo mercado mayorista, ubicado en el sector de Capulispamba, la ubicación del sitio obedece a la cercanía de la nueva vía planificada correspondiente a la Circunvalación Norte de Cuenca y su posición estratégica como lugar desde el cual se puede recibir la producción de las zonas agrícolas y abastecer a los mercados de la ciudad mediante el uso de la red vial primaria de la ciudad.

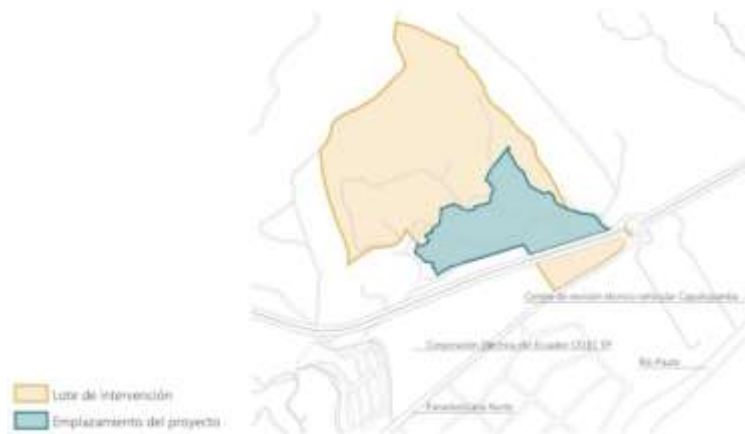


Ilustración 2.1: Plano de Ubicación y Nueva Vía de Circunvalación; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

El terreno asignado al proyecto, fue una antigua cantera de piedra, cuyo acceso actual es la Panamericana Norte, que se convertirá parcialmente en la nueva vía de circunvalación y desde donde se accederá al terreno del proyecto.



Ilustración 2.2: Fotografía del sitio de emplazamiento; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

A continuación, se presenta una vista general de la planta de implantación del proyecto.

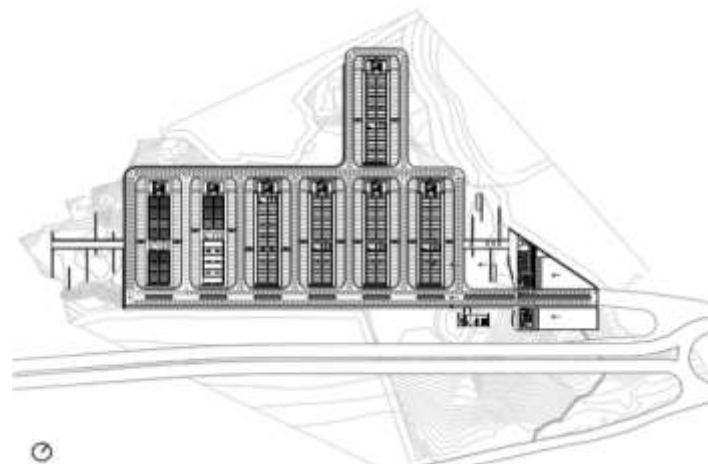


Ilustración 2.3: Planta General del Proyecto; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Naves de Almacenamiento. La tipología del proyecto para estas naves, se ha definido a través de una tipología modular y repetitiva, que es la base conceptual y formal para determinar el tipo de arquitectura y sistemas estructurales a implementar en las edificaciones.

Una vez definidas las soluciones arquitectónicas de función y forma, se complementaron los estudios de ingenierías relacionados al proyecto, como: instalaciones sanitarias, contra incendios, eléctricas, electrónicas, de seguridad, estructurales, mecánicos, viales, paisajística y ambiental.

Los factores que el proyecto ha considerado relevantes en el desarrollo de una tipología modular de base, son: la generación de un módulo funcional y estructural que posibilite dimensionar las diferentes bodegas, sus espacios de circulación y otros complementarios; el sistema estructural que admita salvar grandes luces para así lograr espacios amplios, versátiles y abiertos, y un emplazamiento que permita aprovechar al máximo el área y la forma del terreno.

Consecuentemente, la solución ha adoptado una estructura con base en naves que se disponen perpendicularmente a lo largo de un eje que recorre el área más larga del terreno. Estas naves están cubiertas por bóvedas ligeras, con costillares, pues esta forma garantiza una mejor resistencia para grandes luces y se sostienen en un sistema de vigas-columnas cuya geometría también mejora la resistencia estructural en los puntos más críticos. El proyecto considera un total de 7 naves de 4 tipologías diferentes: A, B, C y D.

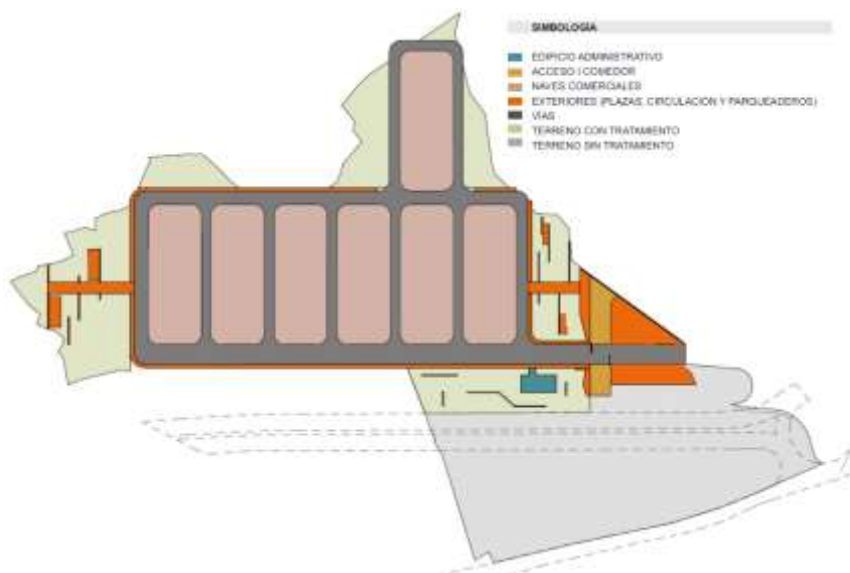


Ilustración 2.4: Áreas generales de la central de transferencia de víveres; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

El proyecto propone un sistema de pórticos que albergan espacios que pueden generar diferentes módulos de puestos de comercialización, de acuerdo a las necesidades de cada mayorista en cuanto a almacenamiento; mientras que, el intercambio de productos, ingresos, andenes y circulaciones se modulan de la misma manera para cada nave, lo cual facilita el proceso de construcción.

Los módulos de comercialización o puestos para los diferentes giros, se constituyen mediante divisiones metálicas, también modulares, que podrán ser modificadas a voluntad en el futuro, conforme se modifiquen los criterios de oferta y demanda de los productos o giros de expendio.

Respecto a la configuración vial, el acceso inicial al proyecto, en las condiciones actuales, se generará a través de la Panamericana Norte, y el acceso inmediato al predio, actualmente se da a través de una vía cuya capa de rodadura es de pavimento asfáltico, y que presenta una pendiente bastante elevada, con una inclinación promedio de 9.6% y con pendientes máximas en ciertos tramos de hasta 22.8%.



Ilustración 2.5: Perfil de elevación de la vía de acceso actual; Fuente: Google Earth, Elaboración: Propia

El flujo vehicular del entorno, en general es bajo, excepto en el eje de la vía Panamericana Norte. Debido a su entorno rural, la forma de uso y ocupación del suelo actual, permite solo edificaciones de baja altura y hay varios terrenos baldíos. Por lo tanto, la densidad poblacional es también baja con un modelo de urbanización de vivienda unifamiliar de mediano tamaño.

No obstante, el mercado atraerá y generará una gran cantidad de viajes; por lo que estas condiciones de bajo tránsito y densidad actuales, son positivas. El nuevo uso que tendrá el terreno es compatible con los usos del eje de la vía Panamericana Norte; pero, en la zona rural los usos son residenciales y no tienen ninguna relación con un mercado, por estar asentados en cotas superiores a las del proyecto.

Modelo de gestión propuesto para la central de transferencia de víveres

Dada la concepción del modelo de gestión de la central de transferencia de víveres, se establece que la simultaneidad de roles no es factible. En este sentido, un comerciante no debe ser al mismo tiempo introductor, mayorista y minorista, porque dificulta el proceso de

identificación y control de los comerciantes y los productos, por ello, si se respeta esta necesidad se podrá garantizar un control y registro de los productos en todas sus etapas. De esta manera se rompe el mecanismo de informalidad a través de la creación de una estructura de exclusividad de cada categoría, eliminando la multiplicidad de roles.

El Centro Mayorista debe cumplir exclusivamente con su función. Consecuentemente debe ser el lugar a donde llega el introductor, descarga en los puestos mayoristas, arriba el minorista y carga en los puestos mayoristas: no puede permitirse que exista comercio minorista en el esquema de Centro Mayorista y tampoco por tanto, la presencia de vendedores diferentes a los descritos.



Ilustración 2.6: Modelo de gestión de la central de transferencia de víveres; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Dado que el funcionamiento del Centro Mayorista conecta exclusivamente con el sistema de mercados municipales, no debe existir cabida para el comercio privado fuera del esquema propuesto. Es decir, no estarán involucrados los abastecedores que no tengan asignado formalmente un espacio en un mercado minorista del cantón, de la provincia o del país. Sin embargo, se contempla la posibilidad de que se puedan registrar a demandantes de consumo especial, como hospitales, cuarteles militares, unidades policiales y centros penitenciarios, para que puedan acudir al Centro Mayorista.

Por lo tanto, el modelo de gestión propuesto para la nueva central de transferencia de víveres, implica generar cambios estructurales en el quehacer de todos los actores que conforman la red, a través de la formalización de sus procesos, identificando indicadores de gestión y asignación de responsables. Si todos los actores involucrados cumplen a cabalidad el modelo de gestión propuesto, se garantizará el cumplimiento del modelo de comercio propuesto para el sistema de mercados del cantón, en el que se respere la trazabilidad de los productos y espacios para cada tipo de comercio.



Ilustración 2.7: Modelo de gestión ampliado propuesto para la nueva central de transferencia de víveres; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

1.2 Plaza de estacionamiento disponibles

Los estacionamientos para vehículos livianos de visitantes y funcionarios se ubican en el ingreso del equipamiento, dada su proximidad a la zona administrativa, con el fin de disminuir la extensión de los desplazamientos peatonales internos.

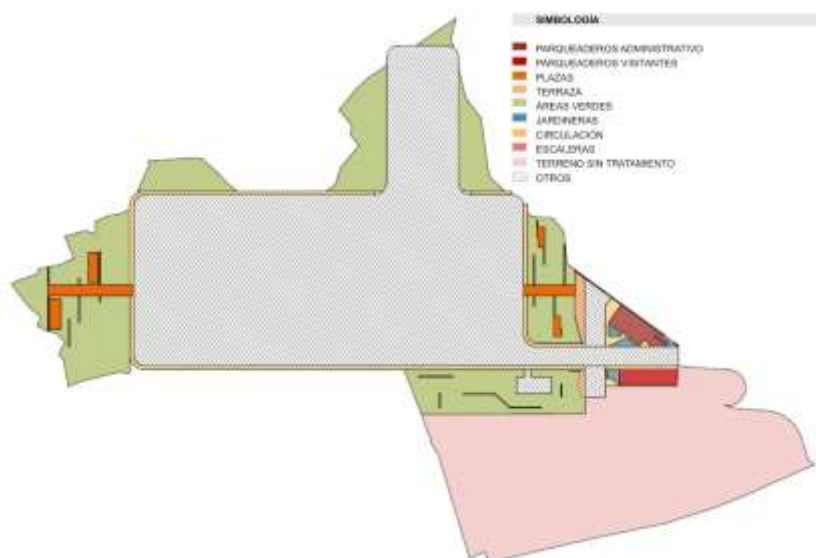


Ilustración 2.8: Áreas exteriores del proyecto; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Al ingreso del proyecto se propone el emplazamiento de 14 parqueaderos al costado izquierdo y 23 al costado derecho, para vehículos livianos de administrativos y visitantes; además de un total de 9 parqueaderos para motos y 12 para bicicletas, brindando facilidades para incentivar los desplazamientos en este modo de transporte.

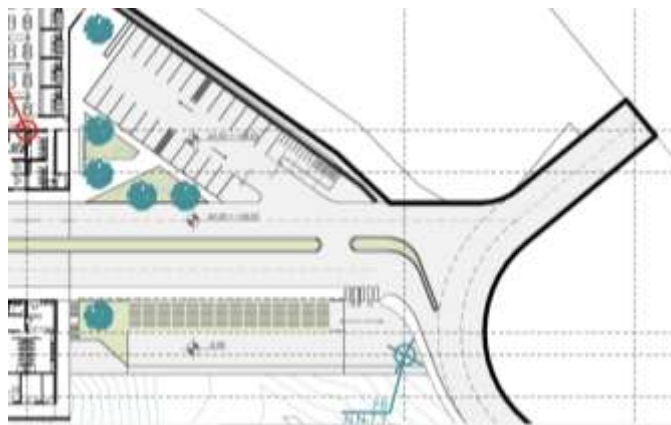


Ilustración 2.9: Zonas de parqueo para vehículos livianos al inicio del proyecto; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Para verificar la cantidad de parqueos propuestos, se ha analizado la cantidad de estacionamientos requeridos conforme establece la Ordenanza de lo que establece la normativa vigente al momento, en la “Reforma, actualización, complementación y codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca: Determinaciones para el uso y ocupación del Suelo Urbano”, en el Art. 81 de la Sección Segunda de las Normas de Arquitectura:

“Art. 81 Estacionamientos en Oficinas: Su número estará determinado a razón de un puesto por cada 50m² de área neta de oficinas, o fracción mayor de 40m²” (Municipio de Cuenca, 2002). Por lo tanto, en función del área que tienen los edificios tanto administrativos como de comedor, se tiene lo siguiente.

Edificio administrativo	Área neta (m ²)	Criterio ordenanza	Parqueos necesarios
1 Planta Alta	112.1	1 estacionamiento por cada 50m ²	3
2 Planta Alta	137.39		3
3 Planta Alta	135.71		3
4 Planta Alta	142.87		3
5 Planta Alta	42.28		1
Comedor	392.52		8
Total			

Tabla 2-1: Cantidad de estacionamientos requeridos según la ordenanza; Fuente: Reforma, actualización, complementación y codificación de la Ordenanza que sanciona el PDOT del cantón Cuenca; Elaboración: Propia

En este sentido, se determina que se requieren 21 plazas de estacionamiento y el proyecto propone un total de 37 parqueos para vehículos livianos, por lo que se cumple con lo que establece la norma.

En el área exterior del Acceso-Comedor se ubican dos estacionamientos para visitantes, a los dos costados de la vía de acceso y salida del proyecto. En el primer parqueadero se proyecta

un acceso con rampa de 5,0% de pendiente, que conecta a la plataforma continua de nivel +0,15 que a su vez se conecta con el comedor y acera de borde. Conjuntamente se contempla los parqueos e ingresos necesarios para personas con discapacidad. El segundo parqueadero posee una rampa de acceso vehicular y una acera que limita esta rampa. Se considera una rampa del 5,0% de pendiente que conecta el parqueo con la acera que colinda con el acceso al proyecto.

Con el fin de que se cumpla con el propósito del Centro Mayorista, el proyecto no cuenta con un sitio de parqueo interno para vehículos de introductores, de comerciantes minoristas o de demandantes especiales. Por ello, los vehículos que ingresen deben ser exclusivamente de carga o de descarga en el mismo espacio asignado para los comerciantes mayoristas, es decir, los puestos están diseñados de tal manera que ingresen los vehículos de carga o de descarga.

Además, el proyecto considera otros factores como la sobre elevación de las plataformas, (andenes) de carga y descarga, que debe estar a la altura del cajón de carga de los camiones para que el traslado de, y hacia, las naves de almacenamiento sea eficaz. El espacio de estacionamiento de carga y descarga, está considerado para camiones de distintas longitudes.

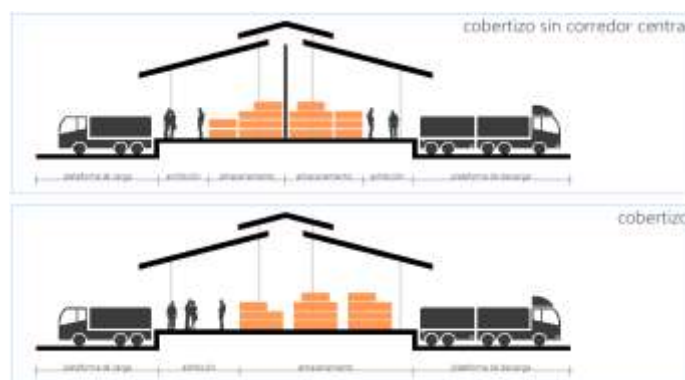


Ilustración 2.10: Tipologías de naves y andenes para carga y descarga; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Cada tipología de nave tiene un número determinado de parqueos de diferentes para vehículos pesados de diferentes longitudes, en la tabla que se presenta a continuación, se muestra una tabla de la cantidad de parqueos propuestos por cada tipología de nave.

Tipología Naves	Cant. Parqueos	Cantidad Naves	Total parqueos
Nave A	42	4	168
Nave B	42	1	42
Nave C	42	1	42
Nave D	70	1	70
Total parqueos pesados		7	322

Tabla 2-2: Cantidad de estacionamientos para vehículos pesados; Fuente: Equipo consultor arquitectónico, Elaboración: Propia

No obstante, según se indica en la Ilustración 2.10, la mitad de estas plazas de parqueo serán destinadas para los vehículos de los comerciantes mayoristas (descarga de productos), y la mitad restante para los vehículos de los comerciantes minoristas (carga de productos).

Tal como se indica más adelante, se prevé el ingreso de 120 comerciantes mayoristas al día y sus respectivos vehículos pesados; que, proyectados a un horizonte de 5 años (en función del alcance planteado para el presente trabajo de titulación), resulta en 130veh/día que accederán al equipamiento al año horizonte 2027, con un tiempo aproximado de 40 minutos para realizar la descarga de sus productos; en este sentido, tenemos el siguiente índice de rotación:

$$Ir = \frac{Demanda}{Oferta} = \frac{130veh/día}{161plazas} = 0.81$$

Por lo tanto, se concluye que la cantidad de plazas de estacionamiento propuestas satisfacen la demanda de vehículos pesados por parte de los comerciantes mayoristas.

La escasez de espacios de parqueo de vehículos es uno de los factores que incomoda a las personas usuarias de los mercados, por lo tanto, dentro del modelo de gestión propuesto, para dinamizar las actividades comerciales de los mercados, requiere la asignación espacios públicos para el parqueo de consumidores finales únicamente, que sea tarifado y seguro alrededor de cada uno de los mercados de la ciudad.

1.3 Esquema de accesibilidad y circulación peatonal

Un eje verde cruza el proyecto, partiendo desde el ingreso al complejo; atravesando las naves con el propósito de acentuar esta percepción de paisaje interior y terminando en el costado occidental del predio.

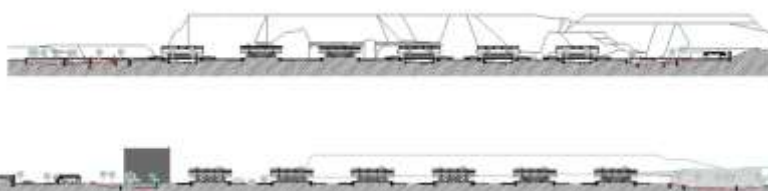


Ilustración 2.11: Secciones transversales del proyecto; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Las instalaciones de los mercados municipales deberán eliminar barreras arquitectónicas (escaleras, bordillos, entre otros), así como obstáculos (mobiliario mal situado,) e implementar la adecuación de accesos, que aporten a la integración de todas las personas cuya movilidad está limitada, como son las personas con niños a su cargo, las personas adultas mayores y personas con discapacidad con la finalidad de fomentar su potencialidad como clientes de los mercados.

El proyecto toma en cuenta la circulación peatonal en todo el mercado, incluyendo el posible uso interno de bicicletas.

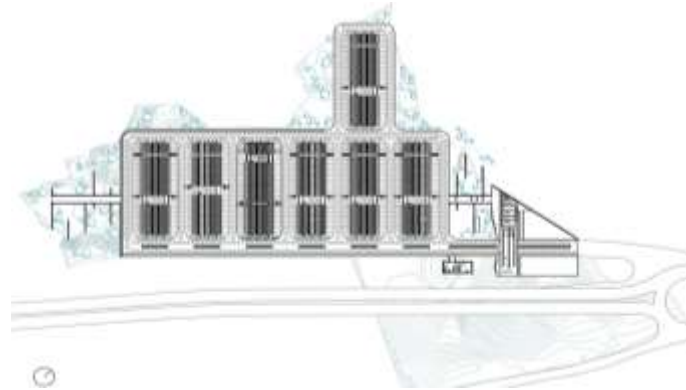


Ilustración 2.12: Implantación final del proyecto, áreas de circulación peatonal y vehicular; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Con el fin de evitar bloques edificados demasiado largos que obliguen a circulaciones peatonales excesivas, la propuesta contempla la generación de espacios verdes y recreativos, en el eje verde ya mencionado, por lo que se diseña una plaza a partir de la entrada y el corredor verde a lo largo del eje vial principal, el cual remata en otra zona verde al occidente del predio.



Ilustración 2.13: Sección transversal del proyecto; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

El proyecto toma en cuenta la circulación peatonal para personas con discapacidad mediante la implementación de aceras que bordean todo el proyecto y conectan las diferentes edificios, parques y parqueaderos. Las aceras tienen 2,5 m de ancho, mantienen el nivel +0,15 y se vinculan con el anillo vial mediante rampas que conservan una pendiente máxima de 5,0%.

Para facilitar el acceso peatonal y de personas con discapacidad, se usan gradas durante el trayecto de las naves, así como también una rampa de acceso con una pendiente de 5,5%. Las dimensiones en los andenes, puestos de comercio y áreas de aseo se esbozan considerando radios de giro y accesorios necesarios para que el usuario con discapacidad, ya sea comerciante o cliente pueda hacer uso de toda la infraestructura de comercio.

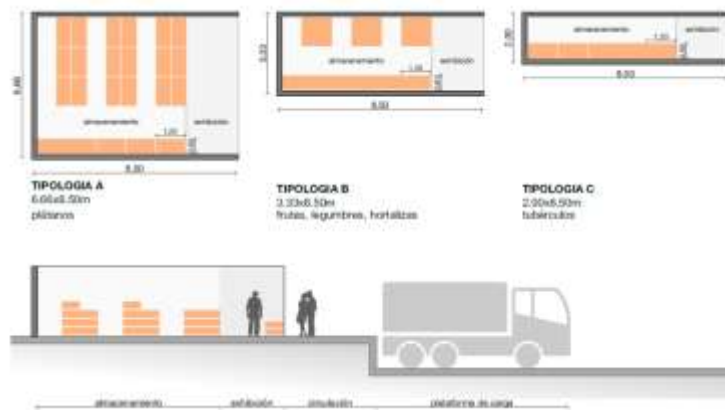


Ilustración 2.14: Tipologías de naves, andenes y áreas de circulación; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

El edificio administrativo posee un acceso principal a nivel +0,15 que se conecta con la vereda de borde la cual comunica con el Acceso-Comedor. Conjuntamente en la vereda se emplea una rampa que llega hasta el eje vial, nivel +0,00, donde se prevé cruces peatonales que se comunican con las naves de comercio y con la acera del parque 1.



Ilustración 2.15: Acceso comedor; Fuente: Equipo consultor auditor

A partir del nivel de acceso +0,15, que contendrá un counter de información, hall de recepción y otros múltiples servicios como agencias bancarias, seguridad, baño, etc. El edificio cuenta con 5 plantas altas sobre este, destinadas a oficinas de administración y oficinas de control gubernamental, las cuales se comunican mediante un ascensor y cajón de gradas. Cabe mencionar que en el diseño de corredores, pasillos y baños para discapacitados se consideraron los radios de giro convenientes, accesorios y dimensiones adecuadas para el uso de personas con discapacidad.



Ilustración 2.16: Edificio de Oficinas; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

A su vez, la distribución final de las funciones del proyecto, toma en cuenta el número de

puestos por giro de negocio, para la ubicación final de los mismos, en los diferentes andenes y naves diseñadas.

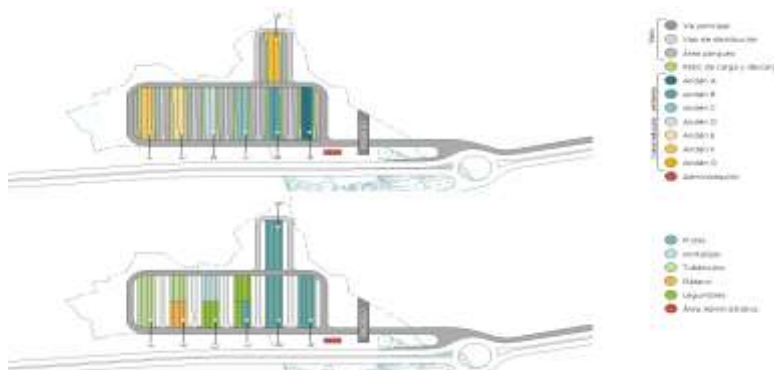


Ilustración 2.17: Emplazamiento de las diferentes actividades de comercio; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

1.4 Esquema de accesibilidad y circulación vehicular

El ingreso al complejo del mercado se da por la vía sin nombre que comunica el sector Voluntad de Dios con la Panamericana Norte (cuyo estado actual se muestra en la Ilustración 2.5). Sin embargo, se considera la influencia y afección que representa la nueva autopista planificada y, además, se genera un margen de protección hacia el área que rodea esta vía rápida.

Dentro de los estudios con los que actualmente cuenta al GAD Municipal del Cantón Cuenca, se encuentra el diseño de la vía de acceso, que sigue el mismo trazado de la vía existente en la actualidad.

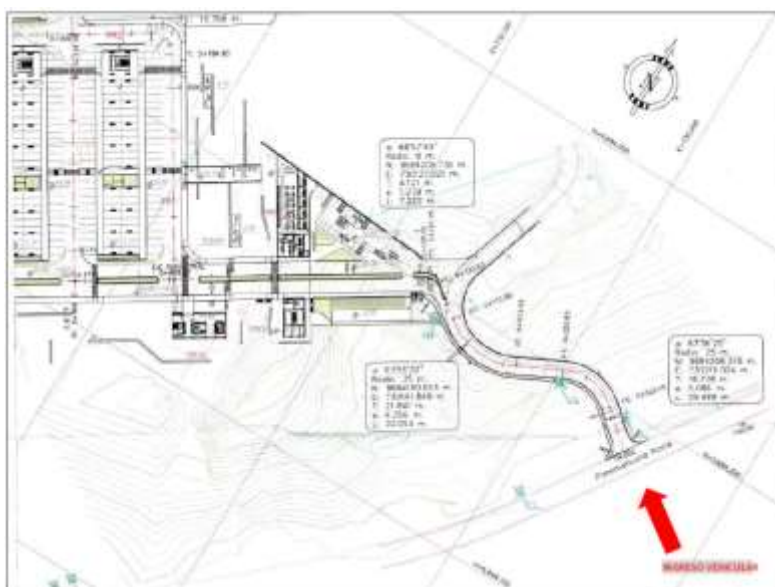


Ilustración 2.18: Diseño actual del acceso vehicular; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

El mencionado diseño de la vía de acceso está resuelto a través de una calzada de 8.00 m de ancho desde y hacia la Av. Panamericana Norte, que sirve como vía de acceso y salida cuya infraestructura está compuesta por la calzada y una vereda lateral izquierda de 1.50 m de sección para uso peatonal.

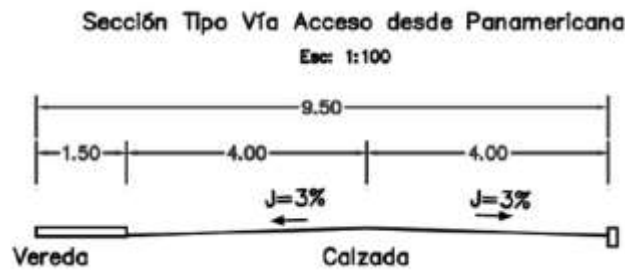


Ilustración 2.19: Sección tipo de la vía de acceso diseñada; Fuente: Equipo Consultor Arquitectónico

La vía diseñada de acceso diseñada actualmente, presenta una longitud aproximada de 139.10 metros, de los cuales, los primeros 40 metros tienen una pendiente de 13.07%, y el tramo restante es de 17.20%.

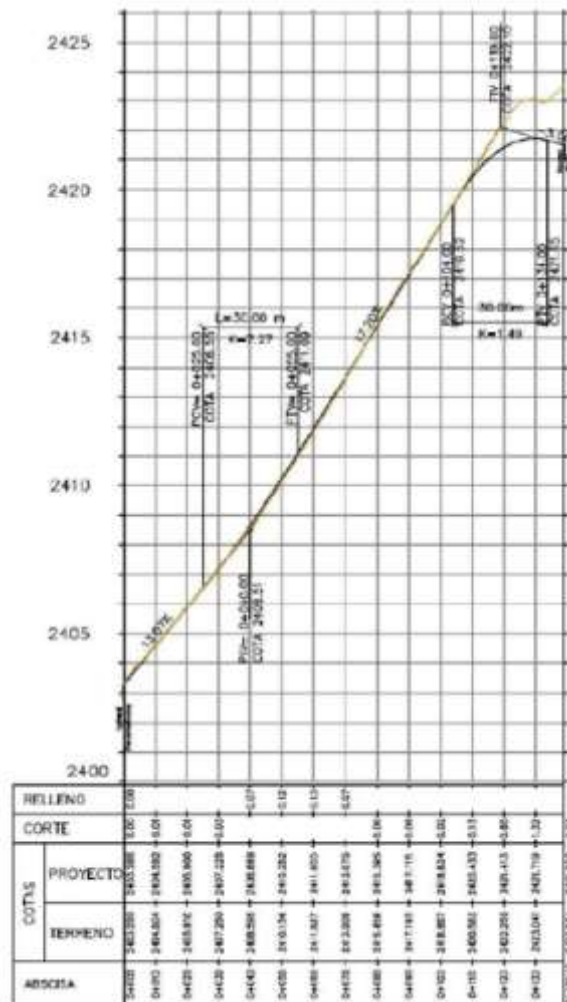


Ilustración 2.20: Perfil vertical del diseño existente de la vía de acceso; Fuente: Equipo consultor arquitectónico

Tal como se observa en la ilustración precedente, la mayor extensión del tramo vial (100 de los 139m) diseñado por parte del equipo consultor, tiene una pendiente demasiado pronunciada (17.2%), la cual excede la pendiente máxima establecida por el MTOP, correspondiente al 12% (MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003).

Además, la capacidad de un vehículo para salvar la pendiente, está dada por la potencia de su motor. La capacidad de rendimiento de un vehículo se mide en términos de la potencia (generalmente expresada en caballos de fuerza) que el motor puede producir para vencer las fuerzas de resistencia del aire, pendientes, curvas y fricción, y así poner el vehículo en movimiento. (Garber & Hoel, 2009)

La siguiente ilustración muestra cómo actúan estas fuerzas sobre el vehículo en movimiento.

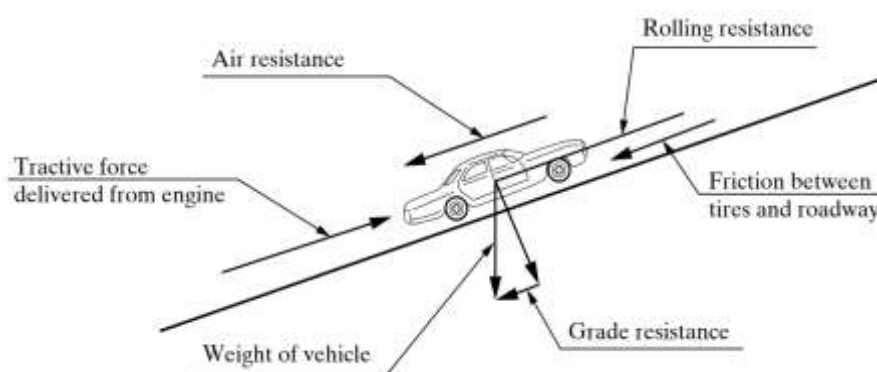


Ilustración 21: Fuerzas que actúan sobre el vehículo y que deben ser vencidas por la potencia del motor; Fuente: Traffic and Highway Engineering

La potencia entregada por el motor pone el vehículo en movimiento y debe superar las fuerzas de resistencia del aire, de la pendiente, las curvas y la fricción.

Resistencia al aire

$$R_a = 0.5 \frac{(2.15pC_D Au^2)}{g}$$

Donde,

R_a = Fuerza de resistencia del aire (lb)

p = Densidad del aire a nivel del mar (0.0766 lb/ft³)

C_D = Coeficiente de resistencia aerodinámica (0.5 para vehículos livianos y 0.5 para camiones)

A = Área frontal del vehículo (ft²)

u = velocidad del vehículo (mi/h)

g = Aceleración de la gravedad (32.2 ft/seg²)

Resistencia a la pendiente

$$R_p = P * pd$$

Donde,

P = Peso del vehículo (lb)

pd = Gradiente o pendiente de la vía (en decimal)

Resistencia a la fricción

Para los camiones, la resistencia a la fricción viene dada por:

$$R_r = (C_a + 1.47 * C_b * u)W$$

Donde,

R_r = Fuerza de resistencia a la fricción o rodamiento (lb)

C_a = Constante (0.02445 para camiones)

C_b = Constante (0.00044 seg/pie para camiones)

u = Velocidad del vehículo (mi/h)

W = Peso bruto del vehículo (lb)

Resistencia a la curva

$$R_c = 0.5 \left(\frac{2.15 * u^2 * W}{g * R} \right)$$

Donde,

R_c = Fuerza de resistencia a la curva (lb)

u = Velocidad del vehículo (mi/h)

W = Peso bruto del vehículo (lb)

g = Aceleración de la gravedad (32.2 ft/seg²)

R = Radio de curvatura (pies)

Requerimiento de la potencia

Como se indicó previamente, la potencia del motor debe ser tal, capaz de vencer todas las fuerzas detalladas previamente.

$$P = \frac{1.47 * R * u}{550}$$

Donde,

P = Potencia desarrollada (hp)

R = Suma de las fuerzas de resistencia al movimiento (lb)

u = Velocidad del vehículo (mi/h)

Tal como se indica más adelante, en el levantamiento de información realizado se recaba información del tipo de vehículo empleado por los comerciantes mayoristas para transportar sus productos que, en términos comerciales, equivale al HINO FM2PL7D-SG3 (2735) de 3 ejes, que tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Parámetro	Valor	Unidad
Peso bruto	27000	kg
Área sección frontal	7.26	m ²
Potencia del motor	375	HP

Tabla 2-3: Especificaciones técnicas camión tipo para traslado de productos de mayoristas; Fuente: www.grupomavesa.com.ec

Tal como se mostró en la Ilustración 2.18 e Ilustración 2.20, el diseño de la vía propuesto actualmente, presenta radios de hasta 25m, y una pendiente de 17.2%; por lo tanto, con estos datos, se obtiene la siguiente potencia necesaria para que el vehículo pueda circular en una vía de las condiciones indicadas.

RESISTENCIA AL AIRE	24
RESISTENCIA A LA RODADURA	602
RESISTENCIA EN CURVAS	5917
RESISTENCIA A LA PENDIENTE	10179
RESISTENCIA TOTAL	16721
POTENCIA NECESARIA	698 INSUFICIENTE

Tabla 2-4: Potencia necesaria para la circulación del vehículo característico en la vía de acceso diseñada actualmente; Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa, para que un vehículo característico de la flota vehicular empleada por los comerciantes mayoristas, pueda circular a través de la vía de acceso diseñada actualmente, a una velocidad de 16km/h (la mitad de la velocidad de diseño), requiere una potencia de 698HP, la cual resulta insuficiente en relación con la potencia del motor del vehículo característico analizado, que únicamente ofrece 375HP.

Por lo tanto, se justifica que la vía diseñada actualmente, no satisface las necesidades de la flota vehicular característica de los comerciantes mayoristas que harán uso de esta vía; y en este sentido, se establece la necesidad de proponer un nuevo diseño para la vía de acceso a este equipamiento, que cumpla con la normativa y que a su vez garantice seguridad y confort en la circulación de los vehículos pesados que incrementará en gran medida sobre este eje vial, con la implementación de esta centralidad.

Para el sistema vial interno, se ha optado por un anillo vial sencillo y eficaz, de forma que las vías de circulación de camiones no se vean interrumpidas por los espacios de carga y descarga, ni se crucen con los edificios o zonas de estacionamiento destinadas a los vehículos particulares de usuarios y empleados del mercado.

El complejo está diseñado con un eje vial principal que cruza toda el área edificada de Este a Oeste y que es el que da acceso a todas las naves y al área administrativa. Además, se propone un eje vial secundario, paralelo al primero, que permite recorrer los perímetros de cada nave con fluidez.



*Ilustración 2.22: Vista aérea de la circulación vehicular del proyecto
Fuente: Equipo consultor arquitectónico*

Las funciones complementarias del proyecto, se ubican cercanas al acceso, con el fin de evitar recorridos innecesarios.

1.5 Equipamientos urbanos en el área de influencia

El equipamiento está emplazado en la zona rural correspondiente a la parroquia Llacao, en el predio 0091, como se aprecia en la siguiente ilustración.



Ilustración 2.23: Emplazamiento del predio del proyecto en la parroquia Llacao; Fuente: Visor – Geoportal web

Tal como se puede apreciar en la siguiente ilustración, el predio bordea límite entre la parroquia urbana Machángara y la parroquia Llacao, ubicándose en esta última, en este sentido, la “Reforma, actualización, complementación y codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca: Determinaciones para el

uso y ocupación del Suelo Urbano”, no establece sectores de planeamiento para las zonas rurales.



Ilustración 2.24: División zona urbana/rural y emplazamiento del proyecto; Fuente: Elaboración propia

No obstante, los equipamientos relevantes que se emplazan en el la zona, ya se encuentran en la parroquia urbana Machángara, entre los predios relevantes que se emplazan en el sector, se encuentran:

- A. Pista Honda
- B. Escuela fiscal mixta Enrique Malo
- C. Centro de Revisión Técnica Vehicular
- D. Estación de servicio Gas Vidal
- E. Urbanización Los Nogales
- F. Celec EP
- G. Hormipisos
- H. Cerámica Riatlo



Ilustración 2.25: Equipamientos relevantes en el área de influencia del proyecto; Fuente: Google Earth , elaboración propia

Los equipamientos existentes en el área de influencia del proyecto, en función de la naturaleza de cada uno, actualmente generan y atraen parte de los viajes que se realizan a través del eje vial de la Panamericana Norte. La mayoría de los equipamientos en mención cuentan con plazas de parqueo que satisface la demanda que generan, en cada caso, respectivamente.

1.6 Análisis de circulación del tráfico

En este apartado se analizan algunos parámetros de tráfico relevantes en la operación del proyecto, tales como la verificación de radios de giro y distancias de visibilidad, tanto en la incorporación desde la vía hacia el equipamiento y viceversa.

En función de lo indicado en el análisis de accesibilidad y circulación vehicular, al justificar la necesidad de realizar un nuevo diseño de la vía de acceso que cumpla con los parámetros de la normativa, los análisis que se presentan a continuación, no se realiza con el diseño existente actualmente para la vía de acceso, sino únicamente con las dos alternativas propuestas para el diseño de la vía de acceso en el presente trabajo de titulación, que se detallan en apartados que se muestran más adelante.

1.7 Geometría y visibilidad de incorporación de las alternativas hacia el equipamiento

1.7.1 Radios de giro

En el apartado correspondiente al diseño geométrico que se detalla más adelante, se establecen las diferentes alternativas, siendo la primera la que se muestra a continuación.

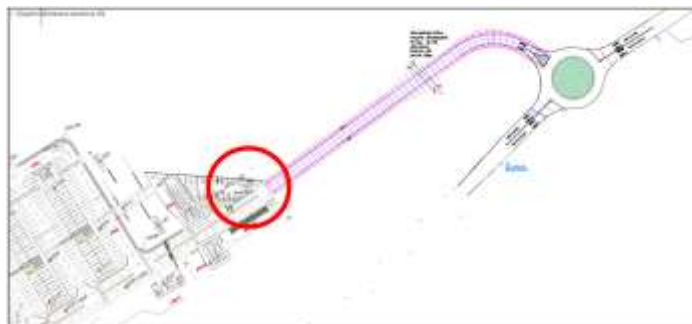


Ilustración 2.26: Trazado geométrico de la Alternativa # 1 para la vía de acceso; Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2.27: Trazado geométrico de la Alternativa # 2 para la vía de acceso; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en las ilustraciones previas, las alternativas 1 y 2 consideran una incorporación frontal de la vía de acceso, hacia y desde el equipamiento, respectivamente; por lo que no se requiere efectuar el análisis de los radios de giro.

1.7.2 Análisis de la distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad de parada que debe tener un conductor en cualquier punto de la carretera, debe ser aquella suficiente para que un vehículo que circula a la velocidad de diseño de la vía o próxima a ella, pueda advertir la presencia de un objeto en su trayectoria y detenerse a tiempo antes de llegar al mismo. (MTO, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

En este sentido, la distancia de visibilidad de parada está condicionada por algunos parámetros como son la percepción y reacción del conductor al momento de advertir el obstáculo, la velocidad a la cual circula el vehículo y las condiciones de la vía (gradiente, superficie seca o mojada).

El (MTO, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003) en el capítulo 4, distancias de visibilidad, establece en el Cuadro VI-3, la distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo, considerando correcciones por efecto de la gradiente longitudinal. En el caso de las alternativas propuestas, tal como se puede observar en los acápites posteriores, la alternativa 1 tiene una pendiente máxima del 8.4%, y la alternativa 2 presenta una pendiente máxima del 11.61%. La velocidad de diseño de la vía es de 30km/h tal como se indica en el acápite correspondiente; por otra parte, la velocidad de circulación promedio en la vía de acceso actual, es de 20km/h, tal como se puede observar en acápite posteriores.

CUADRO VI-3
DISTANCIA DE VISIBILIDAD MINIMA PARA PARADA DE UN VEHICULO
(Con correcciones por efecto de la gradiente longitudinal)
Criterio de Diseño: Pavimentos mojados cuesta abajo (-) y cuesta arriba (+)
 $D_p = \{(V_c \cdot t) / 3 \cdot R\} + \{(V_c^2) / 254(1 \pm G)\}$

Velocidad de Diseño Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (Kph)	Coeficiente de fricción longitudinal	GRADIENTE "G" %							
			-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0,466	13,75	13,70	13,60	13,27	14,34	14,13	14,06	14,02
25	24	0,443	16,47	16,40	16,26	15,78	17,33	17,02	16,91	16,85
30	28	0,423	19,18	19,08	18,89	18,25	20,35	19,93	19,77	19,69
35	33	0,403	22,55	22,42	22,15	21,27	24,18	23,59	23,37	23,26
40	37	0,389	25,23	25,07	24,73	23,63	27,28	26,54	26,27	26,13
45	42	0,375		28,36	27,98	26,62	31,22	30,26	29,91	
50	46	0,365		30,98	30,47	28,78	34,42	33,25	32,83	
60	55	0,345		36,82	35,09	33,71	41,75	40,07	39,47	
70	63	0,332			40,00	37,89	46,00	44,22		
80	71	0,320			40,99	41,90	55,28	52,45		
90	79	0,310			45,81	45,73	62,28	58,76		
100	86	0,302			50,54	48,93	68,54			
110	92	0,296				51,57	74,00			
120	100	0,286				56,14	84,24			

Ilustración 2.28: Cuadro VI-3 – Distancia de visibilidad, Fuente: MTO 2003

Para el presente análisis de incorporación hacia el equipamiento, se considera el sentido de circulación E – O de las alternativas propuestas para la vía de acceso, que corresponde al caso cuesta arriba, por lo tanto, con base en las pendientes de las alternativas 1 y 2, detalladas previamente, mediante un proceso de interpolación de las correspondientes distancias

mostradas en la ilustración previa para las diferentes pendientes, se obtiene que la distancia de visibilidad necesaria en este caso es de 19.02m para la vía cuesta abajo, y de 19.71m para la vía cuesta arriba de la alternativa 1, y de 19.15m para la vía cuesta abajo, y en este caso coincide una distancia de 19.71m también para la vía cuesta arriba de la alternativa 2.



Ilustración 2.29: Distancia de visibilidad para acceso al equipamiento alternativa 1; Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2.30: Distancia de visibilidad para acceso al equipamiento alternativa 2; Fuente: Elaboración propia

En ambas alternativas, para el caso de ingreso la vía propuesta presenta una pendiente positiva, por lo que se enmarca en el caso de cuesta arriba, para el cual en las dos alternativas se requiere una distancia mínima de visibilidad de parada de 19.71m en las condiciones más desfavorables (pavimento mojado); por lo tanto, dadas las distancias existentes indicadas en las ilustraciones previas, las dos alternativas cumplen con la distancia mínima de visibilidad de parada para en el caso de análisis correspondiente a la incorporación desde la vía hacia el equipamiento.

No obstante, si bien la propuesta de las dos alternativas para la vía de acceso al equipamiento, implica un trazado completamente diferente al existente, debe considerarse el escenario más desfavorable, en el cual se mantenga habilitada también la vía de acceso existente actualmente, por la cual si bien no podrían circular los vehículos pesados hacia equipamiento,

si lo podrán hacer aquellos vehículos livianos que vengan desde el sector Voluntad de Dios, a donde conecta la vía existente actualmente.

Por lo tanto, se analiza la visibilidad de incorporación desde la vía al equipamiento, también para el escenario previamente descrito, el cual constituye el caso más desfavorable.



*Ilustración 2.31: Distancia de visibilidad para incorporación al equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 1;
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 2.32: Distancia de visibilidad para incorporación al equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 2;
Fuente: Elaboración Propia*

Según se observa en las ilustraciones previas, en ambas alternativas se cumple con la distancia mínima requerida para el caso de vías cuesta arriba, que es de 19.71m en pavimento mojado; es del caso puntualizar que se analiza únicamente la visibilidad en el tramo de vía actual señalado en cada alternativa, pues dada la configuración vial que se propone, el tramo final de la vía actual deberá ser unidireccional, por lo que no habrá necesidad de tener visibilidad desde el otro sentido.

1.8 Geometría y visibilidad de incorporación de las alternativas hacia el equipamiento

1.8.1 Radios de giro

Dadas las condiciones de la alineación de ambas alternativas para la propuesta de la vía de acceso, al igual que en el acápite anterior, no es necesario analizar los radios de giro al considerar una salida frontal hacia la vía de acceso (Ver Ilustración 2.26 e Ilustración 2.27).

1.8.2 Análisis de visibilidad

Para el presente análisis de incorporación desde el equipamiento hacia la vía, se considera el sentido de circulación O – E de las alternativas propuestas para la vía de acceso, que corresponde al caso cuesta abajo; por lo tanto, con base en las pendientes de las alternativas 1 y 2, detalladas previamente, mediante un proceso de interpolación de las distancias mostradas en el cuadro de la Ilustración 2.28, se obtiene que la distancia de visibilidad necesaria para este caso es de 19.02m.



Ilustración 2.33: Distancia de visibilidad para salida del equipamiento alternativa 1
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2.34: Distancia de visibilidad para salida del equipamiento alternativa 2
Fuente: Elaboración propia

En ambas alternativas, para el caso de salida la vía propuesta presenta una pendiente negativa, por lo que se enmarca en el caso de cuesta abajo, para el cual se requiere una distancia mínima de visibilidad de parada de 19.02m en las condiciones más desfavorables (pavimento mojado); por lo tanto, dadas las distancias existentes indicadas en las ilustraciones

previas, las dos alternativas cumplen con la distancia mínima de visibilidad de parada para en el caso de análisis correspondiente a la incorporación desde el equipamiento hacia la vía.

No obstante, si bien la propuesta de las dos alternativas para la vía de acceso al equipamiento, implica un trazado completamente diferente al existente, debe considerarse el escenario más desfavorable, en el cual se mantenga habilitada también la vía de acceso existente actualmente, por la cual si bien no podrían circular los vehículos pesados hacia equipamiento, si lo podrán hacer aquellos vehículos livianos que vengan desde el sector Voluntad de Dios, a donde conecta la vía existente actualmente.

Por lo tanto, se analiza la visibilidad de incorporación desde la vía al equipamiento, también para el escenario previamente descrito, el cual constituye el caso más desfavorable.



*Ilustración 2.35: Distancia de visibilidad para salida desde el equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 1;
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 2.36: Distancia de visibilidad para salida desde el equipamiento en el escenario más desfavorable – Alternativa 2;
Fuente: Elaboración Propia*

Según se observa en las ilustraciones previas, en ambas alternativas se cumple con la distancia mínima requerida para el caso de vías cuesta abajo, que es de 19.02 en pavimento mojado; es del caso puntualizar que se analiza únicamente la visibilidad en el tramo de vía actual señalado en cada alternativa, pues dada la configuración vial que se propone, el tramo final de la vía actual deberá ser unidireccional, por lo que no habrá necesidad de tener visibilidad desde el otro sentido.

1.9 Análisis de tránsito

En el presente apartado, se realiza el análisis de la situación actual de las principales intersecciones dentro del área de influencia directa y media del proyecto, evaluando la condición tanto física como operativa de las mencionadas intersecciones.

1.9.1 Definición del área de estudio

Para la definición del área de estudio, se considera como área de influencia directa, la intersección actual de la Panamericana Norte y la vía de acceso existente al momento, y como área de influencia media, se consideran aquellas intersecciones con vías transversales del eje de la Panamericana Norte que tienen conexión con la vía rápida Cuenca – Azogues, considerando que el tráfico que atraiga la implementación del equipamiento, en su gran mayoría hará uso de algunas de dichas intersecciones para acceder a la Panamericana Norte y posteriormente al equipamiento.

En este sentido, las intersecciones a analizar en el área de influencia directa y media son las siguientes.

Intersección	Área de influencia	Vía principal	Vía secundaria	Tipo	Regulación	Cantidad de accesos
A	Directa	Panamericana Norte	Vía de acceso	"T"	Señalizada	3
B	Media	Panamericana Norte	Puente de Guangarcucho	"T"	Señalizada	3
C	Media	Panamericana Norte	Av. Del Bombero	"T"	Señalizada	3
D	Media	Panamericana Norte	Vía a Ucubamba	"T"	Semaforizada	3

Tabla 2-5: Intersecciones a analizar en el área de influencia directa y media; Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración, se puede observar la ubicación espacial de las intersecciones detalladas en la tabla previa.



Ilustración 2.37: Distribución espacial de las intersecciones a analizar en el área de influencia directa y media; Fuente: Google Earth, Elaboración propia

1.9.2 Análisis de transporte público

Se ha realizado el análisis de las líneas de bus cuyas paradas se encuentran dentro del tramo de estudio, desde el puente de Guangarcucho, hasta la vía de ingreso a Ucubamba, existen 30 paradas de bus (2 en cada punto de la ilustración que se muestra más adelante) distribuidas a lo largo de la Av. Panamericana Norte, de las cuales solo 10 tienen algún tipo de señalización (caseta o señal vertical de parada de bus); y ,en ninguna hay señalización horizontal para demarcar el área de parada de bus ni el paso cebra para el cruce peatonal.



Ilustración 2.38: Paradas de bus en el tramo del área de influencia directa y media; Fuente: Google Earth, Elaboración propia

En el área de estudio se registró cinco líneas de bus que circulan por el área de estudio en ambos sentidos de circulación, en la siguiente tabla se aprecia en que paradas se detiene la unidad para ascenso y descenso de pasajeros.

LÍNEAS / PARADAS	Entrada a Ucubamba	Lagunas Ucubamba	Sector la Dolorosa	Cuental Divalco	Entrada a Uacaco	Estación de servicio Gas Vidal	Capullapamba	Ciruelo Militar	Entrada a Zhique	Fundación Marcelo Laico	Av. Del Bombero	La Unión	Austrogas	UCEM	Puente Guangarcucho
L2E: Guangarcucho - Ferie Libre	x	x		x	x				x	x	x	x	x	x	x
L2F: Ferie Libre - Guangarcucho	x			x	x				x	x	x	x	x	x	x
L2G: Capullapamba - Ferie Libre		x			x	x									
L2H: Ferie Libre - Capullapamba			x												
L2I: Gruta - Ferie Libre	x		x		x	x		x	x	x	x				
L2J: Ferie Libre - Gruta	x			x	x	x		x	x	x	x				
L2K: Challaabamba - Ferie Libre	x	x	x	x	x				x	x					
L2L: Ferie Libre - Challaabamba	x		x	x	x				x	x					
L2M: Llatcon - Ferie Libre	x		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x
L2N: Ferie Libre - Llatcon	x		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x

Tabla 2-6: Líneas de bus que circulan en el área de influencia directa y media; Fuente: GAD Cuenca, Elaboración propia

1.10 Análisis de conflictos

A continuación, se realiza un análisis descriptivo de los conflictos identificados en el área de influencia directa y media, en la inspección realizada en el sitio.

1.10.1 Conflictos vehículo – vehículo

Las trayectorias vehiculares se encuentran identificadas únicamente por señalización vertical, la infraestructura vial no cuenta con señalización para separación de carriles; es decir, no existe señalización horizontal, por lo que los conductores no conocen las zonas de rebasamiento y el ancho de calzada disponible por cada sentido de circulación.

Los mayores conflictos se han podido evidenciar en las zonas de entrecruzamiento de los accesos a la intersección, puesto que son intersecciones con pare. Por otro lado, en cuanto al transporte público, ninguna de las paradas de bus se encuentra señalizadas según la norma; es decir, señalización vertical y demarcación horizontal.

Se recomienda realizar demarcación horizontal en todo el tramo del área de influencia indirecta, colocando líneas de borde continuas, línea de barrera para separación de carriles de circulación opuesta, línea segmentada para zonas seguras de rebasamiento, tachas reflectivas y zonas de parada de bus; según como dicta la norma ecuatoriana RTE INEN 004. Adicionalmente, se recomienda colocar letreros de señales verticales correspondientes a “parada de bus” en todas las paradas que carezcan de las mismas y colocar letreros de advertencia de ingreso y salida de vehículos pesados en ambos lados del acceso al equipamiento y Av. Panamericana Norte.

1.10.2 Conflictos vehículo – peatón

Durante la inspección en el sitio llevada a cabo, se evidenció algunos inconvenientes sobre todo para los peatones que desean cruzar la Av. Panamericana Norte, ya que al ser considerada una vía rápida la velocidad de circulación de los vehículos se convierte en un riesgo para los peatones que transitan en dicha vía, en la mayoría de los casos los vehículos no respetan el cruce peatonal debido a que no se encuentra demarcado en ninguna área del tramo de estudio. Cabe mencionar también, que en la mayor parte del tramo en análisis no existen veredas, incrementándose la vulnerabilidad del peatón.

Se recomienda realizar demarcación en la calzada de pasos cebra en las intersecciones y en medios tramos cercanos a las zonas de parada de bus, la colocación de líneas en zigzag desde 20 metros antes de un cruce para que el conductor tenga una advertencia de la proximidad del cruce y reduzca su velocidad; además de la colocación de señalización vertical en cada cruce y la construcción continua de veredas a lo largo de la zona de influencia directa y media.

1.10.3 Conflictos vehículo – ciclista

Ninguna de las vías en análisis cuenta con infraestructura ciclista, por lo que la seguridad del bici usuario se encuentra comprometida al no tener un espacio seguro. Además, las altas velocidades de circulación que muestra la Av. Panamericana Norte representan un riesgo para el ciclista. Es importante destacar que en la información levantada en el área de estudio se evidenció bajos flujos de tráfico no motorizado, que no llegan al 1% del reparto modal.

Debido a la elevada circulación de vehículos, especialmente carros pesados, y las velocidades altas de circulación; se recomienda la planificación de ciclovías segregadas y de esta manera preservar la integridad al usuario vulnerable.

1.11 Análisis operativo de las intersecciones

La operación de una intersección puede ser evaluada en función de algunos parámetros de tránsito como son la capacidad de cada uno de los accesos, el volumen que circula a través de ellos en un período determinado para el análisis, la regulación de la intersección (semaforizada, señalizada, redondel) y sus condiciones físicas (sección, número de carriles). La evaluación de la intersección debe obedecer a conocer su operación en el escenario más desfavorable, esto es, en el período en el que existe mayor demanda vehicular circulando a través de la intersección; considerando períodos horarios, aquel de máxima demanda es denominado como hora pico u hora de máxima demanda, la cual se determina con base en los aforos vehiculares que deben realizarse por períodos de 15 minutos.

A su vez, el tráfico que se obtenga del aforo manual realizado durante 16 horas consecutivas, es representativo únicamente para dicho período del día en el que se realice el levantamiento de información; en este sentido, con el fin de evaluar la operación de la intersección en condiciones del tráfico que circule en cualquier día de la semana, del mes y del año, es necesario determinar el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).

1.11.1 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para obtener el TPDA se emplea el método de los factores, reconocido y avalado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, en el Capítulo 3 – Trafico de las Normas de Diseño de Carreteras MOP F-2002.

Este método consiste en calcular un factor de expansión con el cual se afecta al tráfico observado, obteniendo de esta forma el TPDA. A su vez, el factor de expansión es el producto de los factores de corrección del tráfico que se describen a continuación (MTOPI, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003).

$$TPDA = TO * FE \quad [Ec1]$$

Donde:

TO = Tráfico Observado (Durante las 12 horas)

FE = Factor de Expansión

$$FE = Fh * Fd * Fs * Fm \quad [Ec2]$$

1.11.1.1 Factor Horario (Fh)

El factor horario permite llevar el tráfico observado (de las 16 horas de conteo) a un valor de tráfico diario (MTOPI, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003), se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$Fh = \frac{\text{Total del tráfico del día del CA correspondiente al día de CM}}{\text{El tráfico del CA que corresponde al período del CM (04:00 – 19:00)}} \quad [Ec3]$$

Donde,

CA: Conteo Automático

CM: Conteo Manual

1.11.1.2 Factor Diario (Fd)

El factor diario permite llevar el tráfico diario (obtenido con el factor horario) a un valor de tráfico semanal (MTOPI, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003), se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$Fd = \frac{\text{Promedio diario de una semana del conteo automático}}{\text{El conteo automático total del día que se realizó el conteo manual}} \quad [Ec4]$$

1.11.1.3 Factor semanal (Fs)

El factor semanal permite llevar el tráfico semanal (obtenido con el factor diario) a un valor de tráfico mensual (MTOPI, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003), se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$F_s = \frac{\text{Promedio del tráfico semanal del conteo automático}}{\text{El conteo automático total de la semana que contenga el día del conteo manual}}$$

[Ec5]

1.11.1.4 Factor mensual (Fm)

El factor mensual permite llevar el tráfico mensual (obtenido con el factor semanal) a un valor de tráfico anual (MTOPI, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003), se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$F_m = \frac{\text{Consumo promedio mensual de combustibles del año}}{\text{Consumo total del mes que contenga al día del conteo manual}} \quad [Ec6]$$

Como se puede observar, se requiere básicamente de los datos de un conteo automático, que en este caso se ha efectuado sobre la Panamericana Norte en ambos sentidos; y de estadísticas del consumo de combustible, que en este caso son las correspondientes al año 2019, debido a que el año 2020 el comportamiento del tráfico vehicular fue totalmente atípico debido a la pandemia de COVID-19.

1.11.1.5 Determinación del factor de hora pico “FHP”

El factor de hora pico (FHP) es un indicador de qué tan uniforme es la distribución de los flujos en lapsos de 15 minutos durante la hora de máxima demanda, y se expresa como la relación que existe, entre el volumen de tráfico durante la hora pico y 4 veces el mayor volumen registrado en el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico, dicha relación debe ser igual o menor que la unidad (Aguirre Mejía & Maita León, 2014); se determina mediante la siguiente expresión:

$$FHP = \frac{\text{Volumen del tráfico en hora pico}}{4 \text{ veces el flujo máximo de 15 minutos en la hora pico}} \quad [Ec7]$$

En función del valor obtenido para el factor de hora pico, se determina el grado de uniformidad de la distribución de los flujos de 15 minutos durante toda la hora pico, destacando que un FHP mayor a 0,90 indica una distribución uniforme, entre 0,80 y 0,90 la distribución es poco uniforme, un FHP entre 0,70 y 0,80 representa una distribución muy mala, y menor a 0,60 se trata de una distribución que no es uniforme. (Aguirre Mejía & Maita León, 2014)

1.11.1.6 Consumo de combustibles

El consumo de combustibles se obtuvo a partir de la información oficial publicada en el documento de estadísticas Hidrocarburíferas de derivados del petróleo correspondientes al año 2019 de la provincia del Azuay, de la Secretaría Hidrocarburífera del Ecuador “SHE”.

A continuación, se resume en una tabla los datos obtenidos y a partir de los cuales se calcularon los factores mensuales, en función del mes en el que se haya realizado el conteo automático, en este caso febrero.

TIPO COMBUSTIBLE	EXTRA	SUPER	DIESEL 2	DIESEL PREMIUM	TOTAL
Enero	5406224	454736	921201	4162780	10944941
Febrero	5113181	454155	899277	3777981	10244594
Marzo	5541259	502790	929241	3914401	10887691
Abril	5491480	501675	760400	4006029	10759584
Mayo	5735689	499588	996238	4148820	11380335
Junio	5338320	413718	812983	3833176	10398197
Julio	5673036	428387	969371	4179025	11249819
Agosto	5614333	462988	894382	4183838	11155541
Septiembre	5461414	406560	872526	4091023	10831523
Octubre	5138052	382761	966511	3547508	10034832
Noviembre	5568258	421677	866676	4063805	10920416
Diciembre	5903610	470050	970485	4060751	11404896
TOTAL	65984856	5399085	10859291	47969137	130212369
CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE COMBUSTIBLE 2019					10851030.8

Tabla 2-7: Resumen consumo de combustible año 2019; Fuente: Secretaría Nacional de Hidrocarburos

1.11.1.7 Conteo automático de tráfico

Los conteos automáticos se realizaron del 14 al 20 de febrero de 2022 en los ingresos a la Av. Panamericana Norte: El Descanso – Cuenca, Cuenca – El Descanso y dos sentidos, que combina ambos movimientos.

CARRETERA: PANAMERICANA NORTE - CUENCA
 FECHA: SEMANA LUNES 12 DE MARZO - DOMINGO 18 DE MARZO DE 2018
 TRAMO: VÍA PANAMERICANA NORTE - REDONDEL DE RICAURTE
 SENTIDO DE CIRCULACIÓN: OESTE-ESTE
 UBICACIÓN: PARROQUIA RICAURTE

HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
00:00 - 01:00	53	46	36	57	92	117	109	510
01:00 - 02:00	24	32	25	25	43	60	95	304
02:00 - 03:00	37	40	32	16	19	57	73	274
03:00 - 04:00	38	26	29	24	27	62	57	263
04:00 - 05:00	48	15	17	34	26	42	60	242
05:00 - 06:00	197	179	173	177	175	181	155	1237
06:00 - 07:00	333	260	270	293	289	193	119	1757
07:00 - 08:00	733	525	573	571	557	300	170	3429
08:00 - 09:00	503	506	520	505	434	390	235	3093
09:00 - 10:00	404	376	393	462	469	403	324	2831
10:00 - 11:00	401	383	404	401	411	414	344	2758
11:00 - 12:00	330	415	426	414	428	448	377	2838
12:00 - 13:00	442	472	472	452	451	439	381	3109
13:00 - 14:00	594	634	619	625	569	574	488	4103
14:00 - 15:00	414	455	438	487	479	550	436	3259
15:00 - 16:00	408	470	428	475	452	527	380	3140
16:00 - 17:00	448	453	450	486	491	417	317	3062
17:00 - 18:00	497	549	557	499	514	381	331	3328
18:00 - 19:00	494	565	513	551	523	401	329	3376
19:00 - 20:00	514	528	507	530	512	407	315	3313
20:00 - 21:00	383	418	441	403	448	380	255	2728
21:00 - 22:00	363	359	596	405	416	407	205	2751
22:00 - 23:00	243	211	559	237	275	232	200	1957
23:00 - 24:00	89	96	131	132	159	161	110	878
TOTAL	7990	8013	8609	8261	8259	7543	5865	54540

Tabla 2-8: Conteos automáticos Panamericana Norte, sentido Este – Oeste; Fuente: Elaboración propia

CARRETERA: VÍA PANAMERICANA NORTE - CUENCA
 FECHA: SEMANA LUNES 12 DE MARZO - DOMINGO 18 DE MARZO DE 2018
 TRAMO: REDONDEL DE LAS CHOLAS - PANAMERICANA NORTE
 SENTIDO DE CIRCULACIÓN: ESTE-OESTE
 UBICACIÓN: PARROQUIA RICAURTE

HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
00:00 - 01:00	44	63	61	116	79	165	136	664
01:00 - 02:00	28	33	41	65	50	140	142	499
02:00 - 03:00	15	28	31	44	26	84	106	334
03:00 - 04:00	15	14	15	51	24	73	87	279
04:00 - 05:00	23	22	23	44	29	70	61	272
05:00 - 06:00	60	77	87	87	92	109	81	593
06:00 - 07:00	307	328	332	360	362	240	116	2045
07:00 - 08:00	693	842	831	861	837	413	212	4689
08:00 - 09:00	673	778	715	770	700	588	304	4528
09:00 - 10:00	566	561	579	562	556	618	365	3807
10:00 - 11:00	584	594	532	568	552	642	334	3806
11:00 - 12:00	590	562	544	579	612	633	486	4006
12:00 - 13:00	775	708	727	772	753	672	491	4898
13:00 - 14:00	778	804	806	764	814	715	513	5194
14:00 - 15:00	726	601	680	674	674	689	543	4587
15:00 - 16:00	709	659	697	671	739	686	607	4768
16:00 - 17:00	731	696	629	680	764	645	583	4728
17:00 - 18:00	781	755	750	744	799	556	618	5003
18:00 - 19:00	799	830	767	802	720	598	603	5119
19:00 - 20:00	787	732	769	753	772	589	604	5006
20:00 - 21:00	555	560	500	631	595	494	467	3802
21:00 - 22:00	416	483	444	444	460	498	235	2980
22:00 - 23:00	265	359	265	282	388	353	171	2083
23:00 - 24:00	126	141	149	163	260	215	97	1151
TOTAL	11046	11230	10974	11487	11657	10485	7962	74841

Tabla 2-9: Conteos automáticos Panamericana Norte, sentido Oeste – Este; Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el procedimiento descrito, se han obtenido los factores de expansión para el día de mayor volumen resultante en los conteos manuales, que a su vez coincide con el día de mayor volumen en los conteos automáticos, correspondiente al día viernes que, más adelante, será el día del cual se determine la hora pico y su respectivo volumen; el Fe se obtiene para cada sentido de circulación. Los resultados se muestran a continuación.

Fe_O-E_Vie_Feb=	1.217
Fe_N-S_Vie_Feb=	1.097
Fe_E-O_Vie_Feb=	1.159
Fe_S-N_Vie_Feb=	1.056

Tabla 2-10: Valores de los factores de expansión resultantes y que se emplearán; Fuente: Elaboración propia

1.11.2 Velocidad de circulación

Un parámetro muy importante en la operación de las intersecciones, es la velocidad a la cual circulan los vehículos que ingresan a la misma a través de los diferentes accesos, para lo cual es común determinar la velocidad en un punto determinado de la vía, conocida como velocidad de punto o instantánea.

Para la determinación de la velocidad se empleó el método manual más utilizado, conocido como el del cronómetro, “en el cual sobre una distancia determinada (de 20 a 80 metros) que

se establece con dos marcas de pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla” (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994).

De esta manera, el observador se ubica en un punto intermedio entre las dos marcas que le permita ver con claridad el momento en el que el eje delantero del vehículo atraviesa la primera marca, para accionar el cronómetro, y detenerlo cuando el eje delantero de dicho vehículo pase la segunda marca. (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994)

Cabe destacar que todas las medidas de tiempos en el campo son aleatorias y representativas de las condiciones de flujo libre en el flujo de tránsito. Para el muestreo se tomó premisa que el aforador siempre debe observar el primer vehículo de una cola, ya que los vehículos que siguen pueden estar viajando a la velocidad del primer vehículo por no poder pasarlo y evitar el muestreo de una proporción muy alta de vehículos que viajen a altas velocidades. (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994)

Con el procedimiento detallado, se obtuvo el tiempo de recorrido de los vehículos entre las marcas, para lo cual previamente se delimitó la distancia en el pavimento, que en todos los casos fue de 20 metros, otro aspecto que se tomó en cuenta a la hora de marcar las señales, fue que éstas se sitúen a una distancia suficiente del ingreso a la intersección, de tal manera que el tiempo cronometrado no se vea afectado por la ejecución de las maniobras para la distribución de los movimientos direccionales al final de los accesos en cada una de las intersecciones.

Los vehículos seleccionados para ser cronometrados fueron los livianos, por ser el componente predominante en la composición del tráfico de todas las intersecciones analizadas.

La cantidad de vehículos de los cuales se registró el tiempo, fue obtenida a través de una muestra una vez que se contaba con el universo de vehículos en las 16 horas de conteo; la muestra se obtuvo mediante la siguiente expresión.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)} \quad [Ec8]$$

Donde,

N = Total de la población (Volumen total en las 16 horas de conteo)

Z²= Nivel de confianza (para un nivel de confianza del 95%, Z² = 1.96)

p = Probabilidad de que la hipótesis ocurra

q = Probabilidad de que la hipótesis no ocurra

Si no se conoce la probabilidad, p = q = 0.5

e = error aceptado (Para valores estadísticamente aceptables, e max=10%)

Para el cálculo de la velocidad de aproximación, en primer lugar, se obtuvo un promedio entre los tiempos tomados cada hora, en función de la muestra establecida previamente, y luego se divide la distancia preestablecida y marcada con anticipación en el pavimento, en metros, entre el tiempo promedio que le toma a cada vehículo recorrerla, en segundos, finalmente se realizan las conversiones necesarias para de unidades.

$$\text{tiempo promedio} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad [Ec9]$$

$$V = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo promedio}} * 3.6 \quad [Ec10]$$

De esta forma se obtiene el valor de la velocidad de aproximación de cada hora en los diferentes accesos, por lo que, finalmente se promedian todas esas velocidades para obtener una velocidad media espacial de aproximación al ingreso de cada una de las vías de la intersección de análisis.

Es importante obtener indicadores estadísticos relevantes de los resultados del estudio de velocidades, como son el percentil 15, percentil 85 y percentil 90; en el primer caso establece la mínima velocidad de circulación (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994), que puede llegar a convertirse en un problema de seguridad vial, ya que velocidades extremadamente bajas también podrían ser una causa de siniestralidad; en el segundo caso, corresponde a la velocidad máxima a la cual debe establecerse el límite de velocidad para regular la operación de la vía (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994), es decir, la velocidad que debería señalizarse como velocidad máxima; y, en el tercer caso, corresponde a la velocidad de diseño de la vía. (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994)

1.11.3 Capacidad y niveles de servicio

Con el fin de evaluar la operación de las distintas intersecciones en sus condiciones actuales, se ha procedido a levantar la información en campo correspondiente a los aforos manuales, mismos que se llevaron a cabo durante dos días: uno entre semana y uno en fin de semana, los días jueves 03 de febrero de 2021 y viernes 04 de febrero del presente, durante 16 horas consecutivas, en el período horario de 04:00 a 20:00.

El HCM2010 establece la metodología para determinar los niveles de servicio en los diferentes tipos de intersecciones; es decir, en función de la regulación con la que opera; en este sentido, existe una metodología para establecer el nivel de servicio en cada tipo de intersección:

- Intersecciones semaforizadas

- Intersecciones señalizadas (PARE en la vía secundaria, denominada como “TWSC” (Two-Way Stop-Controlled Intersections))
- Intersecciones señalizadas (PARE tanto en la vía principal como en la vía secundaria, denominada como “AWSC” (All-Way-Stop-Controlled Intersections))
- Redondeles (Transportation Research Board, 2010)

En la ciudad no existe ninguna intersección “AWSC”, únicamente existen las tres intersecciones adicionales descritas.

1.11.4 Intersecciones semaforizadas

En el caso de las intersecciones semaforizadas, al existir el paso alternado para cada acceso a la intersección, cada uno de ellos experimenta diferentes demoras en función de las fases y ciclos semafóricos asignados al dispositivo de tráfico, así como de las condiciones del tráfico en si; en este sentido, la metodología del HCM2010 permite determinar la capacidad y demora para cada uno de los accesos, y con base en un promedio ponderado, establecer el nivel de servicio de la intersección. (Transportation Research Board, 2010)

Los niveles de servicio se encuentran en función de los parámetros antes indicados: Capacidad (relación volumen/capacidad) y demoras; en este sentido, se establece un nivel de servicio para cada acceso a la intersección, y para la intersección como tal, en función de los valores de los parámetros antes citados.

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio ^d	
	≤1.0	>1.0
≤10	A	F
>10–20	B	F
>20–35	C	F
>35–55	D	F
>55–80	E	F
>80	F	F

Note: ^d For approach-based and intersectionwide assessments, LOS is defined solely by control delay.

Tabla 2-11: Criterios para establecer los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas; Fuente: HCM2010

Los niveles de servicio varían desde el nivel “A”, al cual le corresponde la menor demora y relación V/C, y continúa sucesivamente hasta el nivel “F”, que equivale al peor nivel de servicio bajo el cual puede operar una intersección, con extensas demoras y una relación V/C mayor a 1; es decir, en la cual la capacidad ha sido superada por la demanda del volumen vehicular en el período de análisis. No obstante, en cualquier caso que la relación V/C supere la unidad, el nivel de servicio del acceso que se esté analizando, corresponderá a “F”.

El HCM2010 establece que el mínimo nivel de servicio aceptable para la operación de una intersección, corresponde al nivel “D”, a partir del cual el flujo vehicular experimenta una transición de “no congestionado” a “congestionado”; y por tanto, constituye el nivel de servicio

a partir del cual los conductores perciben una condición inaceptable en sus desplazamientos, por las demoras que experimentan. (Transportation Research Board, 2010)

1.11.5 Intersecciones señalizadas con PARE en la vía principal, “TWSC”

En el caso de las intersecciones reguladas por señalización PARE en la vía secundaria, el nivel de servicio estará determinado por el nivel de servicio con el que opere la vía secundaria, que será la cual experimente demoras, ya que debe esperar a contar con el “gap” suficiente para poder incorporarse por filtración al tráfico de la vía principal; en este caso, la metodología del HCM2010 no establece un nivel de servicio para la vía principal, pues la misma opera en condiciones de flujo libre, al no existir ningún obstáculo que obligue a los vehículos al detenerse en esta vía al aproximarse a la intersección. (Transportation Research Board, 2010)

No obstante, con el fin de estimar un nivel de servicio para este tipo de intersecciones, se realiza también un promedio ponderado en función del peso del volumen vehicular que ingresa a la intersección a través de cada acceso, en caso de existir dos o más accesos controlados por PARE; y en el caso de intersecciones tipo “T”, se asume directamente el valor del nivel de servicio del único acceso controlado por PARE, como el nivel de servicio de la intersección.

En este caso, los niveles de servicio se encuentran definidos en función de los parámetros antes indicados: Capacidad (relación volumen/capacidad) y demoras; por lo tanto, se establece un nivel de servicio para cada acceso a la intersección, y para la intersección como tal, en función del procedimiento antes descrito.

Control Delay (s/vehicle)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Tabla 2-12: Criterios para establecer los niveles de servicio en intersecciones “TWSC”; Fuente: HCM2010

Como se puede observar, las demoras admitidas para cada nivel de servicio en este tipo de intersecciones son menores que las establecidas para intersecciones semaforizadas; debido a que en estas últimas, se considera además la demora generada por el dispositivo semafórico como tal. Al igual que en el caso anterior, las demoras van desde un nivel de servicio “A” que corresponde al más favorable, hasta un nivel de servicio “F” que es inaceptable.

Para este tipo de intersecciones, el HCM2010 establece también que el mínimo nivel de servicio aceptable para la operación de una intersección, corresponde al nivel “D”, a partir del cual el flujo vehicular experimenta una transición de “no congestionado” a “congestionado”; y

por tanto, constituye el nivel de servicio a partir del cual los conductores perciben una condición inaceptable en sus desplazamientos, por las demoras que experimentan. (Transportation Research Board, 2010)

1.11.6 Redondeles o glorietas

La operación de este tipo de intersecciones se caracteriza por que todos los accesos están regulados por señalización de “CEDA EL PASO”, con base en que las condiciones físicas del redondel permiten que el conductor tenga la suficiente visibilidad al aproximarse a la intersección, de manera que no deba detener por completo el vehículo, en caso de no ser necesario (si no existen vehículos circulando dentro del redondel). (Transportation Research Board, 2010)

Cualquier vehículo que ha ingresado al redondel, tiene la preferencia de paso sobre aquellos que se encuentran aún en los distintos accesos, esperando para poder ingresar por filtración. Dada esta particularidad en la operación de este tipo de intersecciones, es necesario que los flujos que ingresan a través de los diferentes accesos se encuentren compensados; es decir, que no difieran en mayor medida uno del otro, para su óptimo funcionamiento. De igual manera, es necesario que el diámetro de su redondel . (AASHTO, Política sobre Diseño Geométrico de Carreteras y Calles, 2004)

En este caso, al igual que en los anteriores, los niveles de servicio se encuentran definidos en función de los parámetros antes capacidad (relación volumen/capacidad) y demoras; por lo tanto, la metodología del HCM2010 establece un nivel de servicio para cada acceso al redondel, y para el redondel en sí.

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio ^a	
	v/c ≤ 1.0	v/c >1.0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Note: ^a For approaches and intersectionwide assessment, LOS is defined solely by control delay.
 Tabla 2-13: Criterios para establecer los niveles de servicio en redondeles; Fuente: HCM2010

En general, independientemente del tipo de intersección, el HCM 2010 establece el mínimo nivel de servicio aceptable para la operación de una intersección, corresponde al nivel “D”, a partir del cual el flujo vehicular experimenta una transición de “no congestionado” a “congestionado”; y por tanto, constituye el nivel de servicio a partir del cual los conductores

perciben una condición inaceptable en sus desplazamientos. (Transportation Research Board, 2010)

En este sentido, aquellas intersecciones cuyo resultado con la implementación del proyecto, sea un nivel de servicio menor a D, es decir, “E” o “F”, requieren de la respectiva planificación que permita mejorar estos niveles de servicio, llevando los mismos a un nivel de servicio mínimo “D” en la intersección.

1.12 Intersección A: Panamericana Norte y vía de acceso

La intersección opera regulada por señalización, ya que no es semaforizada; no obstante, actualmente no cuenta con la señalización reglamentaria de PARE en la vía secundaria. Existe una parada de bus muy próxima a la intersección en cada sentido de circulación de la vía de acceso, carece completamente de señalización horizontal y la calzada de la vía de acceso se encuentra muy deteriorada en su punto de intersección con la Panamericana Norte.



Fotografía 2-1: Tramo de vía de acceso que converge en la intersección A



Fotografía 2-2: Tramo de Panamericana Norte que converge en la intersección A



Fotografía 2-3: Tramo de Panamericana Norte que converge en la intersección A



Fotografía 2-4: Intersección A Panamericana Norte y vía de acceso

Las dos vías que convergen en la intersección son bidireccionales, por lo tanto se generan 6 puntos de conflicto, como se observa en la siguiente ilustración.

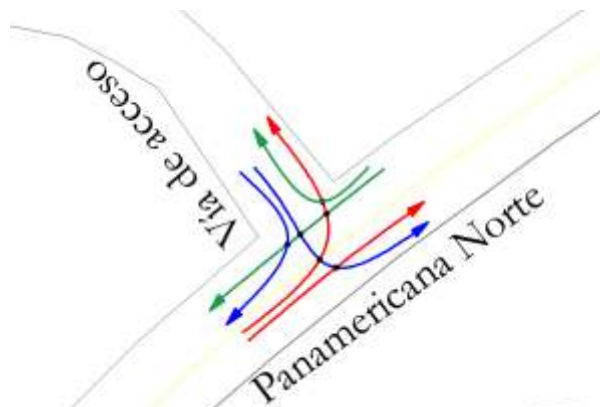


Ilustración 2.39: Puntos de conflicto en intersección A: Panamericana Norte y vía de acceso; Fuente: Elaboración propia

La única señalización con la que cuenta la intersección es la detallada previamente, que corresponde a las paradas de bus indicadas mediante señales verticales, en virtud de que constituye un corredor de transporte público. Tal como se observa en las fotografías previas, ninguna de las vías cuenta con aceras para el tránsito de los peatones, por lo que su circulación no se da en condiciones seguras; la Panamericana Norte cuenta con una sección de 11.3m de calzada, mientras que la vía de acceso tiene una sección de 7.9m.



Ilustración 2.40: Señalización existente en el estado actual en la intersección A

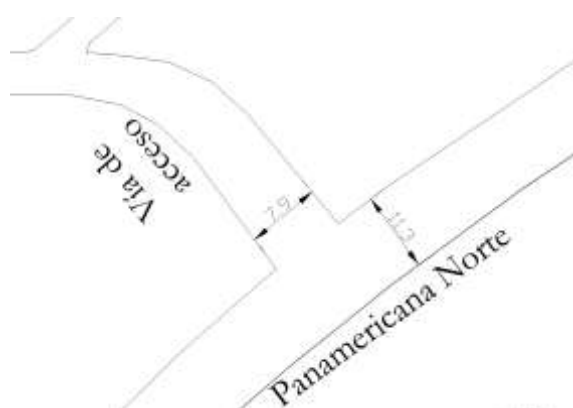


Ilustración 2.41: Secciones de las vías que convergen en la intersección A

A partir del tráfico observado resultante de las 16 horas de conteo, y con base en los factores de expansión previamente determinados, se obtienen los siguientes resultados de TPDA para esta intersección.

TPDA INTERSECCIÓN A								
HORA	PANAMERICANA NORTE E-O	%	PANAMERICANA NORTE O-E	%	VÍA DE ACCESO N-S	%	TOTAL INTERSECCIÓN	%
4h00-5h00	14	0%	15	0%	3	0%	32	0%
5h00-6h00	54	1%	43	1%	10	1%	107	1%
6h00-7h00	257	5%	202	4%	55	8%	514	5%
7h00-8h00	522	10%	381	7%	70	10%	973	9%
8h00-9h00	454	9%	288	6%	66	10%	809	7%
9h00-10h00	366	7%	329	6%	44	7%	739	7%
10h00-11h00	387	7%	305	6%	57	9%	750	7%

11h00-12h00	330	6%	393	8%	29	4%	752	7%
12h00-13h00	338	6%	420	8%	35	5%	793	7%
13h00-14h00	437	8%	375	7%	48	7%	860	8%
14h00-15h00	358	7%	374	7%	42	6%	773	7%
15h00-16h00	395	8%	396	8%	45	7%	836	8%
16h00-17h00	345	7%	445	9%	34	5%	825	7%
17h00-18h00	323	6%	492	10%	44	7%	859	8%
18h00-19h00	370	7%	353	7%	44	7%	767	7%
19h00-20h00	293	6%	331	6%	45	7%	669	6%
TOTAL	5246	100%	5141	100%	670	100%	11057	100%
% INTERSECCIÓN	47,44%		46,50%		6,06%		693	
VOLUMEN PROMEDIO	331		322		42		692	

Tabla 2-14: TPDA en accesos y en intersección A; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla previa, el mayor volumen vehicular se registra en el eje de la Panamericana Norte, en sus dos sentidos de circulación, los cuales no difieren mucho entre sí, el volumen vehicular en este eje vial es el 94% del volumen que circula en la intersección; mientras que el volumen vehicular que circula a través de la vía de acceso, representa apenas el 6% del volumen de la intersección; esta situación resulta favorable, pues con la implementación del equipamiento, esta distribución del tráfico evidentemente se verá modificada.

A continuación, se presentan los gráficos que muestran la composición vehicular y la variación horaria del TPDA en cada acceso y en la intersección.



Gráfico 2-1: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-2: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-3: Composición vehicular del TPDA en acceso Vía de Acceso N – S de intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-4: Composición vehicular del TPDA en intersección A; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en los gráficos previos, en todos los accesos y en la intersección como tal, predomina el vehículo liviano en la composición vehicular, seguido por los camiones C2 (2 ejes), que representan un 9% de la intersección, que resulta lógico al ser la Panamericana Norte un eje de la red vial estatal, que además constituye un acceso y salida de la ciudad; es destacable que existe también un porcentaje considerable de motos que alcanzan en promedio un 8% del volumen total en la intersección, verificándose en todos los accesos un porcentaje igual o superior al 6% de este modo de transporte.

Finalmente, respecto al total de la intersección, en menor proporción se identifican los camiones C3 (3 ejes) y los buses; no obstante, es del caso recalcar que, a pesar de las condiciones físicas actuales de la vía de acceso (pendiente pronunciada), existe un porcentaje considerable de vehículos pesados (camiones C2 y camiones C3, de 2 y 3 ejes, respectivamente) que circulan a través de esta vía, alcanzando un 17% del volumen vehicular de este acceso.



Gráfico 2-5: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-6: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-7: Variación horaria del TPDA en acceso Vía de acceso N – S de Intersección A; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-8: Variación horaria del TPDA en Intersección A; Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos predios, cada acceso a la intersección presenta diferentes variaciones horarias durante el día, una particularidad en común que comparten todos los accesos y en consecuencia la intersección, es el pico que presentan en el rango horario de 07:00 a 08:00, que está muy próximo a la hora pico determinada para la intersección, en el horario de 07:15 – 08:15.

Se puede observar que en ningún caso existe un período prolongado que pueda considerarse como período valle (en el que el tráfico disminuye notablemente), pues existen picos intermitentes a lo largo de las 16 horas de conteo en todos los accesos.

Como parte del análisis realizado, se ha determinado también la hora pico, indicada previamente; en la cual se tiene la siguiente distribución de flujos, en función de la nomenclatura adoptada para cada movimiento permitido en la intersección, que se indica a continuación.

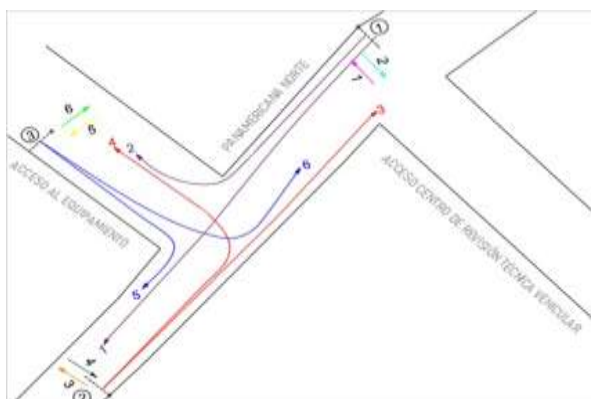


Ilustración 2.42: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección A; Fuente: Elaboración propia

En la imagen precedente, se puede observar los flujos que acceden a la intersección de cada uno de los 3 accesos que convergen en ella.

TPDA HORA PICO INTERSECCIÓN A														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Vía de acceso N-S				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Flujo	%
Motos	44	1	45	8%	39	1	40	11%	5	2	8	11%	93	9%
Livianos	385	36	421	77%	260	13	274	72%	35	12	47	70%	742	74%
Bus	13	0	13	2%	16	0	16	4%	0	0	0	0%	29	3%
Camión C2	38	8	46	8%	34	2	37	10%	3	2	5	8%	88	9%
Camión C3	16	3	20	4%	7	4	11	3%	3	3	7	10%	37	4%
Camión C4	0	0	0	0%	4	0	4	1%	0	0	0	0%	4	0%
Camión C5 o más	2	0	2	0%	1	0	1	0%	0	0	0	0%	4	0%
Total	498	49	547	100%	361	21	382	100%	47	20	67	100%	996	100%

Tabla 2-15: TPDA en hora pico de la intersección A; Fuente: Elaboración Propia

El volumen en hora pico en la intersección es de 996 veh/hora, el cual constituye aproximadamente el 9% del volumen total de la intersección en las 16 horas aforadas; se observa también que, en todos los accesos el volumen de vehículos pesados (buses y camiones de todo tipo) representa como mínimo el 14% del volumen de cada acceso.

Hora pico	7h15-8h15			
	Panamericana Norte E - O	Panamericana Norte O - E	Vía de acceso N - S	Intersección
Máximo	547	382	67	996
Q15_max	150	112	21	259
FHP	0.915	0.853	0.803	0.960

Tabla 2-16: Factor de hora pico para accesos e Intersección A; Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta el resultado de la información relevante obtenida a partir del levantamiento de información de velocidades en los accesos a la intersección.



Gráfico 2-9: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección A; Fuente: Elaboración Propia

El acceso con mayor velocidad de punto es la Av. Panamericana Norte O – E, con una velocidad promedio de 29.38 km/h, el acceso de la Av. Panamericana Norte E – O presenta una velocidad similar de 28.48 km/h; el de menor velocidad es el del Acceso al Equipamiento con una velocidad media de 17.23 km/h.

A continuación, se muestran los valores de los percentiles para cada acceso.

Indicador estadístico	Velocidad (km/h)		
	Panamericana Norte E - O	Panamericana Norte O - E	Vía de acceso N - S
Percentil 15	24.75	23.15	15.8
Percentil 85	33.325	34.25	18.275
Percentil 98	41.94	36.17	19.42

Tabla 2-17: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección A; Fuente: Elaboración propia

Las velocidades del percentil 15 no son extremadamente bajas, por lo que no constituye un riesgo para potenciales siniestros; el percentil 85 denota velocidades muy inferiores al límite máximo de velocidad establecido en ciertos tramos de esta vía (65km/h).

Con base en las condiciones físicas y operativas descritas previamente, se realiza el análisis de la intersección, considerándola como una intersección aislada a las demás del área de influencia, ya que se encuentran a una larga distancia entre sí.

En este sentido, se evalúa la operación de la intersección mediante un análisis a nivel microscópico, empleando el software Synchro 11.1; como datos de entrada se ingresan las condiciones físicas (secciones viales, número de carriles, pendiente) y operativas (regulación de la intersección, volumen de cada movimiento en hora pico, factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados en cada acceso, velocidad en cada acceso, entre otros).



Ilustración 2.43: Trazado de la red Intersección A; Fuente: Synchro 11.1

Una vez ejecutada la simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis 11:










						
Movement	SBL	SBR	NEL	NET	SWT	SWR
Lane Configurations						
Traffic Volume (veh/h)	20	47	21	361	498	49
Future Volume (Veh/h)	20	47	21	361	498	49
Sign Control	Stop			Free		Free
Grade	13%			0%		0%
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.85	0.85	0.92	0.92
Hourly flow rate (vph)	25	59	25	425	541	53
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type				None	None	
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume	1042	568	594			
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol	1042	568	594			
tC, single (s)	6.4	6.4	4.1			
tC, 2 stage (s)						
tF (s)	3.5	3.5	2.2			
p0 queue free %	90	88	97			
cM capacity (veh/h)	246	493	982			
Direction, Lane #	SB 1	NE 1	SW 1			
Volume Total	84	450	594			
Volume Left	25	25	0			
Volume Right	59	0	53			
cSH	379	982	1700			
Volume to Capacity	0.22	0.03	0.35			
Queue Length 95th (m)	6.7	0.6	0.0			
Control Delay (s)	17.2	0.8	0.0			
Lane LOS	C	A				
Approach Delay (s)	17.2	0.8	0.0			
Approach LOS	C					

Tabla 2-18: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección A; Fuente: Synchro 11.1

La vía de acceso tiene una demora de 17.2 segundos, que corresponde a un nivel de servicio C del acceso y por tanto de la intersección, nivel de servicio que aún se considera aceptable, lo cual es positivo para el emplazamiento del proyecto.

La relación V/C en la vía de acceso es de 0.22, lo cual indica que existe aún un 78% de capacidad de la vía por utilizar; en el caso de la Panamericana Norte en sentido E – O, la relación V/C tiene un valor de 0.35, denotando un 65% de la capacidad de la vía que aún se puede utilizar en la hora de máxima demanda; finalmente, el acceso O – E de la Panamericana Norte tiene una relación V/C de 0.03, existiendo el 97% de la capacidad aún libre.

1.13 Intersección B: Panamericana Norte y puente de Guangarcucho

La intersección opera regulada por señalización, ya que no es semaforizada; no obstante, actualmente no cuenta con la señalización reglamentaria de PARE en la vía secundaria, carece completamente de señalización horizontal, la calzada de la vía sobre el puente se encuentra en estado regular; la única señalización vertical existente se encuentra en la aproximación previa a la incorporación al puente.

Tanto la Panamericana Norte como el puente de Guangarcucho (prolongación de la conexión del intercambiador existente en la vía Rápida Cuenca – Azogues), forman parte de la red vial estatal; en este sentido, a través de estos ejes viales circula una gran cantidad de vehículos que tienen como origen y/o destino, sectores fuera del cantón e incluso de la provincia; constituyen corredores de transporte público inter e intraprovincial.



Fotografía 2-5: Tramo de Panamericana que converge en la intersección B



Fotografía 2-6: Tramo de Panamericana Norte que converge en la intersección B



Fotografía 2-7: Tramo de puente Guangarcucho que converge en la intersección A



Fotografía 2-8: Intersección B Panamericana Norte y puente de Guangarcucho

Las dos vías que convergen en la intersección son bidireccionales; sin embargo, existen isletas canalizadoras de tráfico en la vía principal, correspondiente a la Panamericana Norte, por lo tanto se generan 4 puntos de conflicto, como se observa en la siguiente ilustración.



Ilustración 2.44: Puntos de conflicto en intersección B: Panamericana Norte y puente de Guangarcucho; Fuente: Elaboración propia

La única señalización con la que cuenta la intersección es la detallada previamente, correspondiente al tonelaje máximo que soporta el puente; y una señal informativa que da a conocer los diferentes destinos a los que se llega con cada movimiento permitido en la intersección desde el mencionado acceso.

Tal como se observa en las fotografías previas, únicamente el puente cuenta con aceras para el tránsito de los peatones, de sección bastante reducida; en este sentido, los peatones que transitan a través de la Panamericana no cuentan con las condiciones de seguridad necesarias para su circulación; la Panamericana Norte cuenta con isletas canalizadoras de tráfico, por lo que su sección se incrementa en la aproximación a la intersección.



Ilustración 2.45: Señalización existente en el estado actual en la intersección B

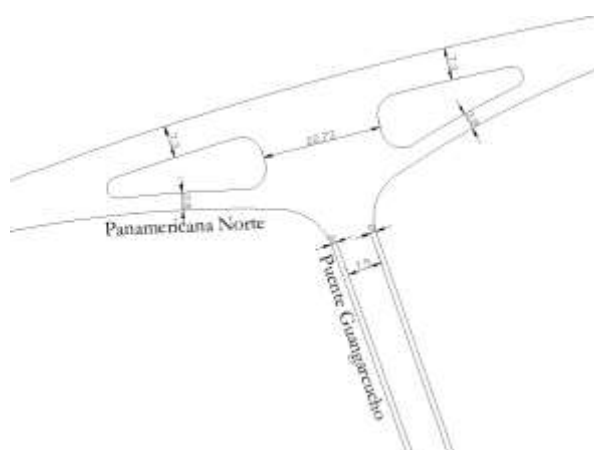


Ilustración 2.46: Secciones de las vías que convergen en la intersección B

A partir del tráfico observado resultante de las 16 horas de conteo, y con base en los factores de expansión previamente determinados, se obtienen los siguientes resultados de TPDA para esta intersección.

TPDA INTERSECCIÓN B								
HORA	PANAMERICANA NORTE E-O	%	PANAMERICANA NORTE O-E	%	PUENTE DE GUANGARCUCHO S-N	%	INTERSECCIÓN	%
4h00-5h00	71	1%	6	0%	29	0%	105	1%
5h00-6h00	163	2%	16	1%	94	1%	273	1%
6h00-7h00	487	5%	106	5%	416	5%	1009	5%
7h00-8h00	621	7%	184	9%	687	9%	1492	8%

8h00-9h00	518	6%	178	9%	568	7%	1264	7%
9h00-10h00	501	6%	156	8%	512	7%	1169	6%
10h00-11h00	498	6%	152	7%	460	6%	1111	6%
11h00-12h00	546	6%	131	6%	523	7%	1200	6%
12h00-13h00	542	6%	164	8%	489	6%	1196	6%
13h00-14h00	539	6%	151	7%	504	7%	1194	6%
14h00-15h00	746	8%	134	6%	588	8%	1468	8%
15h00-16h00	700	8%	150	7%	542	7%	1391	7%
16h00-17h00	874	10%	120	6%	532	7%	1527	8%
17h00-18h00	884	10%	138	7%	611	8%	1633	9%
18h00-19h00	714	8%	176	9%	583	8%	1473	8%
19h00-20h00	523	6%	107	5%	563	7%	1193	6%
TOTAL	8928	100%	2069	100%	7701	100%	18698	100%
% INTERSECCIÓN	48%		11%		41%		1168	
VOLUMEN PROMEDIO	561		130		482		1169	

Tabla 2-19: TPDA en accesos y en intersección A; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla previa, el mayor volumen vehicular se registra en el eje de la Panamericana Norte, en su sentido de circulación E – O (sentido de ingreso a Cuenca); no obstante, el volumen en el sentido opuesto O – E (salida de Cuenca), es el menor de la intersección, lo cual denota que los vehículos que salen de la ciudad, optan por hacerlo a través de la vía Rápida Cuenca Azogues, e incorporarse nuevamente a la Panamericana Norte a través del puente Guangarcucho, lo cual se denota en el porcentaje que representa este acceso (41%) respecto al volumen total de la intersección.

A continuación, se presentan los gráficos que muestran la composición vehicular y la variación horaria del TPDA en cada acceso y en la intersección.



Gráfico 2-10: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-11: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-12: Composición vehicular del TPDA en acceso Puente de Guangarcucho S - N de intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-13: Composición vehicular del TPDA en intersección B; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en los gráficos previos, en todos los accesos y en la intersección como tal, predomina el vehículo liviano en la composición vehicular, seguido por los camiones C2 (2 ejes), que representan un 9% de la intersección, que resulta lógico al ser la Panamericana Norte un eje de la red vial estatal, que además constituye un acceso y salida de la ciudad; en esta intersección se evidencia un menor porcentaje de motos, no obstante, constituye un porcentaje importante de la composición vehicular, equivalente al de los buses, al constituir todos los accesos, corredores de transporte público inter e intraprovincial. Finalmente, respecto al total de la intersección, en menor proporción se identifican los camiones C3 (3 ejes).



Gráfico 2-14: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-15: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-16: Variación horaria del TPDA en acceso Puente de Guangarcucho S – N de Intersección B; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-17: Variación horaria del TPDA en Intersección B; Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos previos, cada acceso a la intersección presenta diferentes variaciones horarias durante el día, una particularidad en común que comparten todos los accesos y en consecuencia la intersección, es el pico que presentan en el rango horario de 07:00 a 08:00, a excepción del acceso en la Panamericana Norte O – E, que presenta su pico en la tarde; y que marca la hora pico de la intersección, al representar un gran porcentaje del volumen de la misma.

Se puede observar que en ningún caso existe un período prolongado que pueda considerarse como período valle (en el que el tráfico disminuye notablemente), pues existen picos intermitentes a lo largo de las 16 horas de conteo en todos los accesos.

Como parte del análisis realizado, se ha determinado también la hora pico, indicada previamente; en la cual se tiene la siguiente distribución de flujos, en función de la nomenclatura adoptada para cada movimiento permitido en la intersección, que se indica a continuación.

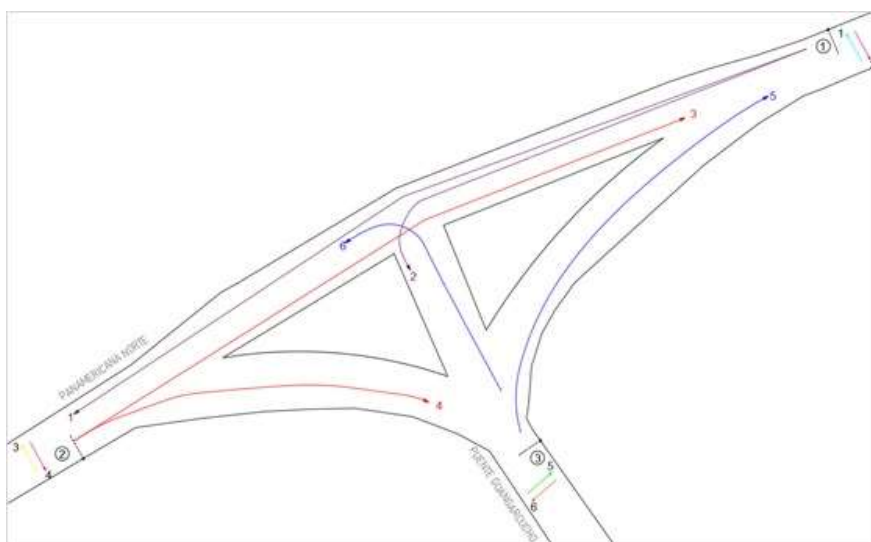


Ilustración 2.47: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección B; Fuente: Elaboración propia

En la imagen precedente, se puede observar los flujos que acceden a la intersección de cada uno de los 3 accesos que convergen en ella.

TPDA HORA PICO INTERSECCIÓN B														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Puente de Guangarcucho S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volumen	%
Motos	10	24	35	4%	10	5	15	11%	16	0	16	3%	65	4%
Livianos	109	666	775	83%	67	28	95	74%	442	25	468	81%	1338	82%
Bus	1	17	19	2%	0	2	2	2%	19	4	23	4%	44	3%
Camión C2	19	73	92	10%	6	6	12	10%	38	11	49	8%	152	9%
Camión C3	3	2	6	1%	1	0	1	1%	11	3	14	2%	21	1%
Camión C4	1	0	1	0%	1	0	1	1%	0	0	0	0%	2	0%
Camión C5 o más	0	5	5	0%	0	1	1	1%	5	0	5	1%	11	1%
Total	144	788	932	100%	85	43	128	100%	531	43	574	100%	1634	100%

Tabla 2-20: TPDA en hora pico de la intersección B; Fuente: Elaboración Propia

El volumen en hora pico en la intersección es de 1634 veh/hora, el cual constituye aproximadamente el 9% del volumen total de la intersección en las 16 horas aforadas; se observa también que, en todos los accesos el volumen de vehículos pesados (buses y camiones de todo tipo) representa como mínimo el 13% del volumen de cada acceso.

Hora pico	16h30-17h30			
HORA	PANAMERICANA NORTE E-O	PANAMERICANA NORTE O-E	PUEBTE DE GUANGARCUCHO S-N	INTERSECCIÓN
Máximo	932	128	574	1634
Q15_max	242	40	164	425
FHP	0.962	0.795	0.877	0.961

Tabla 2-21: Factor de hora pico para accesos e Intersección B; Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta el resultado de la información relevante obtenida a partir del levantamiento de información de velocidades en los accesos a la intersección.



Gráfico 2-18: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección B; Fuente: Elaboración Propia

El acceso con mayor velocidad de punto es la Av. Panamericana Norte E – O (ingreso a la ciudad), con una velocidad promedio de 59.68 km/h, el acceso de la Av. Panamericana Norte E – O presenta una velocidad menor de 46.34 km/h; el de menor velocidad es el acceso sobre el puente de Guangarcucho, con una velocidad media de 29.48 km/h.

A continuación, se muestran los valores de los percentiles para cada acceso.

Indicador estadístico	Velocidad (km/h)		
	Panamericana Norte E - O	Panamericana Norte O - E	Puente de Guangarcucho S - N
Percentil 15	52.95	49.25	28.125
Percentil 85	64.25	54.6	30.9
Percentil 98	67.91	57.09	32.17

Tabla 2-22: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección B; Fuente: Elaboración propia

Las velocidades del percentil 15 no son bajas, por lo que no constituye un riesgo para potenciales siniestros; el percentil 85 denota velocidades similares al límite máximo de velocidad establecido en ciertos tramos de esta vía (65km/h).

Con base en las condiciones físicas y operativas descritas previamente, se realiza el análisis de la intersección, considerándola como una intersección aislada a las demás del área de influencia, ya que se encuentran a una larga distancia entre sí.


En este sentido, se evalúa la operación de la intersección mediante un análisis a nivel microscópico, empleando el software Synchro 11.1; como datos de entrada se ingresan las condiciones físicas (secciones viales, número de carriles, pendiente) y operativas (regulación de la intersección, volumen de cada movimiento en hora pico, factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados en cada acceso, velocidad en cada acceso, entre otros).



Ilustración 2.48: Trazado de la red Intersección B; Fuente: Synchro 11.1

Una vez ejecutada la simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis
3:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NWL	NWR
Lane Configurations	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Traffic Volume (veh/h)	85	43	144	788	43	531
Future Volume (Veh/h)	85	43	144	788	43	531
Sign Control	Free			Free Stop		
Grade	0%			0%		
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.96	0.96	0.88	0.88
Hourly flow rate (vph)	106	54	150	821	49	603
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None			None		
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			106	1254	133	
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			106	1254	133	
tC, single (s)			4.1	6.4	6.4	
tC, 2 stage (s)						
tF (s)			2.2	3.5	3.4	
p0 queue free %			90	71	32	
cM capacity (veh/h)			1467	170	883	
Direction, Lane #	EB 1	WB 1	NW 1			
Volume Total	160	971	652			
Volume Left	0	150	49			
Volume Right	54	0	603			
pSH	1700	1467	671			
Volume to Capacity	0.09	0.10	0.97			
Queue Length 95th (m)	0.0	2.7	115.7			
Control Delay (s)	0.0	2.5	52.7			
Lane LOS			A	F		
Approach Delay (s)	0.0	2.5	52.7			
Approach LOS			F			

Tabla 2-23: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección A; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la tabla previa, el acceso sobre el puente de Guangarcucho presenta una demora de 52.7 segundos, que corresponde a un nivel de servicio F del acceso, y por tanto de la intersección, nivel de servicio que ya se considera inaceptable.

La relación V/C en el acceso sobre el puente de Guangarcucho es de 0.97, lo cual indica que existe únicamente un 3% de capacidad de la vía por utilizar; es decir, este acceso está próximo a llegar al límite de su capacidad durante la hora de máxima demanda; en el caso de la Panamericana Norte en sentido E – O, la relación V/C tiene un valor de 0.10, denotando aún un 90% de la capacidad de la vía que aún se puede utilizar en la hora de máxima demanda; finalmente, el acceso O – E de la Panamericana Norte tiene una relación V/C de 0.09, existiendo el 91% de la capacidad aún libre.

1.14 Intersección C: Panamericana Norte y Av. Del Bombero

La intersección opera regulada por señalización, ya que no es semaforizada; actualmente cuenta con la señalización reglamentaria de PARE en la vía secundaria (Av. Del Bombero),

cuenta también con señalización de paso peatonal en la Av. Del Bombero, que se encuentra en buen estado; la Panamericana Norte cuenta con señalización horizontal de líneas logarítmicas en cada uno de los sentidos de aproximación a la intersección, que ya se encuentra bastante deteriorada, al igual que los pasos peatonales existentes al finalizar la señalización de líneas logarítmicas, la calzada se encuentra en estado regular.



Fotografía 2-9: Tramo de Panamericana que converge en la intersección C



Fotografía 2-10: Tramo de Panamericana Norte que converge en la intersección C



Fotografía 2-11: Tramo de puente Av del Bombero S - N que converge en la intersección C



Fotografía 2-12: Intersección C Panamericana Norte y Av. del Bombero

Las dos vías que convergen en la intersección son bidireccionales; sin embargo, existen isletas canalizadoras de tráfico en la vía principal, correspondiente a la Panamericana Norte, por lo tanto se generan 4 puntos de conflicto, como se observa en la siguiente ilustración.

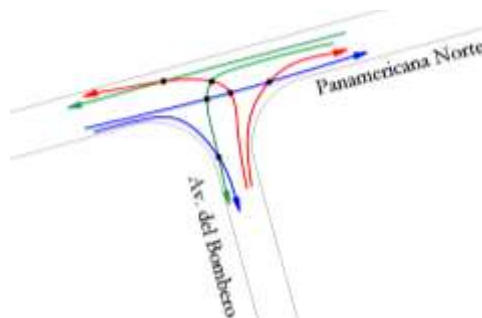


Ilustración 2.49: Puntos de conflicto en intersección B: Panamericana Norte y puente de Guangarcucho; Fuente: Elaboración propia

La señalización con la que cuenta la intersección es la detallada previamente, además de una señal preventiva de peatones en la vía en ambos accesos de aproximación a la intersección

de la Panamericana Norte, y una señal que regula la restricción de estacionamiento en el sentido de circulación de incorporación hacia la intersección sobre la Av. Del Bombero.

Tal como se observa en las fotografías previas, ninguna de las vías que convergen en la intersección cuenta con aceras, lo que incrementa el nivel de vulnerabilidad de los peatones, al transitar a través de dichas vías.



Ilustración 2.50: Señalización existente en el estado actual en la intersección C; Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2.51: Secciones de las vías que convergen en la intersección B; Fuente: Elaboración propia

A partir del tráfico observado resultante de las 16 horas de conteo, y con base en los factores de expansión previamente determinados, se obtienen los siguientes resultados de TPDA para esta intersección.

TPDA TOTAL INTERSECCIÓN C								
HORA	PANAMERICANA NORTE E-O	%	PANAMERICANA NORTE O-E	%	AV. DEL BOMBERO S-N	%	INTERSECCIÓN	%
4h00-5h00	13	0%	7	0%	7	0%	27	0%
5h00-6h00	42	1%	44	1%	24	1%	110	1%
6h00-7h00	227	6%	170	5%	121	4%	519	5%
7h00-8h00	348	9%	409	11%	275	9%	1031	10%
8h00-9h00	279	7%	293	8%	208	7%	781	7%
9h00-10h00	224	6%	237	6%	157	5%	618	6%
10h00-11h00	239	6%	264	7%	162	6%	664	6%
11h00-12h00	248	6%	229	6%	174	6%	651	6%
12h00-13h00	334	8%	236	6%	220	8%	790	7%
13h00-14h00	294	7%	335	9%	240	8%	869	8%
14h00-15h00	321	8%	263	7%	245	8%	829	8%
15h00-16h00	271	7%	264	7%	189	6%	724	7%
16h00-17h00	306	8%	267	7%	208	7%	781	7%
17h00-18h00	377	9%	268	7%	240	8%	884	8%
18h00-19h00	276	7%	263	7%	235	8%	774	7%
19h00-20h00	242	6%	218	6%	222	8%	682	6%
TOTAL	4040	100%	3767	100%	2927	100%	10734	100%

% INTERSECCIÓN	38%	35%	27%	671
VOLUMEN PROMEDIO	254	236	183	671

Tabla 2-24: TPDA en accesos y en intersección C; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla previa, el porcentaje del volumen de cada uno de los accesos no difiere mucho entre sí, siendo el mayor volumen vehicular el de la Panamericana Norte, en su sentido de circulación E – O, seguido por el sentido contrario del mismo eje vial (que difiere únicamente 3% respecto al primero); y finalmente, el acceso a través de la Av. Del Bombero, que difiere en 11% respecto al primero, y 8% respecto al segundo.

A continuación, se presentan los gráficos que muestran la composición vehicular y la variación horaria del TPDA en cada acceso y en la intersección.



Gráfico 2-19: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-20: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-21: Composición vehicular del TPDA en acceso Av. Del Bombero S – N de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-22: Composición vehicular del TPDA en Intersección C; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en los gráficos previos, en todos los accesos y en la intersección como tal, predomina el vehículo liviano en la composición vehicular, seguido por los camiones C2 (2 ejes), que representan un 9% de la intersección, que resulta lógico al ser la Panamericana Norte un eje de la red vial estatal, que además constituye un acceso y salida de la ciudad; en esta intersección se evidencia también un porcentaje considerable de motos en todos los accesos, seguidos por los buses y los camiones C3 (3 ejes) en proporciones similares.



Gráfico 2-23: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-24: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-25: Variación horaria del TPDA en acceso Av. Del Bombero S – N de Intersección C; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-26: Variación horaria del TPDA en Intersección C; Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos previos, cada acceso a la intersección presenta diferentes variaciones horarias durante el día, una particularidad en común que comparten todos los accesos y en consecuencia la intersección, es el pico que presentan en el rango horario de 07:00 a 08:00, a excepción del acceso en la Panamericana Norte O – E, que presenta su pico en la tarde; el pico marcado de la mayoría de los accesos corresponde precisamente al pico de la intersección, dada la particularidad de su operación que en este caso el volumen de los distintos accesos no difieren demasiado entre si.

Se puede observar que en ningún caso existe un período prolongado que pueda considerarse como período valle (en el que el tráfico disminuye notablemente), pues existen picos intermitentes a lo largo de las 16 horas de conteo en todos los accesos.

Como parte del análisis realizado, se ha determinado también la hora pico, indicada previamente; en la cual se tiene la siguiente distribución de flujos, en función de la nomenclatura adoptada para cada movimiento permitido en la intersección, que se indica a continuación.

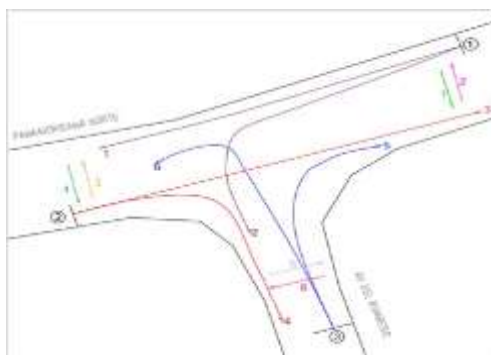


Ilustración 2.52: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección C; Fuente: Elaboración propia

En la imagen precedente, se puede observar los flujos que acceden a la intersección de cada uno de los 3 accesos que convergen en ella.

TPDA HORA PICO INTERSECCIÓN C														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Av. Del Bombero S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volumen	%
Motos	14	12	25	7%	22	12	34	8%	11	4	15	5%	74	7%
Livianos	99	162	261	75%	147	155	302	74%	112	119	231	84%	794	77%
Bus	5	0	5	1%	4	4	7	2%	1	4	5	2%	17	2%
Camión C2	16	21	37	11%	29	12	41	10%	12	5	17	6%	95	9%
Camión C3	7	2	9	3%	15	1	16	4%	4	1	5	2%	30	3%
Camión C4	0	1	1	0%	0	4	4	1%	0	0	0	0%	5	0%
Camión C5 o más	0	9	9	3%	4	1	5	1%	0	1	1	0%	15	1%
Total	140	207	348	100%	220	189	409	100%	139	135	275	100%	1031	100%

Tabla 2-25: TPDA en hora pico de la intersección C; Fuente: Elaboración Propia

El volumen en hora pico en la intersección es de 1031 veh/hora, el cual constituye aproximadamente el 10% del volumen total de la intersección en las 16 horas aforadas; se observa también que, en todos los accesos el volumen de vehículos pesados (buses y camiones de todo tipo) representa como mínimo el 10% del volumen de cada acceso; observándose que en los accesos de la Panamericana Norte este porcentaje es del 18% en cada sentido.

Hora pico	7h00-8h00			
Acceso	PANAMERICANA NORTE E-O	PANAMERICAN A NORTE O-E	AV. DEL BOMBERO S-N	INTERSECCIÓN

Máximo	348	409	275	1031
Q15_max	105	118	90	267
FHP	0.824	0.866	0.765	0.964

Tabla 2-26: Factor de hora pico para accesos e Intersección B; Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta el resultado de la información relevante obtenida a partir del levantamiento de información de velocidades en los accesos a la intersección.



Gráfico 2-27: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección C; Fuente: Elaboración Propia

El acceso con mayor velocidad de punto es la Av. Panamericana Norte O – E (salida de la ciudad), con una velocidad promedio de 45.01 km/h, el acceso de la Av. Panamericana Norte E – O presenta una velocidad menor de 39.67 km/h; el de menor velocidad es el acceso sobre la Av. Del Bombero, con una velocidad media de 17.88 km/h.

A continuación, se muestran los valores de los percentiles para cada acceso.

Indicador estadístico	Velocidad (km/h)		
	Panamericana Norte E - O	Panamericana Norte O - E	Av. Del Bombero S - N
Percentil 15	40.575	34.675	15.825
Percentil 85	49.475	43.6	20.2
Percentil 98	55.79	50.01	20.84

Tabla 2-27: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección C; Fuente: Elaboración propia

Las velocidades del percentil 15 no son extremadamente bajas, por lo que no constituye un riesgo para potenciales siniestros; el percentil 85 denota velocidades inferiores al límite máximo de velocidad establecido en ciertos tramos de esta vía (65km/h).

Con base en las condiciones físicas y operativas descritas previamente, se realiza el análisis de la intersección, considerándola como una intersección aislada a las demás del área de influencia, ya que se encuentran a una larga distancia entre sí.

En este sentido, se evalúa la operación de la intersección mediante un análisis a nivel microscópico, empleando el software Synchro 11.1; como datos de entrada se ingresan las condiciones físicas (secciones viales, número de carriles, pendiente) y operativas (regulación

de la intersección, volumen de cada movimiento en hora pico, factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados en cada acceso, velocidad en cada acceso, entre otros).



Ilustración 2.53: Trazado de la red Intersección C; Fuente: Synchro 11.1

Una vez ejecutada la simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis						
16:						
	→	↘	↙	←	↖	↗
Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Traffic Volume (veh/h)	220	189	207	140	135	139
Future Volume (Veh/h)	220	189	207	140	135	139
Sign Control	Free			Free	Stop	
Grade	0%			0%	12%	
Peak Hour Factor	0.82	0.82	0.87	0.87	0.77	0.77
Hourly flow rate (vph)	258	230	238	161	175	181
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None			None		
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			498		1020	383
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			498		1020	383
IC, single (s)			4.3		6.5	6.3
IC, 2 stage (s)						
IF (s)			2.4		3.6	3.4
p0 queue free %			76		8	72
cM capacity (veh/h)			988		191	646
Direction, Lane #						
	EB 1	WB 1	NB 1			
Volume Total	498	399	356			
Volume Left	0	238	175			
Volume Right	230	0	181			
cSH	1700	988	298			
Volume to Capacity	0.29	0.24	1.20			
Queue Length 95th (m)	0.0	7.5	126.1			
Control Delay (s)	0.0	6.9	153.2			
Lane LOS		A	F			
Approach Delay (s)	0.0	6.9	153.2			
Approach LOS			F			

Tabla 2-28: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección C; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la tabla previa, el acceso sobre la Av. Del Bombero presenta una demora de 153.2 segundos (2.5 minutos), una demora excesiva que corresponde a un nivel de servicio F del acceso, y por tanto de la intersección, nivel de servicio que se considera inaceptable.

La relación V/C en el acceso sobre la vía del Bombero es de 1.2, lo cual indica que durante la hora de máxima demanda (hora pico), el acceso ha llegado a la saturación, existiendo un 20% de exceso sobre el 100% de su capacidad; en el caso de la Panamericana Norte en sentido E – O, la relación V/C tiene un valor de 0.29, denotando aún un 71% de la capacidad de la vía que aún se puede utilizar en la hora de máxima demanda; finalmente, el acceso O – E de la Panamericana Norte tiene una relación V/C de 0.24, existiendo el 76% de la capacidad aún libre de este acceso.

1.14.1 Intersección D: Panamericana Norte y Vía a Ucubamba

La intersección es semaforizada; opera con dos fases para intercalar el paso de los vehículos de la Panamericana Norte, y en otra fase los de la vía a Ucubamba, cuenta con señalización de paso peatonal en esta última y la línea de pare notablemente deteriorada, esta vía cuenta con dos carriles de circulación en el sentido S – N, la señalización horizontal que divide los dos sentidos de circulación y a su vez los dos carriles en el sentido antes indicado, se encuentra en condiciones regulares; la calzada se encuentra en estado regular.



Fotografía 2-13: Tramo de Panamericana que converge en la intersección D

Fotografía 2-14: Tramo de Panamericana Norte que converge en la intersección D



Fotografía 2-15: Tramo de puente Vía a Ucubamba S - N que converge en la intersección D Fotografía 2-16: Intersección D Panamericana Norte y Vía a Ucubamba

Las dos vías que convergen en la intersección son bidireccionales; sin embargo, existen isletas canalizadoras de tráfico en la vía principal, correspondiente a la Panamericana Norte, por lo tanto se generan 4 puntos de conflicto, como se observa en la siguiente ilustración.

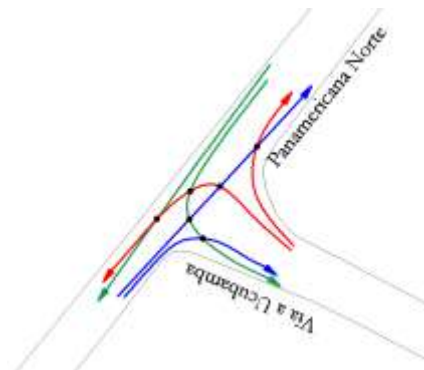


Ilustración 2.54: Fuente: Elaboración propia

La señalización con la que cuenta la intersección es la detallada previamente, además de señales verticales de paradas de bus que se encuentran próximos a intersección en cada uno de sus 3 accesos; la vía a Ucubamba cuenta también con señalización vertical que regula la velocidad de circulación a 50km/h en ambos sentidos de dicha vía.

Tal como se observa en las fotografías previas, los dos accesos cuentan con vereda en el costado sur de la vía, y en el caso de la vía a Ucubamba, esta vía si cuenta con veredas en sus dos costados, por lo que esta es la única intersección de todas las analizadas, que presenta condiciones favorables y seguras para el tránsito de los peatones.



Ilustración 2.55: Señalización existente en el Estado actual en la intersección D



Ilustración 2.56: Secciones de las vías que convergen en la intersección D

A partir del tráfico observado resultante de las 16 horas de conteo, y con base en los factores de expansión previamente determinados, se obtienen los siguientes resultados de TPDA para esta intersección.

TPDA INTERSECCIÓN D								
HORA	PANAMERICAN A NORTE E-O	%	PANAMERICAN A NORTE O-E	%	VÍA A UCUBAMB A S-N	%	INTERSECCIÓN	%
4h00-5h00	27	0%	9	0%	14	0%	50	0%
5h00-6h00	109	1%	99	1%	74	1%	282	1%
6h00-7h00	273	4%	371	4%	170	3%	814	4%
7h00-8h00	684	9%	689	8%	453	9%	1826	9%
8h00-9h00	641	8%	573	7%	303	6%	1517	7%
9h00-10h00	733	10%	622	7%	314	6%	1669	8%
10h00-11h00	687	9%	619	7%	302	6%	1608	8%
11h00-12h00	606	8%	576	7%	383	8%	1565	7%
12h00-13h00	433	6%	531	6%	268	5%	1232	6%
13h00-14h00	526	7%	600	7%	375	7%	1501	7%
14h00-15h00	441	6%	672	8%	411	8%	1523	7%
15h00-16h00	549	7%	665	8%	428	8%	1642	8%
16h00-17h00	551	7%	668	8%	483	10%	1702	8%
17h00-18h00	538	7%	522	6%	379	7%	1439	7%
18h00-19h00	453	6%	695	8%	394	8%	1541	7%
19h00-20h00	435	6%	595	7%	310	6%	1340	6%
TOTAL	7685	100%	8505	100%	5062	100%	21251	100%
% INTERSECCIÓN	36%		40%		24%		1328	
VOLUMEN PROMEDIO	484		532		317		1329	

Tabla 2-29: TPDA en accesos y en intersección D; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla previa, el acceso que aporta con el mayor volumen a la intersección es el correspondiente a la Panamericana Norte O – E, con el 40% del volumen, seguido por el volumen del mismo eje en el sentido opuesto E – O, con el 36%; y finalmente,

se encuentra el volumen que ingresa a través de la vía a Ucubamba, que representa el 24% del flujo que ingresa a la intersección.

A continuación, se presentan los gráficos que muestran la composición vehicular y la variación horaria del TPDA en cada acceso y en la intersección.

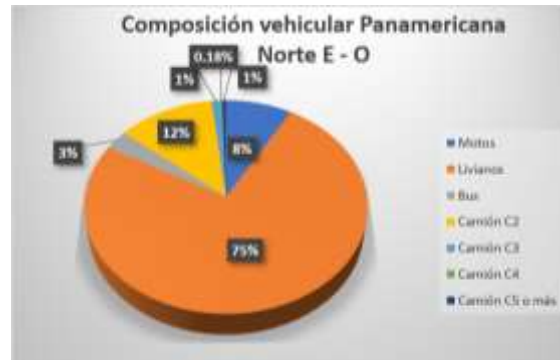


Gráfico 2-28: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección D; Fuente: Elaboración propia

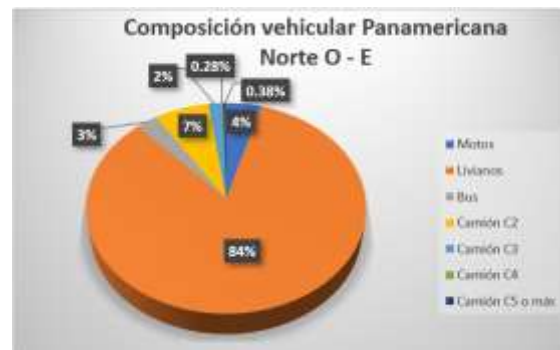


Gráfico 2-29: Composición vehicular del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección D; Fuente: Elaboración propia

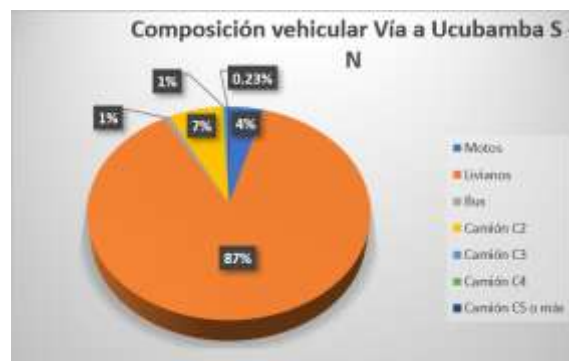


Gráfico 2-30: Composición vehicular del TPDA en acceso Vía a Ucubamba S – N de Intersección D; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-31: Composición vehicular del TPDA en Intersección D; Fuente: Elaboración propia

Según se observa en los gráficos previos, en todos los accesos y en la intersección como tal, predomina el vehículo liviano en la composición vehicular, seguido por los camiones C2 (2 ejes) cuya predominancia a continuación del vehículo liviano es mayor en el acceso E – O de la Panamericana Norte (12%), mientras que en relación al total de la intersección representan un 9%, que resulta lógico al ser la Panamericana Norte un eje de la red vial estatal, que además constituye un acceso y salida de la ciudad; en esta intersección se evidencia también un porcentaje considerable de motos en todos los accesos que varía entre el 8% y el 4% en los diferentes accesos, seguidos por los buses y los camiones C3 (3 ejes) en proporciones similares.



Gráfico 2-32: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte E – O de Intersección D; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-33: Variación horaria del TPDA en acceso Panamericana Norte O – E de Intersección D; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-34: Variación horaria del TPDA en acceso Vía a Ucubamba S – N de Intersección D; Fuente: Elaboración propia



Gráfico 2-35: Variación horaria del TPDA en Intersección D; Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos previos, cada acceso a la intersección presenta diferentes variaciones horarias durante el día, una particularidad en común que comparten todos los accesos y en consecuencia la intersección, es el pico que presentan en el rango horario de 07:00 a 08:00, a excepción del acceso en la Panamericana Norte O – E, que presenta su pico en la tarde; el pico marcado en la mayoría de los accesos corresponde precisamente al pico de la intersección, que coincide aproximadamente con la hora de máxima demanda determinada entre las 07:15 a 08:15.

Se puede observar que en ningún caso existe un período prolongado que pueda considerarse como período valle (en el que el tráfico disminuye notablemente), pues existen picos intermitentes a lo largo de las 16 horas de conteo en todos los accesos.

Como parte del análisis realizado, se ha determinado también la hora pico, indicada previamente; en la cual se tiene la siguiente distribución de flujos, en función de la nomenclatura adoptada para cada movimiento permitido en la intersección, que se indica a continuación.



Ilustración 2.57: Distribución y denominación de flujos de acceso a la intersección D; Fuente: Elaboración propia

En la imagen precedente, se puede observar los flujos que acceden a la intersección de cada uno de los 3 accesos que convergen en ella. En el caso de la presente intersección, al ser semaforizada, se ha verificado que los dispositivos semafóricos están programados con dos fases que intercalan el paso de los movimientos de la Panamericana Norte en una primera fase, y los de la vía a Ucubamba en una segunda fase, con diferentes tiempos asignados.

Fases	Giros permitidos	Verde (seg)	Amarillo (seg)	Todo Rojo (seg)
φ1	1, 2, 3, 4	26	3	1
φ2	5, 6	18		
Total ciclo (seg)		44		

Tabla 2-30: Fases y ciclo del semáforo que regula la intersección D; Fuente: Elaboración propia

TPDA HORA PICO INTERSECCIÓN D														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Vía a Ucubamba S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volume n	%
Motos	71	12	83	12%	24	15	39	6%	8	10	18	4%	140	8%
Livianos	355	166	522	72%	298	257	555	83%	139	239	378	86%	1455	79%
Bus	11	6	17	2%	14	6	20	3%	1	2	3	1%	39	2%
Camión C2	52	31	83	12%	34	10	44	7%	24	11	35	8%	162	9%
Camión C3	6	6	12	2%	6	2	8	1%	1	2	3	1%	23	1%
Camión C4	0	2	2	0%	0	1	1	0%	0	0	0	0%	4	0%
Camión C5 o más	3	0	4	0%	2	1	4	1%	1	1	1	0%	8	0%
Total	498	224	722	100%	378	292	670	100%	174	265	439	100%	1832	100%

Tabla 2-31: TPDA en hora pico de la intersección D; Fuente: Elaboración Propia

El volumen en hora pico en la intersección es de 1832 veh/hora, el cual constituye aproximadamente el 9% del volumen total de la intersección en las 16 horas aforadas; se observa también que, en todos los accesos el volumen de vehículos pesados (buses y camiones de todo tipo) representa como mínimo el 10% del volumen de cada acceso; observándose que en los accesos de la Panamericana Norte el porcentaje de vehículos pesados es mayor.

Hora pico	7h15-8h15			
HORA	PANAMERICANA NORTE E-O	PANAMERICANA NORTE O-E	VÍA A UCUBAMBA S-N	INTERSECCIÓN
Máximo	722	670	439	1832
Q15_max	199	205	169	547
FHP	0.908	0.817	0.650	0.838

Tabla 2-32: Factor de hora pico para accesos e Intersección D; Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presenta el resultado de la información relevante obtenida a partir del levantamiento de información de velocidades en los accesos a la intersección.



Gráfico 2-36: Variaciones de las velocidades en los accesos a la intersección D; Fuente: Elaboración Propia

El acceso con mayor velocidad de punto es la Av. Panamericana Norte O – E (salida de la ciudad), con una velocidad promedio de 43.79 km/h, el acceso de la Av. Panamericana Norte E – O presenta una velocidad menor de 38.06 km/h; el de menor velocidad es el acceso sobre la vía a Ucubamba, con una velocidad media de 19.89 km/h.

A continuación, se muestran los valores de los percentiles para cada acceso.

Indicador estadístico	Velocidad (km/h)		
	Panamericana Norte E - O	Panamericana Norte O - E	Vía a Ucubamba S - N
Percentil 15	39.8325	34.3975	17.6275
Percentil 85	48.325	41.4125	22.7825
Percentil 98	49.597	43.762	24.344

Tabla 2-33: Percentiles de velocidad en accesos de Intersección D; Fuente: Elaboración propia

Las velocidades del percentil 15 no son muy bajas, por lo que no constituye un riesgo para potenciales siniestros; el percentil 85 denota velocidades inferiores al límite máximo de velocidad establecido en ciertos tramos de esta vía (65km/h).

Con base en las condiciones físicas y operativas descritas previamente, se realiza el análisis de la intersección, considerándola como una intersección aislada a las demás del área de influencia, ya que se encuentran a una larga distancia entre sí.

En este sentido, se evalúa la operación de la intersección mediante un análisis a nivel microscópico, empleando el software Synchro 11.1; como datos de entrada se ingresan las condiciones físicas (secciones viales, número de carriles, pendiente) y operativas (regulación de la intersección, volumen de cada movimiento en hora pico, factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados en cada acceso, velocidad en cada acceso, entre otros).

Ilustración 2.58: Trazado de la red Intersección D; Fuente: Synchro 11.1



Una vez ejecutada la simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
20:



Movement	WBL	WBR	NET	NER	SWL	SWT
Lane Configurations	↶	↷	↷	↷	↶	↷
Traffic Volume (vph)	265	174	378	292	224	498
Future Volume (vph)	265	174	378	292	224	498
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Total Lost time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Fit	1.00	0.85	0.94			1.00
Fit Protected	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (prot)	1623	1521	1798			1813
Fit Permitted	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (perm)	1623	1521	1798			1813
Peak-hour factor, PHF	0.65	0.65	0.82	0.82	0.91	0.91
Adj. Flow (vph)	408	268	461	356	246	547
RTOR Reduction (vph)	0	183	63	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	408	85	754	0	0	793
Heavy Vehicles (%)	10%	5%	12%	6%	8%	16%
Turn Type	Prot	Prot	NA		Split	NA
Protected Phases	3	3	6!		6!	6
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Effective Green, g (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Actuated g/C Ratio	0.32	0.32	0.50			0.50
Clearance Time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Grp Cap (vph)	516	483	899			906
w/s Ratio Prot	c0.25	0.06	0.42			c0.44
w/s Ratio Perm						
w/c Ratio	0.79	0.18	0.84			0.88
Uniform Delay, d1	13.7	10.8	9.5			9.8
Progression Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Incremental Delay, d2	11.7	0.8	9.2			11.6
Delay (s)	25.4	11.6	18.7			21.3
Level of Service	C	B	B			C
Approach Delay (s)	19.9		18.7			21.3
Approach LOS	B		B			C
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			20.0		HCM 2000 Level of Service	B
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			0.84			
Actuated Cycle Length (s)			44.0		Sum of lost time (s)	8.0

Tabla 2-34: Resultados de demoras y nivel de servicio del estado actual Intersección D; Fuente: Synchro 11.1

Al tratarse de una intersección semaforizada, tal como se indicó en la metodología, en este caso la misma si asigna una demora y nivel de servicio a cada acceso y a la intersección como tal, el acceso sobre la vía a Ucubamba presenta una demora de 19.9 segundos, encontrándose en un nivel de servicio B; mientras que el acceso O – E de la Panamericana presenta una demora de 18.7 segundos, y también se encuentra en el nivel de servicio B; finalmente, el acceso del sentido contrario del mencionado eje vial opera con una demora de 21.3 segundos, a la cual le corresponde un nivel de servicio C; la intersección en total experimenta una demora de 20 segundos y se encuentra en nivel de servicio B, el cual aun es aceptable para su operación.

En el caso de la vía a Ucubamba, al tener dos carriles en sentido S – N (de incorporación hacia la intersección), cada carril tiene su relación V/C, y se observa que el carril del giro izquierdo presenta el valor más alto, de 0.79, lo cual implica que únicamente queda un 21% de la capacidad de este carril antes de que llegue a la saturación en la hora de máxima

demanda; en el caso del carril de giro derecho, la relación V/C es mucho menor, de 0.18, por lo que este carril tiene una capacidad remanente del 82%.

En el caso de la Panamericana Norte, en su sentido E – O, la relación V/C es de 0.84, existiendo solamente el 16% de la capacidad remanente de este acceso; mientras que en el sentido contrario de este eje vial, tiene relación V/C similar de 0.88, que denota únicamente un 12% de la capacidad remanente en este acceso, en la hora de máxima demanda.

1.15 Proyección del tráfico futuro

Para proyectar el tráfico vehicular, en primer lugar se debe calcular la demanda del tránsito actual, a partir del cual se determinará el tráfico futuro.

El tráfico futuro se establece mediante la siguiente expresión (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1994)

$$TF = TA * (1 + i)^n \quad [Ec11]$$

Donde,

TF = Tráfico futuro

TA = Tráfico actual

i = tasa de crecimiento anual de los vehículos

n = número de años entre el año base y el año proyectado

A su vez, el tráfico actual está determinado por:

$$TA = TE + Tat \quad [Ec12]$$

Donde,

TA = Tráfico actual

TE = Tráfico existente

Tat= Tráfico atraído

El tráfico existente, corresponde al que se ha determinado en los acápites previos para cada intersección analizada. Mientras que, el tráfico atraído, corresponde a los viajes que atraerá la implementación de la central de transferencia de víveres en el sector.

1.15.1 Determinación del tráfico atraído y generado

Con el fin de dimensionar y analizar el impacto que tendrá la implementación de la Central de Transferencia de víveres sobre el área de influencia directa y media determinada previamente, se realiza a continuación una estimación del tráfico que atraerá este equipamiento, en función

del modelo de gestión propuesto para el equipamiento, dentro de la consultoría contratada por el GAD Municipal del cantón Cuenca. Es del caso indicar que, este equipamiento atraerá y generará viajes tanto de vehículos pesados (mayoristas), así como de vehículos livianos (minoristas).

1.15.2 Asignación de volúmenes de viajes con destino hacia la Central de Transferencia de Víveres

En la información secundaria recopilada, se encuentran los “Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca”, como parte de los productos del estudio en mención, se encuentra el levantamiento de información exhaustivo llevado a cabo en la consultoría, para establecer el perfil de los comerciantes mayoristas, minoristas.

El levantamiento de información llevado a cabo en la consultoría en mención, se ha realizado tanto en el mercado El Arenal, que actualmente funciona como mercado mayorista, así como en todos los mercados minoristas de la ciudad, esto es: Mercado el Arenal, 10 de Agosto, 9 de Octubre, 3 de Noviembre, 12 de Abril, 27 de febrero.

La información levantada y generada en la mencionada consultoría, se ha concluido en una caracterización de los perfiles de comerciantes mayoristas y minoristas, realizada a partir de encuestas aplicadas a una muestra de dichos comerciantes, determinada a partir del catastro del universo de comerciantes tanto minoristas como mayoristas. (GAD Cuenca, 2019)

La información presenta desde datos generales tales como edad, sexo, nivel de instrucción, características y satisfacción de los puestos de venta en los mercados; también muestra información respecto al sector de domicilio de los comerciantes minoristas, características del abastecimiento de productos, tipo de productos, frecuencia de abastecimiento, lugares y medios de transporte a través de los cuales se abastecen, identifica los principales problemas que los comerciantes perciben dentro de los mercados.

Además, en de la mencionada consultoría han llevado a cabo la aplicación de encuestas de preferencia declarada, mediante las cuales han recabado información respecto a condiciones y preferencias de la central de transferencia de víveres.

A continuación, se presentan los datos que se consideran relevantes para la determinación de los viajes atraídos por la implementación del proyecto, en función de la revisión de la información secundaria analizada.



Ilustración 2.59: Caracterización de flujo de comerciantes minoristas al día en la central de transferencia de víveres; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

Tal como observa en la ilustración previa, la consultoría llevada a cabo concluye que se registran un promedio de 391 comerciantes minoristas al día en el mercado el Arenal. Al trasladar el mercado mayorista hacia la parroquia de Llacao, se prevé que este flujo de comerciantes minoristas se traslade hacia dicho sector para su abastecimiento; considerando que, tal como se indicó inicialmente, el modelo de gestión propuesto para la central de transferencia de víveres plantea que no se pueda establecer comercio mayorista en ningún lugar fuera de las instalaciones del equipamiento.

Respecto al medio de transporte que emplean los comerciantes minoristas para realizar su abastecimiento de productos, la consultoría realizada presenta la siguiente información.

Modo de transporte	%
Carro propio	18%
Taxi	9%
Camionetas	63%
Bus	0%
Otros (carretilla)	10%

Tabla 2-35: Modos de transporte empleados por los comerciantes minoristas para abastecerse de productos; Fuente: "Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca"

Como se observa en la tabla anterior, el principal modo empleado por los minoristas es las camionetas, que hacen referencia al transporte comercial mixto o de carga liviana, seguido por el carro propio; en el caso del mercado el Arenal, que actualmente es mayorista y minorista al mismo tiempo, los comerciantes minoristas emplean las carretillas para trasladar a sus puestos los productos que adquieren de los mayoristas, y el menor porcentaje corresponde a taxis. En este sentido, se establece que todos los modos antes indicados, corresponden a vehículos livianos, por lo que el incremento del volumen de viajes de los comerciantes minoristas, será exclusivamente de vehículos livianos.

Como parte de la información revisada de la consultoría, se ha identificado datos relevantes que permiten determinar la distribución horaria de viajes diarios (391) que se realizarán a la central de transferencia de víveres, la información proviene del resultado de las encuestas de preferencia declarada que han aplicado, en la cual se ha consultado a los minoristas respecto

a la preferencia del horario en el que acudirían al equipamiento para abastecerse de los productos que comercializan; los resultados se muestran a continuación.

Hora	Porcentaje	Cantidad comerciantes
1:00	0.2%	1
2:00	1.3%	5
3:00	6.7%	26
4:00	15.0%	59
4:20	0.4%	2
5:00	35.8%	140
5:30	1.4%	6
6:00	24.4%	95
6:15	0.3%	1
6:30	2.6%	10
7:00	8.1%	32
8:00	2.9%	11
10:00	0.2%	1
12:00	0.4%	1
15:00	0.3%	1
Total	100.0%	391

Tabla 2-36: Distribución horaria del volumen de minoristas; Fuente: Elaboración propia con base en información de "Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca"

La mayoría de los comerciantes indican que acudirían a las 05:00 am para abastecerse de sus productos; sin embargo, en el análisis realizado de la operación actual de la intersección, se determinó que la hora pico de la misma es de 07:15 – 08:15, por lo que se considera también el volumen de comerciantes que existirán en estas horas; ya que, asumiendo el escenario más desfavorable, se considera que el volumen en la hora de máxima demanda declarada, se superponga con el volumen de la hora pico, a pesar de que no sean los mismos; y en este sentido, debe considerarse también el volumen que si ingresaría en dicha hora.

Por lo tanto, se tiene un total de **183 veh/hora** que se incrementarán al volumen de vehículos livianos en la hora de máxima demanda en la intersección de acceso, considerando de esta manera una condición de operación extrema de la misma.

Como se indicó previamente, el incremento del volumen vehicular tanto en la intersección de acceso como en las demás intersecciones analizadas, será tanto de vehículos livianos como de vehículos pesados; respecto a estos últimos, en los datos existentes de la consultoría, se tiene la siguiente información.

Fuente	E.- FLUJO DE COMERCIANTES EN EL CENTRAL MAYORISTA
Ingreso de vehículos livianos	
Flujo de comerciantes minoristas que compra a mayoristas en el mercado el Arenal al día	391
Ingreso de vehículos pesados (Introduectores)	

Máxima capacidad puestos mayoristas	322
Mayoristas catastrados	331
Porcentaje que trae directamente sus productos	82.25%
Porcentaje promedio que se abastece en un día	39.33%
Comerciantes que venden a otros comerciantes mayoristas	28.99%
Total mayoristas al día	120

Tabla 2-37: Caracterización de flujo de comerciantes minoristas al día en la central de transferencia de víveres; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

Con base en la información mostrada en la tabla previa, se determina el volumen de mayoristas al día que se prevé en la central de transferencia de víveres; y, de igual manera que para los comerciantes minoristas, es necesario determinar la distribución horaria de los comerciantes mayoristas.

En la información existente en la consultoría, se determina el rango horario en el cual los comerciantes mayoristas realizan la descarga de sus productos, según se indica a continuación.



Gráfico 2-37: Horario de descarga de productos de los comerciantes mayoristas en el mercado El Arenal; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

El gráfico previo muestra que el día en el que se realiza la descarga de productos en mayor proporción, es el día lunes, seguido por el día miércoles que actualmente es el día de feria; así también, se indica que en la mayoría de días (de lunes a sábado), la descarga la realizan en horario de 03:00 a 06:00; es decir, en un lapso de 3 horas.

En este sentido, considerando el total diario de mayoristas determinado previamente (120 al día), y el rango total de 3 horas en los cuales se realiza la descarga, se tiene que existe un volumen horario promedio de vehículos pesados de los mayoristas correspondiente a **40veh/hora** que; asumiendo el escenario más desfavorable al igual que en el caso de los comerciantes minoristas, se incrementará también a la hora de máxima demanda de la intersección de acceso y demás intersecciones (proporcionalmente), considerando así una condición de operación extrema de la intersección.

En resumen, con base en el **volumen de vehículos livianos (183eh/h) y pesados (40veh/h) que se incrementarán a la hora de máxima demanda** de la intersección de acceso y de las

demás intersecciones, proporcionalmente, es necesario definir la proporción en la que se asignará este volumen a cada uno de los accesos de cada intersección.

1.15.3 Distribución del tráfico atraído en las intersecciones de análisis

1.15.3.1 Viajes atraídos de los comerciantes minoristas hacia el equipamiento

Para el efecto, en el caso de los viajes de vehículos livianos, correspondientes a los comerciantes mayoristas, se ha considerado la información disponible en la consultoría, en la cual se ha recabado información respecto al sector de domicilio de los comerciantes minoristas; obteniéndose la siguiente información.

Parroquia urbana	%
Bellavista	0.9%
Cañaribamba	2.4%
El Sagrario	2.6%
El Batán	1.7%
El Vecino	3.4%
Gil Ramírez Dávalos	1.6%
El Vergel	2.2%
Hermano Miguel	1.9%
Huayna Cápac	1.7%
Machángara	1.3%
Monay	1.6%
San Blas	1.8%
San Sebastrián	1.6%
Sucre	2.9%
Totoracocha	2.0%
Yanuncay	1.9%
Total	31.5%

Tabla 2-38: Parroquias urbanas de domicilio de los comerciantes minoristas; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

Parroquia rural	%
Baños	3.1%
Chaucha	-
Checa	1.4%
Chiquintad	2.6%
Cumbe	6.3%
El valle	3.6%
Llacao	4.8%
Molleturo	-
Nulti	4.7%
Octavio Cordero	3.4%
Quingeo	2.1%
Ricaurte	5.4%
San Joaquin	4.6%
Santa Ana	3.1%
Sayausí	4.1%
Sidcay	2.5%
Sinincay	3.7%
Tarqui	5.8%
Turi	2.2%
Victoria del Portete	5.1%
Total	68.5%

Tabla 2-39: Parroquias rurales de domicilio de los comerciantes minoristas; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

En las tablas previas se muestran las parroquias urbanas y rurales del cantón Cuenca, y el porcentaje de comerciantes minoristas que viven en cada una; considerando el horario en el que los comerciantes minoristas han declarado que les gustaría abastecerse de productos, el origen de sus viajes será desde sus respectivos domicilios.

En este sentido, la distribución de viajes en las diferentes intersecciones analizadas, se realiza en función del origen de los viajes, aquellos que se originan en las parroquias que se encuentran al norte de la zona de influencia (que corresponden a las parroquias resaltadas en verde en las tablas previas y que se pueden observar en la Ilustración 2.59), dada su ubicación podrán acceder de manera directa ya sea a través de la Panamericana Norte (que inicia en el puente Fabián Alarcón), o a su vez incorporarse a través de la Av. De las Américas a la vía rápida Cuenca – Azogues en el sector del Hospital del Río; en este sentido, se considera que el 50% de los viajes optarán por la primera opción, y el 50% por la segunda opción.



Ilustración 2.60: Parroquias urbanas del cantón Cuenca; Fuente: Elaboración propia

La zona de influencia directa y media considerada para el proyecto (a excepción de la intersección de la Panamericana Norte con el puente a Guangarcucho), se encuentra en la parroquia Machángara; por lo tanto, los viajes con origen desde esta parroquia se distribuyen de manera proporcional a los accesos (que permiten llegar hacia el equipamiento) de las 2 intersecciones restantes consideradas en el análisis del presente trabajo de titulación (sin considerar la intersección de la vía de acceso ya que los viajes resultantes en ésta son producto de la asignación en las intersecciones del área de influencia media).

En el caso de la parroquia Nulti, se extiende a lo largo de la mayor parte al sur de la zona de influencia del proyecto (como se observa en la Ilustración 2.60), a excepción de la intersección de la Panamericana Norte con la vía a Ucubamba; en este sentido, los viajes originados en esta parroquia se asignan a las 2 intersecciones restantes, en función del área de la parroquia adyacente a cada intersección (sin considerar la intersección de la vía de acceso ya que los

viajes resultantes en ésta son producto de la asignación en las intersecciones del área de influencia media).

En cambio, en el caso de la parroquia Llaico, se extiende a lo largo de la mayor parte al norte de la zona de influencia del proyecto (como se observa en la Ilustración 2.60), a excepción de la intersección de la Panamericana Norte con la vía a Ucubamba; por lo tanto, los viajes originados en esta parroquia se asignan a las 2 intersecciones restantes (sin considerar la intersección de la vía de acceso) bajo el mismo criterio que los viajes con origen en la parroquia Nulti.

MAPA PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA



Ilustración 2.61: Mapa parroquias rurales del cantón Cuenca; Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para la distribución de los viajes de todas las demás parroquias (que no están resaltadas con ningún color en la Tabla 2-38y Tabla 2-39), al encontrarse al oeste (noroeste y suroeste) de la zona de análisis, se considera que estos viajes pueden incorporarse en algún punto a la vía rápida Cuenca – Azogues, al tener esta vía una mayor capacidad, mayor velocidad máxima de circulación y un menor nivel de congestión, siendo la intersección con la Av. De las Américas, el último punto en el que pueden realizar esta incorporación, antes de ingresar a la zona de estudio.

En resumen, en la ilustración que se muestra a continuación, se puede observar la asignación de viajes atraídos desde cada zona antes descrita, en función de los criterios expuestos.



Ilustración 62: Asignación de viajes de comerciantes minoristas atraídos por el equipamiento; Fuente: Elaboración propia

No obstante, es necesario establecer un criterio con base en el cual, se asignarán estos viajes a las intersecciones del área de estudio. La intersección con el puente de Guangarcucho, se encuentra al extremo opuesto de las parroquias restantes de origen de los viajes, motivo por el cual se descarta que en esta intersección se adicionen viajes de los comerciantes minoristas con origen en las parroquias restantes urbanas y rurales (sin resaltar en la Tabla 2-38 y Tabla 2-39).

Por lo tanto, los viajes de dichas parroquias deben asignarse a las dos intersecciones restantes (sin considerar la intersección de la vía de acceso ya que los viajes resultantes en ésta son producto de la asignación en las intersecciones del área de influencia media); para lo cual se ha planteado una metodología de análisis multicriterio.

1.15.3.2 Análisis multicriterio para asignación de viajes

El análisis multicriterio constituye una herramienta de apoyo en el proceso de toma de decisiones, especialmente en la planificación, teniendo en cuenta el nivel de incertidumbre que existe alrededor de los diferentes escenarios posibles respecto a un tema específico. (EcuRed, 2022)

El análisis multicriterio nace como herramienta para analizar fenómenos complejos y no repetibles, que no pueden ser verificables objetivamente en laboratorio. Es un método que permite orientar la toma de decisiones basada en criterios comunes. Se utiliza para emitir juicios comparativos entre proyectos o medidas heterogéneas, y su objetivo es llegar a la solución del problema mediante su simplificación. (EcuRed, 2022)

Es muy empleado en la evaluación; y precisamente corresponde al caso en estudio, donde se requiere evaluar la asignación de viajes hacia las diferentes intersecciones, donde el nivel de incertidumbre es elevado, por lo que emplear otros métodos como “todo o nada” en lugar de un análisis multicriterio, podría resultar muy agresivo y distorsionar los resultados que se obtengan.

Dentro de las aplicaciones del análisis multicriterio, se encuentran:

- Se emplea con frecuencia en el proceso de planificación y evaluación.
- Se emplea en el análisis de diversas alternativas.
- Se emplea en la definición y negociación de opciones estratégicas de intervención.
- Puede contribuir a la evaluación de un programa o de una política realizando el balance de sus efectos. (EcuRed, 2022)

Los problemas en los que las alternativas de decisión son finitas, se denominan problemas de Decisión Multicriterio Discreta. Algunos de los métodos que se utilizan en estos casos son:

- Ponderación Lineal (scoring): permite abordar situaciones de incertidumbre o con escaso nivel de información. Se construye una función de valor para cada una de las alternativas. Supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad.
- Utilidad Multiatributo (MAUT): Para cada atributo se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Al determinarse la utilidad de cada una de las alternativas se consigue una ordenación completa del conjunto finito de alternativas. Utiliza “escalas de intervalo”, y acepta el principio de “preservación de orden” (rank preservation).
- Relaciones de Superación: Estos métodos usan como mecanismo básico el de las comparaciones dos a dos de las alternativas, criterio por criterio. De esta forma puede construirse un coeficiente de concordancia C_{ik} asociado con cada par de alternativas (a_i, a_k) . Existen dos métodos de la escuela francesa: ELECTRE y PROMETHEE. El método ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) tiene varias versiones que usan pseudocriterios y la teoría de conjuntos difusos. El método PROMETHEE

(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) se ha aplicado, con predicción para problemas de ubicación.

En este caso, dada la naturaleza de la situación de investigación, y el nivel de incertidumbre que existe entorno al mismo, se empleará el método de la utilidad multiatributo (MAUT); en este sentido, se requiere en primera instancia determinar los principales parámetros o criterios que inciden al momento de decidir la ruta a tomar para llegar de un punto a otro, estos parámetros son:

- El tiempo de viaje (en el que están implícitos otros factores como el nivel de congestión, longitud a recorrer, entre otros, que son decisivos al momento de optar por una ruta)
- El estado de la calzada

Se ha establecido la ponderación o peso que se asignará a cada uno de los criterios indicados; considerando que, tal como se mostró en la Tabla 2-35, la mayoría de los comerciantes minoristas no emplean sus vehículos propios para abastecerse de los productos que requieren, sino que emplean vehículos de transporte comercial (camionetas, taxis); por lo tanto, no tendrán mayor interés en el estado de la calzada, sino que prevalecerá el tiempo de viaje al momento de decidir qué ruta le solicitará tomar al chofer la unidad de transporte comercial. A continuación, se presenta la ponderación asignada en función de lo indicado.

Criterio	Ponderación
Tiempo de viaje	75
Condiciones de la calzada	25

Tabla 2-40: Ponderación asignada a cada criterio para distribución de viajes; Fuente: Elaboración propia

A su vez, debe establecerse la asignación de una calificación a cada uno de los parámetros antes indicados, cuyo máximo valor será de 3 en la opción más favorable, y para la opción restante se realizará una asignación inversamente proporcional; pues para los dos criterios establecidos, la opción más favorable corresponde a aquella que presente menores valores, tanto de tiempo de viaje como de recorrido sobre la Panamericana Norte (asociado a las condiciones de la calzada).

Considerando el punto correspondiente a la intersección de la Av de las Américas y la vía rápida Cuenca – Azogues, como punto en común donde convergirán los viajes de las parroquias restantes (no resaltadas en la Tabla 2-38 y Tabla 2-39), se establece como el punto de partida para trazar las rutas hacia el equipamiento, a través de la intersección con la Vía a

Ucubamba, y de la intersección con la Av. Del Bombero; las mencionadas rutas se muestran a continuación.



Ilustración 2.63: Ruta desde el punto en común hacia el equipamiento, a través de la intersección de Ucubamba; Fuente: Google maps



Ilustración 2.64: Ruta desde el punto en común hacia el equipamiento, a través de la intersección de la Av. Del Bombero; Fuente: Google maps

Tal como se puede observar en las ilustraciones previas, aunque las dos rutas difieren en 3.3km, solamente existe una diferencia de 2 minutos en el tiempo de viaje de cada una; ya que en el caso de la ruta a través de la intersección de Ucubamba (que tiene la menor longitud), existe mayor cantidad de puntos de congestión (que se marcan de color tomate en la respectiva ilustración).

Para la calificación del primer parámetro, con base en las rutas trazadas en Google maps, se ha identificado el tiempo de viaje calculado por el algoritmo de dicha aplicación para cada ruta (indicado previamente y que considera el tráfico en tiempo real y por lo tanto incluye las demoras por congestión vehicular); se asigna la calificación máxima (3) a la opción que presenta el menor tiempo de viaje y, a la opción restante, se le asigna un valor inversamente proporcional, obteniendo los siguientes resultados.

Ruta	Tiempo de viaje	Calificación

Por int. Ucubamba	9	3
Por int. Av. Bombero	11	2.45

Tabla 2-41: Calificación asignada al primer parámetro de ponderación; Fuente: Elaboración propia

Con el fin de asignar la calificación del segundo parámetro, se ha considerado como el criterio a valorar, la longitud que cada una de las rutas debe recorrer sobre la Panamericana Norte, cuya calzada se encuentra en mal estado. Una vez determinadas estas longitudes, se asigna la calificación máxima (3) a la opción que presenta la menor longitud de recorrido sobre la Panamericana Norte, y a la opción restante, se le asigna un valor inversamente proporcional, obteniendo los siguientes resultados.

Ruta	Longitud de recorrido sobre la Panamericana (km)	Calificación
Por int. Ucubamba	3.35	3
Por int. Av. Bombero	2	1.79

Tabla 2-42: Calificación asignada al segundo parámetro de ponderación; Fuente: Elaboración propia

Una vez que se ha asignado tanto la ponderación como las respectivas calificaciones a cada parámetro, se multiplica cada calificación por el correspondiente peso o ponderación, obteniendo las sumatorias para cada criterio, las cuales permitirán establecer el porcentaje de asignación de los viajes restantes (con origen en las parroquias no resaltadas en la Tabla 2-38 y Tabla 2-39) en cada intersección, de manera directamente proporcional a la sumatoria de cada parámetro respecto a la sumatoria total de los dos criterios evaluados.

Criterio	Ponderación	Int. Ucubamba		Int. Av. Del Bombero		Puntaje total
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	
Tiempo de viaje	75	3	225	2.45	183.75	408.75
Condiciones de la calzada	25	1.79	44.75	3	75	119.75
Sumatoria	100	269.75		258.75		528.5
Porcentaje para asignación de viajes		51%		49%		100%

Tabla 2-43: Porcentaje de asignación de viajes a cada intersección del área de influencia; Fuente: Elaboración propia

En este sentido, del 100% de los viajes atraídos hacia el punto de inicio en común de las rutas analizadas, que corresponde a la intersección entre la Av. De las Américas y la vía rápida Cuenca – Azogues, se distribuyen los respectivos porcentajes de asignación de viajes a las intersecciones con la vía a Ucubamba y con la Av. Del Bombero; en la siguiente ilustración se muestra de manera gráfica lo detallado previamente.



Ilustración 65: Asignación de viajes de comerciantes minoristas atraídos por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio; Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se define el porcentaje en el que incrementará el volumen vehicular en cada uno de los accesos y movimientos de las intersecciones del área de influencia media, que permiten llegar hacia la central de transferencia de víveres, y en la intersección de acceso a dicho equipamiento, los volúmenes a agregar son los resultantes de la asignación a las intersecciones mencionadas inicialmente.

1.15.3.3 Viajes atraídos de los comerciantes mayoristas hacia el equipamiento

En el caso de los viajes atraídos de vehículos pesados (mayoristas), en la información revisada de los productos entregados en la consultoría citada previamente, se ha recabado datos de las zonas desde la cuales los mayoristas llevan sus productos para venderlos a los minoristas, o venderlos directamente al consumidor final (en las condiciones actuales del mercado el Arenal).

Punto de origen	%
Ambato	1%
Cañar	2%
Guayaquil	1%
Machala	2%
Santo Domingo	1%

Milagro	5%
Santa Rosa	0%
Naranjal	1%
Chordeleg	0%
Gualaceo	8%
Paute	0%
Baños	9%
San Joaquín	19%
Checa	1%
Chiquintad	2%
Nulti	1%
Ricaurte	2%
Sayausí	0%
Tarqui	0%
El Batan	0%
Hermano Miguel	0%
San Sebastián	0%
Yanuncay	0%
El Vecino	0%
El Sagrario	0%
Totoracocha	0%
Huayna Cápac	0%
Cañaribamba	0%
San Blas	0%
Machángara	0%
Feria libre	44%
Total	100%

Tabla 2-44: Puntos de origen de los viajes de comerciantes mayoristas hacia el equipamiento; Fuente: Elaboración propia

Con base en la ubicación de los sectores detallados como puntos de origen de los viajes de comerciantes mayoristas (vehículos pesados), se asigna el correspondiente porcentaje en cada acceso de cada intersección, respectivamente, según se aprecia en la siguiente ilustración.



Ilustración 66: Asignación de viajes de comerciantes mayoristas atraídos por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio; Fuente: Elaboración propia

1.15.3.4 Resumen de viajes atraídos de comerciantes minoristas y mayoristas hacia el equipamiento

Con base en los criterios expuestos, se ha realizado la asignación del volumen de viajes con destino hacia la Central de Transferencia de Víveres, distribuidos en función de los criterios antes indicados en cada una de las intersecciones y de los accesos, al giro o movimiento correspondiente que permitan llegar hacia el equipamiento, al corresponder a viajes atraídos de comerciantes mayoristas (vehículos pesados) y minoristas (vehículos livianos), en cada una de las intersecciones del área de influencia directa y media.

Viajes con destino hacia CTV							
Movimientos a los que se asignan viajes				Livianos		Pesados	
Intersección	Acceso	Giro	Nomenclatura del giro	%	Vehículos	%	Vehículos
D	Panamericana Norte O - E	Frontal	3	8%	15	0	0
	Vía a Ucubamba S - N	Derecho	5	42%	77	77%	31
C	Panamericana Norte E - O	Frontal	1	4%	7	18%	7
	Av. Del Bombero S - N	Izquierdo	6	43%	78	5%	2
B	Panamericana Norte E - O	Frontal	1	2%	4	15%	6
	Puente Guangarcucho S - N	Izquierdo	6	1%	2	3%	1
A	Panamericana Norte E - O	Derecho	2	50%	92	23%	9
	Panamericana Norte O - E	Izquierdo	4	50%	91	77%	31
Total				100%	183	100%	40

*Tabla 2-45: Asignación de viajes de vehículos livianos y pesados con destino hacia la central de transferencia de víveres;
Fuente: Elaboración propia*

1.15.3.5 Asignación de volúmenes de viajes con origen en la Central de Transferencia de Víveres

Luego de asignar los volúmenes de acceso a las diferentes intersecciones (por el tráfico atraído por el equipamiento), es necesario determinar a su vez los volúmenes de salida, por el tráfico generado, pues todos los vehículos de los minoristas que ingresan, luego de abastecerse de sus productos, saldrán del equipamiento. Para la asignación de volúmenes de salida de los vehículos livianos (minoristas), se considera que el destino de los minoristas serán los respectivos mercados de la ciudad, que se muestran en la siguiente ilustración.



Ilustración 2.67: Distribución espacial de los mercados minoristas respecto a la central de transferencia de víveres; Fuente: Google Earth

1.15.4 Distribución del tráfico generado en las intersecciones de análisis

1.15.4.1 Tráfico generado de comerciantes minoristas

Como se observa en la imagen previa, todos los mercados minoristas se encuentran al oeste del sitio de emplazamiento de la central de transferencia de víveres; en función de la capacidad vial de los ejes que se encuentran en el área de influencia, se considera que los vehículos optarán por tomar rutas que les permitan incorporarse hacia la vía rápida Cuenca – Azogues que tiene gran capacidad vial, mayor velocidad máxima de circulación permitida y menor congestionamiento vehicular; en este sentido, se considera que las rutas que podrán tomar los vehículos, involucrarán a la intersección con la vía a Ucubamba o con la Av. Del Bombero.

Realizando el mismo análisis multicriterio realizado para la asignación de los viajes atraídos; se ha determinado los mismos porcentajes de asignación que en el mencionado análisis, en función de que las rutas desde la central de transferencia de víveres hacia los diferentes destinos, difieren en un máximo de 2 minutos en tiempos de viaje en cada una de las rutas indicadas, para cada mercado (tal como se observa en el Anexo 1: Rutas desde la central de transferencia de víveres hacia los diferentes mercados de la ciudad).

Por otra parte, se mantiene también la misma distancia de recorrido sobre la Panamericana Norte en cada ruta, que hace referencia al parámetro del estado de la calzada; en este sentido, los porcentajes de asignación del tráfico de vehículos livianos de los minoristas, se mantiene en las mismas proporciones indicadas en la Tabla 2-43, tal como se indica en la siguiente ilustración.



Ilustración 68: Asignación de viajes de comerciantes minoristas generados por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio; Fuente: Elaboración propia

Según se indica en la Ilustración 2.59, los comerciantes minoristas emplean en promedio un tiempo de 1:14 horas en el abastecimiento de sus productos; esto implicaría que el volumen de salida que se asigne a las diferentes intersecciones, no coincida con el de acceso; no obstante, con el fin de evaluar la operación de la intersección en condiciones extremas, se adiciona también el volumen de salida al volumen de la hora de máxima demanda, al cual se

adicional también el volumen de acceso (diferenciando la asignación en los diferentes accesos a la intersección según sean los movimientos de ingreso o de salida).

1.15.4.2 Tráfico generado de comerciantes mayoristas

Respecto al volumen de los vehículos pesados de los comerciantes mayoristas, tomando en consideración lo que se indica en el modelo de gestión propuesto para el equipamiento, respecto a que no existirá parqueadero para los vehículos de introductores, minoristas o demandantes especiales, los espacios deberán estar libres para que los vehículos de los comerciantes minoristas que acudan, puedan ir rotando en dichos espacios; en este sentido, los vehículos de los comerciantes mayoristas no podrán permanecer en los espacios de estacionamiento.

En este sentido, se toma en cuenta la información existente en la consultoría realizada para el diseño de la central de transferencia de víveres, respecto al tiempo que les toma a los comerciantes mayoristas e introductores, realizar la descarga de sus productos que se almacenarán en las naves para su posterior venta a los minoristas.



Gráfico 2-38: Tiempo de descarga de productos de los comerciantes mayoristas; Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

Como se observa en el gráfico previo, a la mayor parte de comerciantes mayoristas (55%) le toma entre 20 a 40 minutos realizar la descarga de sus productos; por lo tanto, considerando este particular, el flujo de salida del equipamiento de estos vehículos, si puede darse dentro del mismo período horario de ingreso; en este sentido, a pesar de que dicho período horario no coincide con el de máxima demanda establecido para la intersección de acceso, con el fin de considerar una condición extrema de operación de la intersección, se adiciona también el volumen de salida de los vehículos pesados (mayoristas) al volumen de hora pico determinado inicialmente.

Para la distribución de los flujos de salida de los vehículos pesados desde la central de transferencia de víveres hacia sus respectivos destinos, se considera la información recabada

en la consultoría del diseño del equipamiento, en el que se establecen los sectores de destino de estos vehículos.

Punto de destino	%
AMBATO	0%
CAÑAR	0%
GUAYAQUIL	0%
MACHALA	0%
SANTO DOMINGO	0%
MILAGRO	0%
SANTA ROSA	0%
NARANJAL	0%
CHORDELEG	0%
GUALACEO	0%
PAUTE	1%
BAÑOS	6%
SAN JOAQUIN	4%
CHECA	0%
CHIQUINTAD	2%
NULTI	0%
RICAURTE	4%
SAYAUSI	1%
TARQUI	0%
EL BATAN	1%
HERMANO MIGUEL	0%
SAN SEBASTIAN	0%
YANUNCAY	2%
EL VECINO	1%
EL SAGRARIO	13%
TOTORACOCHA	0%
HUAYNA CAPAC	3%
CAÑARIBAMBA	6%
SAN BLAS	0%
MACHANGARA	0%
FERIA LIBRE	56%
Total	100%

Tabla 2-46: Sectores de destino del volumen de salida de vehículos pesados (mayoristas); Fuente: Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca

Por lo tanto, con base en la ubicación espacial de los sectores mostrados en la tabla previa, se concluye que el 2% de los viajes de salida de los vehículos pesados tienen como destino la zona este de la ciudad, por lo que se incorporarán a los respectivos accesos y flujos de las intersecciones analizadas, que les permitan salir hacia el este de la ciudad (fuera de la misma); mientras que el 98% restante de los viajes tienen como destino la

zona oeste de la ciudad, por lo que se considera que tomarán rutas que les permitan incorporarse a la vía rápida Cuenca – Azogues ya sea a través de la intersección con la vía a Ucubamba o con la Av. Del Bombero.

En este sentido, para la asignación del mencionado 98% de viajes hacia el oeste, se emplean los mismos criterios que para la asignación de viajes de los vehículos livianos de los minoristas que tenían también su destino en la zona oeste; por lo que se mantienen las proporciones determinadas previamente para la asignación de este porcentaje a los diferentes accesos de las dos intersecciones señaladas previamente, adicionando en este caso, a la intersección con la Av. Del Bombero, el 2% detallado previamente; obteniendo los porcentajes que se muestran a continuación.



Ilustración 69: Asignación de viajes de comerciantes mayoristas generados por el equipamiento, hacia las intersecciones de estudio; Fuente: Elaboración propia

1.15.4.3 Resumen de viajes generados de comerciantes minoristas y mayoristas desde el equipamiento

Por lo tanto, considerando los criterios expuestos, se determinan los siguientes porcentajes de asignación de viajes con origen en la Central de Transferencia de Víveres hacia los respectivos destinos, tanto para los vehículos livianos (comerciantes minoristas) como de los vehículos pesados (comerciantes mayoristas).

Viajes con origen desde CTV							
Movimientos a los que se asignan viajes				Livianos		Pesados	
Intersección	Acceso	Giro	Nomenclatura	%	Vehículos	%	Vehículos
A	Vía de Acceso N - S	Derecho	5	51%	93	50%	20
		Izquierdo	6	49%	90	50%	20
C	Panamericana Norte O - E	Derecho	4	49%	90	48%	19
		Frontal	3	-	-	2%	1
D	Panamericana Norte E - O	Izquierdo	2	51%	93	50%	20
B	Panamericana Norte O - E	Frontal	3	-	-	2%	1
Total				100%	183	100%	40

Tabla 2-47: Asignación de viajes de vehículos livianos y pesados con origen en la central de transferencia de víveres; Fuente: Elaboración propia

1.15.4.4 Resumen de viajes atraídos y generados de comerciantes minoristas y mayoristas hacia y desde el equipamiento, respectivamente

En las siguientes ilustraciones, se muestra de manera gráfica los porcentajes asignados del tráfico atraído y generado tanto de comerciantes minoristas (vehículos livianos) como de comerciantes mayoristas (vehículos pesados), en cada una de las intersecciones de estudio, para cada movimiento en cada uno de los accesos; es del caso indicar que, los porcentajes asignados a la intersección de acceso al equipamiento, son el resultado de los porcentajes asignados a las demás intersecciones de estudio.

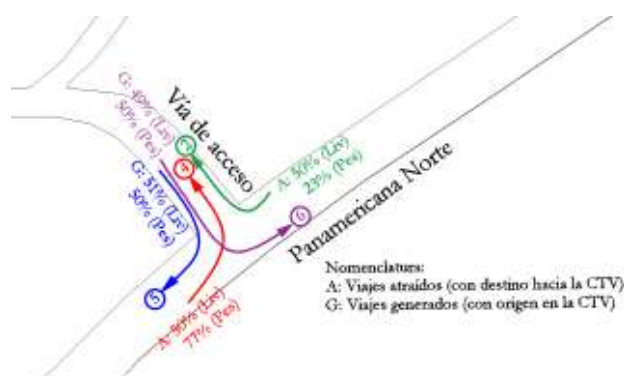


Ilustración 2.70: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección A; Fuente: Elaboración propia



Ilustración 2.71: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección B; Fuente: Elaboración propia

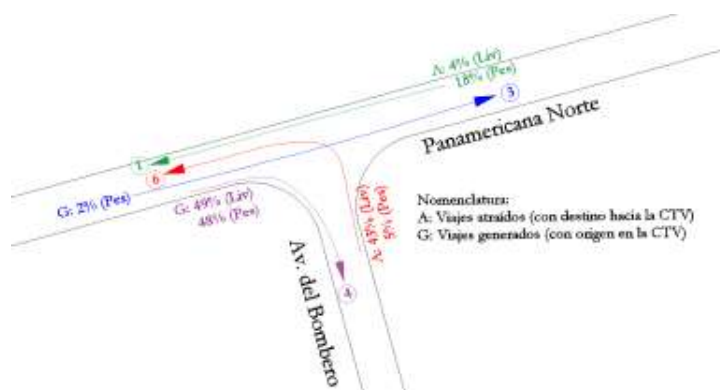


Ilustración 2.72: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección C; Fuente: Elaboración propia

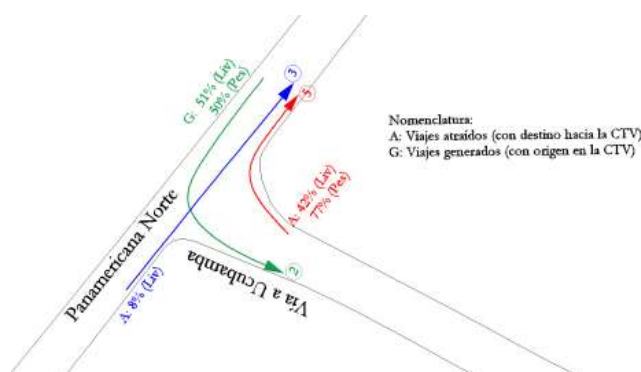


Ilustración 2.73: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección D; Fuente: Elaboración propia

1.16 Análisis del estado actual de intersecciones con proyecto

A partir de la asignación de viajes generados y atraídos, se realiza nuevamente el análisis de cada intersección, adicionando los respectivos volúmenes a cada movimiento de los distintos accesos en las intersecciones analizadas; manteniendo las condiciones físicas existentes actualmente, obteniéndose los resultados que se resumen en las tablas a continuación.

1.16.1 Intersección A

En el esquema que se muestra a continuación, se esquematiza un resumen de los volúmenes que se agregan a los diferentes movimientos de los distintos accesos de la intersección, tanto para los volúmenes atraídos (de los viajes con destino hacia la central de transferencia de víveres), así como para los volúmenes generados (de los viajes con origen en el equipamiento).

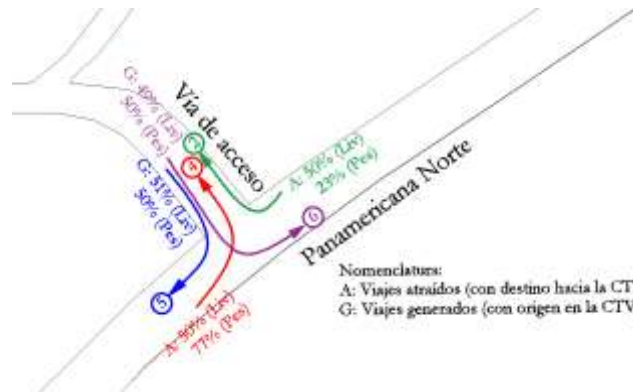


Ilustración 2.74: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección A; Fuente: Elaboración propia

Se adiciona a los respectivos movimientos los volúmenes correspondientes por la implementación del equipamiento, en función de los porcentajes mostrados previamente.



Ilustración 2.75: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección A, con la implementación del proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis

11:













						
Movement	SBL	SBR	NEL	NET	SWT	SWR
Lane Configurations						
Traffic Volume (veh/h)	130	160	155	361	498	159
Future Volume (veh/h)	130	160	155	361	498	159
Sign Control	Stop			Free		Free
Grade	13%			0%		0%
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.85	0.85	0.92	0.92
Hourly flow rate (vph)	162	200	182	425	541	173
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type				None	None	
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume	1416	628	714			
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol	1416	628	714			
IC, single (s)	6.6	6.4	4.3			
IC, 2 stage (s)						
IF (s)	3.7	3.4	2.4			
p0 queue free %	0	56	77			
cM capacity (veh/h)	107	458	809			
Direction, Lane #	SB 1	NE 1	SW 1			
Volume Total	362	607	714			
Volume Left	162	182	0			
Volume Right	200	0	173			
eSH	185	809	1700			
Volume to Capacity	1.95	0.23	0.42			
Queue Length 95th (m)	216.7	6.9	0.0			
Control Delay (s)	489.7	5.5	0.0			
Lane LOS	F	A				
Approach Delay (s)	489.7	5.5	0.0			
Approach LOS	F					

Tabla 2-48: Resultados intersección A estado actual con proyecto; Fuente: Synrho 11.1

Según se observa en la tabla previa, tanto la demora como la relación V/C en la vía de acceso incrementa en gran medida, en función del volumen que se incrementa en este acceso debido a la implementación del proyecto, principalmente del giro izquierdo en el mismo, el cual genera mayores puntos de conflicto, y considerando que el porcentaje de incremento de dicho movimiento es considerable; el resultado de una V/C de 1.95 indica que el acceso ha llegado a la saturación en la hora de máxima demanda, superando en 95% su capacidad, y encontrándose evidentemente en un nivel de servicio F; se puede observar que la relación V/C en el acceso de la Panamericana Norte O – E también ha incrementado a 0.42 ya que en dicho acceso también se incrementa el volumen del giro izquierdo.

El nivel de servicio de la intersección viene dado por el nivel de servicio de la vía secundaria (vía de acceso), por lo que la intersección se encuentra en nivel de servicio F con una demora excesiva de 489.7 segundos.

1.16.2 Intersección B

En el esquema que se muestra a continuación, se esquematiza un resumen de los volúmenes que se agregan a los diferentes movimientos de los distintos accesos de la intersección, tanto para los volúmenes atraídos (de los viajes con destino hacia la central de transferencia de víveres), así como para los volúmenes generados (de los viajes con origen en el equipamiento).

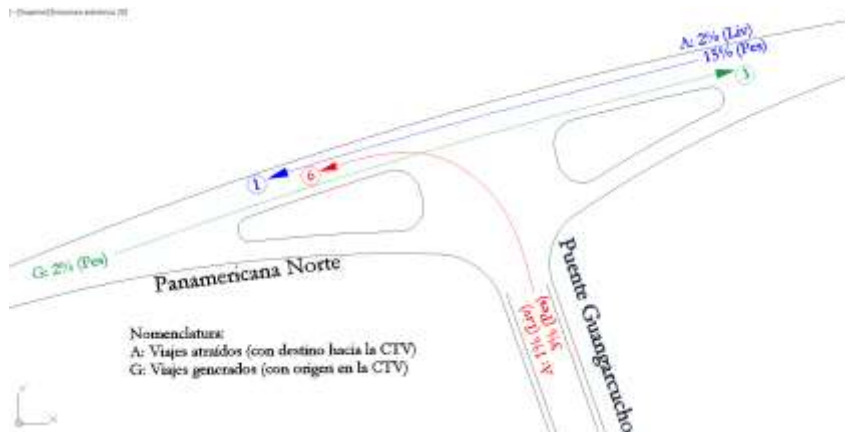


Ilustración 2.76: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección B; Fuente: Elaboración propia

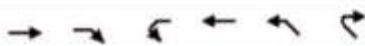
Se adiciona a los respectivos movimientos los volúmenes correspondientes por la implementación del equipamiento, en función de los porcentajes mostrados previamente.



Ilustración 2.77: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección B, con la implementación del proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis
3:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NWL	NWR
Lane Configurations	1	1	1	1	1	1
Traffic Volume (veh/h)	86	43	156	788	46	531
Future Volume (Veh/h)	86	43	156	788	46	531
Sign Control	Free		Free		Stop	
Grade	0%		0%		0%	
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.96	0.96	0.88	0.88
Hourly flow rate (vph)	108	54	162	821	52	603
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None		None			
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			108		1280	135
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			108		1280	135
tC, single (s)			4.2		6.6	6.3
tC, 2 stage (s)						
tF (s)			2.3		3.6	3.4
p0 queue free %			89		66	32
cM capacity (veh/h)			1417		151	883
Direction, Lane #						
	EB 1	WB 1	NW 1			
Volume Total	162	983	655			
Volume Left	0	162	52			
Volume Right	54	0	603			
cSH	1700	1417	638			
Volume to Capacity	0.10	0.11	1.03			
Queue Length 95th (m)	0.0	3.1	134.1			
Control Delay (s)	0.0	2.8	67.9			
Lane LOS			A			F
Approach Delay (s)	0.0	2.8	67.9			
Approach LOS			F			

Tabla 2-49: Resultados intersección B estado actual con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Según se observa en la tabla previa, tanto la demora como la relación V/C sobre el puente de Guangarcucho, han incrementado respecto al estado actual sin proyecto, en función del volumen que se incrementa en este acceso debido a la implementación del proyecto; no obstante, al no ser muy elevados los porcentajes del volumen que se incrementa en los diferentes accesos, el incremento tampoco es excesivo; no obstante, es suficiente para llevar a un nivel de servicio “F” a la vía secundaria de la intersección, que presenta una relación V/C de 1.03, lo cual indica que este acceso ha llegado a la saturación en la hora de máxima demanda, superando en un 3% su capacidad en dicho período.

En consecuencia, la intersección opera en un nivel de servicio “F”, con una demora de 67.9 segundos.

1.16.3 Intersección C

En el esquema que se muestra a continuación, se esquematiza un resumen de los volúmenes que se agregan a los diferentes movimientos de los distintos accesos de la intersección,

tanto para los volúmenes atraídos (de los viajes con destino hacia la central de transferencia de víveres), así como para los volúmenes generados (de los viajes con origen en el equipamiento).

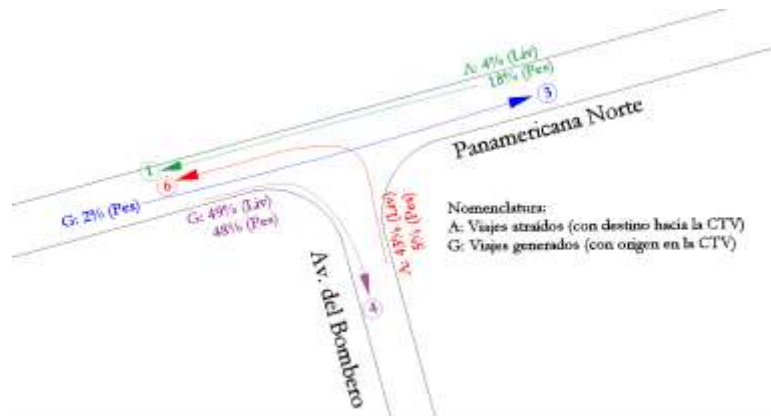


Ilustración 2.78: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en intersección C; Fuente: Elaboración propia


Se adiciona a los respectivos movimientos los volúmenes correspondientes por la implementación del equipamiento, en función de los porcentajes mostrados previamente.



Ilustración 2.79: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección C, con la implementación del proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis
16:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↔	↘	↙	↔	↙	↘
Traffic Volume (veh/h)	221	298	207	156	219	139
Future Volume (Veh/h)	221	298	207	156	219	139
Sign Control	Free			Free Stop		
Grade	0%			0% 12%		
Peak Hour Factor	0.82	0.82	0.87	0.87	0.77	0.77
Hourly flow rate (vph)	270	363	238	179	284	181
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None			None		
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			633			1106 452
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			633			1106 452
IC, single (s)			4.3			6.5 6.3
IC, 2 stage (s)						
IF (s)			2.3			3.6 3.4
p0 queue free %			73			0 70
cM capacity (veh/h)			886			166 597
Direction, Lane #	EB 1	WB 1	NB 1			
Volume Total	633	417	465			
Volume Left	0	238	284			
Volume Right	363	0	181			
cSH	1700	886	231			
Volume to Capacity	0.37	0.27	2.01			
Queue Length 95th (m)	0.0	8.7	274.8			
Control Delay (s)	0.0	7.4	506.2			
Lane LOS	A		F			
Approach Delay (s)	0.0	7.4	506.2			
Approach LOS	F					

Tabla 2-50: Resultados intersección C estado actual con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Según se observa en la tabla previa, tanto la demora como la relación V/C sobre la Av. Del Bombero, han incrementado en gran medida, en función del volumen que se incrementa en este acceso debido a la implementación del proyecto, principalmente del giro izquierdo en el mismo, el cual genera mayores puntos de conflicto, y considerando que el porcentaje de incremento en dicho movimiento es considerable; el resultado de una V/C de 2.01 indica que el acceso ha llegado a la saturación en la hora de máxima demanda, superando en 101% su capacidad durante dicho período, y encontrándose evidentemente en un nivel de servicio F. En consecuencia, la intersección opera en el nivel de servicio determinado por el acceso a través de la vía secundaria; es decir, nivel de servicio “F”, con una demora de 506.2 segundos.

1.16.4 Intersección D

En el esquema que se muestra a continuación, se esquematiza un resumen de los volúmenes que se agregan a los diferentes movimientos de los distintos accesos de la intersección, tanto para los volúmenes atraídos (de los viajes con destino hacia la central de transferencia de

viveres), así como para los volúmenes generados (de los viajes con origen en el equipamiento).

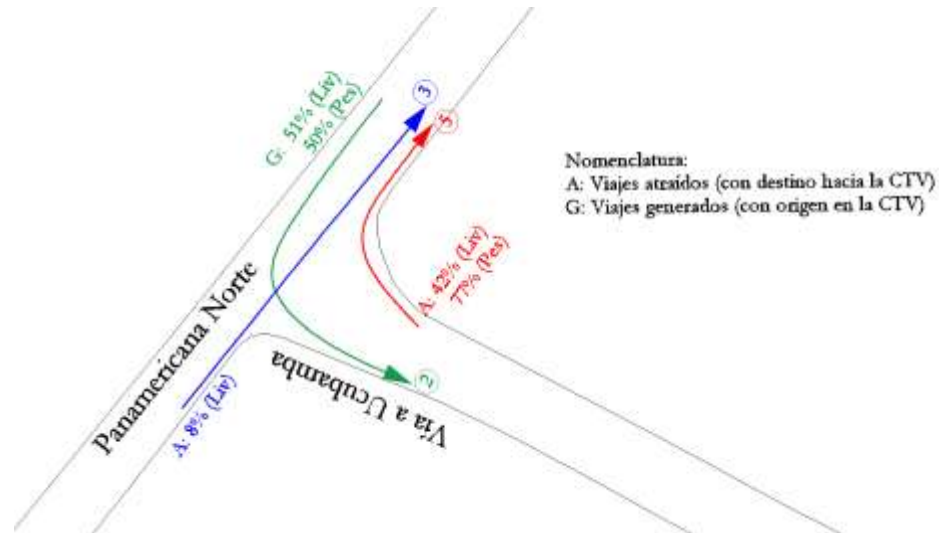


Ilustración 2.80: Asignación de viajes generados y atraídos durante la hora de máxima demanda en la intersección D; Fuente: Elaboración propia

Se adiciona a los respectivos movimientos los volúmenes correspondientes por la implementación del equipamiento, en función de los porcentajes mostrados previamente.



Ilustración 2.81: Volúmenes asignados a cada movimiento en intersección D, con la implementación del proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis 20:

Movement	WBL	WBR	NET	NER	SWL	SWT
Lane Configurations						
Traffic Volume (vph)	265	288	396	292	337	498
Future Volume (vph)	265	288	396	292	337	498
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Total Lost time (s)	4.0	4.0	4.0			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Fit	1.00	0.85	0.94			1.00
Fit Protected	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (prot)	1684	1401	1803			1781
Fit Permitted	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (perm)	1684	1401	1803			1781
Peak-hour factor, PHF	0.65	0.65	0.82	0.82	0.91	0.91
Adj. Flow (vph)	408	443	483	358	370	547
RTOR Reduction (vph)	0	212	61	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	408	231	779	0	0	917
Heavy Vehicles (%)	6%	14%	11%	7%	15%	15%
Turn Type	Prot	Prot	NA		Split	NA
Protected Phases	3	3	6l		6l	6
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Effective Green, g (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Actuated g/C Ratio	0.32	0.32	0.50			0.50
Clearance Time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Grp Cap (vph)	535	445	901			890
v/c Ratio Prot	c0.24	0.16	0.43			c0.51
v/c Ratio Perm						
v/c Ratio	0.76	0.52	0.86			1.03
Uniform Delay, d1	13.5	12.3	9.7			11.0
Progression Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Incremental Delay, d2	9.9	4.3	10.8			38.2
Delay (s)	23.4	16.5	20.5			49.2
Level of Service	C	B	C			D
Approach Delay (s)	19.8		20.5			49.2
Approach LOS	B		C			D
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			30.4		HCM 2000 Level of Service	C
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			0.93			
Actuated Cycle Length (s)			44.0		Sum of lost time (s)	8.0

Tabla 2-51: Resultados intersección D estado actual con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Según se observa en la tabla previa, existe un incremento principalmente en el acceso de la Panamericana Norte E – O, considerando que en dicho acceso se incrementa el mayor porcentaje del volumen atraído y generado por el equipamiento, la demora en el mencionado acceso llega a 49.2 segundos, y una relación V/C de 1.03, lo cual indica que este acceso ha llegado a la saturación en la hora de máxima demanda, superando en 3% su capacidad en dicho período, ubicándolo en un nivel de servicio “D”.

En los accesos restantes se registra un leve incremento en las demoras; y, en consecuencia, en la intersección en general se registra también un incremento en la demora y un descenso en su nivel de servicio, a “D”.

1.16.5 Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el estado actual sin proyecto vs estado actual con proyecto

En la tabla que se muestra a continuación, se resume los resultados de la operación de las intersecciones en el estado actual sin proyecto vs el estado actual con proyecto, de manera que obtiene el comparativo a nivel visual en cada uno de los escenarios indicados.

Intersección	Acceso	Estado actual sin proyecto						Estado actual con proyecto					
		Accesos			Intersección			Accesos			Intersección		
		Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS	Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS
A	Panamericana Norte E - O	-	-	-	Señalada "rwsc"	17.2	C	-	-	-	Señalada "rwsc"	489.7	F
	Panamericana Norte O - E	0	0.35	A			0	0.42	A				
	Vía de acceso N - S	17.2	0.22	C			489.7	1.95	F				
B	Panamericana Norte E - O	2.5	0.1	A			2.8	0.11	A				
	Panamericana Norte O - E	-	-	-	Señalada "rwsc"	52.7	F	-	-	-	Señalada "rwsc"	67.9	F
	Puente Guangarcucho S - N	52.7	0.97	F			67.9	1.03	F				
C	Panamericana Norte E - O	6.9	0.24	A			7.4	0.27	A				
	Panamericana Norte O - E	-	-	-	Señalada "rwsc"	153.2	F	-	-	-	Señalada "rwsc"	506.2	F
	Av. Del Bombero S - N	153.2	1.2	F			506.2	2.01	F				
D	Panamericana Norte E - O	21.3	0.88	C			49.2	1.03	D				
	Panamericana Norte O - E	18.7	0.84	B	Semaforzada a dos fases	20	B	20.5	0.86	C	Semaforzada a dos fases	30.4	C
	Vía a Ucubamba S - N	19.9	0.79	B			19.8	0.76	B				

Tabla 2-52: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el estado actual sin proyecto vs el estado actual con proyecto; Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla previa, en todas las intersecciones se registra un incremento en la demora con la implementación del proyecto en el estado actual, y la correspondiente disminución del nivel de servicio, a excepción de aquellas que ya se encuentran en un nivel de servicio "F" (que corresponde al nivel de servicio mas bajo al que puede llegar una intersección).

1.17 Determinación del tráfico futuro

Según se indicó en la Ecuación 11, el tráfico futuro está en función tanto del tráfico actual (el cual comprende el tráfico existente que corresponde al TPDA determinado previamente, y adicionalmente los viajes que se generarán por la implementación del equipamiento) determinado en el acápite previo, como de la tasa de incremento anual de los vehículos, mediante la cual se proyecta el tráfico actual, a la cantidad de años horizonte que se desee evaluar.

En este sentido, es necesario determinar las correspondientes tasas de crecimiento anual del parque automotor, en función de variables que estén relacionadas a la transportación de

personas y producción de bienes y servicios, es así como los indicadores más relevantes están relacionados a:

- Tasa de crecimiento de vehículos livianos (número de vehículos livianos para cada 1000 habitantes)
- Tasa de crecimiento de buses y camiones (número de buses y camiones crece juntamente con la población).

1.17.1.1 Tasa de crecimiento de vehículos livianos

Para determinar esta tasa se aplican los criterios del Método Logit o logístico, que tiene como base el uso de la tasa de motorización (T_m), que representa la cantidad de vehículos que existen por cada mil habitantes en el área de estudio para un año "x" en particular. (Mejía, 2017)

A partir de esta serie histórica de T_m , se determina una tasa de saturación (T_s), para la cual T_m tiende a ser constante; condición en la cual, tanto la población como el parque automotor de livianos crece, pero la tasa de motorización tiende a ser constante. El valor de T_s determinado mediante este proceso iterativo, dará como resultado el coeficiente de regresión máximo para el mejor ajuste de la siguiente ecuación (Mejía, 2017):

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

Dónde:

T_m : Tasa de Motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes)

T_s : Tasa de Saturación (vehículos/1000 habitantes)

e: Base del logaritmo natural

a, b: Constantes a determinar

t: Tiempo en años

1.17.1.2 Valores de a y b

Dado que la ecuación 12 tiene tres variables, es posible asignarle la forma de una recta mediante las regresiones adecuadas, que llega a la siguiente expresión (Mejía, 2017):

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

En la ecuación 13, el valor de T_s se impone y corresponde al valor que pasa por el proceso iterativo, T_m es un dato para cada año; por lo tanto, esta ecuación tiene la forma de una recta y se puede aplicar la regresión lineal para encontrar los valores de "a" como ordenada al origen y "b" como la pendiente de la recta. (Mejía, 2017)

$$Y = a + bt \quad [Ec14]$$

1.17.1.3 Tasa de motorización y tasa de saturación

Mediante la ecuación 14, se obtiene la primera iteración de la tasa de motorización (T_m); mientras que T_s es impuesto hasta que el coeficiente de determinación o porcentaje de variabilidad R^2 se aproxime a 1.

$$T_m = \frac{\text{Parque automotor en el año } i}{\text{Población del año } i / 1000}$$

1.17.2 Tasa de crecimiento de buses y camiones

Se calcula la tasa de crecimiento de buses y camiones a partir de datos de la población del área de estudio mediante la siguiente ecuación:

$$i = \sqrt[n]{\frac{Pf}{PA}} - 1$$

Dónde:

i : Tasa de crecimiento de buses

n : Tiempo del pronóstico

Pf : Población futura.

PA : Población actual

Para determinar los valores de Pf se calcula la proyección de la población por el método deseado, uno de ellos es el geométrico.

1.17.2.1 Información demográfica del área de estudio

Las intersecciones de estudio se emplazan en el cantón Cuenca; en este sentido, la dinámica de movilidad está marcada por la influencia del origen y atracción de viajes en el cantón y en la provincia del Azuay; en la siguiente tabla se muestra la proyección de la población a nivel cantonal para el periodo comprendido entre el año 1969 al 2031, a partir de datos obtenidos en el portal Ecuador en cifras (INEC, 2010).

PROYECCION DE LA POBLACION DEL CANTON CUENCA 1969-2031					
1969	181573	1990	327391	2011	535624
1970	188132	1991	331028	2012	546864
1971	194928	1992	338490	2013	558127
1972	201970	1993	346119	2014	569416
1973	209266	1994	353921	2015	580706
1974	216825	1995	361899	2016	591996
1975	224659	1996	370056	2017	603269
1976	233221	1997	378397	2018	614539
1977	242110	1998	386926	2019	625775
1978	251337	1999	395648	2020	636996
1979	260916	2000	404566	2021	648285
1980	270860	2001	413685	2022	659547
1981	281183	2002	423010	2023	670809
1982	291899	2003	432545	2024	682071
1983	303024	2004	442294	2025	693333
1984	306391	2005	452264	2026	704595
1985	309795	2006	462458	2027	715857
1986	313237	2007	472882	2028	727119
1987	316717	2008	483541	2029	738381
1988	320236	2009	494441	2030	749643
1989	323793	2010	524536	2031	760905

Tabla 2-53: Proyecciones poblacionales del cantón Cuenca 1969 – 2031; Fuente: Ecuador en Cifras - INEC

1.17.2.2 Parque automotor del área de estudio

El crecimiento del parque automotor dentro del cantón Cuenca se evidencia en los datos estadísticos reportados por la ANT, en cuanto al número de vehículos matriculados. Aproximadamente el 65% de la población cuencana se concentra en el casco urbano, por ende, la mayor parte de vehículos se condensan en dicha zona; dentro de la cual se encuentran todas las intersecciones analizadas en el presente estudio.

El cantón Cuenca no registra datos históricos discretizados por tipo de vehículo, sino únicamente de vehículos livianos, en la siguiente tabla se muestra los registros históricos comprendidos entre el año 1969 al 2019, obtenidos en el portal Ecuador en Cifras y de la información publicada por la Agencia Nacional de Transito (ANT). Por lo tanto, se empleará esta información secundaria el cálculo de las tasas de crecimiento de vehículos livianos.

VEHÍCULOS LIVIANOS EN EL CANTÓN CUENCA 1969 - 2019					
1969	1935	1986	18887	2003	49245
1970	2554	1987	20267	2004	58775
1971	3173	1988	21648	2005	66601
1972	3661	1989	23028	2006	74657
1973	4150	1990	20648	2007	67353
1974	4638	1991	19768	2008	74846
1975	5710	1992	18888	2009	68302
1976	6588	1993	22504	2010	73703
1977	8106	1994	21940	2011	79424
1978	8877	1995	25658	2012	83675
1979	11193	1996	27067	2013	84929
1980	11632	1997	30957	2014	90133
1981	12070	1998	31006	2015	95486
1982	17169	1999	35703	2016	99754
1983	16311	2000	42924	2017	104120

1984	15453	2001	44844	2018	108585
1985	17170	2002	45513	2019	113148

Tabla 2-54: Vehículos livianos matriculados en el cantón Cuenca 1969 – 2019; Fuente: Ecuador en cifras – ANT

1.17.3 Tasas de crecimiento anual del parque automotor

Con base en la metodología detallada previamente, se determinan las tasas de crecimiento del parque automotor, diferenciadas para vehículos livianos, y buses – camiones; se considera que las mismas deben ser calculadas hasta el año 2047, teniendo en cuenta que la infraestructura vial diseñada para el acceso al equipamiento, debe tener un horizonte de al menos 20 años; se determinan las tasas de crecimiento agrupadas en quinquenios (cinco años).

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2022-2027	3.04%	1.64%	1.64%
2027-2032	2.54%	1.52%	1.52%
2032-2037	2.14%	1.41%	1.41%
2037-2042	1.83%	1.32%	1.32%

Tabla 2-55: Tasas de crecimiento del parque automotor hasta el año 2042; Fuente: Elaboración propia

A partir de la determinación de las citadas tasas, se realiza la proyección del tráfico total de cada intersección; por quinquenios, con el fin de determinar el TPDA de cada acceso y de la intersección como tal, para cada quinquenio. Por otra parte, la operación de las intersecciones se evalúa para el escenario más desfavorable; esto es, para la hora pico u hora de máxima demanda; por lo tanto, se realiza también la proyección del TPDA en la hora de máxima demanda para cada intersección, únicamente a un horizonte de 5 años (2027), en función del alcance propuesto en el presente trabajo de titulación.

1.18 Análisis de intersecciones en el año horizonte 2027

A continuación, para cada intersección analizada se presentan las proyecciones de TPDA total por quinquenios hasta un horizonte de 20 años; y, con el fin de analizar su operación futura, se presenta también la proyección del TPDA de cada una en su hora de máxima demanda, únicamente para un horizonte de 5 años según lo indicado previamente.

1.18.1 Intersección A

En el anexo 2 “Proyecciones TPDA por quinquenios intersección A”, se puede observar las mencionadas proyecciones del TPDA total de la intersección, para un horizonte de 20 años; es decir, hasta el año 2047.

Además, se presenta los datos de la proyección del TPDA en la hora pico, para un horizonte de 5 años, en el cual se evaluará la operación de la intersección.

TPDA 2027 CON PROYECTO HORA PICO INTERSECCIÓN A															
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Vía de acceso N-S				Intersección		
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volumen	%	
Motos	51	1	52	7%	45	1	47	8%	6	3	9	3%	108	6%	
Livianos	447	157	604	80%	302	128	431	73%	149	119	267	80%	1302	77%	
Bus	14	0	14	2%	17	0	17	3%	0	0	0	0%	31	2%	
Camión C2	41	21	62	8%	37	43	80	13%	25	24	49	15%	191	11%	
Camión C3	18	4	21	3%	8	4	12	2%	4	4	7	2%	40	2%	
Camión C4	0	0	0	0%	4	0	4	1%	0	0	0	0%	4	0%	
Camión C5 o más	3	0	3	0%	1	0	1	0%	0	0	0	0%	4	0%	
Total	573	183	756	100%	415	176	591	100%	184	149	333	100%	1680	100%	

Tabla 2-56: TPDA hora pico intersección A proyectado al año 2027; Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se asignan los volúmenes vehiculares mostrados en la tabla previa, a los respectivos movimientos de cada acceso, manteniendo las condiciones físicas y operativas actuales.



Ilustración 2.82: Asignación de volúmenes vehiculares proyectados al 2027 intersección A; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis
11:







						
Movement	SBL	SBR	NEL	NET	SWT	SWR
Lane Configurations	Y			Y	Y	
Traffic Volume (veh/h)	149	184	176	415	573	183
Future Volume (Veh/h)	149	184	176	415	573	183
Sign Control	Stop			Free	Free	
Grade	13%			0%	0%	
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.85	0.85	0.92	0.92
Hourly flow rate (vph)	186	230	207	488	623	199
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type				None	None	
Median storage veh						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume	1624	722	822			
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol	1624	722	822			
tC, single (s)	6.6	6.4	4.3			
tC, 2 stage (s)						
tF (s)	3.7	3.4	2.4			
p0 queue free %	0	43	72			
cM capacity (veh/h)	74	403	738			
Direction, Lane #	SB 1	NE 1	SW 1			
Volume Total	416	695	822			
Volume Left	186	207	0			
Volume Right	230	0	199			
cSH	135	738	1700			
Volume to Capacity	3.09	0.28	0.48			
Queue Length 95th (m)	Err	9.2	0.0			
Control Delay (s)	Err	6.8	0.0			
Lane LOS	F	A				
Approach Delay (s)	Err	6.8	0.0			
Approach LOS	F					

Tabla 2-57: Resultados análisis intersección A año 2027 con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se puede observar en la tabla previa, en el escenario de proyección al año 2027, la vía de acceso presenta una relación V/C de 3.09; que implica que la vía ha llegado a la saturación, excediendo su capacidad en un 209%, motivo por el cual presenta incluso un error en las demoras, al ser una condición totalmente inaceptable para la operación de la intersección.

En este sentido, es necesario dar una solución a esta intersección para mejorar su nivel de servicio al año horizonte 2027.

1.18.2 Intersección B

En el anexo 3 “Proyecciones TPDA por quinquenios intersección B”, se puede observar las mencionadas proyecciones del TPDA total de la intersección, para un horizonte de 20 años; es decir, hasta el año 2047.

Además, se presenta los datos de la proyección del TPDA en la hora pico, para un horizonte de 5 años, al cual se evaluará la operación de la intersección.

TPDA 2027 CON PROYECTO HORA PICO INTERSECCIÓN B														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Puente de Guangarcucho S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volumen	%
Motos	12	28	40	4%	11	6	17	11%	18	0	18	3%	76	4%
Livianos	132	774	906	83%	78	33	110	74%	514	32	546	82%	1562	82%
Bus	1	19	20	2%	0	3	3	2%	21	5	25	4%	48	3%
Camión C2	28	79	107	10%	8	7	14	10%	41	13	54	8%	175	9%
Camión C3	4	3	6	1%	1	0	1	1%	11	3	15	2%	23	1%
Camión C4	1	0	1	0%	1	0	1	1%	0	0	0	0%	3	0%
Camión C5 o más	0	5	5	0%	0	1	1	1%	6	0	6	1%	12	1%
Total	178	908	1086	100%	99	49	148	100%	611	52	664	100%	1898	100%

Tabla 2-58: TPDA hora pico intersección B proyectado al año 2027; Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se asignan los volúmenes vehiculares mostrados en la tabla previa, a los respectivos movimientos de cada acceso, manteniendo las condiciones físicas y operativas actuales.



Ilustración 2.83: Asignación de volúmenes vehiculares proyectados al 2027 intersección B; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis

3:

Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NWL	NWR
Lane Configurations	↔		↔		↔	
Traffic Volume (veh/h)	99	49	178	908	52	611
Future Volume (Veh/h)	99	49	178	908	52	611
Sign Control	Free			Free Stop		
Grade	0%			0%		
Peak Hour Factor	0.80	0.80	0.96	0.96	0.88	0.88
Hourly flow rate (vph)	124	61	185	946	59	694
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None			None		
Median storage (veh)						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			124	1470	154	
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			124	1470	154	
tC, single (s)			4.2	6.5	6.3	
tC, 2 stage (s)						
tF (s)			2.3	3.6	3.4	
p0 queue free %			87	48	20	
cM capacity (veh/h)			1397	114	863	
Direction, Lane #	EB 1	WB 1	NW 1			
Volume Total	185	1131	753			
Volume Left	0	185	59			
Volume Right	61	0	694			
cSH	1700	1397	569			
Volume to Capacity	0.11	0.13	1.32			
Queue Length 95th (m)	0.0	3.7	254.9			
Control Delay (s)	0.0	3.3	179.2			
Lane LOS		A	F			
Approach Delay (s)	0.0	3.3	179.2			
Approach LOS			F			

Tabla 2-59: Resultados análisis intersección B año 2027 con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Como se observa en la tabla previa, el acceso a la intersección a través de la vía secundaria (Puente de Guangarcucho), en el escenario de proyección al año 2027 presenta un incremento en su relación V/C que se encuentra en 1.32, lo que indica la saturación del acceso en hora de máxima demanda, que excede en un 32% su capacidad máxima; presenta una demora de 179.2 segundos, que a su vez se traslada a la demora de la intersección, llevándola a un nivel de servicio “F”.

En este sentido, es necesario dar una solución a esta intersección para mejorar su nivel de servicio al año horizonte 2027.

1.18.3 Intersección C

En el anexo 4 “Proyecciones TPDA por quinquenios intersección C”, se puede observar las mencionadas proyecciones del TPDA total de la intersección, para un horizonte de 20 años; es decir, hasta el año 2047.

Además, se presenta los datos de la proyección del TPDA en la hora pico, para un horizonte de 5 años, al cual se evaluará la operación de la intersección.

TPDA 2027 CON PROYECTO HORA PICO INTERSECCIÓN C														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Av. Del Bombero S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volume n	%
Motos	16	13	30	7%	25	14	40	7%	12	5	17	4%	86	6%
Livianos	124	188	312	75%	171	284	455	76%	130	234	364	88%	1131	79%
Bus	5	0	5	1%	4	4	8	1%	1	5	6	1%	19	1%
Camión C2	26	23	49	12%	33	34	67	11%	13	8	20	5%	136	10%
Camión C3	8	3	10	2%	16	1	17	3%	5	1	6	1%	33	2%
Camión C4	0	1	1	0%	0	4	4	1%	0	0	0	0%	5	0%
Camión C5 o más	0	10	10	2%	4	1	5	1%	0	1	1	0%	16	1%
Total	179	238	417	100%	253	343	596	100%	161	254	414	100%	1427	100%

Tabla 2-60: TPDA hora pico intersección C proyectado al año 2027; Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se asignan los volúmenes vehiculares mostrados en la tabla previa, a los respectivos movimientos de cada acceso, manteniendo las condiciones físicas y operativas actuales.




Ilustración 2.84: Asignación de volúmenes vehiculares proyectados al 2027 intersección C; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Unsignalized Intersection Capacity Analysis

16:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↑			↑	↑	↑
Traffic Volume (veh/h)	253	343	238	179	254	161
Future Volume (Veh/h)	253	343	238	179	254	161
Sign Control	Free			Free Stop		
Grade	0%			0% 12%		
Peak Hour Factor	0.82	0.82	0.87	0.87	0.77	0.77
Hourly flow rate (vph)	309	418	274	206	330	209
Pedestrians						
Lane Width (m)						
Walking Speed (m/s)						
Percent Blockage						
Right turn flare (veh)						
Median type	None		None			
Median storage veh						
Upstream signal (m)						
pX, platoon unblocked						
vC, conflicting volume			727		1272	518
vC1, stage 1 conf vol						
vC2, stage 2 conf vol						
vCu, unblocked vol			727		1272	518
tC, single (s)			4.3		6.5	6.3
tC, 2 stage (s)						
tF (s)			2.3		3.6	3.4
p0 queue free %			66		0	62
cM capacity (veh/h)			816		119	547
Direction, Lane #	EB 1	WB 1	NB 1			
Volume Total	727	480	539			
Volume Left	0	274	330			
Volume Right	418	0	209			
cSH	1700	816	171			
Volume to Capacity	0.43	0.34	3.14			
Queue Length 95th (m)	0.0	11.9	Err			
Control Delay (s)	0.0	8.5	Err			
Lane LOS		A	F			
Approach Delay (s)	0.0	8.5	Err			
Approach LOS			F			

Tabla 2-61: Resultados análisis intersección C año 2027 con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Como se observa en la tabla previa, el acceso a la intersección a través de la vía secundaria (Av. Del Bombero), en el escenario de proyección al año 2027 presenta un incremento en su relación V/C que se encuentra en 3.14, que implica que la vía ha llegado a la saturación, excediendo su capacidad en un 214%, motivo por el cual presenta incluso un error en las demoras, al ser una condición totalmente inaceptable para la operación de la intersección. En este sentido, es necesario dar una solución a esta intersección para mejorar su nivel de servicio al año horizonte 2027.

1.18.4 Intersección D

En el anexo 5 “Proyecciones TPDA por quinquenios intersección D”, se puede observar las mencionadas proyecciones del TPDA total de la intersección, para un horizonte de 20 años; es decir, hasta el año 2047.

Además, se presenta los datos de la proyección del TPDA en la hora pico, para un horizonte de 5 años, al cual se evaluará la operación de la intersección.

TPDA 2027 CON PROYECTO HORA PICO INTERSECCIÓN D														
Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O				Panamericana Norte O-E				Vía a Ucubamba S-N				Intersección	
	Flujo 1	Flujo 2	Total	%	Flujo 3	Flujo 4	Total	%	Flujo 5	Flujo 6	Total	%	Volumen	%
Motos	83	14	97	10%	28	17	45	6%	9	11	21	3%	163	7%
Livianos	412	301	714	74%	367	299	666	84%	256	278	534	84%	1913	80%
Bus	12	6	18	2%	15	6	21	3%	1	2	4	1%	43	2%
Camión C2	56	55	112	12%	37	11	48	6%	62	12	74	12%	233	10%
Camión C3	6	6	13	1%	7	2	8	1%	1	3	4	1%	25	1%
Camión C4	0	3	3	0%	0	1	1	0%	0	0	0	0%	4	0%
Camión C5 o más	3	1	4	0%	2	2	4	0%	1	1	1	0%	9	0%
Total	573	386	959	100%	456	338	794	100%	330	307	637	100%	2390	100%

Tabla 2-62: TPDA hora pico intersección D proyectado al año 2027; Fuente: Elaboración propia


A partir de estos datos, se asignan los volúmenes vehiculares mostrados en la tabla previa, a los respectivos movimientos de cada acceso, manteniendo las condiciones físicas y operativas actuales.



Ilustración 2.85: Asignación de volúmenes vehiculares proyectados al 2027 intersección D; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
20:



Movement	WBL	WBR	NET	NER	SWL	SWT
Lane Configurations	↖	↗	↕	↖	↗	↕
Traffic Volume (vph)	307	330	456	338	386	573
Future Volume (vph)	307	330	456	338	386	573
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Total Lost time (s)	4.0	4.0	4.0			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Flt	1.00	0.85	0.94			1.00
Flt Protected	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (prot)	1684	1401	1812			1800
Flt Permitted	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (perm)	1684	1401	1812			1800
Peak-hour factor, PHF	0.65	0.65	0.82	0.82	0.91	0.91
Adj. Flow (vph)	472	508	556	412	424	630
RTOR Reduction (vph)	0	175	61	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	472	333	908	0	0	1054
Heavy Vehicles (%)	6%	14%	10%	7%	15%	13%
Turn Type	Prot	Prot	NA		Split	NA
Protected Phases	3	3	6l		6l	6
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Effective Green, g (s)	14.0	14.0	22.0			22.0
Actuated g/C Ratio	0.32	0.32	0.50			0.50
Clearance Time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Grp Cap (vph)	535	445	906			900
v/s Ratio Prot	0.28	0.24	0.50			0.59
v/s Ratio Perm						
v/c Ratio	0.88	0.75	1.00			1.17
Uniform Delay, d1	14.2	13.4	11.0			11.0
Progression Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Incremental Delay, d2	18.6	11.0	30.3			88.9
Delay (s)	32.9	24.4	41.3			99.9
Level of Service	C	C	D			F
Approach Delay (s)	28.5		41.3			99.9
Approach LOS	C		D			F
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			57.7		HCM 2000 Level of Service	E
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			1.06			
Actuated Cycle Length (s)			44.0		Sum of lost time (s)	8.0

Tabla 2-63: Resultados análisis intersección D año 2027 con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Como se observa en la tabla previa, esta intersección también presenta un incremento en las demoras y relación V/C de sus accesos, observándose que en el caso del acceso a través del Panamericana Norte O – E, la relación V/C ha alcanzado el valor de la unidad y por lo tanto ha llegado a la saturación en la hora de máxima demanda, para el escenario de análisis al horizonte del año 2027; así también, el acceso en sentido contrario del mismo eje vial presenta una relación V/C de 1.17, que indica la saturación del acceso durante la hora pico, excediendo su máxima capacidad en un 17%; la demora que presenta la intersección como tal es de 57.7 segundos, situándola en un nivel de servicio “E”.

En este sentido, es necesario dar una solución a esta intersección para mejorar su nivel de servicio al año horizonte 2027.

1.18.5 Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el estado actual con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto

En la tabla que se muestra a continuación, se resume los resultados de la operación de las intersecciones en el estado actual con proyecto vs el escenario proyectado al año horizonte 2027 con proyecto, de manera que obtiene el comparativo a nivel visual en cada uno de los escenarios indicados.

Intersección	Acceso	Estado actual con proyecto						Proyección año 2027 con proyecto					
		Accesos			Intersección			Accesos			Intersección		
		Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS	Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS
A	Panamericana Norte E - O	-	-	-	Señalada "TWSC"	489.7	F	-	-	-	Señalada "TWSC"	Error	F
	Panamericana Norte O - E	0	0.42	A				0	0.48	A			
	Vía de acceso N - S	489.7	1.95	F				Error	3.09	F			
B	Panamericana Norte E - O	2.8	0.11	A	Señalada "TWSC"	67.9	F	3.3	0.13	A	Señalada "TWSC"	179.2	F
	Panamericana Norte O - E	-	-	-				-	-	-			
	Puente Guangarcucho S - N	67.9	1.03	F				179.2	1.32	F			
C	Panamericana Norte E - O	7.4	0.27	A	Señalada "TWSC"	506.2	F	8.5	0.34	A	Señalada "TWSC"	Error	F
	Panamericana Norte O - E	-	-	-				-	-	-			
	Av. Del Bombero S - N	506.2	2.01	F				Error	3.14	F			
D	Panamericana Norte E - O	49.2	1.03	D	Semalforzada a dos fases	30.4	C	99.9	1.17	F	Semalforzada a dos fases	57.7	E
	Panamericana Norte O - E	20.5	0.86	C				41.3	1	D			
	Vía a Ucubamba S - N	19.8	0.76	B				28.5	0.88	C			

Tabla 2-64: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el estado actual con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto; Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla previa, en todas las intersecciones se registra un incremento en la demora al analizar la operación en el año horizonte 2027 con la implementación del proyecto, y la correspondiente disminución del nivel de servicio, a excepción de aquellas que ya se encuentran en un nivel de servicio "F" (que corresponde al nivel de servicio más bajo al que puede llegar una intersección).

Se observa que en ciertos casos, incluso las demoras dan un "error" como se indicó en los casos correspondientes de las respectivas intersecciones, debido a que la demora ya es excesiva, con valores de la relación V/C demasiado elevados, afectando severamente la operación de la intersección.

1.19 Medidas de mitigación

Con el fin de dar soluciones al impacto que generará la implementación de la Central de Transferencia de Víveres, en la zona de influencia directa y media establecidas inicialmente, se proponen medidas de mitigación para mejorar los niveles de servicio de las intersecciones

analizadas, en el horizonte del año 2027 considerando el incremento de volúmenes en cada una de ellas, debido a la implementación del proyecto.

Las soluciones que se proponen, están enmarcadas en medidas de gerencia de tráfico, para mejorar el nivel de servicio en las diferentes intersecciones, disminuyendo los tiempos de espera y con ello los tiempos de viaje de los usuarios de las intersecciones y los ejes viales analizados.

1.19.1 Intersección A

La intersección A está conformada por la Panamericana Norte y la vía de acceso al equipamiento. En función del alcance del presente trabajo de titulación, y dadas las condiciones actuales de la vía existente, al inicio del presente documento se justificó la necesidad de generar un nuevo diseño para la vía de acceso, que permita una circulación segura y confortable para los vehículos pesados, cuyo volumen se incrementará en gran medida sobre esta vía, tal como se ha indicado en acápite anteriores.

En este sentido, más adelante se detalla el proceso del diseño de la vía, para el cual se han planteado dos alternativas, las cuales han sido evaluadas tanto desde el aspecto de diseño geométrico, como en el aspecto de operación (parámetros de tránsito). Por lo tanto, a continuación se realiza el respectivo análisis de tránsito para evaluar cada una de las alternativas propuestas respecto, en función de su operación.

La operación de una intersección está determinada por su regulación; en este sentido la alternativa 1 planteada para el diseño de la vía de acceso, considera la solución para la regulación de la intersección a través de una rotonda o redondel.

En función de lo que establecen las Normas de Diseño Geométrico del MTOP, indica que la AASHTO cuestiona si un redondel se justifica para volúmenes inferiores a 500 veh/h o superiores a 5000 veh/hora; y se estima que un volumen total de 3000 veh/h llegando a través de los diferentes accesos a la rotonda, corresponde a la máxima capacidad práctica para este tipo de intersecciones. (MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

En el caso de los volúmenes del proyecto, al año horizonte 2027, se tiene un TPDA de 1680 veh/h (ver Tabla 2-56) llegando a la intersección desde todos los accesos; en este sentido, el valor se encuentra precisamente en el rango entre 500 y 3000, sin sobrepasar este último; por lo que, desde el aspecto de volúmenes de tráfico, se justificada la solución del redondel.

En este sentido, se ha trazado la geometría de la alternativa 1 en el software Synchro 11.1, tanto de la nueva vía de acceso como del redondel, para evaluar su operación desde el aspecto de tránsito, asignando las condiciones físicas resultantes del diseño geométrico (tanto de la nueva vía de acceso: número y sección de carriles, pendiente, como de la intersección en sí: diámetro de la rotonda, número y sección de carriles), las cuales se detallan en el acápite correspondiente al diseño geométrico de la vía de acceso; así también, se asignan las

condiciones operativas que regulan un redondel, como la detención de “Ceda el paso” en todos los accesos, según se explicó en apartados previos.



Ilustración 2.86: Geometría de la solución propuesta en la alternativa 1 para la intersección de la nueva vía de acceso al equipamiento; Fuente: Synchro 11.1

Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM 6th Roundabout					
4:					
Intersection					
Intersection Delay, s/veh	10.0				
Intersection LOS	B				
Approach	SE	NE		SW	
Entry Lanes	1	2	2		2
Conflicting Circle Lanes	2	2	2		2
Adj Approach Flow, veh/h	351	622	796		796
Demand Flow Rate, veh/h	409	727	899		899
Vehicles Circulating, veh/h	681	184	220		220
Vehicles Exiting, veh/h	438	906	691		691
Ped Vol Crossing Leg, #/h	0	0	0		0
Ped Cap Adj	1.000	1.000	1.000		1.000
Approach Delay, s/veh	13.3	7.3	10.8		10.8
Approach LOS	B	A	B		B
Lane	Left	Left Right		Left Right	
Designated Moves	LR	L	TR	LT	R
Assumed Moves	LR	L	TR	LT	R
RT Channelized					
Lane Util	1.000	0.303	0.697	0.758	0.242
Follow-Up Headway, s	2.535	2.667	2.535	2.667	2.535
Critical Headway, s	4.328	4.645	4.328	4.645	4.328
Entry Flow, veh/h	409	220	507	681	218
Cap Entry Lane, veh/h	796	1140	1214	1103	1178
Entry HV Adj Factor	0.858	0.841	0.862	0.885	0.885
Flow Entry, veh/h	351	185	437	603	193
Cap Entry, veh/h	683	958	1047	976	1043
V/C Ratio	0.514	0.193	0.417	0.618	0.185
Control Delay, s/veh	13.3	5.6	8.0	12.5	5.2
LOS	B	A	A	B	A
95th %Mile Queue, veh	3	1	2	4	1

Tabla 2-65: Resultados análisis alternativa 1 para solución de intersección con nueva vía de acceso, al año 2027 con proyecto; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se puede observar en la tabla previa, con la solución propuesta del redondel para regular la intersección, al año horizonte 2027 y con la implementación del proyecto, se obtiene un nivel de servicio “B” para la intersección, con una demora de 10 segundos en la misma, lo cual resulta aceptable para su operación.

En función de los considerables porcentajes de giros izquierdos que se dan en la intersección, se puede observar que, los carriles destinados para dichos movimientos son los que presentan un nivel de servicio “B”, con demoras máximas de 13.3 segundos y una relación V/C máxima de 0.618, en cuyo caso se tiene aun una capacidad remanente de 38.2% del carril en mención.

En este sentido, se puede concluir que la alternativa 1 para la solución propuesta a la vía e intersección de acceso, proporciona condiciones operativas favorables y aceptables al año horizonte 2027 con la implementación del proyecto.

Tal como se indicó inicialmente, se han planteado dos alternativas para dar solución a la vía de acceso, y cada una de ellas considera también la solución para la intersección. La alternativa B propuesta para la vía de acceso, contempla la solución de la intersección mediante la regulación de dispositivos semafóricos.

Una de las soluciones más comunes para regular una intersección que presenta elevadas demoras con una regulación únicamente de señalización, consiste en la implementación de dispositivos semafórico, los cuales permiten el paso alternado de los vehículos, mediante señales indicativas del semáforo en una secuencia de luz verde (paso permitido), ámbar (alerta de fin de la luz verde y detención), rojo (detención obligatoria), e indicaciones especiales como signos para los giros (izquierdos o derechos) a direcciones específicas. Una secuencia completa se llama ciclo del semáforo, que es la suma de las duraciones de sus componentes. (Sotil, 2019)

Los semáforos pueden tener tiempos predeterminados o pueden ser accionados según la demanda:

- Completamente-accionados (calle principal y secundaria)
- Semi-accionados (solo calle secundaria)
- Accionados por volumen-densidad o flujo-concentración
- Sistema centralizado de control de semáforos

A su vez, el ciclo está compuesto por fases, las cuales consisten en un intervalo verde, un intervalo ámbar, y donde aplique, un intervalo rojo corto que se asocia con la combinación de movimientos (rojo a todas las direcciones). Actualmente, los semáforos “inteligentes” son capaces de mostrar dos fases diferentes simultáneamente; la fase se designa como activa si el verde, ámbar o el rojo corto son mostrados; sino la fase es inactiva (cuando el rojo es prolongado). (Sotil, 2019)

Cada fase agrupa un conjunto de movimientos de los diferentes accesos, o de cada acceso, que pueden ejecutarse simultáneamente cuando la indicación de verde de dicha fase se encuentre activa; en este sentido, la planificación o diseño de las diferentes fases de un semáforo buscan minimizar los conflictos de movimientos vehiculares y peatonales, mientras se mantiene la eficiencia del flujo a través de la intersección. (Sotil, 2019)

El HCM 2010 establece la metodología para el diseño de las fases y ciclos semafóricos, así como la determinación de los tiempos de cada fase, en función de los volúmenes de los movimientos que agrupe cada una.

Con el fin de evaluar la operación de solución para la intersección propuesta para la alternativa 2, se ha trazado la geometría de la misma en el software Synchro 11.1, asignando las condiciones físicas resultantes del diseño geométrico (principalmente de la nueva vía de acceso: número y sección de carriles, pendiente y el empate con la Panamericana Norte), las cuales se detallan en el acápite correspondiente al diseño geométrico de la vía de acceso; así también, se asignan las condiciones operativas que regularán la intersección; es decir, los dispositivos semafóricos.



Ilustración 2.87: Geometría de la solución propuesta en la alternativa 1 para la intersección de la nueva vía de acceso al equipamiento; Fuente: Synchro 11.1

Una de las particularidades del software que se ha empleado, es la potencialidad para optimizar un ciclo semafórico, en función de los volúmenes o; a su vez, dado un ciclo determinado, optimizar las fases en función de la agrupación de movimientos que se ingrese. Por lo tanto, en función de los volúmenes proyectados para la intersección al año horizonte 2027 (que incluye el volumen adicionado por la implementación del proyecto), y sus

proporciones (principalmente de giros izquierdos), debe planificarse la agrupación de movimientos en cada fase y la cantidad de ellas; en este sentido, al analizar los volúmenes vehiculares de la intersección de la vía de acceso y la Panamericana Norte, predominan los movimientos frontales sobre la Panamericana Norte, en menor proporción los giros izquierdos de los diferentes accesos.

Por lo tanto, en función de los volúmenes de cada giro y sus respectivas proporciones, se ha planificado dos fases semafóricas, de acuerdo al siguiente diagrama:



Ilustración 2.88: Fases semafóricas propuestas para la alternativa 2 de solución a la intersección de la nueva vía de acceso y la Panamericana Norte; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la ilustración previa, la primera fase agrupa a los movimientos de la vía de acceso (giros derechos e izquierdos), la segunda fase está compuesta por los movimientos frontales e izquierdos de la Panamericana Norte, identificándose que aquí se mantiene aún un conflicto entre el movimiento frontal y el giro izquierdo; no obstante, se reduce la mayor cantidad de conflictos.

A partir de la agrupación realizada de los giros en cada una de las fases, mediante el software Synchro se optimiza el ciclo y por ende los tiempos para las fases semafóricas planificadas. Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis						
11						
	THL	TLR	HEL	LET	THL	TLR
Movement	THL	TLR	HEL	LET	THL	TLR
Lane Configurations	TH	TH	TH	TH	TH	TH
Traffic Volume (vph)	149	184	176	415	573	183
Future Volume (vph)	149	184	176	415	573	183
Peak Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Grade (%)	10%			0%	0%	
Total Lost time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Util. Factor	1.00			1.00	1.00	
Fit	0.93			1.00	0.97	
Fit Protected	0.98			0.98	1.00	
Satd. Flow (prot)	1387			1762	1769	
Fit Permitted	0.96			0.99	1.00	
Satd. Flow (perm)	1387			1762	1769	
Peak-hour Factor, PHF	0.80	0.80	0.80	0.85	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	196	230	207	488	623	199
RTOR Reduction (vph)	74	0	0	0	19	0
Lane Group Flow (vph)	342	0	0	895	803	0
Heavy Vehicles (%)	17%	16%	19%	16%	13%	12%
Turn Type	Prot	Split	NA	NA	NA	NA
Protected Phases	6		4	4	4	
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	20.5			30.5	30.5	
Effective Green, g (s)	20.5			30.5	30.5	
Actuated g/C Ratio	0.34			0.51	0.51	
Clearance Time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Grp Cap (vph)	473			895	809	
vs Ratio Prot	0.25			0.39	0.45	
Wt Ratio Perm						
w/c Ratio	0.72			0.78	0.88	
Uniform Delay, s/I	17.3			12.0	13.2	
Progression Factor	1.00			1.00	1.00	
Incremental Delay, s/I	9.2			6.6	12.2	
Delay (s)	26.5			18.5	25.3	
Level of Service	C			B	C	
Approach Delay (s)	26.5			18.5	25.3	
Approach LOS	C			B	C	
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay		23.1		HCM 2000 Level of Service		C
HCM 2000 Volume to Capacity ratio		0.82				
Actuated Cycle Length (s)		40.0		Sum of lost time (s)		9.0

Tabla 2-66: Resultados análisis alternativa 1 para solución de intersección con nueva vía de acceso, al año 2027 con proyecto;
Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la tabla previa, la solución propuesta para la intersección de la vía de acceso planteada en la alternativa 2, con 2 fases semafóricas planificadas según se indicó previamente, da como resultado un nivel de servicio “C” de la intersección, con una demora de 23.1 segundos en la misma.

De igual manera, se observa que las relaciones V/C que se obtienen con esta solución, llegan a ser más altas que las resultantes en la alternativa 1; la vía de acceso presenta una relación V/C de 0.72, existiendo en este caso una capacidad remanente de 28% de la vía en la hora de máxima demanda; y, en el caso del acceso de la Panamericana Norte O – E, la relación V/C llega a un valor de 0.78, lo que indica una capacidad remanente del 22% en este acceso para la hora de máxima demanda, en el año horizonte 2027 con la implementación del proyecto.

Conforme a lo manifestado, desde el aspecto operativo de las intersecciones, en lo referente a parámetros de tránsito, se concluye que la alternativa más conveniente es la alternativa 1 (redondel) que permite incrementar en mayor medida el nivel de servicio, disminuyendo la relación V/C que a su vez incrementa la capacidad remanente de los accesos y, consecuentemente disminuye en mayor medida las demoras y por lo tanto los tiempos de viaje de los usuarios.

Por lo tanto, se realiza la planificación de la respectiva señalización que se requiere para un óptimo funcionamiento de la intersección y sus respectivos accesos.

La operación del viario en general, depende de su regulación, la cual se indica a través de la señalización que se implemente. En función de lo que establece el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 respecto a “Señalización Vial”, existe señalización horizontal y vertical (INEN, 2012).

En el RTE INEN 004 se establece la codificación de las señales horizontales y verticales, cuyas letras de identificación son:

- R: señales regulatorias
- P: señales preventivas
- I: señales informativas
- D: señales especiales delineadoras
- T: señales y dispositivos para trabajos viales
- E: señales escolares

- SR: señales riesgos.

En función de la jerarquía de las vías que se intersecan, se ha determinado la necesidad de implementar señalización horizontal y vertical para una óptima operación de la intersección y sus accesos.

Señales Regulatorias

Este tipo de señales tiene como objetivo informar a los usuarios de las prohibiciones, obligaciones, restricciones y autorizaciones en el uso de la vía, cuyo incumplimiento constituye una infracción de la Ley y Reglamento de Tránsito. (INEN, 2012)

Dentro de las señales utilizadas para este proyecto podemos distinguir los siguientes tipos:

- Prioridades de paso
- Reglamentación de velocidad
- Reglamentación de peso
- Reglamentación de paradas de buses

En cada caso para su localización se ha tomado en cuenta los criterios y principios de utilización descritos en el Reglamento Técnico Ecuatoriano antes citado.



Ilustración 2.89: Señales regulatorias; Fuente: Elaboración propia

Señales Preventivas

Las señales de advertencia o preventivas tienen como función llamar la atención de los conductores de vehículos, debido a la existencia de un potencial riesgo sobre la vía. Esta placa exige generalmente al conductor una reducción de la velocidad con el objetivo de precautelar la seguridad. (INEN, 2012)

Las placas de prevención deben colocarse en los siguientes casos:

- En situaciones peligrosas de alineación vertical u horizontal
- Curvas reversas o sinuosas separadas por pequeñas tangentes
- Existencia de un dispositivo de control de tráfico
- Aproximación a Intersecciones
- Ocurrencia de condiciones peligrosas

- Otras condiciones conforme a la indicación de uso de cada una de las placas establecida en el RTE INEN 004.

En ciertos casos, su implementación se determina en a partir de un criterio técnico (como por ejemplo radios de curvatura, aproximación a intersecciones, etc.); y, en otros casos la decisión de su colocación depende de las condiciones locales o del comportamiento de los usuarios de la vía.



Ilustración 2.90: Señales preventivas; Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que uso excesivo o indiscriminado de señales de prevención es extremadamente desaconsejado, ya que se genera un alto grado de desobediencia. El RTE INEN 004 - Parte 1: Señalización Vertical, indica que en términos generales las señales de prevención deben colocarse a no menos de 75 metros ni a más de 225 metros delante del sitio de riesgo, sin embargo, para cada vía se debe evaluar su velocidad de operación y diseño.

Ubicación de las Señales Reglamentarias y de Prevención

La colocación lateral en zonas urbanas debe estar a una distancia de 0.30 metros del bordillo. Las señales deben implementarse a una altura suficiente para que estén alejadas de la vegetación y que no se genere obstrucción en el tránsito de los peatones, la altura libre de la señal no debe ser menor a 2.00 metros desde la superficie de la acera, hasta el borde inferior de la señal; pudiendo llegar hasta 2.20 metros como máximo para reducir la interferencia que pueden ocasionar los vehículos estacionados. Generalmente, las señales son colocadas al lado derecho en relación con el sentido de circulación de los vehículos. (INEN, 2012)

Señalización horizontal

Su función principal es la de canalizar el tráfico a través de la vía proporcionando a su vez información al conductor sin necesidad de retirar la vista de la vía. "La demarcación horizontal en sí, se denominan líneas, mensajes, palabras, gráficos (flechas) y otras simbologías que se dibujan sobre la calzada u otros elementos como chevrones, bordillos montables e islas, para

controlar, prevenir, guiar o informar a los usuarios de las vías. Pueden ser usadas ya sea juntamente con bordillos o con señales verticales o también pueden usarse por sí solas". (INEN, 2012)

a. Líneas transversales

En las que se encuentra las líneas de "pare" donde se tenga entrada o salida de vehículos y cruces de ferrocarril, líneas de viraje o detención, líneas de ceda el paso. En el proyecto se han utilizado las siguientes líneas:

- Línea de pare, 0.40m para velocidades = o < 50 km/h
- Línea de ceda el paso, 0.40m para velocidades = o < 50 km/h

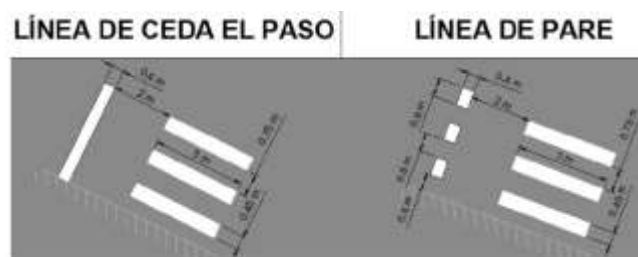


Ilustración 2.91: Ejemplos de líneas transversales; Fuente: RTE INEN 004

b. Líneas Longitudinales

- Líneas de separación de carril. Esta línea está diseñada en color amarillo y continua. El ancho es de 0.15m., su función es delimitar los carriles y dividir el sentido de circulación en una vía, e indicar el rebasamiento prohibido.
- Líneas de parterre. Esta línea está diseñada en color amarillo y continua. El ancho es de 0.15m., su función es delimitar los carriles exteriores de la vía con el bordillo o parterre.
 - Paso Cebra. Franjas continuas de 0.45 m de ancho, 8m de largo y 0.75m de espaciamiento; delimitan los cruces prioritarios de peatones y su color es blanco.

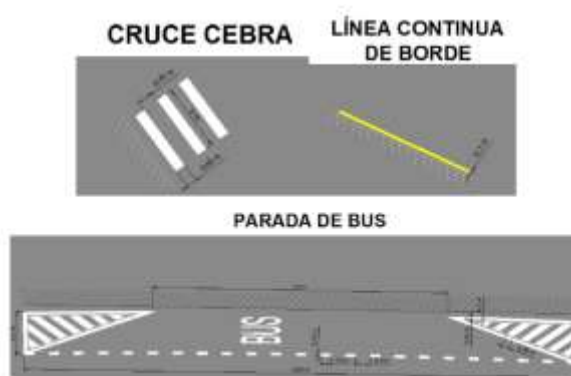


Ilustración 2.92: Ejemplos de líneas longitudinales; Fuente: RTE INEN 004

c. Flechas

Sirven para ayudar al conductor a advertir del sentido o dirección y seleccionar el carril adecuado para realizar las maniobras de giro.



Ilustración 2.93: Ejemplos de flechas; Fuente: RTE INEN 004

A continuación, se presenta un esquema de la señalización propuesto para la intersección seleccionada como la mejor opción para la solución de la intersección, el cual se aprecia a mayor detalle en el anexo 6 “Señalización solución definitiva para la intersección con la vía de acceso”.

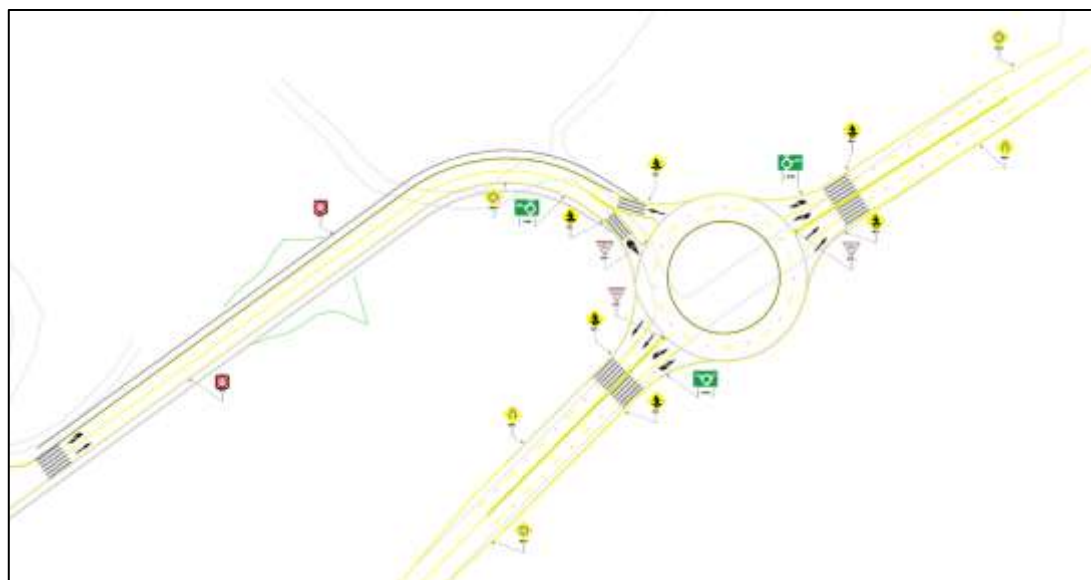


Ilustración 2.94: Esquema de señalización propuesta para la intersección A; Fuente: Elaboración propia

1.19.2 Intersección B

La intersección A está conformada por la Panamericana Norte y el puente de Guangarcucho. En función de los volúmenes vehiculares que presenta dicha intersección en el año horizonte 2027, en el cual su nivel de servicio se encuentra en “F” con demoras inaceptables, se propone la modificación de la regulación en la intersección, de manera que la misma sea regulada mediante dispositivos semafóricos.

Con el fin de evaluar la operación de la solución propuesta para la intersección, se ha trazado la geometría de la misma en el software Synchro 11.1, manteniendo las condiciones físicas actuales y asignando las condiciones operativas que regularán la intersección; es decir, los dispositivos semafóricos. Al existir isletas canalizadoras de tráfico en la intersección, se permite que los giros derechos puedan realizarse en luz roja, por lo que estos giros se regulan con la señalización de pare, de manera que puedan ejecutarse con precaución advirtiendo el espacio y tiempo suficiente para incorporarse a la vía.



Ilustración 2.95: Geometría de la solución propuesta para la intersección B; Fuente: Synchro 11.1

En función de los volúmenes proyectados en la intersección para el año horizonte 2027 (que incluye el volumen adicionado por la implementación del proyecto), y sus proporciones (principalmente de giros izquierdos), debe planificarse la agrupación de movimientos en cada fase y la cantidad de ellas; en este sentido, al analizar los volúmenes vehiculares de la intersección B, predominan los movimientos frontales sobre la Panamericana Norte, en menor proporción los giros izquierdos de los diferentes accesos.

Por lo tanto, en función de los volúmenes de cada giro y sus respectivas proporciones, se ha planificado dos fases semafóricas, de acuerdo al siguiente diagrama:



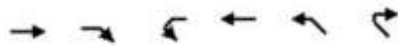
Ilustración 2.96: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección B; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la ilustración previa, la primera fase agrupa a los movimientos del puente Guangarcucho (giros derechos e izquierdos), la segunda fase está compuesta por los movimientos frontales e izquierdos de la Panamericana Norte, identificándose que aquí se mantiene aún un conflicto entre el movimiento frontal y el giro izquierdo; no obstante, se reduce la mayor cantidad de conflictos.

A partir de la agrupación realizada de los giros en cada una de las fases, mediante el software Synchro se optimiza el ciclo y por ende los tiempos para las fases semafóricas planificadas. Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

3:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NWL	NWR
Lane Configurations	↔			↔	↔	
Traffic Volume (vph)	99	49	178	908	52	611
Future Volume (vph)	99	49	178	908	52	611
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	4.5	4.5	4.5	4.5	2.5	2.5
Total Lost time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Util. Factor	1.00			1.00	1.00	
Frt	0.96			1.00	0.88	
Fit Protected	1.00			0.99	1.00	
Satd. Flow (prot)	1789			1848	1285	
Fit Permitted	1.00			0.99	1.00	
Satd. Flow (perm)	1789			1848	1285	
Peak-hour factor, PHF	0.80	0.80	0.96	0.96	0.88	0.88
Adj. Flow (vph)	124	61	185	946	59	694
RTOR Reduction (vph)	22	0	0	0	511	0
Lane Group Flow (vph)	163	0	0	1131	242	0
Heavy Vehicles (%)	10%	15%	13%	12%	15%	13%
Turn Type	NA		Split	NA	Prot	
Protected Phases	41		41	4	2	
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	49.9			49.9	21.1	
Effective Green, g (s)	49.9			49.9	21.1	
Actuated g/C Ratio	0.62			0.62	0.26	
Clearance Time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Grp Cap (vph)	1115			1152	338	
v/s Ratio Prot	0.09			0.61	0.19	
v/s Ratio Perm						
v/c Ratio	0.15			0.98	0.72	
Uniform Delay, d1	6.2			14.6	26.7	
Progression Factor	1.00			1.00	1.00	
Incremental Delay, d2	0.3			22.5	12.3	
Delay (s)	6.5			37.1	39.0	
Level of Service	A			D	D	
Approach Delay (s)	6.5			37.1	39.0	
Approach LOS	A			D	D	
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			35.1		HCM 2000 Level of Service	D
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			0.90			
Actuated Cycle Length (s)			80.0		Sum of lost time (s)	9.0

Tabla 2-67: Resultados de solución propuesta para intersección B; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la tabla previa, la solución propuesta de la implementación de dispositivos semafóricos para regular la intersección, permite mejorar su nivel de servicio a “D”; el cual, tal como se indicó en acápite iniciales, en función de lo que establece el HCM2010, constituye el mínimo nivel de servicio aceptable para una adecuada operación de la intersección.

La intersección en análisis presenta una demora de 35.1 segundos, verificándose que, al año horizonte 2027, el acceso sobre la Panamericana Norte E – O presenta una demora de 37.1 segundos y una relación V/C de 0.98; es decir, se encontrará muy próximo a llegar a la

saturación en la hora de máxima demanda, existiendo solamente una capacidad remanente del 2% en la hora de máxima demanda.

Mientras que, el acceso sobre el puente de Guangarcucho, al año horizonte 2027, presenta una demora la mayor demora, de 39 segundos, y una relación V/C de 0.72, lo cual indica que en este acceso, existe una capacidad remanente del 28% en el período de máxima demanda.

Conforme lo manifestado, se concluye que la solución propuesta permite incrementar el nivel de servicio de la intersección B; disminuyendo la relación V/C en sus respectivos accesos y en consecuencia, disminuyen las demoras y con ello los tiempos de viaje de los usuarios que circulan a través de esta intersección.

En complemento a la regulación de la intersección planteada para mejorar el nivel de servicio de la intersección, se ha realizado la correspondiente planificación de la señalización para cada uno de los accesos a la intersección, con base en la señalización descrita en el análisis de la intersección previa, a la cual se ha adicionado señalización horizontal correspondiente a chevrone, dado que en esta intersección existen isletas canalizadoras del tráfico.

En este sentido, la señalización de chevrone se utiliza para indicar que el tránsito diverge o converge; que generalmente ocurre en accesos o salidas en enlaces, canalizaciones e islas centrales. En el caso de bifurcaciones se genera un área neutral, sin tráfico, que previene la posibilidad de conflictos en la nariz del borde de éstas, guiando al usuario en un ángulo suave y conveniente. Cuando se trata de convergencias dicha área ayuda a los conductores a incorporarse en forma segura al tránsito. (INEN, 2012)

A continuación, se presenta un esquema de la señalización propuesta para la intersección y cada uno de sus accesos, el cual se puede apreciar a mayor detalle en el anexo 7 correspondiente a “Señalización propuesta intersección B”.

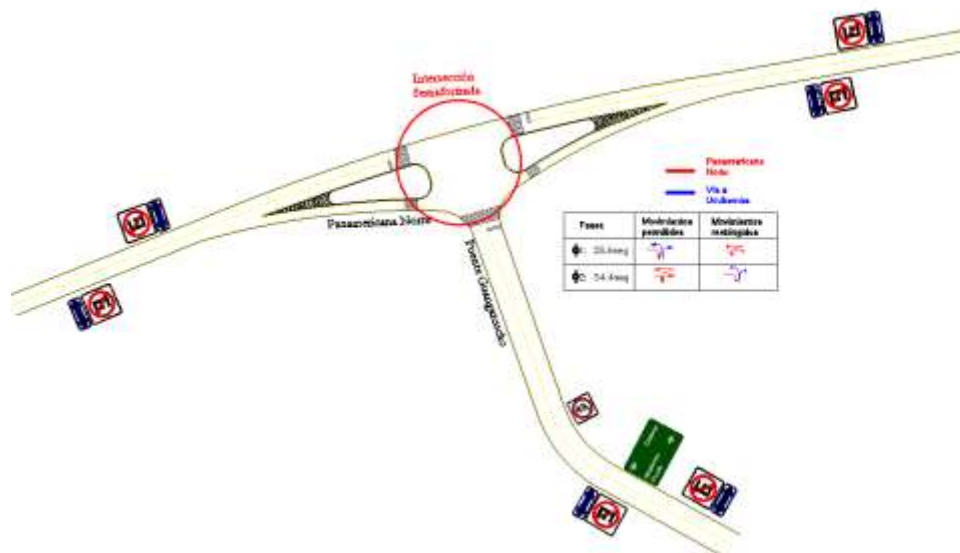


Ilustración 97: Esquema de señalización propuesto para intersección "B" en complemento de las medidas de mitigación propuestas; Fuente: Elaboración propia

1.19.3 Intersección C

La intersección C está conformada por la Panamericana Norte y la Av. Del Bombero. En función de los volúmenes vehiculares que presenta dicha intersección en el año horizonte 2027, en el cual su nivel de servicio se encuentra en "F" con demoras inaceptables, se propone la modificación de la regulación en la intersección, de manera que la misma sea regulada mediante dispositivos semafóricos.

Con el fin de evaluar la operación de la solución propuesta para la intersección, se ha trazado la geometría de la misma en el software Synchro 11.1, manteniendo las condiciones físicas actuales y asignando las condiciones operativas que regularán la intersección; es decir, los dispositivos semafóricos.



Ilustración 2.98: Geometría de la solución propuesta para la intersección C; Fuente: Synchro 11.1

En función de los volúmenes proyectados en la intersección para el año horizonte 2027 (que incluye el volumen adicionado por la implementación del proyecto), y sus proporciones (principalmente de giros izquierdos), debe planificarse la agrupación de movimientos en cada fase y la cantidad de ellas; en este sentido, al analizar los volúmenes vehiculares de la intersección C, predominan los giros izquierdos en los accesos en los que se puede realizar dichos movimientos; es decir, tanto en la Panamericana Norte E – O, como en la Av. Del Bombero; y, en menor y/o similar proporción, los movimientos frontales de los diferentes accesos.

Por lo tanto, en función de los volúmenes de cada giro y sus respectivas proporciones, se ha planificado tres fases semafóricas, de acuerdo al siguiente diagrama:

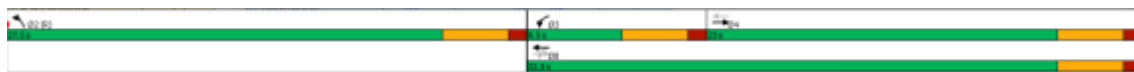



Ilustración 2.99: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección C; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la ilustración previa, la primera fase agrupa a los movimientos de la Av. Del Bombero (giros derechos e izquierdos), la segunda fase está compuesta por el giro izquierdo y movimiento frontal de la Panamericana Norte E – O; y, la tercera fase agrupa únicamente los movimientos frontales de la Panamericana Norte en ambos sentidos; de esta manera, se eliminan todos los puntos de conflicto existentes, alternando el paso de los respectivos movimientos que generaban los mencionados puntos de conflicto.

A partir de la agrupación realizada de los giros en cada una de las fases, mediante el software Synchro se optimiza el ciclo y por ende los tiempos para las fases semafóricas planificadas. Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados. Tal como se observa en la siguiente tabla, la solución propuesta de la implementación de dispositivos semafóricos para regular la intersección, permite mejorar su nivel de servicio a “C”; el cual se encuentra dentro del rango de niveles de servicio aceptables para una operación que aún se considera adecuada y favorable para la intersección.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
16:



Movement	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↩			↩	↩	
Traffic Volume (vph)	253	343	238	179	254	161
Future Volume (vph)	253	343	238	179	254	161
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	4.5	4.5	4.5	4.5	3.3	3.3
Grade (%)	0%			0%	12%	
Total Lost time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Util. Factor	1.00			1.00	1.00	
Frt	0.92			1.00	0.95	
Flt Protected	1.00			0.97	0.97	
Satd. Flow (prot)	1681			1745	1492	
Flt Permitted	1.00			0.00	0.97	
Satd. Flow (perm)	1681			0	1492	
Peak-hour factor, PHF	0.82	0.82	0.87	0.87	0.77	0.77
Adj. Flow (vph)	309	418	274	206	330	209
RTOR Reduction (vph)	81	0	0	0	38	0
Lane Group Flow (vph)	646	0	0	480	501	0
Heavy Vehicles (%)	17%	13%	16%	17%	6%	7%
Turn Type	NA		pm+pt	NA	Prot	
Protected Phases	4		3	8	2	
Permitted Phases	8		8	4		
Actuated Green, G (s)	28.0			28.0	23.0	
Effective Green, g (s)	28.0			28.0	23.0	
Actuated g/C Ratio	0.47			0.47	0.38	
Clearance Time (s)	4.5			4.5	4.5	
Lane Grp Cap (vph)	784			814	571	
v/s Ratio Prot	c0.25			0.28	c0.34	
v/s Ratio Perm	0.13					
v/c Ratio	0.82			0.59	0.88	
Uniform Delay, d1	13.9			11.8	17.2	
Progression Factor	1.00			1.00	1.00	
Incremental Delay, d2	9.6			3.1	17.2	
Delay (s)	23.4			14.9	34.3	
Level of Service	C			B	C	
Approach Delay (s)	23.4			14.9	34.3	
Approach LOS	C			B	C	
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			24.5		HCM 2000 Level of Service	C
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			0.93			
Actuated Cycle Length (s)			60.0		Sum of lost time (s)	13.5

Tabla 2-68: Resultados de solución propuesta para intersección C; Fuente: Synchro 11.1

La intersección en análisis presenta una demora de 24.5 segundos, verificándose que, al año horizonte 2027, el acceso sobre la Av. Del Bombero presenta la mayor demora 34.3 segundos y una relación V/C de 0.88; es decir, aún tiene una capacidad remanente del 12% en la hora de máxima demanda.

Mientras que, el acceso sobre la Panamericana Norte O – E, al año horizonte 2027, presenta una demora de 23.4 segundos y una relación V/C de 0.82, lo cual indica que en este acceso, existe una capacidad remanente del 18% en el período de máxima demanda.

Conforme lo manifestado, se concluye que la solución propuesta permite incrementar el nivel de servicio de la intersección C; disminuyendo la relación V/C en sus respectivos accesos y

en consecuencia, disminuyen las demoras y con ello los tiempos de viaje de los usuarios que circulan a través de esta intersección.

A continuación, se presenta un esquema de la señalización propuesta para la intersección y cada uno de sus accesos, el cual se puede apreciar a mayor detalle en el anexo 8 correspondiente a “Señalización propuesta intersección C”.



Ilustración 100: Esquema de señalización propuesta para intersección “C” en complemento de las medidas de mitigación propuestas; Fuente: Elaboración propia

1.19.4 Intersección D

La intersección D está conformada por la Panamericana Norte y la Av. Del Bombero. En función de los volúmenes vehiculares que presenta dicha intersección en el año horizonte 2027, en el cual su nivel de servicio se encuentra en “E” con demoras muy altas, se propone la modificación del ciclo semafórico que regula actualmente la intersección

Con el fin de evaluar la operación de la solución propuesta para la intersección, se ha trazado la geometría de la misma en el software Synchro 11.1, manteniendo las condiciones físicas actuales y asignando las condiciones operativas que regularán la intersección; es decir, la nueva longitud (tiempo) del ciclo semafórico para la hora de máxima demanda.



Ilustración 2.101: Geometría de la solución propuesta para la intersección D; Fuente: Synchro 11.1

En función de los volúmenes proyectados en la intersección para el año horizonte 2027 (que incluye el volumen adicionado por la implementación del proyecto), y sus proporciones (principalmente de giros izquierdos), se debe definir si se mantienen las fases actuales o se modifican las mismas; en este sentido, al analizar los volúmenes vehiculares de la intersección D, predominan los movimiento frontales en la Panamericana Norte; y, los giros izquierdos mantienen proporciones similares en los accesos que permiten dichos movimientos.

Por lo tanto, en función de los volúmenes de cada giro y sus respectivas proporciones, se mantienen las fases semafóricas actuales, modificando la longitud (tiempo) del ciclo y por lo tanto de cada fase, de acuerdo al siguiente diagrama:



Ilustración 2.102: Fases semafóricas propuestas para la solución de la intersección D; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la ilustración previa, la primera fase está compuesta por los movimientos frontales e izquierdos de la Panamericana Norte, la segunda fase agrupa a los movimientos de la vía a Ucubamba (giros derechos e izquierdos), identificándose que aquí se mantiene aún un conflicto entre el movimiento frontal y el giro izquierdo; no obstante, se reduce la mayor cantidad de conflictos.

A partir de la agrupación que se mantiene de los giros en cada una de las fases, mediante el software Synchro se optimiza el ciclo y por ende los tiempos para las fases semafóricas planificadas. Luego de ejecutar la respectiva simulación de tráfico, se obtienen los siguientes resultados.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis 20:

Movement	WBL	WBR	NET	NER	SWL	SWT
Lane Configurations						
Traffic Volume (vph)	307	330	456	338	386	573
Future Volume (vph)	307	330	456	338	386	573
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Total Lost time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Frt	1.00	0.85	0.94			1.00
Flt Protected	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (prot)	1684	1401	1812			1800
Flt Permitted	0.95	1.00	1.00			0.98
Satd. Flow (perm)	1684	1401	1812			1800
Peak-hour factor, PHF	0.65	0.65	0.82	0.82	0.91	0.91
Adj. Flow (vph)	472	508	556	412	424	630
RTOR Reduction (vph)	0	236	33	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	472	272	935	0	0	1054
Heavy Vehicles (%)	6%	14%	10%	7%	15%	13%
Turn Type	Prot	Prot	NA		Split	NA
Protected Phases	3	3	6!		6!	6
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	23.4	23.4	48.6			48.6
Effective Green, g (s)	23.4	23.4	48.6			48.6
Actuated g/C Ratio	0.29	0.29	0.61			0.61
Clearance Time (s)	4.0	4.0	4.0			4.0
Lane Grp Cap (vph)	492	409	1100			1093
v/s Ratio Prot	c0.28	0.19	0.52			c0.59
v/s Ratio Perm						
v/c Ratio	0.96	0.67	0.85			0.96
Uniform Delay, d1	27.8	24.9	12.7			14.9
Progression Factor	1.00	1.00	1.00			1.00
Incremental Delay, d2	31.6	8.3	8.2			19.9
Delay (s)	59.5	33.2	21.0			34.8
Level of Service	E	C	C			C
Approach Delay (s)	45.8		21.0			34.8
Approach LOS	D		C			C
Intersection Summary						
HCM 2000 Control Delay			33.9		HCM 2000 Level of Service	C
HCM 2000 Volume to Capacity ratio			0.96			
Actuated Cycle Length (s)			80.0		Sum of lost time (s)	8.0

Tabla 2-69: Resultados de solución propuesta para intersección D; Fuente: Synchro 11.1

Tal como se observa en la tabla previa, la solución propuesta de la la optimización del ciclo semafórico que regula la intersección, permite mejorar su nivel de servicio a “C”; el cual se encuentra dentro del rango de niveles de servicio aceptables para una operación que aún se considera adecuada y favorable para la intersección.

La intersección en análisis presenta una demora de 33.9 segundos, verificándose que, al año horizonte 2027, el acceso sobre la vía a Ucubamba presenta la mayor demora 45.8 segundos y una relación V/C de 0.96; es decir, tiene una capacidad remanente únicamente del 4% en la hora de máxima demanda.

Mientras que, el acceso sobre la Panamericana Norte E – O, al año horizonte 2027, presenta una demora de 34.8 segundos y una relación V/C también de 0.96, lo cual indica que este

acceso también cuenta con una capacidad remanente del 4% en el período de máxima demanda.

Conforme lo manifestado, se concluye que la solución propuesta permite incrementar el nivel de servicio de la intersección D; disminuyendo la relación V/C en sus respectivos accesos y en consecuencia, disminuyen las demoras y con ello los tiempos de viaje de los usuarios que circulan a través de esta intersección.

A continuación, se presenta un esquema de la señalización propuesta para la intersección y cada uno de sus accesos, el cual se puede apreciar a mayor detalle en el anexo 9 correspondiente a “Señalización propuesta intersección D”.

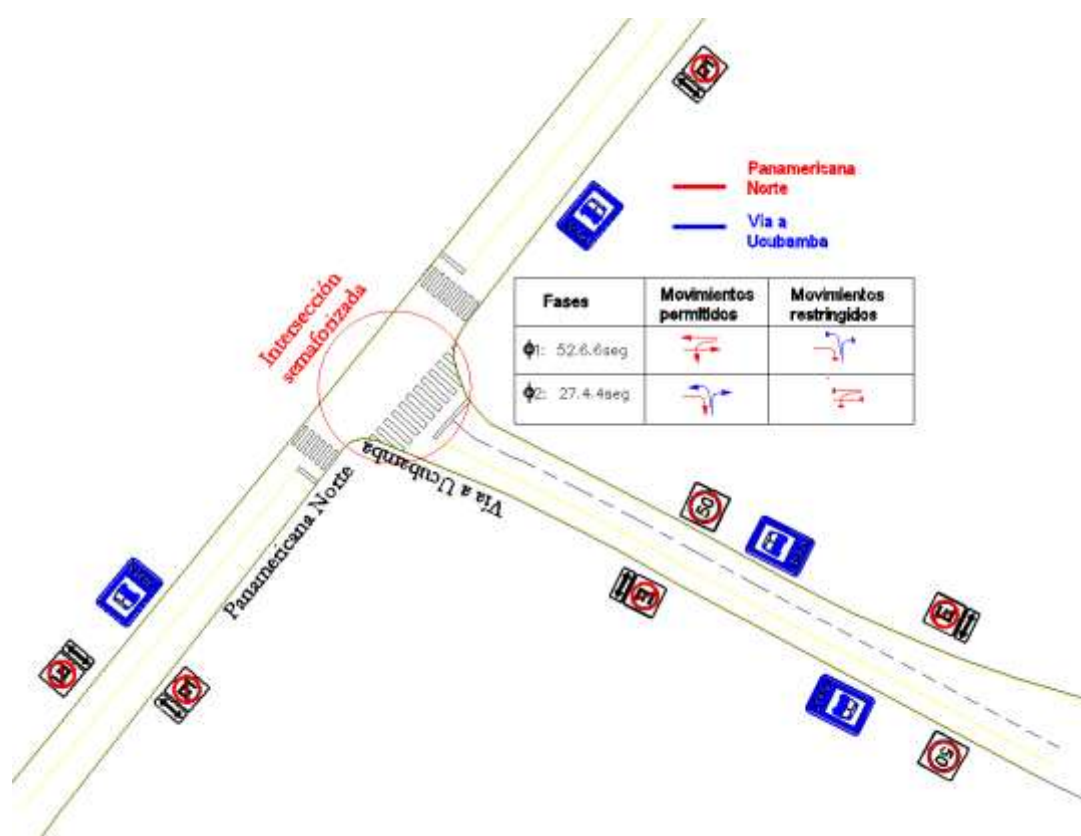


Ilustración 103: Esquema de señalización propuesta para intersección “D” en complemento de las medidas de mitigación propuestas; Fuente: Elaboración propia

1.19.5 Resumen comparativo de la operación de intersecciones en el escenario al año horizonte 2027 con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto y con las medidas de mitigación propuestas.

En la tabla que se muestra a continuación, se resume los resultados de la operación de las intersecciones en el escenario proyectado al año horizonte 2027 con proyecto vs el escenario proyecto al año horizonte 2027 con proyecto y con las medidas de mitigación propuestas, de manera que obtiene el comparativo a nivel visual en cada uno de los escenarios indicados.

Intersección	Acceso	Proyección año 2027 con proyecto						Proyección año 2027 con proyecto + medidas de mitigación					
		Accesos			Intersección			Accesos			Intersección		
		Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS	Demora (seg)	V/C	NS	Tipo	Demora (seg)	NS
A	Panamericana Norte E - O	-	-	-	Señalizada "TWSC"	Error	F	7.3	0.42	A	Redondel	10	B
	Panamericana Norte O - E	0	0.48	A				10.8	0.62	B			
	Vía de acceso N - S	Error	3.09	F				13.3	0.51	B			
B	Panamericana Norte E - O	3.3	0.13	A	Señalizada "TWSC"	179.2	F	37.1	0.98	D	SemafORIZADA a dos fases	35.1	D
	Panamericana Norte O - E	-	-	-				6.5	0.15	A			
	Puente Guangarcucho S - N	179.2	1.32	F				39	0.72	D			
C	Panamericana Norte E - O	8.5	0.34	A	Señalizada "TWSC"	Error	F	14.9	0.59	B	SemafORIZADA a tres fases	24.5	C
	Panamericana Norte O - E	-	-	-				23.4	0.82	C			
	Av. Del Bombero S - N	Error	3.14	F				34.3	0.88	C			
D	Panamericana Norte E - O	99.9	1.17	F	SemafORIZADA a dos fases	57.7	E	34.8	0.96	C	SemafORIZADA a dos fases (optimización del ciclo)	33.9	C
	Panamericana Norte O - E	41.3	1	D				21	0.85	C			
	Vía a Ucubamba S - N	28.5	0.88	C				45.8	0.96	D			

Tabla 2-70: Resultados comparativos de la operación actual de las intersecciones en el escenario al año horizonte 2027 con proyecto vs el escenario al año horizonte 2027 con proyecto y con las medidas de mitigación planteadas; Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla previa, en todas las intersecciones se registra una disminución de las demoras con las medidas de mitigación propuestas, y el correspondiente incremento del nivel de servicio, verificando que el mínimo nivel de servicio al que se llega, corresponde al NS "D", que es el mínimo aceptable según lo establecido por el HCM2010.

3 Diseño de la vía de acceso a la central de transferencia de víveres

2.1 Descripción del área del proyecto

La Central de Transferencia de Víveres se pretende emplazar en el sector de Capulispamba, kilómetro 8 (*Ilustración 3.1*), por lo que se ubica al norte de la ciudad de Cuenca, dentro de la parroquia rural Llacao, perteneciente a la provincia de Azuay.

La ubicación del sitio obedece a la cercanía de la nueva vía de Circunvalación Norte de Cuenca y su posición estratégica como lugar desde el cual se puede recibir la producción de las zonas agrícolas y abastecer a los mercados de la ciudad mediante el uso de la red vial primaria de la ciudad.

El terreno asignado al proyecto, fue una antigua cantera de piedra, razón por la que el sitio presenta una topografía irregular, rodeado de taludes como resultado de la excavación y explotación de áridos.

Las coordenadas de ubicación, así como la imagen de ubicación se muestran a continuación:

Puntos	Descripción	Coordenadas	
		X	Y
1		730239,7080	9684108,9415
2	Predio Mercado	730012,1447	9684234,6140
3	Mayorista de	729907,0270	9684371,5440
4	Cuenca	729714,9400	9684189,4650
5		729706,4690	9684013,9300
6	Altitud(msnm):	729942,3890	9684095,0610
7	2405	730030,8070	9683946,6051
8		730153,4858	9684035,5764

Tabla 3.1 Coordenadas de ubicación de la nueva Central de Transferencia de Víveres



Ilustración 3.1 Ubicación de la nueva Central de Transferencia de Víveres

2.2 Geomorfología de la zona

El área de estudio se encuentra en la zona 1: relieves interandinos (Cuenca Interandina), localizada en la categoría intermedio de unidades geomorfológicas, según el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, se encuentra en un rango altitudinal de 2.300 a 3.000 msnm.

Es una depresión compuesta por sedimentos terciarios plegados: tiene pendientes variadas por lo que su topografía es irregular; derivados por los cauces de ríos, quebradas y cerros.

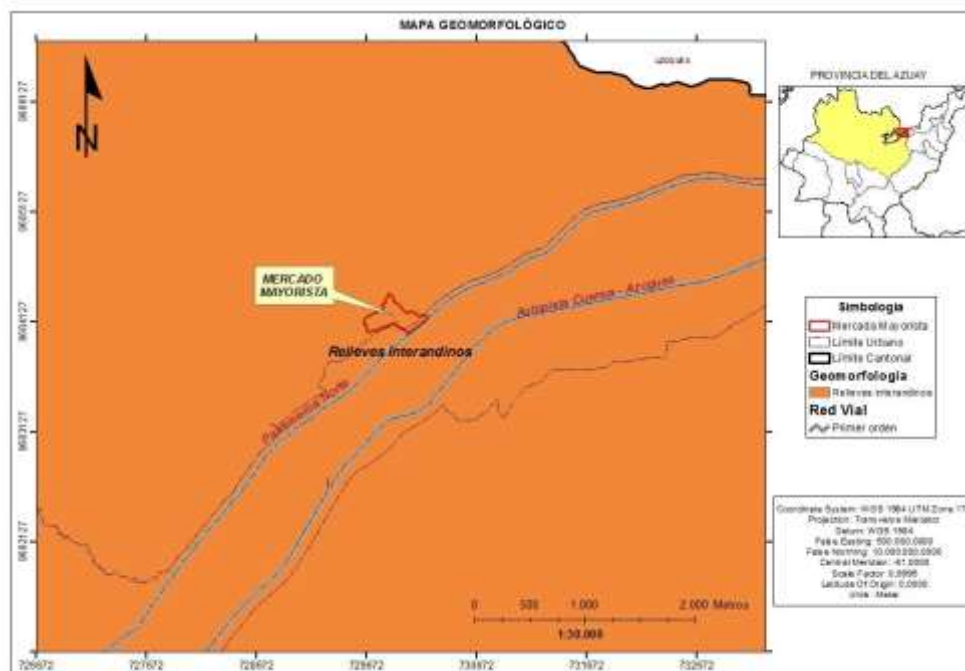


Ilustración 3.2 Mapa geomorfológico del área de estudio, PDOT Cuenca 2015

2.3 Geología de la zona

Geológicamente la parroquia Llacao está constituida por rocas ígneas como sedimentarias, debido al proceso dinámico litológico sometido durante varios miles de años. Las formaciones geológicas existentes son: Deposito aluvial, Deposito coluvial, Derrumbe, Localmente conglomerado de base, terraza segunda, terraza tercera, vetas de carbón (Cañari-vetas de carbón Washington) y Volcánicos Llacao.

Las unidades litológicas presentes en el área de estudio son Volcánicos Llacao y Terraza segunda. Volcánicos Llacao, se encuentran en la mayor parte del territorio de Llacao, presentan tobas y tobas andesitas, productos de actividad volcánica probablemente del Eoceno-Oligoceno inferior, por lo que es probable que contenga cristales de cuarzo y exquisitos.

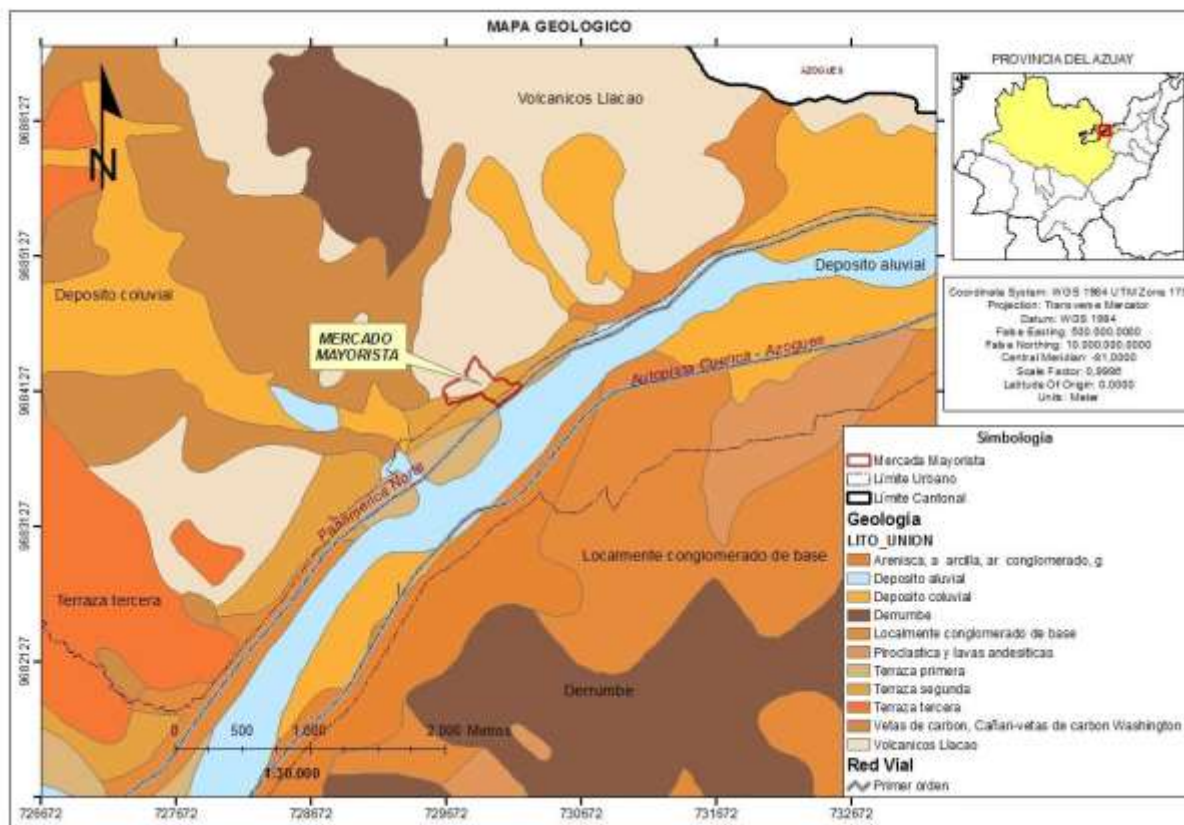


Ilustración 3.3 Mapa geológico del área de estudio, PDOT Cuenca 2015

2.4 Estudio topográfico

La metodología para obtener el estudio topográfico, consiste en levantar la franja topográfica de 150 m de ancho y de 250m de largo alrededor de la zona de ubicación del proyecto, levantando todos los accidentes topográficos, previo a la determinación de la gradiente requerida según la normativa vigente. Para su desarrollo se realizaron recorridos para determinar en campo posibles alternativas al acceso vial requerido, los mismos que presenten condiciones favorables para la construcción y que cumplan las especificaciones técnicas del MTOP vigentes.

Se tomo cuatro puntos de referencia para el levantamiento de la poligonal, estos se muestran a continuación, además se adjuntan fotografías:

COORDENADAS UTM SISTEMA WGS-84			
PUNTOS	NORTE	ESTE	COTA
F-3	9684131,95	730195,44	2404,59
BM -1	9684074,37	730145,09	2407,41
BM -2	9684222,79	730304,45	2402,47
AUX-1	9684232,26	730162,01	2427,09

Tabla 3.2 Coordenadas de hitos para levantamiento topográfico



Ilustración 3.4 Hitos F-3 y BM-2 para levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico con dos equipos dadas las características del terreno; en áreas despejadas se realizó con un equipo GPS (GNSS) de doble frecuencia, marca Trimble modelo R4, y en áreas de espesa cobertura vegetal se empleó una estación total Marca Kolida Modelo CTS-662R de 1" de precisión, en los dos casos con un ancho de franja de 150 metros. Se levantó todos los detalles existentes, los accidentes topográficos naturales y artificiales, con una densidad de puntos cada 5 metros, entre sí.

2.4.1 Equipo utilizado

- GPS diferencial, marca Trimble modelo R4, Frecuencia L1/L2
- 1 estación Total Kolida Modelo CTS-662R⁶
- 1 GPS Navegador Oregon 550.
- 2 vehículos.
- 2 computadoras portátiles.
- Radios de comunicación.
- Cámara fotográfica digital.
- Equipos de protección personal y primeros auxilios.
- Pintura, clavos, combos, etc.

La georreferenciación del proyecto se realizó con dos equipos GPS (GNSS) de doble frecuencia, tomando como punto base el Hito F-3.

Los hitos se encuentran en su mayoría al costado de la vía, cuya materialización corresponde a una columna pequeña de hormigón de 50cm de alto.

Finalmente se cumplió con el levantamiento topográfico en función de la morfología del terreno, ubicando dos posibles alternativas de trazado de acuerdo a la gradiente natural del terreno. La franja obtenida tiene un ancho promedio de 150m; en las zonas que presentaban taludes naturales importantes y quebradas se realizó un levantamiento más detallado. Se levantó 500m de topografía longitudinal en la Panamericana Norte. En total se han levantado 782 puntos, para generar la nube de punto y obtener las curvas de nivel del proyecto.

Adicionalmente se realizó un levantamiento por medio de dron en todas las intersecciones aledañas a vía de acceso al proyecto al proyecto. A continuación, se presenta la topografía levantada del lugar.

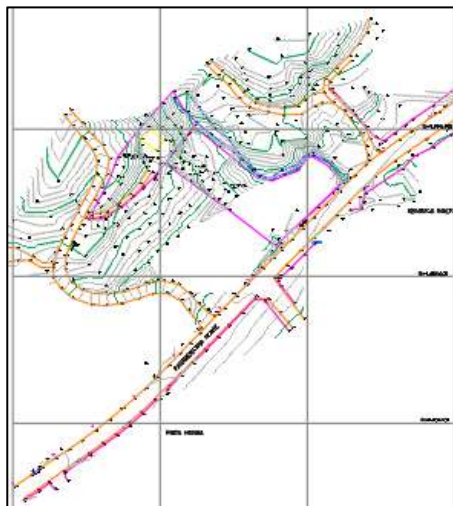


Ilustración 3.5 Levantamiento topográfico acceso Centro de Transferencia de Víveres.

2.5 Estudio de suelos

Para el desarrollo del proyecto es necesario conocer las características del suelo y así conocer el tipo de suelo, humedad, densidad máxima, capacidad y resistencia del suelo para el diseño de pavimento para la vía de acceso.

2.5.1 Registro de calicata

Es importante mencionar que se cuentan ya con estudios de suelo en la zona donde se implementará el Centro de transferencia, por lo que procedimos a realizar una calicata de aproximadamente 2m de profundidad a lo largo de la franja topográfica levantada en un radio de 300m, a continuación, se detalla el perfil estratigráfico que se encontró al realizar la calicata:

UNIVERSIDAD DE CUENCA					
PROYECTO:	Estudio de impacto vial para la nueva Central de Transferencia de Víveres de la ciudad de Cuenca y diseño de la vía de acceso				
CALICATA:	C-1		NIVEL FREÁTICO:	NP	
UBICACIÓN:	Panamericana Norte Km 14, RTV		FECHA:	8 de febrero de 2022	
COORDENADAS:	N: 9684281.5780 S: 730222.2950		RESPONSABLES:	Ing. Gisella Maita Ing. Mía Augusta Torres	
PROFUNDIDAD:	2m				
PROFUNDIDAD (m)	TIPO EXCAVACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	SUCS
0.00 - 0.40	EXCAVACIÓN CIELO ABIERTO		Suelo orgánico de color oscuro, húmedo, y de consistencia firme, suelo limoso con piedras de todos los tamaños.	D-1	GM-GM
0.40 - 2.00			Suelo limoso con piedras de todos los tamaños, de consistencia firme.	D-1	GM-GM






Ilustración 3.6 Perfil estratigráfico en la calicata realizada.

2.5.2 Ensayos de laboratorio

Las muestras extraídas fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad de Cuenca, para realizar ensayos según la Norma ASTM para cada caso:

- Humedad: ASTM D– 2216
- Granulometría de suelos: ASTM D – 2487
- Limite liquido: ASTM D-4318
- Limite Plástico: ASTM D 424-59
- Compactación Proctor Modificado: ASTM D-1557
- CBR: ASTM D-1883
- Corte Directo UU: ASTM D-3080

De los ensayos realizados se obtuvo los siguientes resultados que se muestra en la Tabla 3.3.

ENSAYOS DE LABORATORIO	RESULTADOS
CALICATA	1
SUCS	GW - GM
DESCRIPCION	Grava bien gradada limosa
HUMEDAD	10.1
LILITE LIQUIDO (%)	27.2
LIMITE PLASTICO (%)	21.2
INDICE PLASTICO (%)	6
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	114.3
COEFICIENTE DE CURVATURA	1.1
DENSIDAD SECA MAXIMA (kg/m3)	2119.7
CBR (%)	76.6
COHESIÓN c (kg/cm2)	0.11
RESISTENCIA A CORTE τ (°)	31.96

Tabla 3.3 Resultados, ensayos geotécnicos, calicata 1

A partir de los resultados de laboratorio tenemos que el suelo según la clasificación SUCS se clasifica como una grava limosa bien gradada, con una humedad del 10.1%, una densidad seca máxima de 2120 kg/m3, un CBR de 76.6% y una resistencia a corte de 31.96°.

Los resultados del ensayo de compactación, Proctor modificado se tiene la siguiente ilustración, donde se observa que se realizó la compactación de 5 muestras suficientes para graficar y obtener una humedad óptima como punto máximo a la cual se encuentra el valor de la densidad seca máxima.

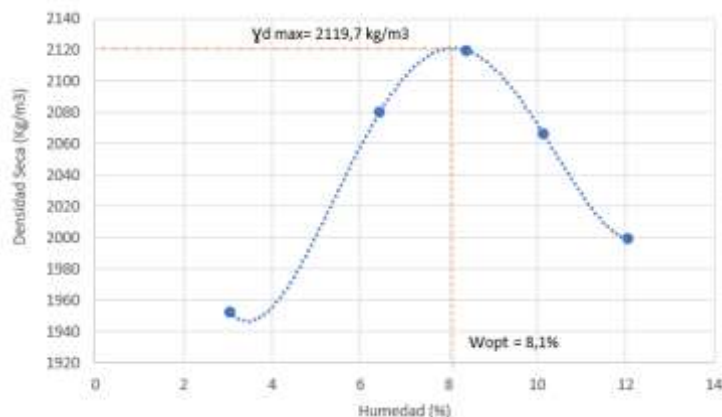


Ilustración 3.7 Curva Proctor modificado

En función de la ilustración se tiene una humedad óptima de 8.1%, con una densidad seca máxima de 2119.7Kg/m³.

2.5.2.1 Determinación del CBR

Para determinar el CBR de la subrasante se toma las probetas ensayadas en el Proctor modificado, para realizar el ensayo nos basamos en la norma antes mencionada con el fin de determinar la capacidad resistente del suelo como subrasante teniendo establecidas las condiciones de humedad y densidad. Se ensayaron las tres muestras y se obtuvieron las curvas Penetración vs deformación, a continuación, podemos observar las mismas, concluyendo que no presentan ninguna anomalía que impida determinar del valor del CBR. Los valores de carga y penetración del ensayo se presentan en anexos.

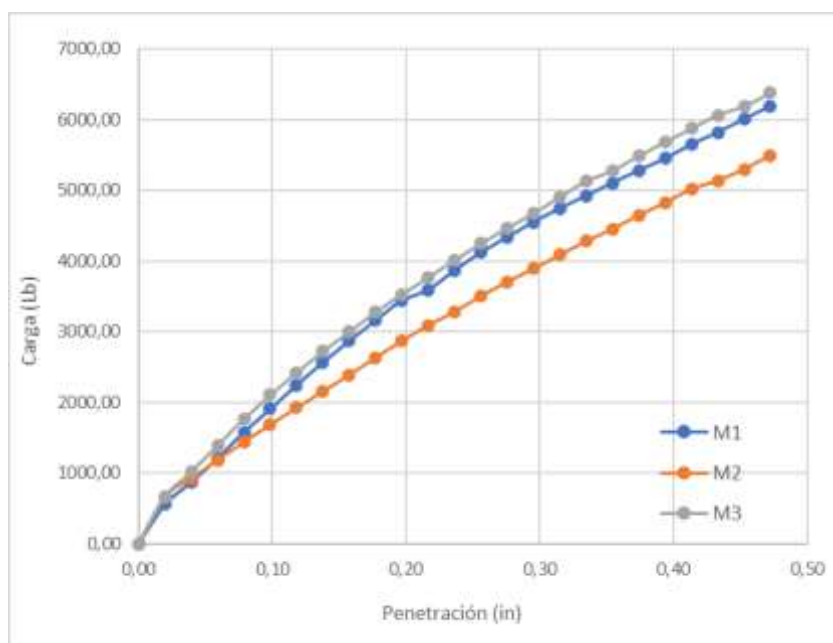


Ilustración 3.8 Curva de penetración en función de la carga aplicada en función del tiempo.

Para obtener el valor del CBR es importante considerar las características de los moldes donde se colocan las muestras, para esto tenemos las siguientes características:

Altura=	4,55	in
Diámetro molde=	6,00	in
Diámetro pistón=	2,00	in
Área molde =	28.95	in ²

Tabla 3.4 Características del molde para el ensayo

El objetivo del ensayo es obtener los esfuerzos obtenidos para cada muestra cuando se tiene una penetración de 0,10 y 0,20 pulgadas, obtenemos los valores de CBR para una penetración de 0.10” y de 0.20” según la norma ASTM, dividiendo los valores de la carga aplicada y la deformación o penetración obtenida, entre el valor del esfuerzo de la roca patrón, que se detallan a continuación:

$$CBR = \frac{\text{Esfuerzo del suelo}}{\text{Esfuerzo de la roca california}} * 100$$

A continuación, se presenta una tabla resumen de los esfuerzos que conlleva alcanzar una penetración de 0,1 y 0,2 pulgadas.

# GOLPES	σ Psi		γd Kg/cm3	CBR %	
	0.1"	0.2"		0.1"	0.2"
10	66,02	118,98	1999,29	6,60	7,93
25	58,48	99,26	1952,78	5,85	6,62
56	72,77	122,01	2080,04	7,28	8,13

Tabla 3.5 Datos para obtener el CBR

Según la norma, se toma el mayor valor de CBR, en este caso se toma el CBR de 0.2 pulgadas siempre y cuando el CBR no difiera en gran magnitud para 0,1” y 0,2”, a continuación, podemos observar la gráfica que nos permite hallar el valor del CBR para la subrasante, esto en función del 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo del Proctor modificado, como el valor de 95% de la densidad seca máxima es de 2114 Kg/m³ obtenemos un CBR de 8.1%.

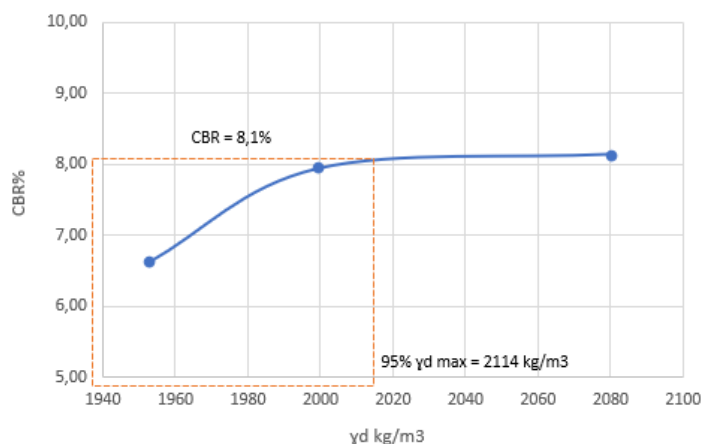


Ilustración 3.9 Curva de densidad seca vs CBR.

2.5.2.2 Determinación del módulo resiliente de la subrasante

El módulo resiliente de la subrasante se halla en función de los resultados de los ensayos de laboratorio y con la aplicación de los criterios mencionados por la AASHTO.

La AASHTO (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004) sugiere las siguientes consideraciones en función del tipo de suelo y del valor obtenido del CBR.

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \times CBR \quad \text{si } CBR < 10\%$$

$$Mr(\text{psi}) = 3000 \times CBR^{0.65} \quad \text{si } 10\% < CBR < 20\%$$

$$Mr(\text{psi}) = 4326 \times \ln CBR + 241 \quad \text{para suelos granulares.}$$

La clasificación del suelo tenemos que es un GW – GM, podemos considerarle como una Grava bien gradada limosa, ya que como se detalló anteriormente la zona en la que se ubica el proyecto es una zona de terraza aluvial por lo que se tiene un material heterogéneo, material fino, así como granular de todos los tamaños, por lo que se opta por considerar la última relación recomendada por la AASHTO para hallar el módulo resiliente del suelo.

$$Mr(\text{psi}) = 4326 \times \ln CBR + 241 = 4326 \ln 8.1 + 241 = 9290.4 \text{ psi}$$

2.5.2.3 Determinación del módulo resiliente de la subbase

El módulo resiliente de la subbase será determinado en función del CBR recomendado por el Ministerio de Obras Públicas, el cual recomienda que el CBR de subbase no debe ser menor a 30% (MOP, 2002). El Módulo resiliente será determinado en base al siguiente Abaco, Mr subbase es igual a 15000psi y un coeficiente estructural de 0.11.

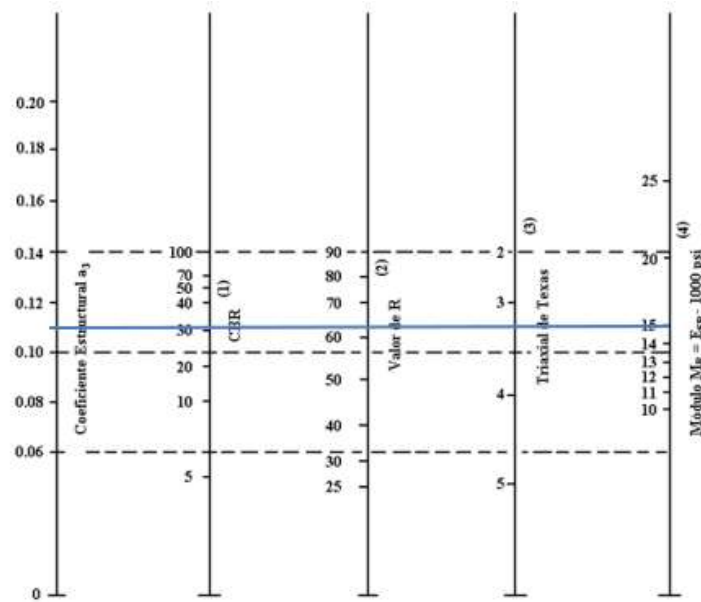


Ilustración 3.10. Abaco para la obtención de Módulo Resiliente y coeficiente estructural de la Base, M_r , a_3 . (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

2.5.2.4 Determinación del módulo resiliente de la base

El módulo resiliente de la base será determinado en función del CBR recomendado por el Ministerio de Obras Públicas, el cual recomienda que el CBR de base no debe ser menor a 80% (MOP, 2002). El Módulo resiliente será determinado en base al siguiente abaco, M_r base es igual a 28000psi y un coeficiente estructural de 0.135.

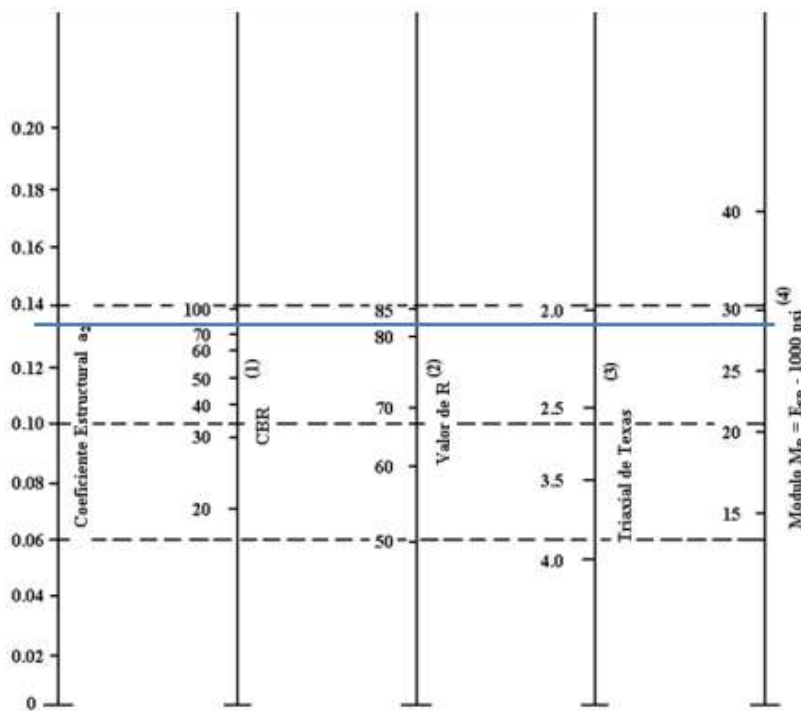


Ilustración 3.11. Abaco para la obtención de Módulo Resiliente y coeficiente estructural de la Base, M_r , a_2 . (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

2.6 Diseño de pavimentos

El diseño de pavimento flexible se realiza en base al método desarrollado por la AASHTO, para esto debemos determinar los siguientes puntos:

2.6.1 Numero de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos en el carril y periodo de diseño.

$$N = TPDA * FD * FL * Fp * FEc * 365$$

Donde:

N: número de ejes equivalentes acumulados en el carril de diseño y período de diseño

TPDA: Transito promedio diario anual inicial

FD: factor de distribución por dirección

FL: factor de distribución por carril

Fp: factor de proyección

FEc: factor de equivalencia de carga o factor común

A continuación, determinamos cada ítem para hallar N.

2.1.1.1 Cálculo del TPDA

Se tiene el TPDA del año actual 2022 tomando en consideración el emplazamiento del proyecto en la zona, sin embargo, es necesario proyectar el mismo para el año de inicio de labores que vendría siendo el año 2025, para lo que se tiene el TPDA 2022 y las siguientes tasas de proyección explicadas en los capítulos anteriores.

TPDA 2022	1912
LIVIANOS 2D	1571
BUSES 3A	5
CAMIONES 3A	336

Tabla 3.6 TPDA 2022

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2022-2025	3,04	1,64	1,64

Tabla 6.7 Tasa de crecimiento para cinco años

Para el cálculo de TPDA al año 2025 nos basamos en la formula a continuación:

$$TF = Ti * \frac{(r + 1)^x * \ln \ln (r + 1)}{r}$$

Donde:

TF= Tráfico en el año 2025

Ti= Tráfico inicial (en este caso, el tráfico del año 2022).

r= Tasa anual de crecimiento del parque automotor.

x= Número de años a partir del año inicial, año 0.

En nuestro caso, dado que tenemos diferentes tasas de crecimiento para cada tipo de vehículo, se proyecta un tráfico al año 2025 para cada tipo de vehículo, con sus respectivas tasas, determinando también la composición vehicular (en TPDA) para cada tipo de vehículo, según el porcentaje de participación de cada uno dentro del total.

TIPO VEHICULO	TPDA 2022	r%	TPDA 2025
LIVIANOS 2D	1571	3,04	1693
BUSES 3A	5	1,64	5
CAMIONES 3A	336	1,64	350
TOTAL	1912		2048

Tabla 3.8 TPDA2025

Se tiene un TPDA para el año 2025 de 2048.

2.1.1.2 Determinación del factor de distribución por dirección FD

El factor de distribución por dirección se basa en el número de carriles de la vía a diseñar, en función del porcentaje de vehículos pesados que circulan actualmente.

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla 3.9 FD factor de distribución por dirección

La vía a diseñarse es de un carril por dirección es decir en total 2 carriles y en función de la tabla anterior se tiene que FD para dos carriles en ambas direcciones es del 50% de vehículos pesados en el carril de diseño.

2.1.1.3 Determinación del factor de distribución por carril FL

El factor de distribución será determinado en función del número de carriles por dirección, la vía de acceso al proyecto será de un carril por dirección.

distribución por carril

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

Tabla 3.10 FL: factor de

A partir de la tabla equivalente a 1.

presentada FL es de 100%

2.1.1.4 Factor de proyección Fp

La AASHTO recomienda usar la siguiente fórmula para el factor de proyección:

$$Fp = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r= Tasa anual de crecimiento del parque automotor.

n= Número de años en función del periodo de diseño del proyecto, en nuestro caso 20 años.

Aplicando la formula obtenemos los siguientes resultados para cada caso.

Fp LIVIANOS	Fp BUS	Fp CAMION
26,975	23,451	23,451

Tabla 3.11 Fp: factor de proyección

2.1.1.5 Cálculo del factor camión Fc: Factor equivalente de carga

El factor camión o factor equivalente de carga se calcula para cada uno de los diferentes tipos de vehículos para esto necesitamos las características de la composición vehicular del proyecto, teniendo vehículos livianos como 2D, buses y camiones 3A; para lo cual nos basamos en la siguiente tabla del MTOP y en la formulas a continuación:

TIPO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (TON)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2D		Camión de 2 ejes pequeño	7	5,5	2,6	3
2DA		Camión de 2 ejes medianos	10	7,5	2,6	3,5
2DB		Camión de 2 ejes grandes	18	12,2	2,6	4,1
3-A		Camión de 3 ejes	27	12,2	2,6	4,1
4-C		Camión de 4 ejes	31	12,2	2,6	4,1

Tabla 3.12 Fp: Tipos de vehículos motorizados, pesos y dimensiones Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

La fórmula para el factor de equivalencia de carga para pavimentos flexibles es:

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2S}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4.79} * \left[\frac{10^{\frac{G}{B_x}}}{10^{\frac{G}{B_x}}} \right] \quad FE_{eje_i} = \frac{1}{\frac{W_x}{W_{18}}} \quad FEC = \sum FE_{eje_i}$$

$$G = \log \log \left(\frac{4.2 - pt}{4.2 - 1.5} \right) \quad \beta = 0.4 + \left[\frac{0.081 * (L_x + L_{2x})^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} * L_{2x}^{3.23}} \right]$$

Donde:

Wx= aplicación de carga inverso al factor de equivalencia

W18= número de cargas de ejes simples de 18.000 lb o 80 kN.

Lx= carga del eje evaluado (kips)

L18= carga del eje estándar (18 kips)

L2= código de configuración del eje 1= eje simple, 2= eje tándem, 3= eje tridem; s=eje simple (1),

x= tipo de eje siendo evaluado

pt= índice de servicio final pt= 2.5

SN= número estructural SN impuesto SN=3

Aplicando las fórmulas se tiene el factor equivalente de carga para cada tipo de vehículo.

Tipo Vehículo	Fec flexible
LIVIANOS	0,010
BUS 3A	3,554
CAMION 3A	3,554

Tabla 3.13 FEc, factor equivalente de carga

2.6.2 N: Numero de ejes simples equivalentes acumulados de vehículos en el carril y periodo de diseño.

Se parte de la formula inicial, se reemplazan los resultados obtenidos anteriormente para cada factor, y se obtienen los siguientes resultados.

$$N = TPDA * FD * FL * Fp * FEc * 365$$

TIPO VEHÍCULO	TPDA2022	FD	FL	FP	FEC_Flexible	N_Flexible	N
Liviano	492	0.50	1.00	26.975	0.010	84222	5486624 ESALs
Bus 3A	108	0.50	1.00	23.451	3.554	79214	
Camión 3A	136	0.50	1.00	23.451	3.554	5323188	

Tabla 3.14 N: Ejes equivalentes de 8.2 Ton.

2.6.3 Determinación del número estructural SN, método de la AASHTO

El diseño de pavimento se basa en encontrar un “Numero Estructural (SN)” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga esperado. (Rodriguez, Gutierrez, & Garnica, 1998)

La ecuación general y la gráfica para determinar el SN requerido incluyen los siguientes parámetros:

La fórmula de diseño, según el método AASHTO 1993 es:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{(4.2 - 1.5)} \right]}{\left[0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \times \text{Log}_{10}M_R - 8.07$$

Dónde:

- W_{18} = Número de ejes equivalentes para el período de diseño
- M_R = Modulos iliente(lb/pu)
- p_o = Índice de Serviciabilidad Inicial
- p_t = Índice de Serviciabilidad Final
- ΔPSI = Perdida de Serviciabilidad
- Z_R = Factor de Confiabilidad
- S_0 = Desviación Estándar
- SN = Número estructural requerido

2.6.4 Índice de servicialidad

El índice de servicialidad parte del nivel de servicio inicial (P_o) que es función directa del diseño del pavimento y de la calidad de la carretera construida; y del nivel de servicio final (P_t), está en función de la categoría de la carretera y es el índice más bajo que pueda ser tolerado para la circulación antes de efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

- Índice de servicio inicial = 4.2
- Índice de servicio final: Para Autopistas y vías principales 2.5 Para Carreteras 2.0

Donde: $\Delta PSI = P_o - P_t = 4.2 - 2.2 = 2.0$

2.6.5 Factor de confiabilidad Z_r

Es la probabilidad de que la estructura adopte un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño, se toma un valor de 0.85 de las tablas según la AASHTO

ya que esta vía se define como un corredor arterial según el TPDA, llevando a su valor inverso según la distribución normal estándar $Z_r = -1,036$

Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras (AASHTO)		
Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interprovinciales 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

Ilustración 3.12 Niveles de confiabilidad.
(AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004)

2.6.6 Desviación normal estándar S_o

La AASHTO menciona que: “Los valores de desviación estándar (S_o) desarrollados por la AASHTO Road Test no incluyen error por el tránsito. El error de la predicción del comportamiento desarrollado en el tramo de ensayo fue de 0.35 para pavimentos flexibles, lo cual corresponde a una desviación estándar total de 0.45. Valores típicos de S_o son de 0.4 a 0.5 para pavimentos flexibles y de 0.35 a 0.40 para pavimentos rígidos.” (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

Por lo que se toma una desviación estándar de $S_o = 0.45$ por tratarse de pavimento flexible.

2.6.7 Número estructural SN

El cálculo del número estructural se obtiene a través de las siguientes ecuaciones:

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_3 = SN_1 + a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_3 = SN_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capas, representativos de carpeta, base y subbase respectivamente.

D_1 , D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

2.6.8 Coeficientes estructurales de capas (a)

Los materiales usados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible, de acuerdo a sus características, tienen un coeficiente estructural (a).

Los coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento y resistir las cargas solicitantes. (Farinango, 2014)

Se presentan los coeficientes, de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada: carpeta asfáltica, base granular, subbase granular. Los coeficientes ya fueron obtenidos en la parte de determinación del CBR. Solamente determinaremos para la carpeta asfáltica en función del Abaco recomendado por la AASHTO partiendo del módulo elástico del concreto asfáltico, siendo así un valor de a de 0.42.

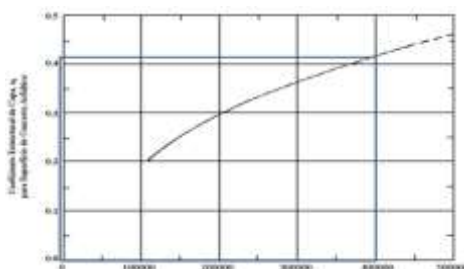


Ilustración 3.13 Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”. (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

2.6.9 Coeficientes de drenaje, m

El coeficiente de drenaje (m) se considera en función al material de la estructura del pavimento y el clima o ambiente de la zona del proyecto.

A partir de la tabla de la AASHTO, considerando una calidad de drenaje bueno en una exposición de 5 – 25 % de la estructura de pavimento a nivel de humedad se tiene un m entre 1.15-1.00, optando por un valor de 1.07 para las capas de base y subbase.

Valores de m recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y subbase granulares				
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

Ilustración 3.14 Coeficiente de drenaje, m (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

2.6.10 Estructura de pavimento

Aplicando las consideraciones anteriores tenemos la estructura del pavimento.

RESUMEN	ESPEJOR (in)	ESPEJOR(cm)	m	a
CAPA ASFALTICA	6	15		0,42
BASE GRANULAR	7	17.5	1,07	0,11
SUBBASE GRANULAR	4	10	1,07	0,135

Ilustración 3.15 Estructura de pavimento

2.7 Diseño geométrico

Actualmente existe una vía de acceso al emplazamiento del equipamiento como ya se mencionó anteriormente sin embargo es importante mencionar que esta vía presenta pendientes abruptas para el proyecto que estamos considerando, ya que al tratarse de una Central de Transferencia de Víveres tendremos en el flujo vehicular alto de vehículos pesados, razón por la cual es necesario modificar el diseño geométrico de la vía actual o en su defecto diseñar una vía de acceso que cumpla y tome en cuenta específicamente la presencia de vehículos pesado dentro de la vía.

A continuación, se muestra el estado de la vía actual en planta, así como su perfil longitudinal y sus características correspondientes.

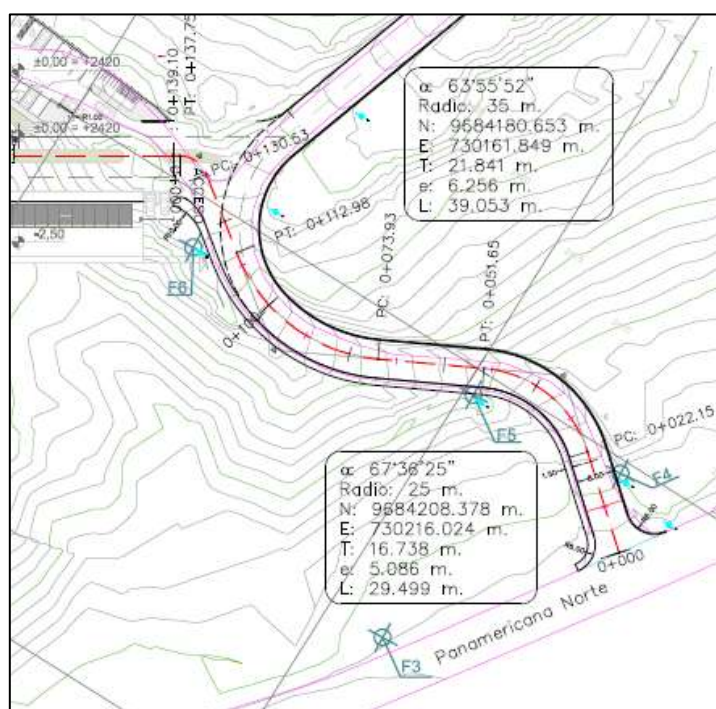


Ilustración 3.16 Vía de acceso actual para la Central de transferencia de Víveres.

La vía actual tiene una longitud aproximada de 131 metros, es una vía a nivel de material de lastre, con un ancho de calzada de 7m hasta llegar al acceso al proyecto.

A continuación, presenta el perfil vertical de la vía de acceso actual.

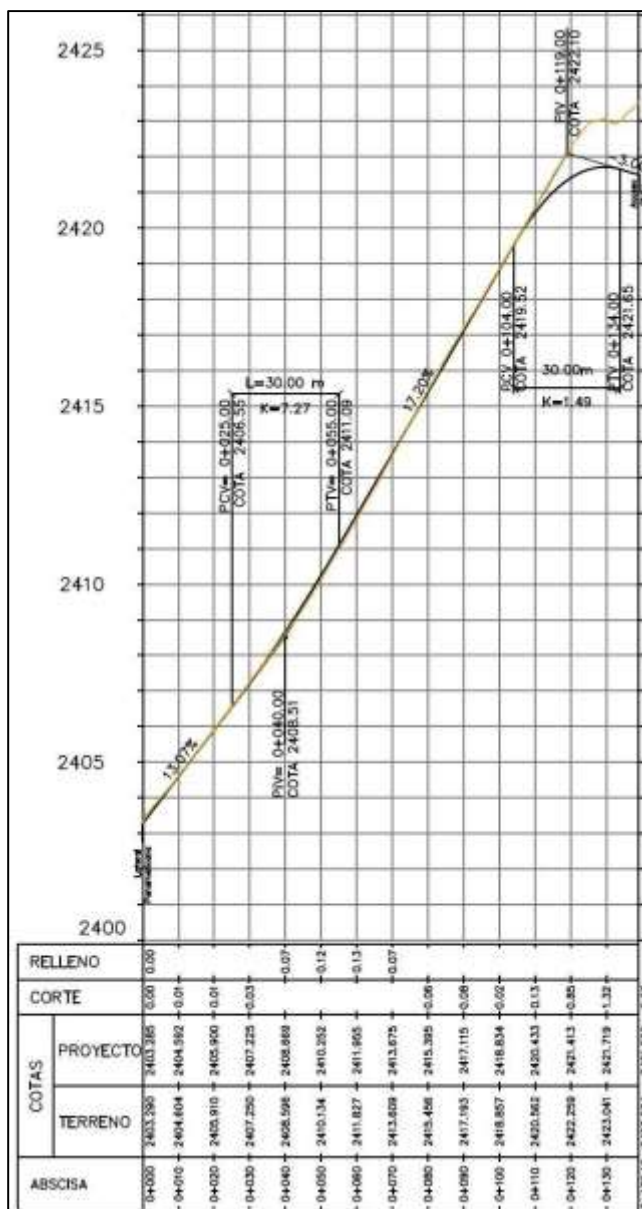


Ilustración 3.17 Alineamiento vertical actual del acceso a la Central de Transferencia

En la ilustración podemos observar el perfil longitudinal de la vía de acceso actual, en donde se tiene que los 40m de inicio de la vía tiene una pendiente de 13.07% y el resto de la vía es de 17.20%, a partir de estas referencias y basándonos en la norma MTOP 2003 consideramos que la vía actual no es apta para el acceso al proyecto ya que tendremos una alta afluencia de vehículos pesados, por consiguiente, la pendiente no es apta para su circulación. Por lo que se realizara el trazado de dos alternativas, posteriormente se evaluarán y se tomará la mejor alternativa en función del cumplimiento de las normas de diseño geométrico.

Para mejorar el diseño geométrico de la vía se partirá desde el trazado existente, el objetivo es cumplir con la normativa establecida por el MTOP2003, para la topografía existente, y un TPDA calculado con un periodo de diseño de 20 años.

2.7.1 Clasificación topográfica

En función de la topografía levantada se observó que el terreno presenta pendientes trasversales entre 5% y 17%, por lo que en función de la siguiente clasificación según el MTOP 2012 caracterizamos como un terreno montañoso.

Categoría	Pendiente Transversal	Movimiento de tierra	Gradiente longitudinal
Terreno Plano	$PT \leq 5\%$	Mínimo movimiento de tierras	Menor al 3%
Terreno Ondulado	$5\% \leq PT \leq 12\%$	Moderado movimiento de tierras	Del 3% al 6%
Terreno Montañoso	$12\% \leq PT \leq 40\%$	Grandes movimientos de tierra	Del 6% al 8% son comunes
Terreno Escarpado	$PT \geq 40\%$	Máximo movimiento de tierras	Mayor al 8%

Tabla 3.15 Clasificación del terreno en función de su topografía.
(Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

2.7.2 Vehículo de diseño

En el diseño de una carretera se debe tener en cuenta la característica de operación de los vehículos, la composición vehicular con el fin de seleccionar o estimar el vehículo tipo para el diseño de la vía, ya que la longitud y las dimensiones son el insumo para establecer los radios de giro y rotondas. El MTOP, considera varios tipos de vehículos de diseño, más o menos equivalentes a los identificados por la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) por lo que en nuestro caso al tratarse de una Central de Transferencia de Víveres se espera un flujo vehicular de camiones, por lo que en función de la composición vehicular actual se estima que el vehículo diseño tipo es el 3A por lo que hay que tener en cuenta la longitud, ancho, y altura del vehículo de diseño.

A continuación, se presenta una tabla de las características del vehículo tipo para el cual se va a diseñar la vía.



TIPO	DISTRIBUCIO MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (TON)	LONGITUDES MAXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
				LARGO	ANCHO	ALTO
3A		 Camión de 3 ejes	27	12.04	2.44	4.10

Tabla 3.16 Características del vehículo de diseño
(Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

En la tabla podemos observar las características del vehículo de diseño, en si peso máximo permitido, largo, ancho y alto permitidos.

En la siguiente ilustración observamos las características mínimas que se requieren en el diseño geométrico de la vía, en función del vehículo de diseño.

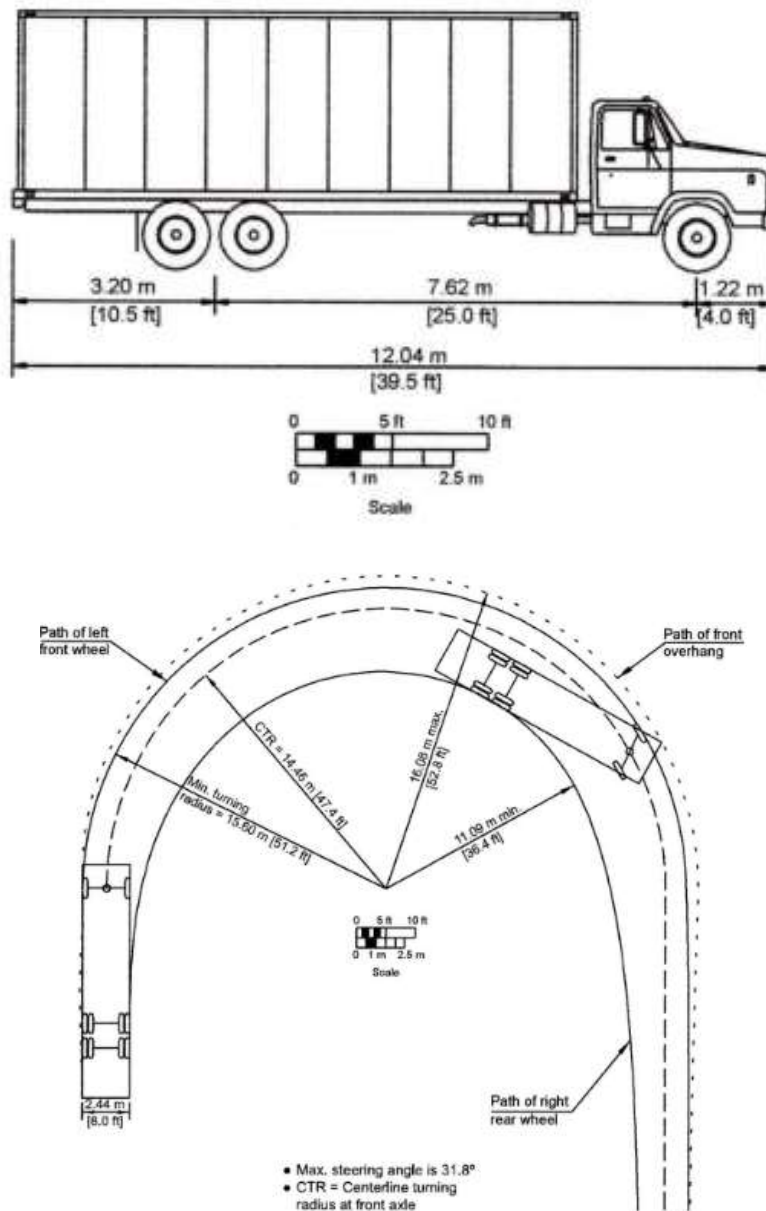
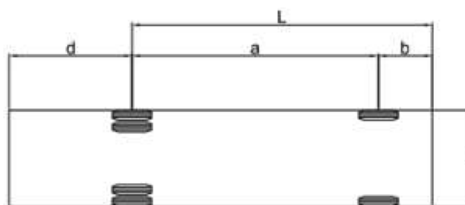


Ilustración 3.18 Características mínimas requeridas del vehículo de diseño.
(Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

Es importante recalcar que, al no contar con las longitudes exactas entre ejes, se trabajara con la normativa INVIAS (INVIAS, 2008) , a continuación, se presenta una tabla con los valores requeridos:



CATEGORÍA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
2 Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3 Camión de tres ejes o dobletroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

Tabla 3.17 Longitudes entre ejes, vehículo de diseño. (INVIAS, 2008)

2.7.3 Velocidad de diseño

El Trafico Promedio Diario Anual TPDA proyectado para el año 2042 es de 2975, por lo tanto, en función de la tabla se tiene que la carretera es una vía II, de dos carriles, esto equivale a una vía de mediana capacidad.

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

Tabla 3.18 Clasificación de carreteras en base al TPDA. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

A continuación, se presenta la tabla de velocidad de diseño, la cual se selecciona tomando en cuenta la función de la vía y su relieve, la vía tiene una función de corredor arterial y el relieve de la zona del proyecto es montañoso por lo que la velocidad de diseño esta entre 80-60km/h, sin embargo hemos seleccionado una velocidad de diseño de 30km/h, debido a que en el estudio de velocidades de punto realizado en las aproximaciones de la intersección se ha determinado una velocidad promedio de 28.93km/h sobre la Panamericana Norte, y sobre la vía de acceso actualmente una velocidad de 17.23km/h.

Categoría de la vía	Velocidad de diseño en km/h											
	Básica						Permisible en tramos difíciles					
	(relieve llano)			(relieve ondulado)			(relieve montañoso)			(relieve montañoso)		
R - I o R - II	120	110	100	95	110	90	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
I	110	100	100	90	100	80	95	85	90	80	90	80
II	100	90	90	85	90	80	90	80	80	60	80	60
III	90	80	85	80	80	60	85	80	70	50	70	40
IV	80	60	80	60	60	35	80	60	60	40	60	30
V	60	50	60	50	50	35	60	35	50	25	50	25

Tabla 3.19 Velocidad de diseño en función de la categoría de la vía y su relieve. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

2.7.4 Radio mínimo

El radio mínimo para una curva circular es un valor límite para una velocidad de diseño dado y se lo determina mediante el empleo del peralte máximo admisible y el coeficiente de fricción lateral.

$$R_{min} = \frac{V_{CH}^2}{127(e + f)}$$

Dónde:

V_{CH} = velocidad específica del elemento en Km/h

e: peralte máximo adoptado (%)

f: coeficiente de fricción lateral (También lo denominaremos J)

Por qué determinamos nuestro e_{max} y f_{max} a partir de las siguientes tablas.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMO $f_{máx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Tabla 3.20 Coeficientes de fricción transversal
(AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004)

La velocidad de diseño es de 30km/h por lo que le corresponde un peralte de un coeficiente de fricción de 0.28.

El peralte obtenemos de la tabla a continuación, el AASHTO establece que para carreteras en terrenos montañosos el peralte máximo a emplearse es del 10%, en nuestro caso basándonos en la velocidad de diseño consideramos un valor de 8% en función de la tabla recomendada.

Design Speed (km/h)	Limiting Superelevation Rate (%)
20	8
30	8
40	10
50	11
60	11
70	12

Tabla 3.21 Valores de peraltes limites
(AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004)

Aplicando estos valores en la fórmula de radio mínimo, obtenemos el valor de $R_{min} = 19.69m$, tomando como R_{min} : 20m.

2.7.5 Velocidad de circulación

La velocidad de circulación siempre será menor que la velocidad de diseño y se obtiene a partir de la distancia recorrida en un tiempo determinado.

En base a la siguiente tabla obtendremos la velocidad de circulación el proyecto (MTO, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

Velocidad de diseño en Km/h	Velocidad de circulación en km/h		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48

Tabla 3.22 Relación entre la velocidad de diseño y la velocidad de circulación (MTO, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

Se toma una velocidad de circulación de 25km/h para un tránsito medio

2.8 Diseño geométrico horizontal

2.8.1 Distancia de visibilidad

La capacidad de visibilidad del conductor es importante en la vía por la seguridad y eficiencia de operación y ejecución de maniobras, esta puede evaluarse de dos formas:

- Distancia requerida para que un vehículo pueda divisar un obstáculo en la vía.
- Distancia necesaria para que un vehículo pueda rebasar a otro que va en el mismo sentido.

2.8.2 Distancia de visibilidad de parada

Distancia mínima requerida para que el conductor que viaja a la velocidad específica, pueda detenerse si se encuentra un obstáculo inesperado o una situación de peligro.

El cálculo de este valor se lo obtiene en función de las recomendaciones de la AASHTO, el cual recomienda un tiempo de reacción de 2.5seg y una tasa de desaceleración de 3,4m/seg², se obtiene a partir de las siguientes formulas:

$$D_p = d_1 + d_2$$

$$d_1 = d_p = 0.278 * vt = 0.278 * 27 * 2.5 = 18.77m$$

$$d_2 = d_f = \frac{v^2}{254 * (f \pm p)} = d_2 = d_f = \frac{27^2}{254 * (0.23 + 0.10)} = 7.55m$$

Donde:

Dp = distancia de visibilidad de parada

t = tiempo de reacción 2,5seg

v= velocidad del vehículo

p = pendiente longitudinal de la carretera.

f = factor de fricción longitudinal.

Aplicando las ecuaciones obtenemos una distancia de parada de 26.32m

El MTOP recomienda tomar en consideración la siguiente tabla en función de la velocidad de diseño y de la gradiente longitudinal.

Velocidad de Diseño-Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (Kph)		GRADIENTE "G" %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0,468	13,75	13,70	13,60	13,27	14,34	14,13	14,06	14,02
25	24	0,443	16,47	16,40	16,26	15,78	17,33	17,02	16,91	16,85
30	28	0,423	19,18	19,08	18,89	18,25	20,35	19,93	19,77	19,69
35	33	0,403	22,55	22,42	22,15	21,27	24,18	23,59	23,37	23,26
40	37	0,389	25,23	25,07	24,73	23,63	27,28	26,54	26,27	26,13
45	42	0,375		28,36	27,98	26,52	31,22	30,26	29,91	
50	46	0,365		30,98	30,47	28,78	34,42	33,25	32,83	
60	55	0,345		36,82	35,09	33,71	41,75	40,07	39,47	
70	63	0,332			40,00	37,89	48,44	46,22		
80	71	0,320			40,99	41,90	55,28	52,45		
90	79	0,310			45,81	45,73	62,28	58,76		
100	86	0,302			50,54	48,93	68,54			
110	92	0,296				51,57	74,00			
120	100	0,286				56,14	84,24			

Tabla 3.23 Mínima distancia de visibilidad de parada. (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

En función de la tabla, para una velocidad de 30km/h y teniendo en cuenta que el relieve es montañoso por lo que se toma una pendiente de 9%, donde tenemos una distancia de visibilidad de parada mínima de 19.77m

2.8.3 Distancia de visibilidad de rebasamiento

Distancia mínima requerida para que un conductor pueda efectuar la maniobra de rebasamiento a un vehículo que circula adelante en su mismo carril y dirección. Consta de dos etapas, la primera consiste en la invasión al carril opuesto y la segunda al regreso al carril de sentido de circulación.

$$D_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Donde:

Dr: Distancia de visibilidad de rebasamiento.

d1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.

$$d_1 = 0.278 * t_1 * \left(V - m + \frac{a * t_1}{2} \right)$$

t1: Tiempo de la maniobra inicial, en segundos.

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

a: Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h/s.

m: Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos

d2: Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.

$$d_2 = 0.278 * V * t_2$$

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

t2: Tiempo empleado por el vehículo al realizar la maniobra para volver a su carril, en segundos.

d3: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros. Distance variable entre 30 y 91m (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004).

d4: Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en 2/3 de d2), en metros.

	Velocidad de diseño Vd (km/h)	Rango de valores de rebasamiento			
		50-65	66-80	81-95	96-110
		Promedio de velocidad de rebasamiento km/h			
	30	56.2	70	84.5	99.8
Maniobra inicial					
a=Aceleración promedio km/h/s	2.16	2.25	2.3	2.37	2.41
t1= Tiempo s	2.84	3.6	4	4.43	4.5
d1= distancia recorrida (m)	14.26	45.29	66.28	92.06	112.87
Ocupación del carril contrario					
t2= tiempo s	7.97	9.30	10.00	10.70	11.30
d2= distancia recorrida (m)	66.48	145.30	194.60	251.35	313.51
Distancia de seguridad					
d3= distancia recorrida (m)	10.00	30.00	55.00	75.00	90.00
Vehículo en sentido opuesto					
d4= distancia recorrida (m)	44.32	96.87	129.73	167.57	209.01
Distancia total (m)	135.06	317.45	445.61	585.98	725.39

Tabla 3.24 Mínima distancia de visibilidad de rebasamiento en carreteras de dos carriles. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

En función de la velocidad de diseño se obtiene una distancia mínima de rebasamiento de 135m.

2.9 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal de basa en una proyección del eje de la vía en un plano horizontal, está compuesto de las tangentes y las curvas ya sean circulares o de transición. (MTO, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

El radio mínimo para curvas horizontales ya fue definido en el punto anterior.

2.9.1 Peralte con curvas diferente a mínimo

Para la determinación del peralte a emplearse en curvas horizontales con radios distintos al radio mínimo se utilizará el método 5 propuesto por la AASHTO. Para la aplicación de este método, la AASHTO recomienda el uso de tablas que contienen los valores de los peraltes correspondientes a varios valores de radios de curva específicos, dados el peralte máximo y la velocidad de diseño; en el uso de estas tablas, la AASHTO recomienda: “... para un radio específico, la interpolación no es necesaria ya que el peralte debe ser determinado a partir de un radio igual, o ligeramente menor que el radio indicado en la tabla” (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004), sin embargo, para mayor precisión en los cálculos, de ser necesario, se realizará una interpolación para los radios determinados en el presente diseño.

e (%)	Metric													
	$V_d = 20$ km/h	$V_d = 30$ km/h	$V_d = 40$ km/h	$V_d = 50$ km/h	$V_d = 60$ km/h	$V_d = 70$ km/h	$V_d = 80$ km/h	$V_d = 90$ km/h	$V_d = 100$ km/h	$V_d = 110$ km/h	$V_d = 120$ km/h	$V_d = 130$ km/h		
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)		
NC	197	454	790	1110	1520	2000	2480	3010	3690	4250	4960	5410		
RC	145	333	580	815	1120	1480	1840	2230	2740	3160	3700	4050		
2.2	130	300	522	735	1020	1340	1660	2020	2480	2860	3360	3680		
2.4	118	272	474	669	920	1220	1520	1840	2260	2620	3070	3370		
2.6	108	249	434	612	844	1120	1390	1700	2080	2410	2830	3110		
2.8	99	229	399	564	778	1030	1290	1570	1920	2230	2620	2880		
3.0	91	211	368	522	720	952	1190	1460	1790	2070	2440	2690		
3.2	85	196	342	485	670	887	1110	1360	1670	1940	2280	2520		
3.4	79	182	318	453	626	829	1040	1270	1560	1820	2140	2370		
3.6	73	170	297	424	586	777	974	1200	1470	1710	2020	2230		
3.8	68	159	278	398	551	731	917	1130	1390	1610	1910	2120		
4.0	64	149	261	374	519	690	866	1060	1310	1530	1810	2010		
4.2	60	140	245	353	490	652	820	1010	1240	1450	1720	1910		
4.4	56	132	231	333	464	617	777	953	1180	1380	1640	1820		
4.6	53	124	218	315	439	586	738	907	1120	1310	1560	1740		
4.8	50	117	206	299	417	557	703	864	1070	1250	1490	1670		
5.0	47	111	194	283	396	530	670	824	1020	1200	1430	1600		
5.2	44	104	184	269	377	505	640	788	975	1150	1370	1540		
5.4	41	98	174	256	359	482	611	754	934	1100	1320	1480		
5.6	39	93	164	243	343	461	585	723	896	1060	1270	1420		
5.8	36	88	155	232	327	441	561	693	860	1020	1220	1370		
6.0	33	82	146	221	312	422	538	666	827	976	1180	1330		
6.2	31	77	138	210	298	404	516	640	795	941	1140	1280		
6.4	28	72	130	200	285	387	496	616	766	907	1100	1240		
6.6	26	67	121	191	273	372	476	593	738	876	1060	1200		
6.8	24	62	114	181	261	357	458	571	712	846	1030	1170		
7.0	22	58	107	172	249	342	441	551	688	819	993	1130		
7.2	21	55	101	164	238	329	425	532	664	792	963	1100		
7.4	20	51	95	156	228	315	409	513	642	767	934	1070		
7.6	18	48	90	148	218	303	394	496	621	743	907	1040		
7.8	17	45	85	141	208	291	380	479	601	721	882	1010		
8.0	16	43	80	135	199	279	366	463	582	699	857	981		
8.2	15	40	76	128	190	268	353	448	564	679	834	956		
8.4	14	38	72	122	182	257	339	432	546	660	812	932		
8.6	14	36	68	116	174	246	326	417	528	641	790	910		
8.8	13	34	64	110	166	236	313	402	509	621	770	888		
9.0	12	32	61	105	158	225	300	386	491	602	751	867		
9.2	11	30	57	99	150	215	287	371	472	582	731	847		
9.4	11	28	54	94	142	204	274	354	453	560	709	828		
9.6	10	26	50	88	133	192	259	337	432	537	685	809		
9.8	9	24	46	81	124	179	242	316	407	509	656	786		
10.0	7	19	38	68	105	154	210	277	358	454	597	739		

Tabla 3.25 Radios mínimos para peraltes específicos, dada la velocidad de diseño y un peralte máximo e(máx)=10% (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004)

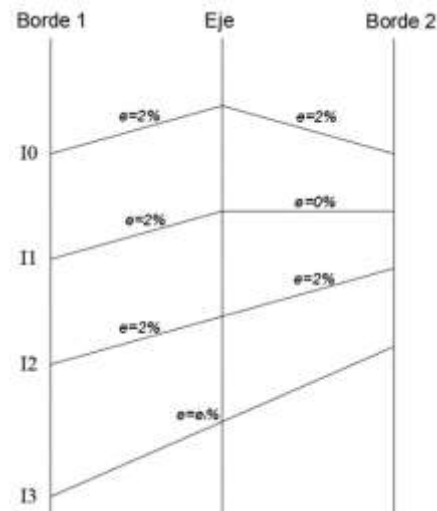
2.9.2 Transición del peralte

El peralte en una vía es de suma importancia porque provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre las curvas horizontales. (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

Existen tres procedimientos para la transición o desarrollo del peralte: rotando la calzada alrededor del eje central, rotando alrededor de su borde interior o alrededor de su borde exterior (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012). En el estudio se empleará el primer procedimiento ya que permite un desarrollo más armónico y genera una menor distorsión de los bordes de la corona, el cual tiene cuatro fases:

En esta ocasión utilizamos el primer proceso que tiene cuatro fases:

1. El borde interno y externo están al mismo nivel, con un bombeo de 2% y se encuentran por debajo del nivel del eje.
2. El borde externo se encuentra al nivel del eje, y el interno conserva el bombeo del 2%.
3. El borde externo se eleva de manera que toda la sección transversal tiene una pendiente igual al del bombeo de 2%.



4. Se levanta el borde externo y descende el interno para que toda la sección transversal tenga una pendiente igual al peralte.

Ilustración 3.19 Etapas del desarrollo del peralte. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

La longitud necesaria para el desarrollo o transición del peralte está dividida en dos partes: 1) la distancia de aplanamiento, en la que el borde del carril externo de la calzada se eleva hasta encontrarse al mismo nivel del eje de la misma, x, y 2) la distancia de transición del peralte, es aquella necesaria para que se produzca el máximo peralte de la curva, a partir de que se cumplió la longitud de aplanamiento. Ltr. La longitud necesaria para el desarrollo del peralte está en función de la gradiente longitudinal relativa (i), para esto nos basaremos en la tabla a continuación. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

V _d , km/h	Valor de i, %
20	0,800
30	0,750
40	0,700
50	0,650
60	0,600
70	0,550
80	0,500

Tabla 3.26 Gradientes longitudinales relativas máximas. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

Para el estudio desarrollado con una velocidad de diseño de 30km/h la gradiente longitudinal relativa es de 0.75%

2.9.3 Longitud de aplanamiento

Es necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane. (MTOPI, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003), se expresa con la ecuación:

$$\text{Long. de aplanamiento} = x = \frac{b * p}{i} = \frac{3.5m * 2}{0.75} = 9.33m$$

Dónde:

$b = \text{ancho del carril, m}$

$p = \text{bombeo del carril, \%}$

$i = \text{gradiente longitudinal de desarrollo del peralte}$

2.9.4 Longitud de transición

Para curvas circulares se ubica a 2/3 de la longitud de transición en tangente y a 1/3 en la curva; para caso extremos a 1/2 en la longitud de la transición de la tangente y 1/2 en la curva.

$$\text{Long. de transición de peralte} = Ltr = \frac{b * p}{i} = \frac{3.5m * 8}{0.75} = 37.33m$$

Dónde:

$b = \text{ancho del carril, m}$

$p = \text{peralte en curva, \%}$

$i = \text{gradiente longitudinal de desarrollo del peralte}$

2.9.5 Tangente intermedia mínima

La tangente intermedia mínima es aquella distancia mínima que se necesita entre dos curvas horizontales consecutivas de tal manera que no se traslapen las longitudes correspondientes a la finalización e inicio de desarrollo de peraltes, respectivamente, entre dichas curvas. Se pueden dar los siguientes casos:

- En el caso de dos curvas circulares consecutivas, es la distancia mínima que debe existir entre el PT de una curva y el PC de la siguiente. Las longitudes de transición se dividen en: 2/3 LT en tangente (antes del PC y después del PT), y 1/3 LT en la curva, (después del PC y antes de PT), por lo tanto, la longitud de tangente mínima para este caso se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$T_M = \frac{2Ltr_1}{3} + \frac{2Ltr_2}{3} + X_1 + X_2$$

Donde:

$T_M = \text{Tangente intermedia mínima, m}$

$L_{tr\ 1,2} = \text{Longitud de transición del peralte, m}$

$X_{1,2} = \text{Longitud de aplanamiento, m}$

- Para casos extremos o críticos cuando la longitud de transición se distribuya 1/2LT en la recta y 1/2LT en la curva, la tangente intermedia mínima sería:

$$T_M = \frac{L_{tr1}}{2} + \frac{L_{tr2}}{2} + X_1 + X_2$$

En este caso, la longitud mínima del arco circular sería = 1/2 ($L_1 + L_2$)

Resolviendo las ecuaciones anteriores se tiene una tangente intermedia mínima de 68.4m y 50 para casos críticos de 56m.

2.9.6 Sobreechancho

Los vehículos ocupan un mayor espacio en curvas debido a su rigidez y dimensiones, por lo que debemos añadir un sobreechancho el cual otorga a la vía seguridad y comodidad (AASHTO, Geometric Design of Highways and Streets, 2004); el valor se lo obtiene en función del vehículo tipo a partir del tráfico existente. El MTOP recomienda calcular el sobreechancho en función de:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) \frac{V_d}{10 + \sqrt{R}}$$

En donde:

$S = \text{sobreechancho, m}$

$n = \text{número d carriles}$

$R = \text{Radio curva, m}$

$L = \text{Longitud entre el frente y eje posterior del vehiculo de diseño, m}$

$V_d = \text{Velocidad de diseño, km/h}$

El MTOP recomienda por temas económicos tomar como valor mínimo un sobreechancho de 30cm cuando la velocidad sea de hasta 50km/h (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

2.10 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de una vía es de gran importancia al igual que el alineamiento horizontal, debe estar en contraste con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y las distancias de visibilidad, por lo que se procede a realizar el perfil vertical del mismo. La norma menciona que en ningún caso se puede sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

2.10.1 Tangente vertical

El trazado del perfil vertical de la vía es la unión de arcos parabólicos, llamadas tangentes. La longitud de la tangente depende de la topografía del terreno donde se emplazará la vía, puede adoptar pendientes máximas y mínimas.

2.10.2 Pendiente máxima

El MTOP recomienda tomar la pendiente máxima en función del tipo de vía, esto en base a la tabla a continuación:

Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (porcentaje)						
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 menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Tabla 3.27 Gradientes máximas según el tipo de vía a diseñar. (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

La gradiente máxima para el estudio es de 8% debido al tipo de vía II.

Debido a la topografía del terreno, al uso que se le dará a la vía y la cantidad considerada de tráfico vehicular, en su mayoría camiones, no se ha podido respetar la máxima gradiente.

2.10.3 Pendiente mínima

La pendiente mínima debe garantizar el escurrimiento de aguas lluvias con facilidad desde la superficie de rodadura hacia las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el funcionamiento adecuado de la vía es 0,5%

2.10.4 Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K por el valor absoluto de la diferencia de pendientes.

2.10.5 Curvas verticales convexas

La longitud mínima de las curvas verticales convexas según el MTOP, se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada de un vehículo, considerando como parámetros: la altura del ojo del conductor = 1,15 metros (H); y, la altura del objeto que se divide sobre el camino = 0,15 metros (h) (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

$$L = \frac{AS^2}{426}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, m

A = diferencia algebraica de las gradientes, %

S = distancia de visibilidad de parada, m

$$L = K A$$

En la tabla a continuación se muestran los valores mínimos de K, para curvas verticales convexas en función de la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño kph	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Tabla 3.28 Valores mínimo de diseño del coeficiente K, para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas. (MTOP, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

En función de la velocidad de diseño se tiene un valor de K de 2.

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se indica a partir de la siguiente ecuación:

$$L_{min} = 0.6 V = 18m$$

Donde:

$$V = \text{velocidad de diseño, km/h}$$

2.10.6 Curvas verticales cóncavas

Debido a la seguridad de la vía es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de tal manera que los rayos de luz de los faros de un vehículo sean aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

La ecuación depende de la altura de las luces delanteras del vehículo (H), para lo cual se asume un valor de 60 centímetros y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba de 1°, respecto al eje longitudinal del vehículo. (MTO, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, m

A = diferencia algebraica de las gradientes, %

S = distancia de visibilidad de parada, m

$$L = K A$$

En la tabla a continuación se muestran los valores mínimos de K, para curvas verticales cóncavas en función de la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño kph	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/122+3,5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Tabla 3.29 Valores mínimo de diseño del coeficiente K, para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas. (MTO, Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

En función de la velocidad de diseño se tiene un valor de K de 4.

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales cóncavas, expresada en metros, se indica a partir de la siguiente ecuación:

$$L_{min} = 0.6 V = 18m$$

Donde:

$$V = \text{velocidad de diseño, km/h}$$

2.11 Sección transversal

En la presente sección se presentan los elementos geométricos asumidos y determinados para la sección transversal de la ruta trazada, estos son: ancho de calzada, cunetas, espaldones, acera, taludes y estructura de soporte.

- Ancho total: 11.60m
- Carril: 3.50m
- Cuneta: 0.60m
- Talud de corte: 1H:1V
- Talud de relleno: 1H:1V

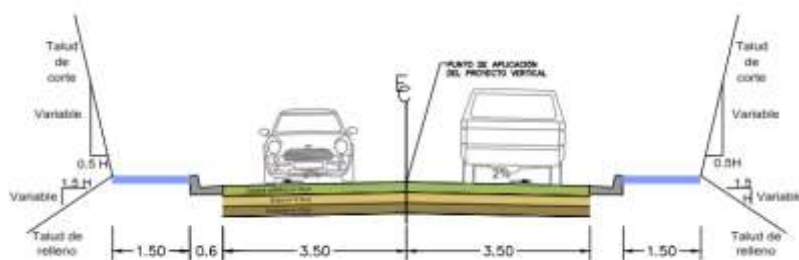


Ilustración 3.20 Sección tipo

2.12 Análisis de las alternativas

2.12.1 Alternativa 1

La Alternativa de trazado geométrico 1 inicia en la Panamericana Norte y finaliza en el área de ingreso hacia la central de transferencia; el trazado geométrico 1 tiene una longitud de 283,14 m, con pendientes de 8,40% en el tramo inicial de 250,00m y el tramo final con pendiente de 2,1% en una distancia de 33,14m.

En la intersección de la vía de acceso y la Panamericana Norte es factible la construcción de una intersección semafórica o el emplazamiento de una rotonda con diámetro interior de 40m, en la Ilustración 3.21 se presenta el emplazamiento del trazado de la alternativa 1.

Para la Av. Panamericana Norte en el año actual se determinó un TPDA de 10526 vehículos, 5116 en sentido Este-Oeste y 5410 en sentido Oeste-Este; según las Normas de Diseño Geométrico de carreteras del MTOP 2003 en el cuadro III-1 con TPDA mayor a 8000 vehículos corresponde a un corredor arterial tipo autopista con dos carriles destinados a la circulación de vehículos en ambos sentidos. Por lo tanto, la Av. Panamericana Norte se debe clasificar como autopista con dos carriles para cada sentido de circulación.



Ilustración 3.21 Emplazamiento alternativa 1

2.12.2 Alternativa 2

La Alternativa de trazado geométrico 2 inicia en la Panamericana Norte y finaliza en el área de ingreso hacia la central de transferencia, tiene una longitud de 194.56 m, con pendientes de 9.35% en el tramo inicial de 60m, luego con pendiente de 11.61% en una longitud de 90m y el tramo final con pendiente de 3.93% en una longitud de 44.56m. Es factible la construcción de una intersección semafórica, en la Ilustración 3.22 se presenta el emplazamiento del trazado de la alternativa 2.

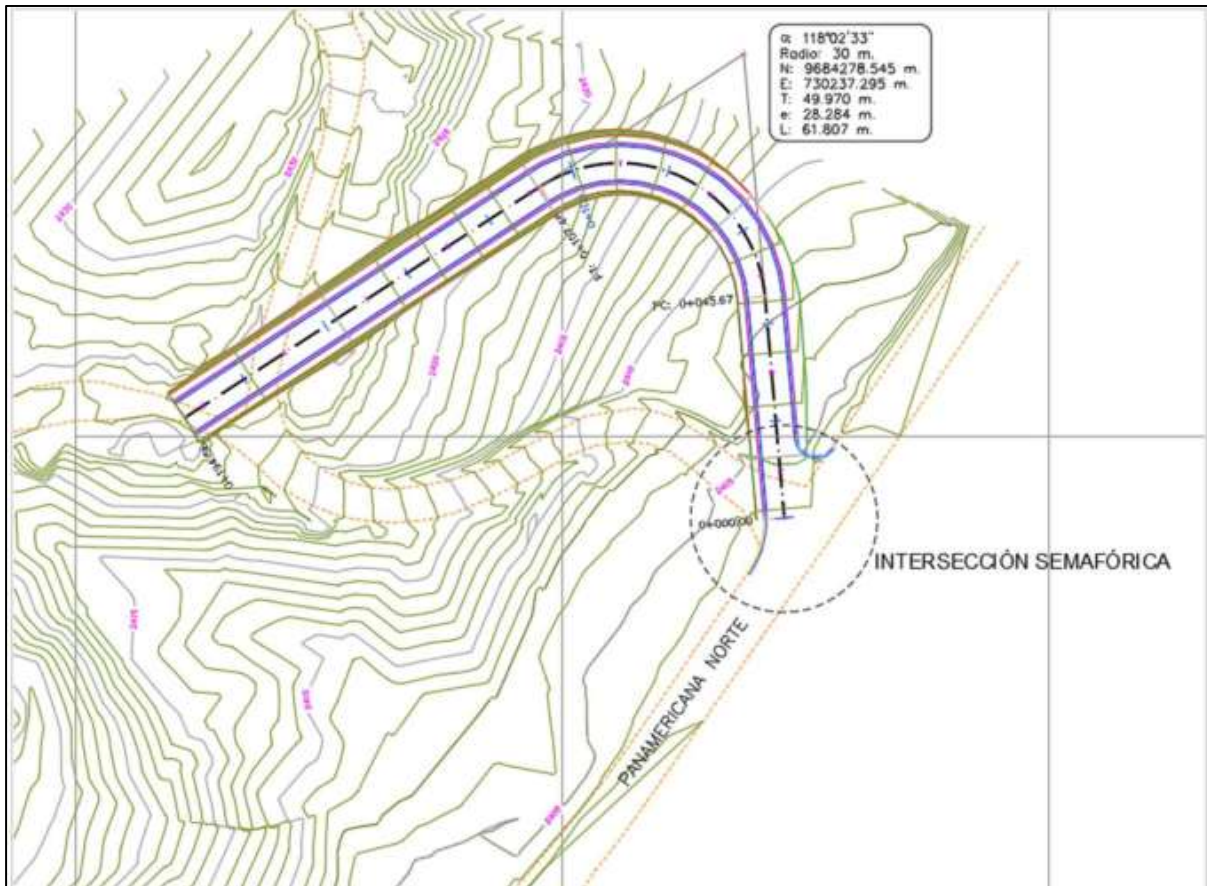


Ilustración 3.22 Emplazamiento alternativa 2

Las alternativas de trazado están diseñadas para velocidades de circulación de 30 km/h y los demás parámetros según el diseño horizontal y vertical, los radios de curvas de cada una de las alternativas se describen a continuación:

- Alternativa 1: Radio de curvatura de 45m
- Alternativa 2: Radio de curvatura de 30m

2.12.3 Evaluación de las alternativas

Para el análisis de las alternativas planteadas se considera el Método de Bruce

El método se basa en el concepto de la longitud resistente; compara para cada alternativa: la longitud, desniveles y pendientes (Cárdenas Grisales, 2013)

- Para el tramo de IDA, la longitud resistente se calcula con la siguiente fórmula:

$$x_0 = x + k \sum y$$

Donde:

x_0 : Longitud resistente (m).

x : Longitud total del trazado(m).

$\sum y$: Sumatoria de las diferencias de nivel ascendentes en el sentido de evaluación (m).

k : Inverso del coeficiente de tracción.

- Para el tramo de REGRESO se aplica la siguiente fórmula:

$$x_0 = x + k \left[\sum_i^n y + l_i(P_i - P_r) \right]$$

Donde:

x_0 : Longitud resistente (m).

x : Longitud total del trazado(m).

$\sum y$: Sumatoria de las diferencias de nivel ascendentes en el sentido de evaluación (m).

k : Inverso del coeficiente de tracción.

P_i : Pendiente del tramo en cuestión.

P_r : Pendiente recomendada o especificada para el proyecto.

l_i : Longitud del tramo descendente con $P_i > P_r$

Tanto en el proceso de ida como en el de regreso se usa **k**: inverso del coeficiente de tracción según los diferentes tipos de superficie (Cárdenas Grisales, 2013) el cual se observa en la tabla a continuación:

TIPO DE SUPERFICIE	VALOR MEDIO DE k
Carretera en tierra	21
Macadam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento rígido	44

Tabla 3.30 k: inverso del coeficiente de tracción en función

del tipo de pavimento. (Cardenas Grisales, 2013)

Para nuestro caso el tipo de superficie es de pavimento asfáltico por lo tanto tomamos $k=35$

La pendiente recomendada para el proyecto ha sido considerada 8% en función de las comprobaciones necesarias para el tránsito adecuado de los vehículos pesados.

El método de Bruce se ha aplicado para las alternativas analizadas; se ha realizado un cuadro comparativo de longitud resistente X_o , en el cual se muestran los valores de la longitud resistente tanto de ida como de regreso:

Valores de longitud resistente (X_o)

Ruta No.	$X_o(m)$ IDA	$X_o(m)$ REGRESO
1	1030,91	1054
2	817,66	960

Tabla 3.31 Valores de la longitud resistente X_o , para las alternativas evaluadas.

Considerando que todas las alternativas han sido evaluadas en el mismo sentido; adjuntamos la ilustración a continuación, donde se muestra el perfil de cada alternativa y la siguiente tabla la cual presenta las características de las mismas.

A continuación, se presenta un gráfico del perfil longitudinal de las rutas que serán analizadas por este método:

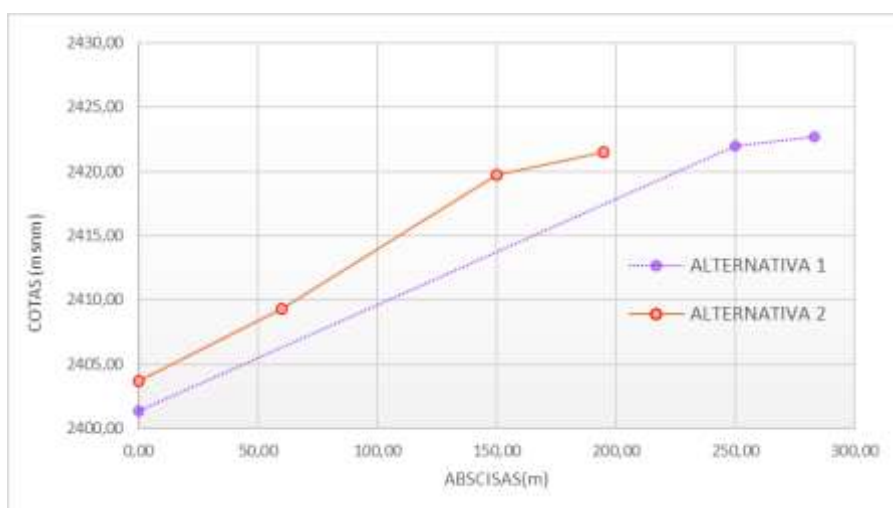


Ilustración 3.23 Perfil longitudinal de las alternativas analizadas

Rutas	IDA Long resistente $X_o(m)$	$X_o(m)$ REGRESO Long resistente $X_o(m)$	Long Real $X(m)$	Factor resistente X_o/X		Pend máx
				IDA	REGRESO	
Alternativa 1	1030,915	1054	283,14	3,64	3,72	8,27%
Alternativa 2	817,665	960	194,56	4,20	4,93	11,60%

Tabla 3.32 Características alternativas analizadas.

Con base al Método de Bruce vemos que la alternativa con la longitud resistente menor tanto de ida como de regreso es la alternativa 2, sin embargo, el factor resistente es mayor a comparación con la alternativa 1, adicionalmente vemos que la alternativa 2 tiene una pendiente de 11,60%; debido a esto y a la función que se espera dar a la vía, se opta por la alternativas 1 para la vía de Acceso a la Central de Transferencia de Víveres.

2.13 Comprobación del diseño geométrico en base a la potencia del vehículo tipo

Realizando un análisis similar al que se efectuó en el capítulo 2, para verificar que el diseño propuesto de la vía de acceso, es accesible para los vehículos pesados característicos que utilizarán esta infraestructura vial; a partir de las mismas especificaciones técnicas detalladas en el capítulo 2 para el vehículo comercial característico, y teniendo en cuenta las condiciones de la vía diseñada y que corresponde a la alternativa seleccionada como la más viable, que comprende radios de 45m, pendiente máxima de 8.4% y velocidad de circulación de 25km/h (considerando que la de diseño es de 30km/h), se obtienen los siguientes resultados.

RESISTENCIA AL AIRE	24
RESISTENCIA A LA RODADURA	602
RESISTENCIA EN CURVAS	3287
RESISTENCIA A LA PENDIENTE	5000
RESISTENCIA TOTAL	8913
POTENCIA NECESARIA	372 SUFICIENTE

Tabla 3.33 Potencia necesaria para la circulación del vehículo característico en la vía de acceso propuesta; Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se verifica que las condiciones de la vía permiten que el vehículo característico comercial desarrolle la potencia suficiente que es necesaria para su circulación segura y confortable.

2.14 Diseño de intersección, tipo rotonda

En función de las alternativas planteadas para la Panamericana Norte y el acceso a la Central de Transferencia de Víveres se opta por realizar el diseño de una rotonda, ya que en lo que respecta a movilidad provee una mayor capacidad que las intersecciones semaforizadas, además de reduce la velocidad de circulación y con ello la severidad de posibles accidentes.

2.14.1 Parámetros geométricos a utilizar

Los parámetros de diseño se han establecido en base a 6 categorías: vehículo de diseño, anillo de circulación, entrada, salida, visibilidad y otros parámetros. En los ítems a continuación se exponen los parámetros geométricos recomendados dentro de la ciudad. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

- Vehículo de diseño: Debe atravesar la intersección sin ningún problema. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)
- Isla Central: El objetivo es brindar una adecuada trayectoria de las aproximaciones generando movimientos homogéneos en todas las entradas; un correcto posicionamiento de la isla evita que los vehículos realicen trayectorias rectas, las cuales producen pérdidas de la percepción del conductor del derecho de paso. Un adecuado dimensionamiento del radio de la isla central y del Diámetro del Círculo Inscrito (DCI) permite acomodar los vehículos largos manteniendo a la vez velocidades bajas en los vehículos livianos. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

Posicionamiento de la isla central	Condición 1: El centro de la isla central debe estar en el polígono formado por los ejes de los ramales.	
	Condición 2: Los ramales pueden estar desfasados a la izquierda del centro de la isla central.	
Distancia entre ramales de aproximación	El ángulo entre los ramales debe ser cercano a 90° y máximo 105°.	
Número de carriles	> al número máximo de carriles en la entrada.	
Ancho de carriles	El ancho de los carriles debe garantizar los movimientos asociados al vehículo de diseño.	
Diámetro del Círculo Inscrito	# de carriles circulación	(m)
	1	30-40
	2	40-50
	múltiples	60-80

Tabla 3.34 Parámetros geométricos para el anillo de circulación. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

- Entrada: El nivel de desempeño de un redondel o rotonda se define por las características geométricas de las entradas. El ancho y el número de carriles son parámetros fundamentales para el cálculo de la capacidad. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

Número de carriles de aproximación	1 para rotondas simples y 2 o más para rotondas múltiples, dependiendo de la demanda de tráfico.
------------------------------------	--

Número de carriles en la entrada	Si es necesario aumentar la capacidad se recomienda incrementar un carril en la entrada	
	# de carriles circulación	(m)
Ancho total de entrada	1	4.2-5.5
	2	7.3-9.1
	3	11.1-13.7
Ancho por carril de aproximación	> 2.5 m y < 3.65m	
Longitud de Cola	> 5 m	
Ángulo de entrada	Condición recomendable: 20-60°	
Radio de entrada	rotondas simples 15-30m, rotondas múltiples > 20m	
	# de carriles circulación	(km/h)
Velocidad a la entrada	1	32-40
	múltiples	40-48

Tabla 3.35 Parámetros geométricos para la entrada. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

- Salida: La geometría en la salida de la rotonda no produce un efecto directo en la capacidad de la misma, lo que busca es establecer condiciones geométricas que generen movimientos rápidos de los vehículos, garantizando así seguridad de los usuarios. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

Número de carriles	Depende el análisis de tráfico; se recomienda 2 o 1 carril con el ancho suficiente para que en caso de que se quede un carro averiado no bloquee la intersección.	
	# de carriles circulación	(m)
Ancho total de salida	1	> 6, recomendado entre 7-7.5
	2	> 8, recomendado entre 10-11
Radio de salida	> 20 m, < 100m	

Tabla 3.36 Parámetros geométricos para la salida. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

- Visibilidad: Garantizar el tiempo de reacción necesario para que un conductor pueda frenar o realizar una maniobra en el caso de existir un evento fortuito. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

	Velocidad de tráfico (km/h)	Distancia(m)
Distancia de parada en la aproximación	40	40
	50	60
	60	80
	DCI (m)	Distancia (m)
Distancia de parada en el carril de circulación	≤40	Todo el cruce
	40-60	40
	60-100	50
Distancia de parada en zonas peatonales en la entrada y salida	Iguales valores de la distancia de parada en la aproximación	
Distancia de visibilidad para el ingreso de los vehículos	Iguales valores de la distancia de parada en el carril de circulación	

Tabla 3.37 Parámetros geométricos para la visibilidad. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

- Otros Factores: Existen muchos parámetros de diseño los cuales pueden influenciar en mayor o menor medida la seguridad y capacidad de la intersección. (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

Consistencia de velocidades	La máxima diferencia de velocidades entre las trayectorias libres de los vehículos deber ser de 25 km/h
Bermas	Máximo 1 m, pueden ser suprimidas
Inclinación longitudinal	Se recomienda que no exceda el 6%, pero puede llegar hasta el 10%
Peralte	(+)-2-2.5%
Isla Separadora	Longitud > Radio externo (DCI/2) o a 15m
	Ancho inicial > Radio externo/4 o a 2.5m Ancho en zona de paso peatonal > 1.2 m

Tabla 3.38 Parámetros geométricos para otros factores (Ortega, Silva, & Guzmán, 2017)

2.14.2 Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos del diseño. En la tabla a continuación se presenta el resumen de los parámetros geométricos utilizados para el anillo de circulación.

Número de carriles de circulación	u	2
Diámetro de la Isla Central	m	32
Berma Interna	m	1.0
Diámetro del Círculo Inscrito	m	48
Ancho de los carriles de circulación	m	6.90
Cota de elevación en el Centro	m.s.n.m	2401.0
Pendiente del Anillo	%	-4
Pendiente de los Carriles de circulación	%	-2

Tabla 3.39 Parámetros (Anillo de Circulación)

Los parámetros geométricos de entrada se resumen en la tabla a continuación:

Parámetros	Aproximación	N	S	O
Número de carriles en la aproximación	u	2	2	1
Ancho de carriles en la aproximación	m	3.30	3.30	4.10
Número de carriles en la entrada	u	2	2	1
Ancho de carriles en la entrada	m	3.30	3.30	4.10
Longitud de cola	m	0	0	0
Radios de entrada	m	30.0	30.0	29.0

Tabla 3.40 Parámetros (Entrada)

La siguiente tabla presenta los parámetros geométricos utilizados para la sección de salida. Se han diseñado todas las salidas, procurando generar los anchos suficientes que garanticen que no se bloquee la intersección en el caso de que algún vehículo se encuentre averiado.

Parámetros	Aproximación	N	S	O
Número de carriles en la salida	u	2	2	1
Ancho de carriles en la salida	m	3.30	3.30	4.10
Radio de salida	m	30.0	30.0	28.0

Tabla 3.41 Parámetros (Salida)

2.15 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se realiza en función de la alternativa tomada, en este caso la alternativa 1 por lo que: para calcular el volumen del material a remover, vamos a utilizar siguiente ecuación prismoidal.

$$V = \frac{L}{6}(F_1 + 4F_m + F_2)$$

Donde:

V = Volumen del prisma

L = Distancia entre dos áreas de secciones transversales paralelas entre sí.

F1,F2 = Áreas de secciones transversales paralelas entre sí.

Fm = Área de sección media.

Luego de corridos los datos del proyecto con programas computacionales como Civil 3D y SIG , en base a la sección típica definida del acceso hacia la nueva central de transferencia, se tienen los siguientes volúmenes de corte y relleno:

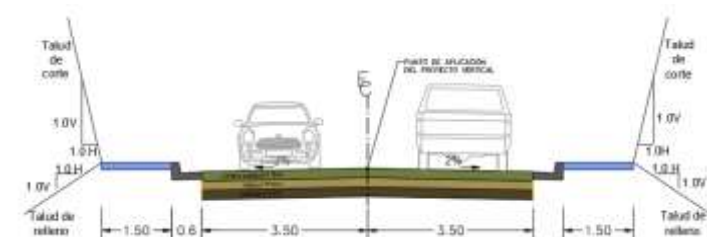


Ilustración 3.24 Sección típica, acceso a la Central transferencia de víveres.

EL volumen de corte y relleno para el proyecto es de:

Volumen de corte:	11187.79 m3
Volumen de relleno:	1183.61 m3

2.16 Análisis de secciones transversales

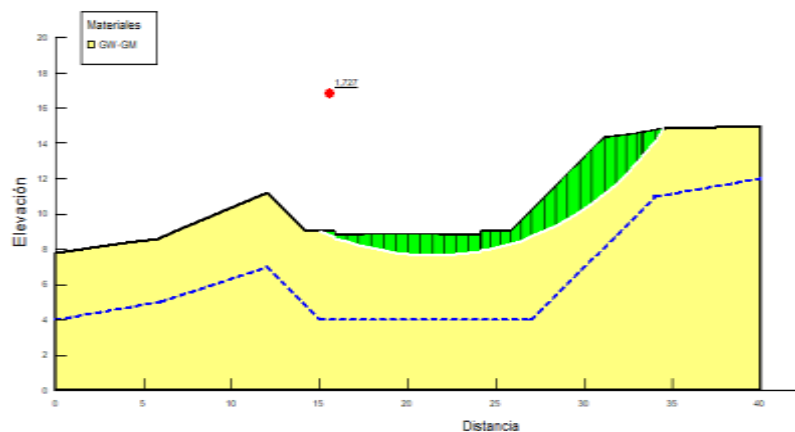
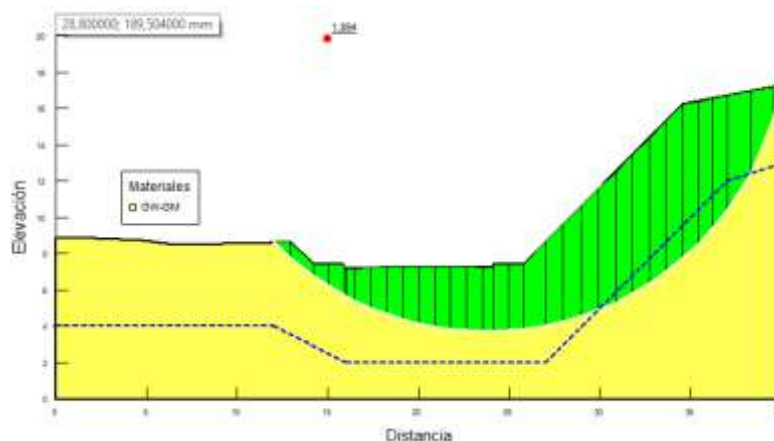
En la sección típica para el proyecto tenemos taludes 1H:1V, en relación a corte tenemos un talud con una altura máxima de 5.11m, por lo que para estar del lado de la seguridad y cumpliendo la normativa, evaluaremos la estabilidad de dos taludes críticos para el proyecto, esto se realiza en base a programas computacionales con la modelación del equilibrio limite en dos dimensiones, con criterio de rotura segun Mohr – Coulomb, en tensiones totales, considerando el criterio de falla inmediata.

EL análisis considero los perfiles topográficos generados de los perfiles trasversales.

El material del talud fue caracterizado según el estudio de suelos del presente proyecto, para este caso un suelo GW-GM, con un peso específico de 20,7 KN/m3, una cohesión de 0.11kg/cm2 y un Angulo de fricción de 32°. Además, en el análisis se agregó un nivel freático impuesto, ya que no pude ser determinado.

Se ha realizado un análisis estático por el método de Spencer, donde según la Norma Ecuatoriana de la Construcción especifica que los factores de seguridad que deberán alcanzar los diseños para su estabilidad son: 1.5 en condiciones estáticas (NEC, 2014).

Se han analizado las secciones transversales 0+090m y 0+220m respectivamente, a continuación, se presentan las siguientes ilustraciones.



Como se observa en las ilustraciones en los dos casos el factor de seguridad supera al recomendado por la norma, por lo que se tiene una estabilidad con un talud de 1.00H:1.00V

2.17 Drenaje

El diseño hidrológico se realizó en función de la información hidrometeorológica disponible para el área de estudio.

El área de implantación del proyecto está en la unidad hidrológica de la microcuenca del río Tomebamba, perteneciente a la subcuenca del río Cuenca.

El río Cuenca se encuentra a 365m de distancia en línea recta hacia el predio donde se desarrollará el proyecto. Este río se forma con la unión de los ríos Tomebamba y Machángara, con una longitud de 12km y una pendiente de 0,97%. A pesar de la disminución de la pendiente frente a sus ríos afluentes, posee características de un río de montaña con gran capacidad de oxigenación y un lecho compuesto de bloques, piedras, cantos y zonas de meandros con grava y arena.

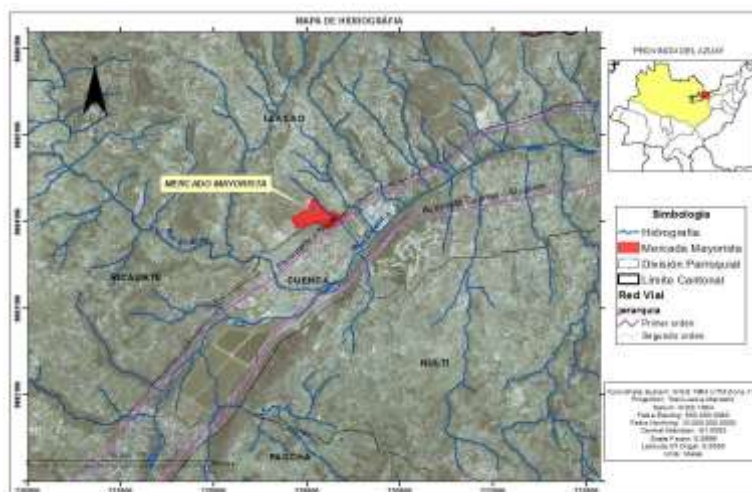


Ilustración 3.27 Red hidrográfica en el área de estudio. (PDOT, 2015)

La zona de estudio se encuentra dentro del clima: Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo, caracterizada por temperaturas irregulares, se ubica sobre los 3.000 a 3.200 msnm. La temperatura oscila de 18 a 22 °C con poca variación entre verano e invierno. La temperatura media anual es inferior a 12°C. La precipitación anual esta entre los 800 mm y los 2.000 mm. (PDOT, 2015). Los registros históricos se basan en la estación meteorológica de Ucuabamba perteneciente a la empresa ETAPA EP(728500 E, 9682150 N, 2430mm)



Ilustración 3.28 Ubicación estación metereologica Ucuabamba. ETAPA EP.

Para el desarrollo del estudio es importante contar con la precipitación de la zona donde se ubica la vía en estudio y el escurrimiento superficial. (MTC, 2011)

ETAPA EP, dispone de una estación pluviográfica en Ucubamba la cual se encuentra ubicada en las coordenadas 728500E, 9682150N, altura de 2430msnm.

Se cuenta con información de precipitación máxima en 24horas registrada por ETAPA EP.

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1998	27,5	2007	49
1999	42,5	2008	40
2000	29	2009	47
2001	41,5	2010	31,5
2002	65	2011	48,5
2003	67	2012	45
2004	47	2013	28
2005	53	2014	47
2006	53	2015	32,5

Tabla 3.42 Precipitación máxima en 24 horas. ETAPA EP.

La verificación de la calidad de datos se realiza con test de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov está basado en un estadístico que mide la desviación de la frecuencia observada acumulada con relación a la frecuencia teórica acumulada.

AÑO	Precipitación (mm)	$F(x) : 1/(N+1)$	F(G)	RANKING	F(x)-F(G)
1998	27,50	0,05	0,029	1	0,02381
2013	28,00	0,11	0,035	2	0,07036
2000	29,00	0,16	0,050	3	0,10824
2010	31,50	0,21	0,103	4	0,10776
2015	32,50	0,26	0,131	5	0,13265
2008	40,00	0,32	0,412	6	0,09651
2001	41,50	0,37	0,472	7	0,10387
1999	42,50	0,42	0,511	8	0,08995
2012	45,00	0,47	0,601	9	0,12757
2004	47,00	0,53	0,665	10	0,13901
2009	47,00	0,58	0,665	11	0,08637
2014	47,00	0,63	0,665	12	0,03374
2011	48,50	0,68	0,708	13	0,02400
2007	49,00	0,74	0,722	14	0,01532
2005	53,00	0,79	0,811	15	0,02160
2006	53,00	0,84	0,811	16	0,03104
2002	65,00	0,89	0,946	17	0,05147
2003	67,00	0,95	0,957	18	0,00931
				máximo	0,13901

Tabla 3.43 Verificación de la calidad de datos, test de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov

En base al análisis de los datos se tiene D es la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada teórica(x) y la frecuencia acumulada teórica F(G), si los valores observados son similares a los esperados, el valor de D será pequeño. Se obtiene una

diferencia absoluta D de 0.13901, y a partir de la tabla del test de Kolmogorov Smirnov para un n de 19, ya que son 19 datos y un 95% de confianza de 95% se tiene un d de 0.30143.

- Si el valor de $D < d$, entonces el ajuste es adecuado.
- Si el valor de $D > d$, entonces el ajuste no es adecuado.

Debido a esto y en función de los resultados se tiene $D=0.13901$ y $d= 0.30143$, por lo que $D < d$, entonces el ajuste es adecuado.

2.17.1 Estimación de la precipitación de diseño

Intervalo de tiempo en años en el que se espera que se presente una sola vez la avenida o precipitación extrema que se considera en el diseño según el MTOP, los periodos de retorno son:

- Cunetas $T=25$ años
- Alcantarillas $T=25$ años

Para determinar los caudales de diseño de las obras hidráulicas se empleó el método estadístico mediante el análisis probabilístico de Gumbel, este método permite determinar precipitaciones máximas para diferentes periodos de recurrencia.

Gumbel utiliza la probabilidad de excedencia de un valor X , el cual está dado por:

$$p = 1 - e^{-e^{-y}}$$

Donde:

p : probabilidad de excedencia de un valor x

e : base de logaritmos naturales = 2,7183

y = variable reducida

La fórmula general está dada por:

$$X = \underline{X} + (0.7797y + 0.45)\sigma_x$$

O bien:

$$X = \underline{X} + K\sigma_x$$

Dónde:

$$K = 0.7797y - 0.45$$

\underline{X} : promedio aritmético de la serie de datos

σ_x : desviación estándar de la serie de datos

K : factor de frecuencia

$$y = -Ln[-Ln(1 - p)]$$

Procesando toda la información de precipitación de la estación de Ucubamba se tiene la proyección para diferentes periodos de tiempo:

T(años)	F(x)	P(mm)	Id TR
5	0,8	52,43	2,18
10	0,9	59,19	2,47
25	0,96	67,74	2,82
50	0,98	74,07	3,09
100	0,99	80,37	3,35

Tabla 3.44 Análisis de Gumbel para precipitaciones máximas en 24 horas. ETAPA EP.



Ilustración 3.29 Ajuste de Gumbel para precipitaciones máxima 24horas

- Tiempo de concentración:

Es el tiempo necesario para que el agua lluvia que cae en el punto más alejado de la sección desagüe en el punto de salida de la cuenca.

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, min

H: diferencia de nivel de los puntos extremos del curso de agua, m.

L: Longitud del curso de agua, m.

- Intensidad de máxima precipitación

Nos basamos el estudio realizado por el INHAMI donde muestra un mapa del Ecuador zonificado según las intensidades de precipitación.

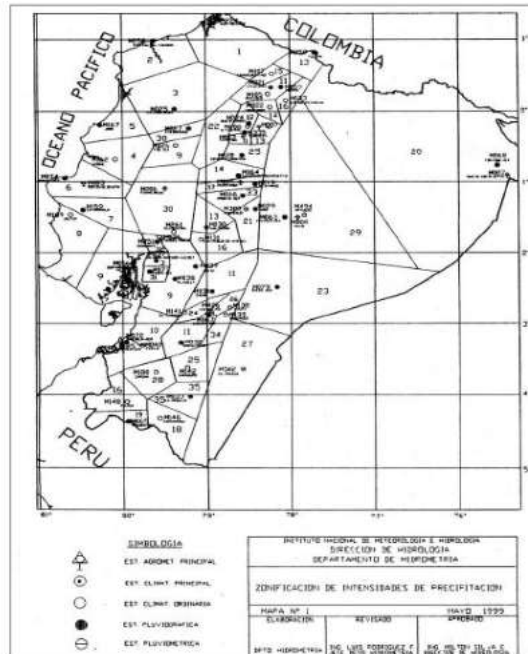


Ilustración 3.30 Zonificación de intensidades.

El proyecto se encuentra dentro de la zona 11 por lo que se tienen las siguientes ecuaciones:

Zona	Duración (min)	Ecuación
11	5 - 60	$I_{TR} = 137,27 t^{0,5153} Id_{TR}$
	60-1440	$I_{TR} = 578,56 t^{0,8736} Id_{TR}$

Tabla 3.45 Ecuaciones de intensidad para la zona del proyecto.

Dónde:

I: Intensidad de precipitación (mm/h)

TR: Tiempo de retorno considerado (años)

t: duración de la precipitación, igual al tiempo de concentración(min)

Id: Intensidad diaria (mm/h)

- El drenaje longitudinal de la vía diseñada está formado por cunetas en ambos sentidos, su función es evacuar de forma rápida el agua lluvia hacia la alcantarilla más cercana. Las cunetas del proyecto son de forma triangular con un talud hacia la vía de 4:1, para el lado de corte de inclinación 1:3, a continuación, se presenta las dimensiones de la cuneta:

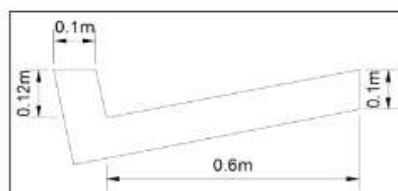


Ilustración 3.31 Geometría de la cuneta

Las cunetas serán construidas con Hormigon simple comuna resistencia de $f'c= 180\text{kg/cm}^2$, para que no exista erosión del suelo. Se utilizará un coeficiente de rugosidad de 0.14 para determinar el caudal, A continuación, se presentan los datos a usar en el diseño de cunetas:

PERIODO DE RETORNO	25	AÑOS
INTENSIDAD	67,74	(mm/h)
PENDIENTE LONGITUDINAL	1,24	%
PENDIENTE TRANSVERSAL	2,5	%
RUGOSIDAD	0,014	
ANCHO DE LA VIA	7	m
AREA	0,038	m ²
PERMETRO MOJADO	0,737	m
RADIO HIDRAULICO	0,051	m

Tabla 3.46 Parámetros para diseño de cunetas.

El diseño se basa en las siguientes ecuaciones:

$$V_o = \frac{i}{3,6} * 10^6$$

$$a = \left(\frac{S^{\frac{1}{2}}}{n} \right)$$

$$t_{c=} \left(\frac{L}{a} * V_o^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{3}{5}}$$

$$q = a * (V_o * t)^{\frac{3}{5}} \text{ para } 0 < t < t_c$$

$$q_{max} = a * (V_o * t_c)^{\frac{3}{5}} \text{ para } t_c < t < d$$

Dónde:

d: duración de la lluvia, en s.

i: intensidad de la precipitación en exceso, en mm/h

L: Longitud desde el parte aguas hasta la cuneta de intersección en m.

n: coeficiente de rugosidad (formula de Manning).

q: caudal unitario en el tiempo “t”, en m³/s/m

q_{max}: caudal unitario máximo durante el intervalo (d-tc), en m³/s/m

S_o: pendiente media de la superficie

t: tiempo, en s

t_c: tiempo de equilibrio para que se presente el q_{max}, en s.

Aplicando las ecuaciones se tiene:

ABSCISA (Km)	LONGITUD (m)	V _o (m/s)	a	t _e	CAUDAL UNITARIO q (m ³ /s/m)	CAUDAL A TRANSPORTARSE q (L/s)	CAPACIDAD CUNETA Q (L/s)	CALADO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0+,00									
	280,14	2E-05	11,294	38,452	6,586E-05	18,450	40,995	0,089	0,897
0+280,140									

Tabla 3.47 Parámetros hidráulicos para cuneta

4 Presupuesto

El presupuesto se elabora en función del diseño geométrico el estudio de impacto vial en función del movimiento de tierras, alcantarillado, pavimento flexible de la vía nueva, ampliación de la Panamericana Norte y la señalización a implementar, para lo cual se tiene un presupuesto de:

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		VÍA DE ACCESO A CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES				265.668,92
1.1		MOVIMIENTO DE TIERRAS				155.568,34
1.1.1	501001	Replanteo y nivelación de vías	m	284,00	3,16	897,44
1.1.2	504022	Excavación a máquina material sin clasificar con retroexcavadora 0-2m	m3	1.498,46	1,87	2.802,12
1.1.3	504023	Excavación Retroexcavadora material conglomerado 0-2m	m3	2.337,04	3,08	7.198,08
1.1.4	504025	Excavación Retroexcavadora material conglomerado 2-4m	m3	4.439,58	4,02	17.847,11
1.1.5	504029	Excavación mecánica en roca	m3	2.912,72	11,24	32.738,97
1.1.6	505017	Relleno compactado con material de sitio	m3	828,53	8,04	6.661,38
1.1.7	505013	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	355,08	27,06	9.608,46
1.1.8	506003	Cargado de material con minicargador	m3	12.793,70	1,76	22.518,91
1.1.9	506001	Cargado de material manualmente	m3	637,35	4,99	3.180,38
1.1.10	506004	Transporte de materiales hasta 10 km, incluye pago en escombrera	m3	13.467,05	2,57	34.610,32
1.1.11	506005	Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 10 Km	m3-km	67.335,25	0,26	17.507,17
1.2		ALCANTARILLADO				14.857,34
1.2.1	520021	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	6,00	69,62	417,72
1.2.2	504017	Abatimiento del nivel freático	hora	10,00	7,76	77,60
1.2.3	512036	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	276,00	10,57	2.917,32
1.2.4	513003	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	Kg	597,20	2,00	1.194,40
1.2.5	507005	Hormigón Simple f'c = 240 kg/cm2	m3	39,81	128,42	5.112,40
1.2.6	519002	Tubería de hormigón d = 200 mm	m	40,00	10,22	408,80
1.2.7	522002	Rejilla para sumidero	u	10,00	107,20	1.072,00
1.2.8	522003	Caja para sumidero en calles	u	10,00	57,14	571,40
1.2.9	520050	Pozo de revisión 600mm, incluye tapa, cerco y/o brocal (2)	u	10,00	217,12	2.171,20
1.2.10	520019	Pozo till d = 300 mm, incluye cerco y tapa con platina perimetral	u	10,00	91,45	914,50
1.3		PAVIMENTO FLEXIBLE VIA NUEVA				92.941,65
1.3.1	529009	Carpeta asfáltica (e=") Ho Asf. mezclado en planta	m2	1.988,00	17,90	35.585,20
1.3.2	505005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	596,40	28,99	17.289,64
1.3.3	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	397,60	27,40	10.894,24
1.3.4	527076	Bordillo de 15x40 cm incluye encofrado	m	494,63	17,48	8.646,13
1.3.5	550041	Hormigon Simple f'c=210 Kg/cm2 para cunetas	m3	34,70	138,17	4.794,50
1.3.6	513026	Malla electrosoldada R-64	m2	742,00	2,47	1.832,74
1.3.7	507002	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	112,00	124,10	13.899,20
1.4		SEÑALIZACION				2.113,11
1.4.1	531006	Pintura para señalización de tráfico con equipo line lazer	m2	110,00	8,21	903,10
1.4.2	531040	Pintura pasos cebra	m2	21,60	16,32	352,51
1.4.3	531001	Señalización vertical	u	7,00	122,50	857,50

1.5		MITIGACION AMBIENTAL				188,48
1.5.1	532003	Señalización con cinta	m	460,00	0,23	105,80
1.5.2	532004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	4,00	6,40	25,60
1.5.3	532001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	1,00	27,10	27,10
1.5.4	532005	Pasos peatonales de tabla	u	2,00	11,23	22,46
1.5.5	532023	Conos para tráfico, suministro e instalación, 20 usos	u	4,00	1,88	7,52
2		AMPLIACION AV. PANAMERICANA				52.876,60
2.1	501001	Replanteo y nivelación de vías	m	320,00	3,16	1.011,20
2.2	503002	Demolición de losa de pavimento de hormigón	m3	320,00	24,10	7.712,00
2.3	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	305,00	0,26	79,30
2.4	506001	Cargado de material manualmente	m3	15,00	4,99	74,85
2.5	506004	Transporte de materiales hasta 10 km, incluye pago en escombrera	m3	320,00	2,57	822,40
2.6	506005	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 10 Km	m3-km	1.600,00	0,26	416,00
2.7	527076	Bordillo de 15x40 cm incluye encofrado	m	500,00	17,48	8.740,00
2.8	529009	Carpeta asfáltica (e=6") Ho Asf. mezclado en planta	m2	4.288,00	17,90	76.755,20
2.9		SEÑALIZACION				-43.107,90
2.9.1	531006	Pintura para señalización de tráfico con equipo line lazer	m2	240,00	8,21	1.970,40
2.9.2	531040	Pintura pasos cebra	m2	93,60	16,32	1.527,55
2.9.3	531004	Pintura para señalizacion en parada de buses, manual, incluye palabra BUS y franja de 2.50x0.40m	u	2,00	17,28	34,56
2.9.4	531001	Señalización vertical	u	18,00	122,50	2.205,00
2.9.5	531045	Suministro e instalación de tachas reflectivas	u	34,00	5,30	180,20
2.10		MITIGACION AMBIENTAL				373,55
2.10.1	532003	Señalización con cinta	m	990,00	0,23	227,70
2.10.2	532004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	7,00	6,40	44,80
2.10.3	532001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	2,00	27,10	54,20
2.10.4	532005	Pasos peatonales de tabla	u	3,00	11,23	33,69
2.10.5	532023	Conos para tráfico, suministro e instalación, 20 usos	u	7,00	1,88	13,16
3		RECTIFICACION VÍA LLACAO				41.820,39
3.1	501001	Replanteo y nivelación de vías	m	106,74	3,16	337,30
3.2	504022	Excavación a máquina material sin clasificar con retroexcavadora 0-2m	m3	1.310,09	1,87	2.449,87
3.3	504023	Excavacion Retroexcavadora material conglomerado 0-2m	m3	705,44	3,08	2.172,76
3.4	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	2.620,19	0,26	681,25
3.5	506001	Cargado de material manualmente	m3	131,00	4,99	653,69
3.6	506004	Transporte de materiales hasta 10 km, incluye pago en escombrera	m3	2.489,19	2,57	6.397,22
3.7	506005	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 10 Km	m3-km	13.100,95	0,26	3.406,25
3.8	529009	Carpeta asfáltica (e=4") Ho Asf. mezclado en planta	m2	747,18	17,90	13.374,52
3.9	505005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	224,15	28,99	6.498,11
3.10	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	149,44	27,40	4.094,66
3.11	550041	Hormigon Simple f'c=210 Kg/cm2 para cunetas	m3	12,70	138,17	1.754,76
3.12		SEÑALIZACION				0,00
3.12.1	531006	Pintura para señalización de tráfico con equipo line lazer	m2	40,00	8,21	328,40

3.12.2	531040	Pintura pasos cebra	m2	21,60	16,32	352,51
3.12.3	531001	Señalización vertical	u	1,00	122,50	122,50
3.13		MITIGACION AMBIENTAL				0,00
3.13.1	532003	Señalización con cinta	m	170,00	0,23	39,10
3.13.2	532004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	4,00	6,40	25,60
3.13.3	532001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	1,00	27,10	27,10
3.13.4	532005	Pasos peatonales de tabla	u	1,00	11,23	11,23
3.13.5	532023	Conos para tráfico, suministro e instalación, 20 usos	u	4,00	1,88	7,52
SUBTOTAL						410.305,48
IVA					12 %	49.236,66
TOTAL						459.542,14

El monto del proyecto asciende a los Cuatrocientos dieciocho mil doscientos veinte y tres con veinte y cinco dólares americanos (\$410,305.48).

5 Conclusiones y recomendaciones

- El equipamiento de la central de transferencia de víveres se emplazará en la parroquia Llaqueo, la vía principal que brindará acceso al equipamiento es la Panamericana Norte, y a continuación se ingresa por una vía de acceso que actualmente presenta condiciones desfavorables para la circulación de vehículos pesados.
- La cantidad de parqueos propuestos en el proyecto, tanto para vehículos livianos (servicios administrativos), como para vehículos pesados (comerciantes mayoristas y minoristas) cumplen con la normativa existente al momento, y satisfacen la demanda prevista.
- Las dos alternativas propuestas para la vía de acceso, cumplen con la distancia mínima de visibilidad que se requiere, y con los radios suficientes para la circulación segura y confortable.
- El área de influencia directa y media que se ha establecido para el análisis de las intersecciones, considera a aquellas que brindan conectividad entre la Panamericana Norte y la vía rápida Cuenca – Azogues, al ser las vías que conformarán las principales rutas hacia y desde el equipamiento.
- De las intersecciones analizadas, la que presenta un mayor volumen en la hora de máxima demanda es la intersección con la vía a Ucubamba, con 1832 veh/h, seguida por la intersección con el puente de Guangarcucho con 1634 veh/h, a continuación, se encuentra la intersección con la Av. Del Bombero que presenta un volumen de 1031 veh/h y finalmente se encuentra la intersección con la vía de acceso, con 996 veh/h.
- En la composición vehicular de todas las intersecciones analizadas, predomina el vehículo liviano; en algunas intersecciones se evidencia un porcentaje importante de motos (hasta el 10%), el porcentaje de vehículos pesados oscila entre 12 y 15% en todas las intersecciones analizadas, considerando que la Panamericana Norte forma parte de la red vial estatal y constituye un acceso e ingreso a la ciudad.
- En relación a la variación horaria del TPDA en las diferentes intersecciones analizadas, si bien se determina una hora de máxima demanda, a lo largo de la variación se identifican picos permanentes e intermitentes a lo largo del día, lo cual denota que el comportamiento del tráfico vehicular ya no consolida picos marcados como en épocas anteriores; de igual manera, no se evidencian períodos valle marcados.
- En la situación actual (año 2022), sin la implementación del proyecto, la intersección con la vía de acceso opera a un nivel de servicio “C” con una demora promedio de 17.2 segundos en la vía secundaria; la intersección con el puente de Guangarcucho se encuentra en un nivel de servicio “F” con una demora de 52.7 segundos en la vía

secundaria; la intersección con la Av. Del Bombero está en un nivel de servicio "F" con una demora de 153.2 en la vía secundaria; finalmente, la intersección con la vía a Ucubamba presenta un nivel de servicio "B" con una demora de 20 segundos.

- En la situación actual (año 2022), con la implementación del proyecto, la intersección con la vía de acceso opera a un nivel de servicio "F" con una demora promedio de 489.7 segundos en la vía secundaria; la intersección con el puente de Guangarcucho se encuentra en un nivel de servicio "F" con una demora de 67.9 segundos en la vía secundaria; la intersección con la Av. Del Bombero está en un nivel de servicio "F" con una demora de 506.2 en la vía secundaria; finalmente, la intersección con la vía a Ucubamba presenta un nivel de servicio "C" con una demora de 30.4 segundos; se evidencia un incremento sustancial de las demoras principalmente en la intersección con la vía de acceso y con la Av. Del Bombero
- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto, la intersección con la vía de acceso opera a un nivel de servicio "F" con una relación V/C de 3.09 que genera una demora excesiva e inaceptable en la vía secundaria; la intersección con el puente de Guangarcucho se encuentra en un nivel de servicio "F" con una demora de 179.2 segundos en la vía secundaria; la intersección con la Av. Del Bombero está en un nivel de servicio "F" con una relación V/C de 3.14 que genera una demora excesiva e inaceptable en la vía secundaria; finalmente, la intersección con la vía a Ucubamba presenta un nivel de servicio "E" con una demora de 57.7 segundos; se evidencia un incremento sustancial de las demoras principalmente en la intersección con la vía de acceso y con la Av. Del Bombero
- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto, la intersección con la vía de acceso opera a un nivel de servicio "F" con una relación V/C de 3.09 que genera una demora excesiva e inaceptable en la vía secundaria; la intersección con el puente de Guangarcucho se encuentra en un nivel de servicio "F" con una demora de 179.2 segundos en la vía secundaria; la intersección con la Av. Del Bombero está en un nivel de servicio "F" con una relación V/C de 3.14 que genera una demora excesiva e inaceptable en la vía secundaria; finalmente, la intersección con la vía a Ucubamba presenta un nivel de servicio "E" con una demora de 57.7 segundos; se evidencia un incremento sustancial de las demoras principalmente en la intersección con la vía de acceso y con la Av. Del Bombero.
- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto y la implementación de las medidas de mitigación, la solución propuesta para la alternativa 1 de diseño de la vía de acceso, que consiste en una intersección con redondel, presenta un nivel de servicio "B" con una demora de 10 segundos; mientras que la solución propuesta para la

alternativa 2 de diseño de la vía de acceso, que consiste en una intersección semaforizada, presenta un nivel de servicio “C” con una demora de 23,1 segundos, por lo que, desde el aspecto operativo y parámetros de tránsito, se considera la alternativa 1 como la mejor opción.

- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto y la implementación de las medidas de mitigación, la intersección con el puente de Guangarcucho, para la cual se propone una regulación semafórica a dos fases, presenta un nivel de servicio “D” con una demora de 35.1 segundos; el cual constituye el último nivel de servicio aceptable para una operación adecuada de la intersección, por lo que se considera una opción viable que mejora el nivel de servicio y disminuye la demora.
- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto y la implementación de las medidas de mitigación, la intersección con la Av. Del Bombero, para la cual se propone una regulación semafórica a tres fases, presenta un nivel de servicio “C” con una demora de 24.5 segundos; evidenciándose la mejora en el nivel de servicio y la disminución en la demora.
- En el año horizonte (año 2027), con la implementación del proyecto y la implementación de las medidas de mitigación, la intersección con la vía a Ucubamba, para la cual se propone una optimización del ciclo semafórico, manteniendo las agrupaciones de movimientos actual para las dos fases, presenta un nivel de servicio “C” con una demora de 33.9 segundos; evidenciándose la mejora en el nivel de servicio y la disminución en la demora.
- El diseño de la vía de acceso al proyecto parte de un estudio de suelos, caracterizando al material de la zona como un suelo aluvial compuesto de piedras de diferente tamaño, así como finos, dándonos así un CBR para la subrasante de 8.1% a partir de la comparación de la roca patrón según el ASTM.
- Para el diseño de la estructura de pavimento se parte de las recomendaciones del MOP de un CBR específica para base y subbase.
- La estructura de pavimento de la vía cuenta con una carpeta asfáltica de 15cm, una base granular de 17.5cm y una subbase con un espesor de 10cm
- El diseño geométrico de la vía de acceso para la Central de transferencia de víveres se basa en la alternativa 2, tiene una longitud de 284.13m con pendientes de 8.4% y de 2.11%. La velocidad de diseño es de 30km/h con radio de 45m superando al mínimo de 20m.
- La solución para la intersección de la vía de acceso a la central de víveres con la Panamericana Norte es implementar una rotonda con un diámetro de 48m y un diámetro

de la isla central de 32m. Se tienen tanto en la entrada como en la salida de la rotonda radios superiores al mínimo. Cuenta con carriles de 3.30m

- El presupuesto de implementación del proyecto es de \$410,305.48
- En función del alcance del presente trabajo de titulación, se recomienda en un próximo estudio ampliar el horizonte de análisis para todas las intersecciones objeto de estudio, considerando la vida útil de una infraestructura vial.
- Se recomienda que una vez que el equipamiento entre en funcionamiento, se realice un monitoreo frecuente de la operación de las diferentes intersecciones analizadas, con el fin de evaluar el incremento de los volúmenes vehiculares en los diferentes accesos y sus respectivos movimientos.

6 Bibliografía

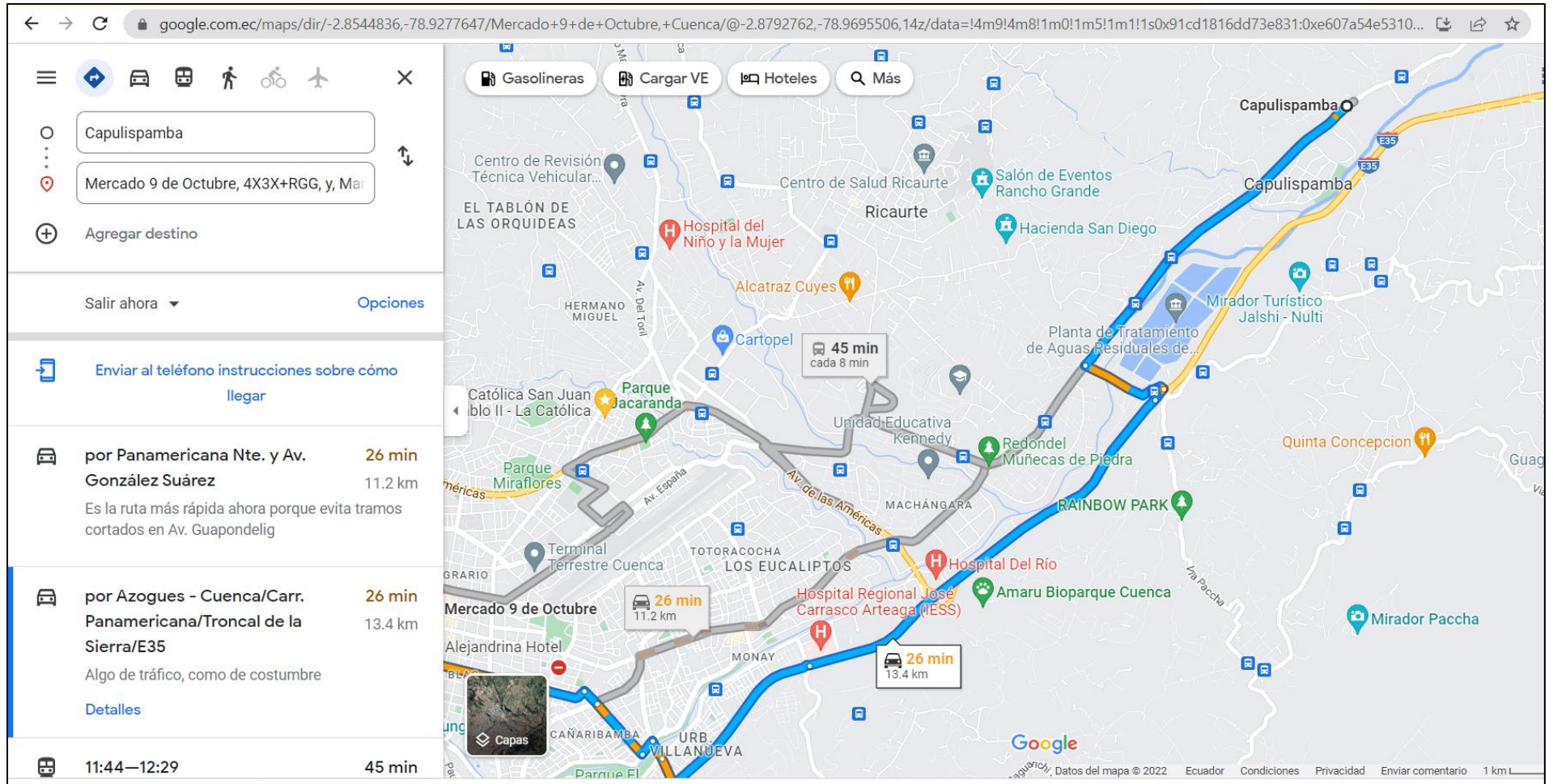
- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington.
- AASHTO. (2004). *Geometric Design of Highways and Streets*. Washington.
- AASHTO. (2004). *Política sobre Diseño Geométrico de Carreteras y Calles*. Washington.
- AASHTO. (2011). *Política sobre Diseño Geométrico de caminos y calles*. Washington.
- AASHTO. (2018). *Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
- Aguirre Mejía, G., & Maita León, D. (2014). Tesina. *Evaluación del estado actual y diseño semafórico de la Avenida Unidad Nacional entre Avenida México y calle del Batán*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Braja, B. M. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas G., J. (1994). *Ingeniería de Tránsito*. México DF.
- Cardenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá D.C.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, D.C.
- EcuRed. (Noviembre de 2022). *Análisis multicriterio*. Obtenido de https://www.ecured.cu/An%C3%A1lisis_multicriterio
- EP., E. (2016). *Análisis de la vulnerabilidad a eventos de crecida, y diseño de obras físicas para la protección de la margen derecha del Río Cuenca, sector Guangarcucho*. Cuenca.
- Farinango, B. D. (2014). *Análisis Comparativo de Costos entre el Pímento Rígido y el Pavimento Flexible*. Quito.
- GAD Cuenca. (2019). *Estudios Definitivos Arquitectónicos, de Ingenierías, del Mercado Mayorista y Modelo de Gestión para el Sistema de Mercados de Cuenca*. Cuenca.
- Garber, N., & Hoel, L. (2009). *Traffic and Highway Engineering*. Toronto.
- INEN. (2012). *RTE INEN 004*. Quito.
- INVIAS, I. N. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Mejía, R. I. (2017). Trabajo de titulación. *"Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. 24 de Mayo y Vía al Valle, de la ciudad de Cuenca"*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, M. (2012). *Volumen N°2 - Libro A Norma para estudios viales. Volumen 2A, 1-382*.
- Montejo, A. (1998). *Ingeniería de pavimentos*. Bogotá.
- MOP. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.

- MTC, M. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima.
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- Municipio de Cuenca, G. (2002). *Reforma, actualización, complementación y codificación de la Ordenanza que sanciona el PDOT*. Cuenca.
- NEC. (2014). *Geotécnica y Cimentaciones*.
- Ortega, E., Silva, J., & Guzmán, J. (2017). *Impacto a nivel de servicio de rotondas en Cuenca, producto de cambios geométricos*. Cuenca.
- PDOT, G. C. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Cuenca*. Cuenca.
- Rodriguez, A., Gutierrez, R., & Garnica, P. (1998). *Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias*.
- Sotil, A. (2019). *Capacidad en intersecciones*. Lima.
- Transportation Research Board, T. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington D.C.

7 Anexos

ANEXO A: RUTAS DESDE LA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VÍVERES HACIA LOS DIFERENTES MERCADOS DE LA CIUDAD

RUTA 1 HACIA MERCADO 9 DE OCTUBRE



RUTA 2 HACIA MERCADO 9 DE OCTUBRE

google.com.ec/maps/dir/-2.8544836,-78.9277647/Mercado+9+de+Octubre,+Cuenca/@-2.8759479,-78.9798721,13.74z/data=!4m14!4m13!1m5!3m4!1m2!1d-78.9120395!2d-2.8467529!3s0x9...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Capulispamba

Mercado 9 de Octubre, 4X3X+RGG, y, Ma

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 27 min 16.8 km
22 min sin tráfico
Detalles

Explora Mercado 9 de Octubre

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Mapa de Google con ruta azul y amarilla. Marcadores: Hospital del Niño y la Mujer, Parque De La Luz, Parque Jacaranda, Amaru Bioparque Cuenca, Mercado 9 de Octubre, Capulispamba, Ricaurte, Machangara, Totoracocho, Monay, Pumapungo, Rainbow Park, Quinta Concepcion, Mirador Paccha. Carreteras: E35, Vía A Checa, Vía Rio Machangara, Vía Nuiz, Vía a Jada.

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 1 HACIA MERCADO 3 DE NOVIEMBRE

The screenshot shows a Google Maps interface with a route from Capulispamba to Mercado 3 De Noviembre in Cuenca, Ecuador. The route is highlighted in blue and orange, indicating a distance of 16.2 km and a travel time of 29 minutes. The map includes various landmarks such as Parque De La Luz, Parque Jacaranda, Parque San Blas, Parque El Paraíso, Hospital del Niño y la Mujer, Cartopel, Colegio Militar Abdon Calderon, and Amaru Bioparque Cuenca. The interface also shows search filters for Gasolineras, Cargar VE, Hoteles, and Más. The bottom of the map displays the Google logo and copyright information for 2022.

Capulispamba

Mercado 3 De Noviembre, C. Mariscal La

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 29 min 16.2 km

24 min sin tráfico

Detalles

Explora Mercado 3 De Noviembre

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 2 HACIA MERCADO 3 DE NOVIEMBRE

google.com.ec/maps/dir/-2.8544836,-78.9277647/Mercado+3+De+Noviembre,+Calle+Mariscal+Lamar,+Cuenca/@-2.8763791,-78.983833,13.74z/data=!4m19!4m18!1m10!3m4!1m2!1d-78.9...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Capulispamba

Mercado 3 De Noviembre, C. Mariscal Lamar

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 30 min 19.6 km
26 min sin tráfico
Detalles

Explora Mercado 3 De Noviembre

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Mapa de Google con ruta azul y amarilla. Marcadores: Hospital del Niño y la Mujer, Cartopel, Colegio Militar Abdon Calderon, Parque De La Luz, Parque Jacaranda, Parque San Blas, Parque El Paraiso, Museo Pumapungo, Amaru Bioparque Cuenca, Rainbow Park, Quinta Concepcion, Mirador Paccha. Carreteras: E35, Av. de las Américas, Ave. Heroes de Vertebrales, Avenue España, Av. Pa. de los Carlians, Av. Pa. Machangara, Av. Pa. Chica, Via Nuñu, Via a Jada. Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 1 HACIA MERCADO 27 DE FEBRERO

google.com.ec/maps/dir/-2.8544836,-78.9277647/Mercado+27+de+Febrero,+Cuenca/@-2.8871605,-78.992469,13.74z/data=!4m9!4m8!1m0!1m5!1m1!1s0x91cd187029980db7:0xd9c4dff3b4...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Capulispamba

Mercado 27 de Febrero, Cuenca

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 y Carr. Panamericana/Ave Circunvalación Sur/Troncal de la Sierra/E35	21 min	14.3 km
La ruta más rápida debido al estado del tráfico		
Detalles		
por Panamericana Nte.	24 min	12.3 km
Algo de tráfico, como de costumbre		

Capulispamba

Ricaurte

Hospital del Niño y la Mujer

Quinta Margarita

Parque De La Luz

Cartopel

Colegio Militar Abdon Calderon

Parque Jacaranda

Hospital Mariano Estrella

Quinta Concepcion

Ave. de las Américas

Ave. Heroes de Veveloma

MACHANGARA

RAINBOW PARK

Amaru Bioparque Cuenca

Mirador Paccha

Centro Comercial Batán Shopping

Cuenca

Museo Pumapungo

Parque San Blas

MONAY

Parque El Paraíso

Mercado 27 de Febrero

Av. Loja

Av. Diez de Agosto

HUAYNA-CAPAC

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 2 HACIA MERCADO 27 DE FEBRERO

google.com.ec/maps/dir/-2.8544836,-78.9277647/Mercado+27+de+Febrero,+Cuenca/@-2.883383,-78.9862317,13.48z/data=!4m14!4m13!1m5!3m4!1m2!1d-78.9103666!2d-2.8529854!3s0x9...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Capulispamba Mercado 27 de Febrero, Cuenca

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 22 min 17.7 km
19 min sin tráfico
Detalles

Explora Mercado 27 de Febrero

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 1 HACIA MERCADO 10 DE AGOSTO

google.com.ec/maps/dir/Mercado+10+de+Agosto,+Cuenca,-2.8544836,-78.9277647/@-2.8847708,-78.9856997,13.74z/data=!4m14!4m13!1m10!1m11!1s0x91cd180de645b709:0xe7d4ab50b0...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Mercado 10 de Agosto, Cuenca

Capulispamba

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 24 min 15.4 km

21 min sin tráfico

Detalles

Explora Capulispamba

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Capas

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 2 HACIA MERCADO 10 DE AGOSTO

google.com.ec/maps/dir/Panamericana+Nte.,+Capulispamba/Mercado+10+de+Agosto,+Calle+Larga+1147,+Cuenca/@-2.8767112,-78.987648,13.52z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x91cd...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Panamericana Nte.

Mercado 10 de Agosto, Calle Larga 1147

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35	26 min	17.4 km
La ruta más rápida debido al estado del tráfico		
Detalles		
por Panamericana Nte. y Av. González Suárez	29 min	13.6 km
Algo de tráfico, como de costumbre		

Explora Mercado 10 de Agosto

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 1 HACIA MERCADO 12 DE ABRIL

google.com.ec/maps/dir/-2.8545093,-78.9277804/Mercado+12+de+Abril,+Cuenca/@-2.8803906,-78.9764662,14z/data=!4m8!4m7!1m0!1m5!1m1!1s0x91cd1840930480ef0x5875cfaddb34c3...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Panamericana Nte., Capulispamba

Mercado 12 de Abril, Cuenca

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Panamericana Nte. y Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 18 min 11.7 km
La ruta más rápida debido al estado del tráfico
Detalles

por Panamericana Nte. y Av. González Suárez 18 min 9.6 km
Algo de tráfico, como de costumbre

14:17—15:07 50 min

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 2 HACIA MERCADO 12 DE ABRIL

google.com.ec/maps/dir/-2.8545093,-78.9277804/Mercado+12+de+Abril,+Cuenca/@-2.8771275,-78.974544,13.74z/data=!4m14!4m13!1m5!3m4!1m2!1d-78.9103666!2d-2.8529854!3s0x91cd...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Panamericana Nte., Capulispamba
Mercado 12 de Abril, Cuenca

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 18 min 15.1 km
16 min sin tráfico
Detalles

Explora Mercado 12 de Abril

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

Map labels: Hospital del Niño y la Mujer, Cartopel, Colegio Militar Abdon Calderon, Parque De La Luz, Parque Jacaranda, TOTORACOCHA, MONAY, RAINBOW PARK, Quinta Concepcion, Mirador Paccha, Complejo Deportivo, San Vicer, Machángara, Capulispamba, Panamericana Norte, Via Nuña, Via a Jaona, Av. de las Américas, Ave. Heroes de Verdoloma, Avenue España, EL SAGRARIO, Parque San Blas, Parque El Paraíso, Av. Del Trill, Río Machángara, Na A Checa, A Checa, Ricaurte.

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 1 HACIA MERCADO EL ARENAL

google.com.ec/maps/dir/-2.8545093,-78.9277804/Mercado+El+Arenal,+Avenida+de+las+Américas,+Cuenca/@-2.8863516,-79.0020635,13.52z/data=!4m9!4m8!1m0!1m5!1m1!1s0x91cd22a4...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Panamericana Nte., Capulispamba
Mercado El Arenal, Av. de las Américas 7

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Carr. Panamericana/Ave Circunvalación Sur/Troncal de la Sierra/E35	28 min	17.5 km	La ruta más rápida debido al estado del tráfico
por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35	29 min	16.2 km	Algo de tráfico, como de costumbre
por Panamericana Nte. v Av. de	30 min	17.5 km	

Map labels: Iceberg, Bar Plaza, Educativa Santana, Iglesia Católica San Pedro del Cebollar, Hospital Mariano Estrella, Hospital del Niño y la Mujer, Parque De La Luz, Cartopel, Colegio Militar Abdon Calderon, TOTORACOCHA, AMARU BIOPARQUE CUENCA, RAINBOW PARK, Mirador Paccha, Complejo Deportivo Cochas, YANUNCAY, HUAYNA-CAPAC, Icto Cruz, Chilcapamba, Ouebrada Oscura

Google Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

RUTA 2 HACIA MERCADO EL ARENAL

google.com.ec/maps/dir/-2.8545093,-78.9277804/Mercado+El+Arenal,+Avenida+de+las+Américas,+Cuenca/@-2.8811283,-78.9946997,13.52z/data=!4m14!4m13!1m5!3m4!1m2!1d-78.9104...

Gasolineras Cargar VE Hoteles Más

Panamericana Nte., Capulispamba
Mercado El Arenal, Av. de las Américas 7

Agregar destino

Salir ahora Opciones

Enviar al teléfono instrucciones sobre cómo llegar

por Azogues - Cuenca/Carr. Panamericana/Troncal de la Sierra/E35 **28 min**
20.9 km
24 min sin tráfico
Detalles

Explora Mercado El Arenal

Restaurantes Hoteles Gasolineras Estacionamientos Más

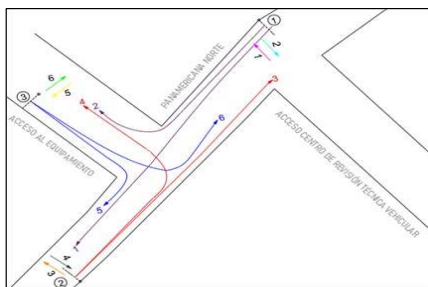
Capas

Google

Datos del mapa © 2022 Ecuador Condiciones Privacidad Enviar comentario 1 km

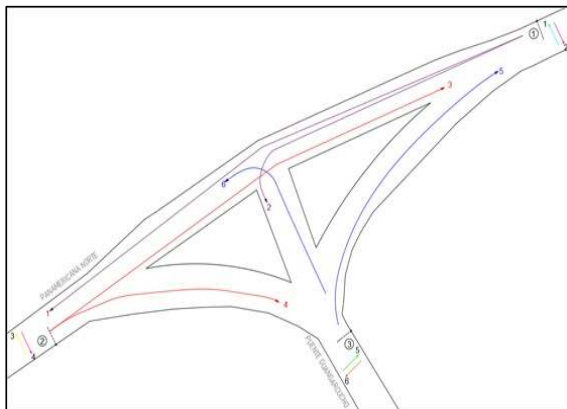
Anexo B-1

PROYECCIONES TPDA POR QUINQUENIOS INTERSECCIÓN A																								
PROYECCIONES TPDA INTERSECCIÓN ACCESOS												PROYECCIONES TPDA INTERSECCIÓN SALIDAS								TOTALES				
Año	Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O			Panamericana Norte O-E			Vía de acceso N-S			Total	Panamericana Norte O-E			Panamericana Norte E-O			Vía de acceso S-N			Total	Panamericana Norte E-O	Panamericana Norte O-E	Vía de acceso
		Flujo 1	Flujo 2	Total	Flujo 3	Flujo 4	Total	Flujo 5	Flujo 6	Total		Flujo 3	Flujo 6	Total	Flujo 1	Flujo 5	Total	Flujo 2	Flujo 4	Total				
2022	Motos	421	27	447	430	10	439	29	11	39	926	430	11	441	421	29	449	27	10	36	926	897	880	76
	Livianos	3573	541	4114	3804	236	4040	510	208	719	8873	3804	208	4013	3573	510	4083	541	236	777	8873	8198	8053	1496
	Bus	136	1	137	152	1	153	2	0	2	292	152	0	152	136	2	138	1	1	2	292	275	305	5
	Camión C2	415	61	476	483	52	535	63	31	93	1105	483	31	514	415	63	477	61	52	114	1105	954	1049	207
	Camión C3	97	58	155	85	10	95	54	8	61	312	85	8	93	97	54	151	58	10	68	312	306	188	129
	Camión C4	10	0	10	9	0	9	0	0	0	19	9	0	9	10	0	10	0	0	0	19	21	17	0
	Camión C5 o más	32	0	32	32	0	32	0	0	0	64	32	0	32	32	0	32	0	0	0	64	65	63	0
	Total	4685	688	5373	4995	309	5304	657	258	915	11592	4995	258	5252	4685	657	5342	688	309	998	11592	10715	10556	1912
2027	Motos	489	31	520	499	11	510	33	13	46	1076	499	13	512	489	33	522	31	11	42	1076	1041	1022	88
	Livianos	4150	629	4779	4418	274	4693	592	242	835	10306	4418	242	4661	4150	592	4742	629	274	903	10306	9521	9353	1737
	Bus	147	1	148	165	1	166	2	0	2	317	165	0	165	147	2	149	1	1	3	317	298	331	5
	Camión C2	450	67	517	524	57	581	68	33	101	1199	524	33	557	450	68	518	67	57	123	1199	1035	1138	225
	Camión C3	106	63	168	92	11	103	58	8	67	338	92	8	101	106	58	164	63	11	73	338	332	204	140
	Camión C4	11	0	11	9	0	9	0	0	0	21	9	0	9	11	0	11	0	0	0	21	23	18	0
	Camión C5 o más	35	0	35	34	0	34	0	0	0	70	34	0	34	35	0	35	0	0	0	70	70	69	0
	Total	5388	790	6178	5743	354	6097	754	296	1051	13326	5743	296	6039	5388	754	6142	790	354	1145	13326	12321	12136	2195
2032	Motos	554	35	589	565	13	578	38	14	52	1219	565	14	580	554	38	591	35	13	48	1219	1180	1158	100
	Livianos	4703	712	5416	5008	311	5318	671	274	946	11680	5008	274	5282	4703	671	5375	712	311	1023	11680	10791	10600	1969
	Bus	159	1	160	178	1	179	3	0	3	342	178	0	178	159	3	161	1	1	3	342	321	357	5
	Camión C2	485	72	557	565	61	626	73	36	109	1293	565	36	601	485	73	559	72	61	133	1293	1116	1228	242
	Camión C3	114	68	182	100	11	111	63	9	72	365	100	9	109	114	63	177	68	11	79	365	358	220	151
	Camión C4	12	0	12	10	0	10	0	0	0	22	10	0	10	12	0	12	0	0	0	22	24	20	0
	Camión C5 o más	38	0	38	37	0	37	0	0	0	75	37	0	37	38	0	38	0	0	0	75	76	74	0
	Total	6065	889	6954	6463	398	6861	848	334	1181	14996	6463	334	6797	6065	848	6913	889	398	1286	14996	13867	13657	2467
2037	Motos	616	39	655	629	14	643	42	16	58	1355	629	16	645	616	42	657	39	14	53	1355	1312	1288	111
	Livianos	5229	792	6021	5567	345	5913	746	305	1051	12985	5567	305	5872	5229	746	5975	792	345	1138	12985	11996	11785	2189
	Bus	170	1	172	191	2	192	3	0	3	367	191	0	191	170	3	173	1	2	3	367	345	383	6
	Camión C2	521	77	598	606	66	672	78	39	117	1387	606	39	645	521	78	599	77	66	143	1387	1197	1317	260
	Camión C3	122	73	195	107	12	119	67	10	77	391	107	10	117	122	67	190	73	12	85	391	385	236	162
	Camión C4	13	0	13	11	0	11	0	0	0	24	11	0	11	13	0	13	0	0	0	24	26	21	0
	Camión C5 o más	41	0	41	40	0	40	0	0	0	80	40	0	40	41	0	41	0	0	0	80	81	79	0
	Total	6711	982	7694	7150	439	7589	937	369	1306	16589	7150	369	7519	6711	937	7648	982	439	1421	16589	15342	15109	2728
2042	Motos	674	43	717	688	16	704	46	18	63	1484	688	18	706	674	46	720	43	16	58	1484	1437	1410	122
	Livianos	5726	867	6594	6097	378	6475	817	334	1152	14221	6097	334	6431	5726	817	6544	867	378	1246	14221	13138	12906	2397
	Bus	182	2	183	204	2	205	3	0	3	392	204	0	204	182	3	185	2	2	3	392	368	409	6
	Camión C2	556	82	638	647	70	718	84	41	125	1481	647	41	689	556	84	640	82	70	152	1481	1278	1406	277
	Camión C3	130	78	208	114	13	127	72	10	82	418	114	10	124	130	72	202	78	13	91	418	411	252	173
	Camión C4	14	0	14	11	0	11	0	0	0	25	11	0	11	14	0	14	0	0	0	25	28	23	0
	Camión C5 o más	43	0	43	42	0	42	0	0	0	86	42	0	42	43	0	43	0	0	0	86	87	85	0
	Total	7326	1072	8398	7805	479	8283	1022	403	1425	18106	7805	403	8208	7326	1022	8348	1072	479	1550	18106	16746	16491	2975



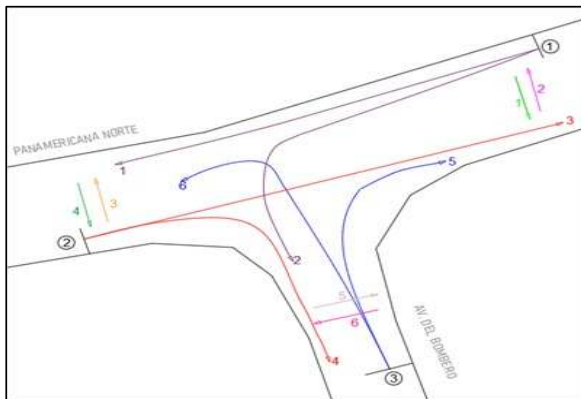
Anexo B-2

PROYECCIONES TPDA POR QUINQUENIOS INTERSECCIÓN B												
Año	Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O			Panamericana Norte O-E			Puente de Guangarcucho S-N			Total	
		Flujo 1	Flujo 2	Total	Flujo 3	Flujo 4	Total	Flujo 5	Flujo 6	Total		
2022	Motos	103	216	319	94	33	127	197	26	224	669	
	Livianos	989	6220	7209	887	567	1454	5729	473	6202	14865	
	Bus	3	270	274	2	45	47	221	43	264	585	
	Camión C2	210	704	913	223	133	355	627	128	755	2024	
	Camión C3	42	107	148	28	4	32	113	23	136	316	
	Camión C4	3	3	7	4	0	4	2	3	5	16	
	Camión C5 o m	10	48	58	4	46	50	54	61	115	223	
	Total	1361	7567	8928	1241	828	2069	6943	758	7701	18698	
2027	i_liv= 3.04% i_pes= 1.64%	Motos	120	250	370	109	38	147	229	31	260	777
		Livianos	1148	7224	8373	1030	659	1689	6654	549	7203	17265
		Bus	4	293	297	3	49	51	239	47	286	635
		Camión C2	228	763	991	242	144	386	681	139	819	2195
		Camión C3	45	116	161	30	4	34	123	25	148	343
		Camión C4	4	4	8	4	0	4	2	3	6	17
		Camión C5 o m	11	52	63	4	50	54	58	66	125	242
		Total	1560	8702	10262	1422	944	2366	7986	861	8847	21474
2032	i_liv= 2.54% i_pes= 1.52%	Motos	136	284	420	123	43	167	260	35	295	881
		Livianos	1301	8188	9489	1168	747	1914	7541	623	8164	19567
		Bus	4	316	320	3	53	56	258	51	309	684
		Camión C2	245	823	1068	261	155	416	734	149	883	2367
		Camión C3	49	125	174	33	4	37	132	27	159	370
		Camión C4	4	4	8	4	0	4	2	4	6	19
		Camión C5 o m	12	56	68	4	54	58	63	72	135	261
		Total	1752	9795	11547	1596	1056	2652	8990	960	9951	24149
2037	i_liv= 2.14% i_pes= 1.41%	Motos	151	315	466	137	48	185	289	39	328	979
		Livianos	1447	9102	10549	1298	830	2128	8383	692	9075	21753
		Bus	4	339	343	3	57	60	277	54	331	734
		Camión C2	263	883	1146	279	166	446	787	160	948	2540
		Camión C3	52	134	186	35	5	40	142	29	171	397
		Camión C4	4	4	9	5	0	5	3	4	7	20
		Camión C5 o m	13	60	73	5	58	63	68	77	144	280
		Total	1935	10837	12773	1762	1164	2926	9948	1056	11004	26702
2042	i_liv= 1.83% i_pes= 1.32%	Motos	165	345	511	150	53	203	316	42	359	1072
		Livianos	1584	9969	11553	1422	909	2331	9181	758	9939	23823
		Bus	5	362	367	3	60	64	296	58	354	784
		Camión C2	281	943	1224	298	178	476	841	171	1012	2712
		Camión C3	56	143	199	38	5	42	151	31	183	424
		Camión C4	5	5	9	5	0	5	3	4	7	21
		Camión C5 o m	14	64	78	5	62	67	72	82	154	299
		Total	2110	11830	13940	1921	1266	3187	10860	1147	12007	29135



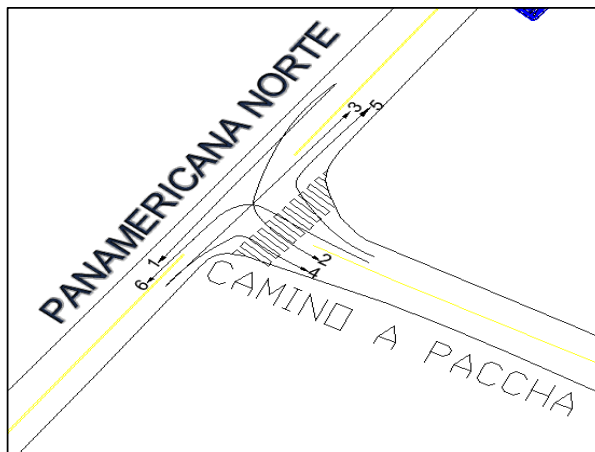
Anexo B-3

Año	PROYECCIONES TPDA POR QUINQUENIOS INTERSECCIÓN C											
	Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O			Panamericana Norte O-E			Av. Del Bombero S-N			Total	
		Flujo 1	Flujo 2	Total	Flujo 3	Flujo 4	Total	Flujo 5	Flujo 6	Total		
2022	Motos	169	96	265	183	74	257	86	57	143	665	
	Livianos	1595	1492	3086	1571	1305	2876	1333	1096	2429	8391	
	Bus	56	1	57	52	54	106	3	53	56	219	
	Camión C2	260	194	453	287	114	402	156	78	234	1089	
	Camión C3	70	41	110	66	17	83	29	11	39	232	
	Camión C4	1	12	13	2	9	11	3	0	3	27	
	Camión C5 o m	17	38	56	24	9	33	11	13	23	112	
	Total	2167	1873	4040	2186	1581	3767	1620	1307	2927	10734	
2027	i_liv= 3.04% i_pes= 1.64%	Motos	197	112	308	212	86	298	99	66	166	772
		Livianos	1852	1732	3585	1825	1515	3340	1548	1273	2821	9745
		Bus	60	1	62	57	58	115	3	57	61	237
		Camión C2	282	210	492	312	124	436	170	85	254	1182
		Camión C3	75	44	119	71	18	90	31	11	42	252
		Camión C4	1	13	14	3	9	12	3	0	3	29
		Camión C5 o m	19	41	60	26	9	36	11	14	25	121
		Total	2486	2153	4640	2505	1821	4326	1866	1507	3373	12338
2032	i_liv= 2.54% i_pes= 1.52%	Motos	223	127	349	240	98	338	113	75	188	875
		Livianos	2099	1963	4063	2068	1717	3785	1754	1443	3197	11045
		Bus	65	1	66	61	63	124	4	62	65	256
		Camión C2	319	238	557	353	141	494	192	96	288	1339
		Camión C3	86	50	135	81	21	102	35	13	48	285
		Camión C4	1	14	15	3	10	13	4	0	4	31
		Camión C5 o m	21	47	68	30	10	40	13	16	29	137
		Total	2814	2440	5254	2836	2060	4896	2114	1704	3819	13969
2037	i_liv= 2.14% i_pes= 1.41%	Motos	248	141	388	267	109	376	125	83	209	973
		Livianos	2334	2183	4516	2299	1909	4208	1950	1604	3554	12279
		Bus	70	1	71	66	67	133	4	66	70	274
		Camión C2	355	265	619	393	156	549	214	107	320	1489
		Camión C3	95	55	151	90	23	113	39	14	53	317
		Camión C4	1	15	16	3	11	14	4	0	4	34
		Camión C5 o m	24	52	76	33	12	45	14	17	32	153
		Total	3126	2712	5838	3151	2287	5438	2350	1892	4243	15518
2042	i_liv= 1.83% i_pes= 1.32%	Motos	271	154	425	293	119	412	137	91	228	1065
		Livianos	2556	2390	4946	2518	2091	4609	2136	1757	3892	13447
		Bus	75	2	76	70	72	142	4	71	75	293
		Camión C2	389	290	678	430	171	601	234	117	351	1631
		Camión C3	104	61	165	98	26	124	43	16	58	347
		Camión C4	2	16	17	3	11	15	4	0	4	36
		Camión C5 o m	26	57	83	36	13	49	16	19	35	167
		Total	3422	2969	6391	3449	2502	5951	2574	2071	4644	16987



Anexo B-4

Año	PROYECCIONES TPDA POR QUINQUENIOS INTERSECCIÓN D											
	Tipo de vehículo	Panamericana Norte E-O			Panamericana Norte O-E			Vía a Ucubamba S-N			Total	
		Flujo 1	Flujo 2	Total	Flujo 3	Flujo 4	Total	Flujo 5	Flujo 6	Total		
2022	Motos	536	100	635	183	194	377	70	153	223	1235	
	Livianos	4018	1734	5751	4169	2952	7121	1390	3028	4418	17290	
	Bus	171	61	231	160	70	230	8	33	41	502	
	Camión C2	632	296	928	437	150	588	193	147	341	1856	
	Camión C3	41	46	87	113	20	134	11	11	22	243	
	Camión C4	10	4	14	16	7	24	2	3	6	44	
	Camión C5 o	33	6	39	23	9	32	4	8	12	82	
	Total	5440	2246	7685	5101	3403	8505	1679	3383	5062	21251	
2027	i _{liv} = 3.04% i _{pes} = 1.64%	Motos	622	116	738	212	226	438	81	178	259	1434
		Livianos	4666	2014	6680	4842	3429	8270	1614	3516	5131	20081
		Bus	185	66	251	173	76	249	9	35	44	544
		Camión C2	686	321	1007	475	163	638	210	160	369	2014
		Camión C3	44	49	94	123	22	145	12	12	24	263
		Camión C4	11	4	15	18	8	26	3	4	6	47
		Camión C5 o	35	6	42	25	9	35	4	8	13	89
		Total	6250	2577	8826	5868	3933	9800	1933	3914	5846	24473
2032	i _{liv} = 2.54% i _{pes} = 1.52%	Motos	705	131	836	240	256	496	92	202	294	1626
		Livianos	5288	2282	7571	5487	3886	9373	1830	3985	5815	22759
		Bus	200	71	271	187	82	269	9	38	47	587
		Camión C2	740	346	1086	512	176	688	226	172	398	2172
		Camión C3	48	53	101	133	24	157	13	13	26	284
		Camión C4	12	5	16	19	9	28	3	4	7	51
		Camión C5 o	38	7	45	27	10	37	4	9	14	96
		Total	7030	2896	9926	6605	4442	11047	2178	4423	6601	27574
2037	i _{liv} = 2.14% i _{pes} = 1.41%	Motos	784	146	930	267	284	551	102	224	326	1807
		Livianos	5879	2537	8416	6100	4320	10420	2034	4430	6465	25301
		Bus	214	76	290	200	88	288	10	41	51	630
		Camión C2	793	371	1165	549	189	738	242	185	427	2330
		Camión C3	51	57	109	142	26	168	14	14	28	304
		Camión C4	12	5	18	20	9	30	3	4	7	55
		Camión C5 o	41	7	48	29	11	40	5	10	15	103
		Total	7775	3200	10975	7309	4926	12235	2411	4908	7319	30530
2042	i _{liv} = 1.83% i _{pes} = 1.32%	Motos	858	160	1018	293	311	604	112	245	357	1979
		Livianos	6439	2779	9217	6681	4731	11412	2228	4852	7080	27709
		Bus	229	81	310	214	94	308	11	44	54	672
		Camión C2	847	396	1243	586	201	788	259	198	456	2487
		Camión C3	55	61	116	152	27	179	15	14	30	325
		Camión C4	13	6	19	22	10	32	3	5	8	58
		Camión C5 o	44	8	52	31	12	43	5	10	16	110
		Total	8485	3491	11975	7979	5386	13365	2633	5368	8001	33341



ANEXO C-1

UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA

SEÑALIZACIÓN VERTICAL

SEÑAL	CÓDIGO INEN	ESPECIFICACIÓN	SEÑAL	CÓDIGO INEN	ESPECIFICACIÓN
	R1-2	R1-2A DIMENSIONES 750mm		P2-17A	P2-17A DIMENSIONES 600x600mm
	P6-1	P6-1A DIMENSIONES 600x600mm		P4-3A	P4-3A DIMENSIONES 600x600mm
	P4-4	P4-4A DIMENSIONES 600x600mm		R5-6	R5-6 DIMENSIONES 450x600mm
	R1-1	R1-1A DIMENSIONES 600x600mm		R4-1A	R4-1A DIMENSIONES 600x600mm

SEÑAL	CÓDIGO INEN	ESPECIFICACIÓN
	I1-5a1	I1-5a1 DIMENSIONES 1200x600mm

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
	FLECHA DE VIRAJE DERECHA	PARA VELOCIDADES IGUALES O MENORES A 50 Km/h
	FLECHA RECTA	PARA VELOCIDADES IGUALES O MENORES A 50 Km/h
	FLECHA RECTA Y DE VIRAJE DERECHA E IZQUIERDA	PARA VELOCIDADES IGUALES O MENORES A 50 Km/h
	FLECHA RECTA Y DE VIRAJE DERECHA	PARA VELOCIDADES IGUALES O MENORES A 50 Km/h
	CRUCE CEBRA	8.00 X 0.45m espaciamiento cada 0.75m
	LÍNEA ENTRECORTADA DE DIVISIÓN DE CARRIL TACHA REFLECTIVA	ESPESOR DE LÍNEA 15cm
	LÍNEA CONTINUA DE BORDE DIVISIÓN DE CARRIL	ESPESOR DE LÍNEA 15cm
	PARADA DE BUS	
	LÍNEA DE CEDA EL PASO EN REDONDELES	0.60 X 0.40m espaciamiento cada 0.60m

* REVISAR REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO 004

SEÑALIZACIÓN SOLUCIÓN DEFINITIVA PARA LA INTERSECCIÓN CON LA VÍA DE ACCESO: INTERSECCIÓN A PANAMERICANA NORTE Y VÍA DE ACCESO

CONTENIDO:
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA MEJORAR OPERACIÓN DE INTERSECCIONES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA Y MEDIA

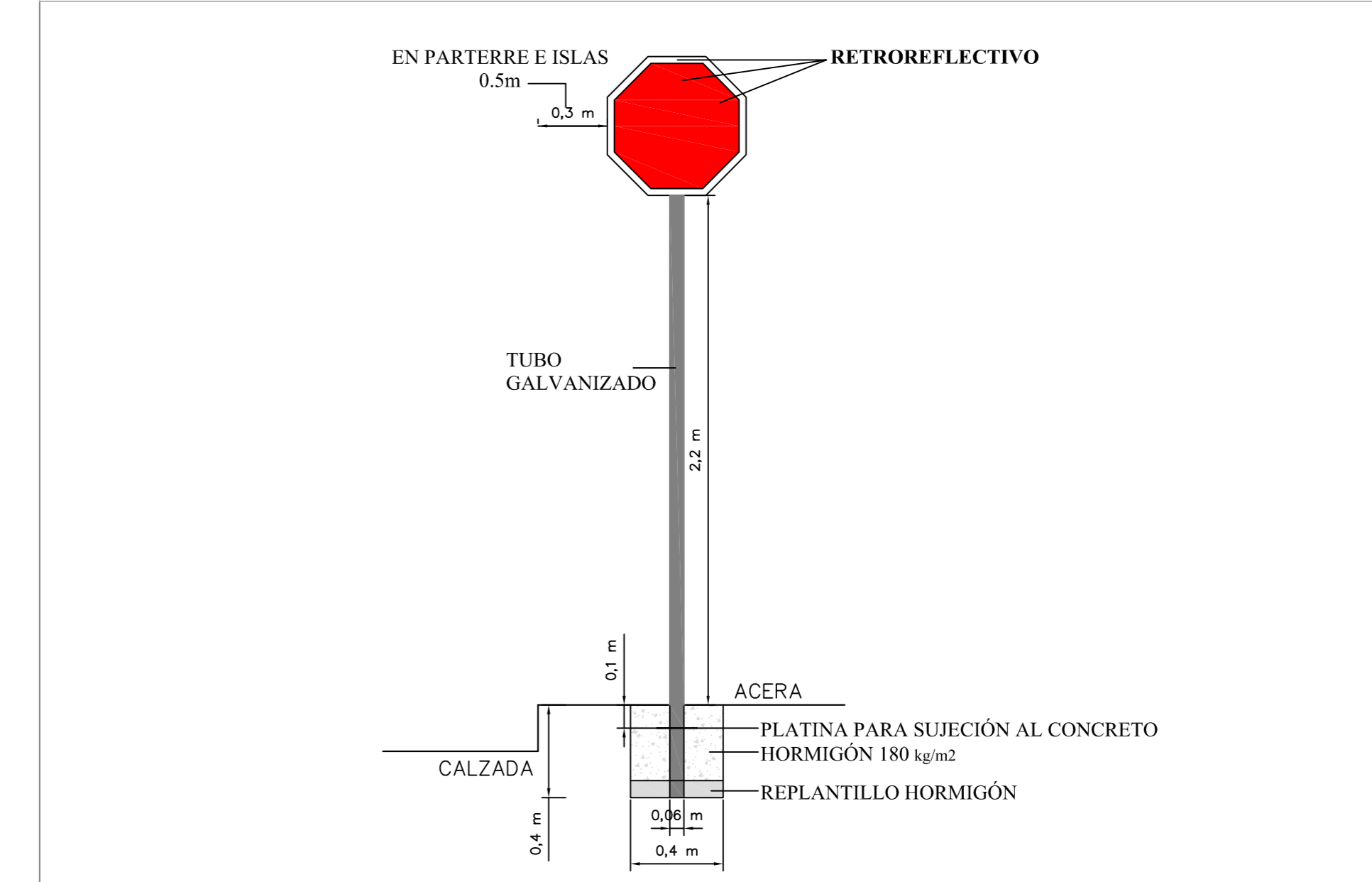
DIBUJADO POR:
ING. GISELLA MAITA

FECHA DE ELABORACIÓN:
NOVIEMBRE 2022

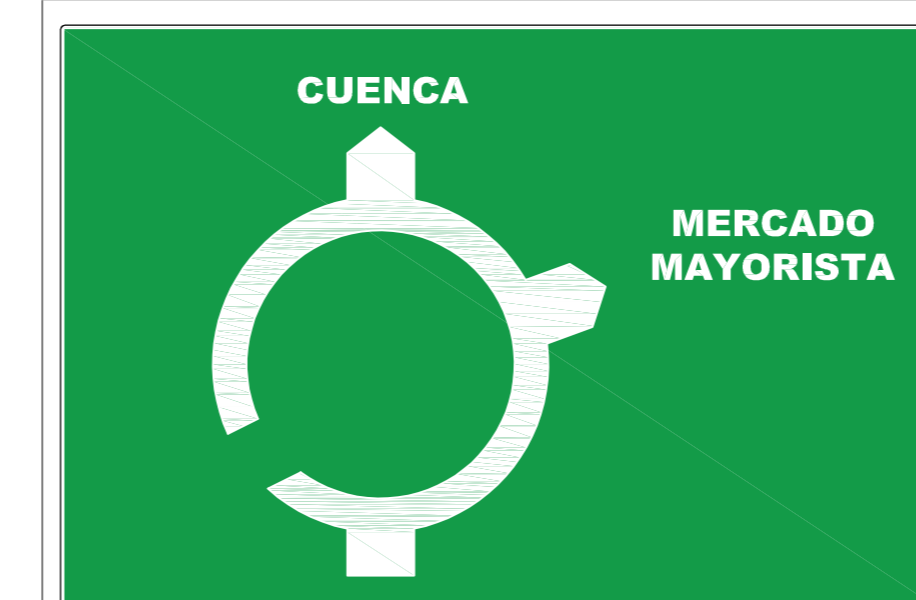
ESCALA:
1:500

PLANO No.
1/1

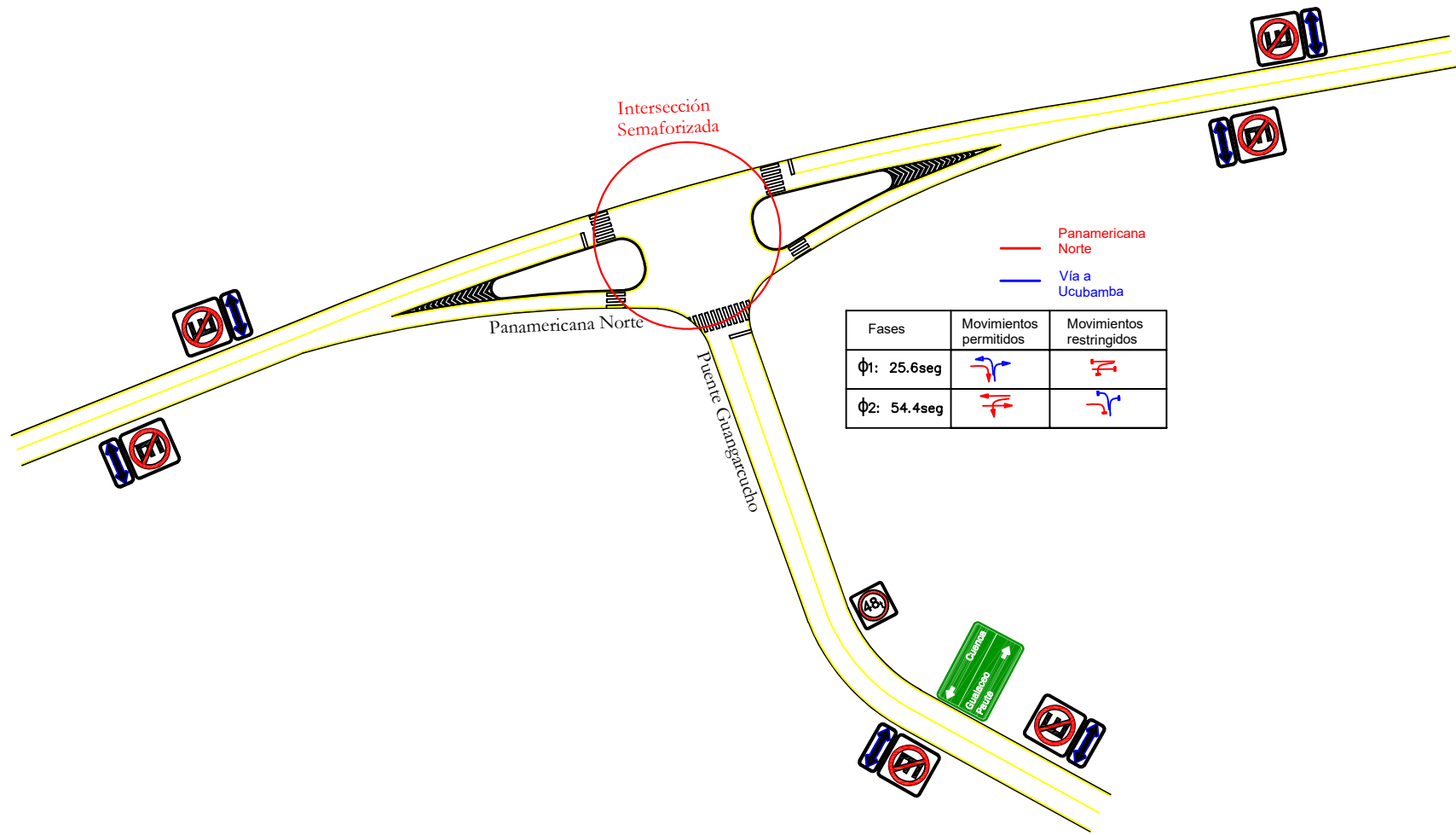
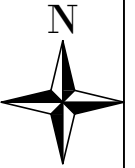
INSTALACION TIPO SEÑALIZACIÓN VERTICAL



SEÑALIZACIÓN DE DESTINO



ANEXO C-2



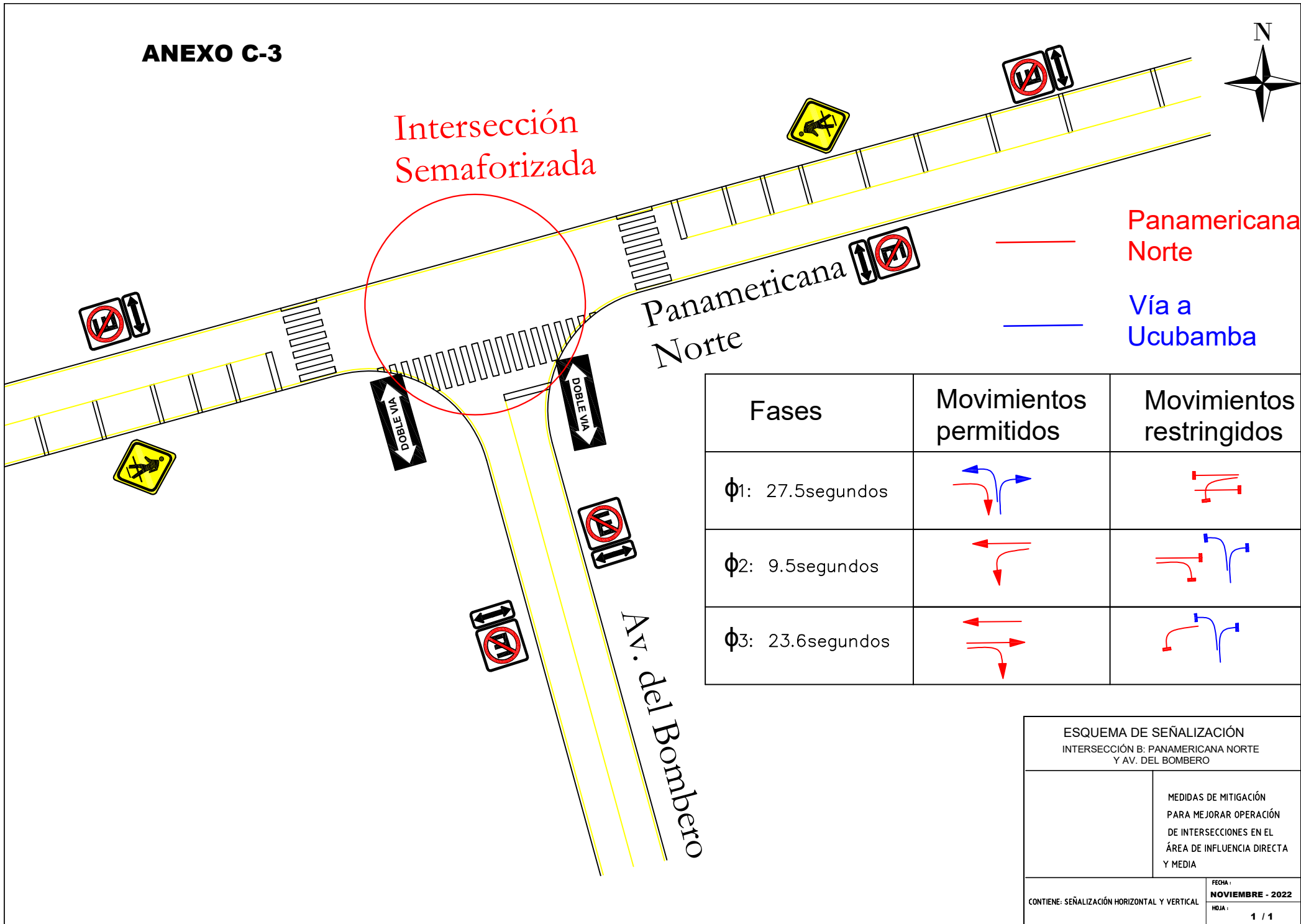
— Panamericana Norte
 — Via a Ucubamba

Fases	Movimientos permitidos	Movimientos restringidos
Φ1: 25.6seg		
Φ2: 54.4seg		

ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN INTERSECCIÓN B: PANAMERICANA NORTE Y PUENTE DE GUANGARCUCHO	
	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA MEJORAR OPERACIÓN DE INTERSECCIONES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA Y MEDIA
CONTIENE: SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	
FECHA: NOVIEMBRE - 2022 HOJA: 1 / 1	

ANEXO C-3

**Intersección
Semaforizada**

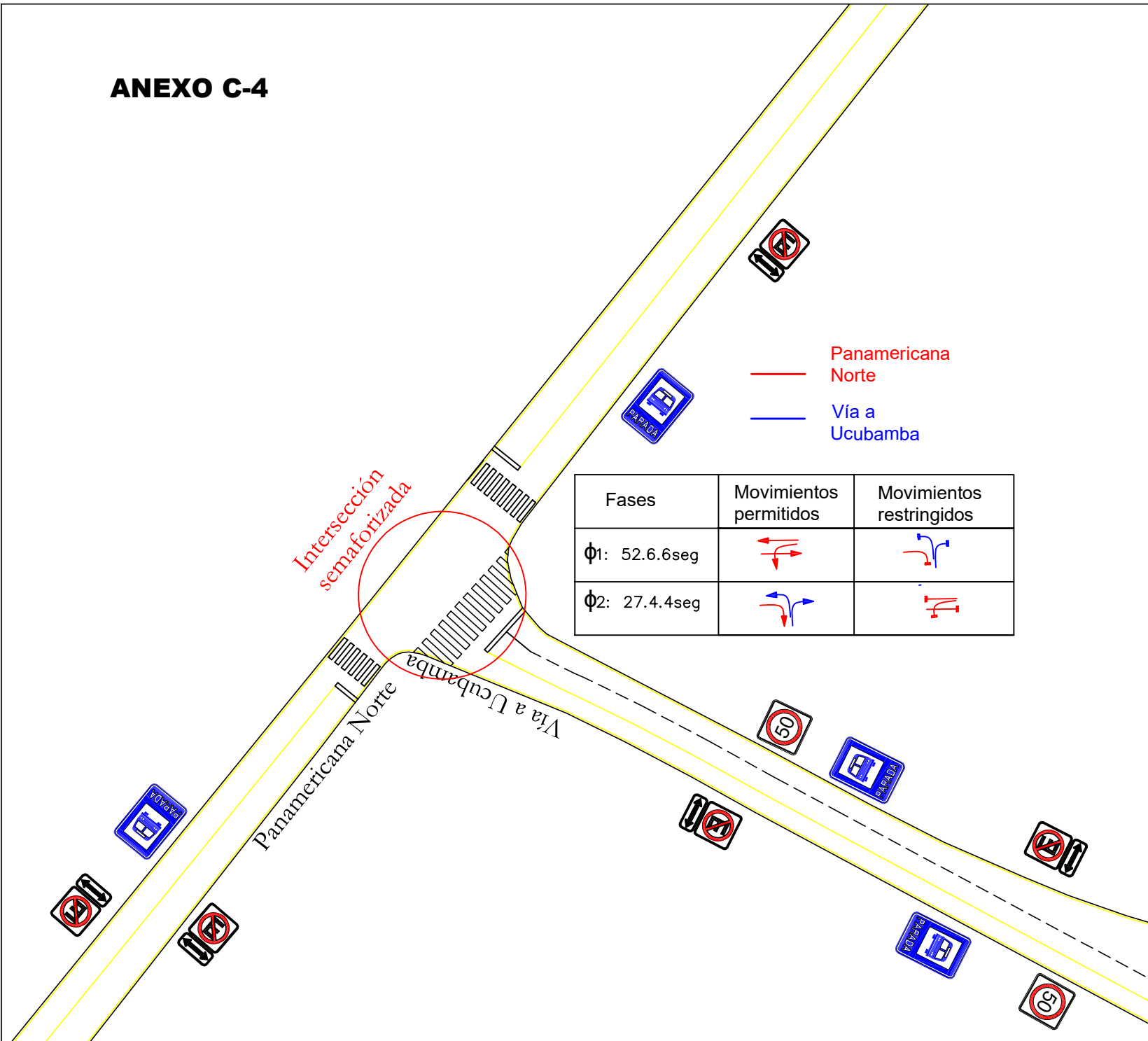
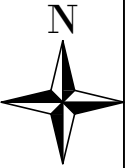


Fases	Movimientos permitidos	Movimientos restringidos
$\phi 1$: 27.5segundos		
$\phi 2$: 9.5segundos		
$\phi 3$: 23.6segundos		

ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN
INTERSECCIÓN B: PANAMERICANA NORTE
Y AV. DEL BOMBERO

	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA MEJORAR OPERACIÓN DE INTERSECCIONES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA Y MEDIA
CONTIENE: SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	FECHA: NOVIEMBRE - 2022 HOJA: 1 / 1

ANEXO C-4



— Panamericana Norte
— Vía a Ucubamba

Fases	Movimientos permitidos	Movimientos restringidos
$\phi 1$: 52.6.6seg		
$\phi 2$: 27.4.4seg		

ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN INTERSECCIÓN D: PANAMERICANA NORTE Y VÍA A UCUBAMBA	
	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA MEJORAR OPERACIÓN DE INTERSECCIONES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA Y MEDIA
CONTIENE: SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	
FECHA : NOVIEMBRE - 2022	HOJA : 1 / 1

ANEXO D: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FUNDADA EN 1912

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelos@g.ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.

CLASIFICACION: Grava bien graduada grava limosa GW - GM

AUTORAS: Ing. Gisella Maita

Ing. Ma. Augusta Torres

COORDENADAS: 730222 E

FECHA: 22/04/2021

9684281 N

ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 2487

Masa inicial de suelo (m) = 20,000 kg

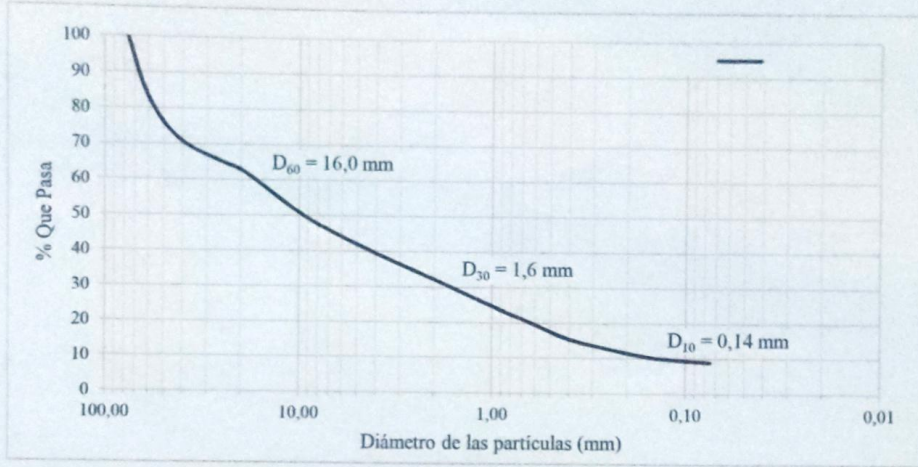
Tamiz #	Abertura del tamiz (mm)	Masa Retenida Parcial (kg)	Masa Retenida Acumulada (kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0,000	0,000	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,0	2,821	2,821	14,11	14,11	85,90
2"	50,8	1,870	4,691	9,35	23,46	76,55
1 1/2"	38,1	1,326	6,017	6,63	30,09	69,92
1"	24,5	1,006	7,023	5,03	35,12	64,89
3/4"	19,1	0,532	7,555	2,66	37,78	62,23
3/8"	9,5	2,420	9,975	12,10	49,88	50,13
# 4	4,75	1,741	11,716	8,71	58,58	41,42
Fondo	---	8,284	20,000	41,42	100,00	0,00

Masa inicial de suelo (m) = 1000,00 gr

Tamiz #	Abertura del tamiz (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,75	23,69	23,69	0,98	59,56	40,44
8	2,36	156,90	180,59	6,50	66,06	33,94
10	2,00	41,28	221,87	1,71	67,77	32,23
16	1,18	138,36	360,23	5,73	73,50	26,50
20	0,85	84,37	444,60	3,49	77,00	23,00
30	0,60	83,35	527,95	3,45	80,45	19,55
40	0,425	86,76	614,71	3,59	84,04	15,96
50	0,30	54,19	668,90	2,24	86,29	13,71
100	0,15	81,18	750,08	3,36	89,65	10,35
200	0,075	32,99	783,07	1,37	91,01	8,99
Fondo	---	216,93	1000,0	8,99	100,0	---

GRANULOMETRÍA

Curva de distribución del tamaño de las partículas



Dímetros significativos:		
$D_{10} =$	0,14	mm
$D_{30} =$	1,6	mm
$D_{60} =$	16	mm

Coefficiente de Uniformidad C_u :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coefficiente de Curvatura C_c :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

Resultados	
$C_u =$	114,3
$C_c =$	1,1



LÍMITES

UNIVERSIDAD DE CUENCA
CENTRO DE INVESTIGACIONES

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.		
LOCALIZACIÓN:	Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2		
PROVINCIA:	Azuay	COORDENADAS:	730222 E
AUTORAS:	Ing. Gisella Maita		9684281 N
	Ing. Ma. Augusta Torres	CLASIFICACION:	GW - GM
FECHA:	22/04/2021		

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

ASTM D 4318

HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL

Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
35	---	133,89	125,08	41,26	10,5	10,1
48	---	129,46	121,59	40,93	9,8	

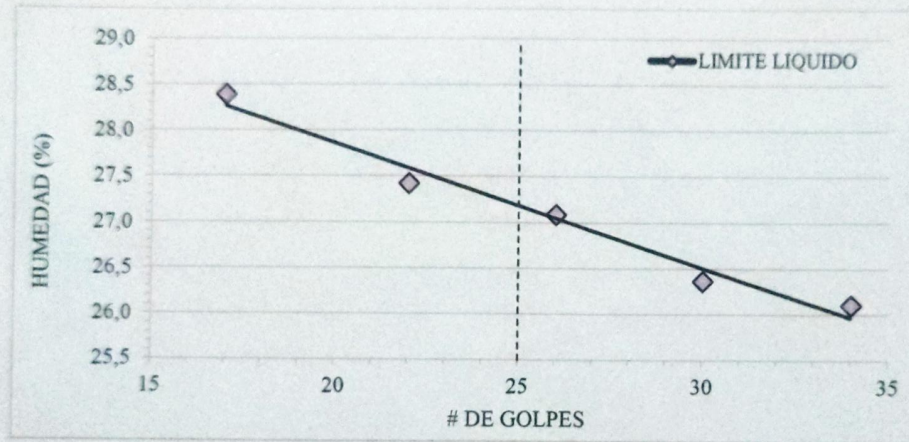
LIMITE LIQUIDO

Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
43	17	55,21	52,73	44,04	28,5	28,4
151		52,45	49,95	41,1	28,2	
66	30	56,5	54,12	45,05	26,2	26,4
35		51,3	49,17	41,13	26,5	
174	34	59,5	57,76	51,14	26,3	26,1
104		50,87	48,99	41,74	25,9	
77	22	52,88	50,54	42,07	27,6	27,4
48		50,67	48,59	40,95	27,2	
73	26	51,96	49,97	42,66	27,2	27,1
65		52,2	50,06	42,12	27,0	

LÍMITES

LÍMITE PLÁSTICO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
88	----	41,53	41,15	39,33	20,9	21,2
56	----	49,48	49,09	47,27	21,4	

GRAFICO LIMITE LIQUIDO:



Límite Líquido LL: LL = 27,2

Índice de Plasticidad (IP = LL - LP):
IP = 6,0

PRÓCTOR



UNIVERSIDAD DE CUENCA
fuecuenca 1867

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.		
LOCALIZACIÓN:	Capulisamba, Panamericana Norte Km 7 1/2		
AUTORAS:	Ing. Gisella Maita	COORDENADAS: 730222 E	
	Ing. Ma. Augusta Torres		9684281 N
FECHA:	19/Abril/2022		

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				ASTM D 1557
DATOS DEL MOLDE		CARACTERISTICAS DEL ENSAYO		
Método de Ensayo:	Método C	Peso Molde:	7,000 kg	
Número de Molde	# 1	Peso Martillo:	44,5 N	
Diámetro del Molde:	15,42 cm	Altura de Caída:	457,2 mm	
Longitud del Molde:	11,55 cm	# de Capas:	5 capas	
Area del Molde:	186,7 cm ²	# de Golpes por capa:	56 golpes	
Volumen del Molde:	2157,0 cm ³	Material pasante del Tamiz:	19 mm (3/4")	

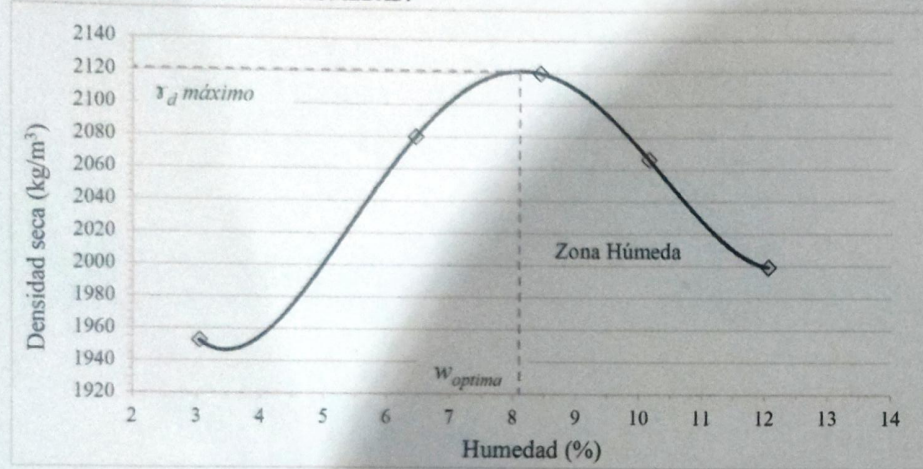
EJECUCION DEL ENSAYO					
MUESTRA #	1	2	3	4	5
W. MOL + SUELO HUM. (kg)	11,832	11,340	11,775	11,956	11,909
W. SUELO HUM (kg)	4,832	4,340	4,775	4,956	4,909
HUMEDAD PROM. (%)	12,05	3,04	6,43	8,40	10,14
DENSIDAD HUM. (kg/m ³)	2240,19	2012,09	2213,77	2297,68	2275,89
DENSIDAD SECA (kg/m ³)	1999,29	1952,78	2080,04	2119,68	2066,44

CONTENIDO DE HUMEDAD:										
MUESTRA#	1		2		3		4		5	
CAPSULA #	88	56	48	151	104	77	174	35	66	65
W. CAP. + SUELO HUM. (gr)	136,53	128,49	147,62	147,13	134,19	132,17	128,58	94,43	110,63	109,53
W. CAP. + SUELO SECO (gr)	126	119,82	144,45	144,03	128,8	126,52	122,61	90,29	104,63	103,29
W. CAPSULA (gr)	39,33	47,26	40,94	41,1	41,77	42,06	51,2	41,21	45,04	42,13
W. AGUA (gr)	10,53	8,67	3,17	3,1	5,37	5,65	5,97	4,14	6	6,24

D Rê 7 TORMODIFICADO

W. SUELO SECO (gr)	86,67	72,56	103,51	102,93	87,05	84,46	71,41	49,08	59,59	61,16
CONTENIDO HUM. (%)	12,15	11,95	3,06	3,01	6,17	6,69	8,36	8,44	10,07	10,20
HUMEDAD PROM. (%)	12,05		3,04		6,43		8,40		10,14	

GRAFICO DENSIDAD SECA - HUMEDAD:



RESULTADOS	
Densidad seca máxima:	γ_d máximo = 2119,7 kg/m^3
Contenido de Humedad óptimo:	w_{optima} = 8,1 %



PROYECTO:	ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.		
LOCALIZACIÓN:	Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2		
PROVINCIA:	Azuay	COORDENADAS:	730222 E
AUTORAS:	Ing. Gisella Maita		9684281 N
	Ing. Ma. Augusta Torres	CLASIFICACION:	GW - GM
FECHA:	25/04/2022		

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR					ASTM D 1883
HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL					
Capsula #	Peso Capsula (gr)	P. Capsula + Mat. Hum (gr)	Peso Capsula + Mat. Seco (gr)	Humedad (%)	Hum. Promedio (%)
35	41,26	133,89	125,08	10,5	10,1
48	40,93	129,46	121,59	9,8	

EJECUCION DEL ENSAYO			
Penetracion (mm)	MUESTRA: 1 Sobrecarga: 4,534 kg Condicion: Saturada	MUESTRA: 2 Sobrecarga: 4,535 kg Condicion: Saturada	MUESTRA: 3 Sobrecarga: 4,534 kg Condicion: Saturada
	Carga (kN)	Carga (kN)	Carga (kN)
0,0	0,00	0,00	0,00
0,5	2,50	2,98	2,97
1,0	3,90	4,14	4,55
1,5	5,4	5,31	6,22
2,0	7,04	6,44	7,86
2,5	8,50	7,53	9,37
3,0	10,0	8,58	10,78
3,5	11,43	9,61	12,13
4,0	12,78	10,65	13,35
4,5	14,07	11,73	14,59

CBR

5,0	15,32	12,78	15,71
5,5	16,0	13,76	16,77
6,0	17,21	14,63	17,86
6,5	18,34	15,60	18,9
7,0	19,30	16,50	19,88
7,5	20,26	17,32	20,8
8,0	21,12	18,18	21,83
8,5	21,91	19,05	22,83
9,0	22,72	19,82	23,5
9,5	23,50	20,68	24,42
10,0	24,25	21,47	25,3
10,5	25,14	22,33	26,13
11,0	25,90	22,86	26,99
11,5	26,72	23,58	27,54
12,0	27,55	24,45	28,37

NUMERO CBR (%)				
PENETRACION	MUESTRA: 1	MUESTRA: 2	MUESTRA: 3	CBR 100%
2,5 mm	64,4	57,0	71,0	76,6
5,0 mm	76,6	63,9	78,6	

CONTENIDO FINAL DE HUMEDAD w (%)			
Seccion del Molde	MUESTRA: 1	MUESTRA: 2	MUESTRA: 3
1/3 Superior	10,1	10,3	11,4
1/3 Medio	10,6	9,9	11,0
1/3 Inferior	11,5	11,3	10,1
Promedio (%)	10,8	10,5	10,8

ESPONJAMIENTO (mm) - CONDICION SATURADA			
FECHA	MUESTRA: 1	MUESTRA: 2	MUESTRA: 3
20-abr-22	0,00	0,00	0,00
21-abr-22	0,03	0,15	0,25
22-abr-22	0,03	0,15	0,25

CBR

23-abr-22	0,03	0,15	0,25
24-abr-22	0,03	0,15	0,25
25-abr-22	0,03	0,15	0,25

Grafico Penetracion (mm) v.s. Carga (kN):

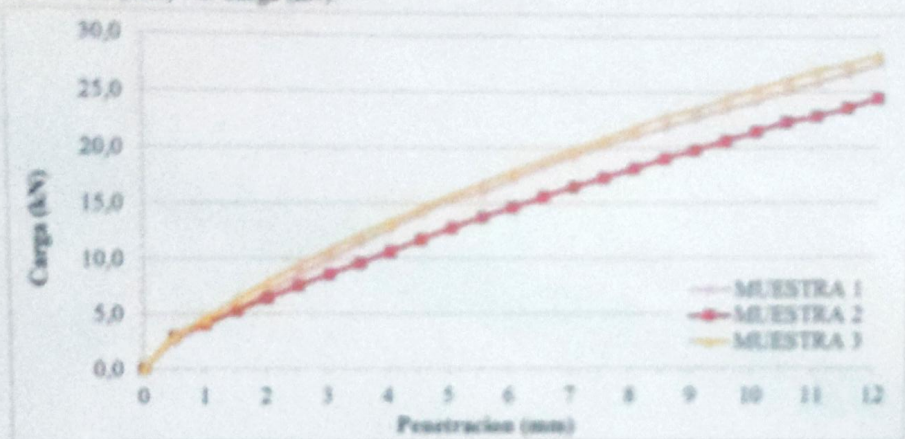


Grafico Esponjamiento (mm) v.s. Fecha:



CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
founded 1867

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelos@ucn.cu.edu.ec

Teléfono: 0983734594

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.

AUTORAS: Ing. Gisella Maita

UBICACIÓN: Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2

Ing. Ma. Augusta Torres

FECHA: 22/04/2022

Lado (cm): 6,00

Altura (cm): 2,00

Area (cm²): 36,00

Volumen (cm³): 72,00

Humedad (%): 10,85

Aplicación de carga

Velocidad de carga de la maquina (mm/min) = 0,75

Carga normal (kg) = 10,0

σ (kg/cm²) = 0,28

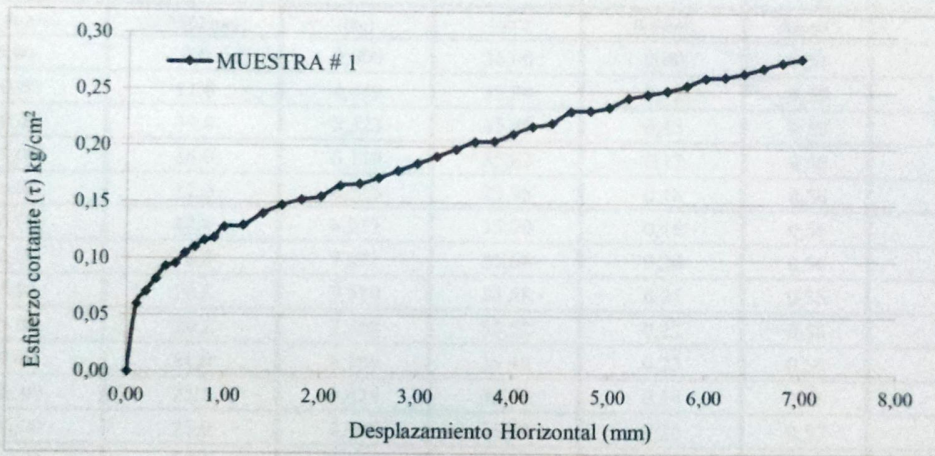
τ (kg/cm²) = 0,26

DEFORMIMETRO HORIZONTAL	LECTURA DIAL DE CARGA	FUERZA CORTANTE	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL
(x 0,01 mm)	(x 0,002 mm)	(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(mm)
0,00	0,0	0,000	36,00	0,00	0,28	0,00
10,00	6,0	2,146	35,94	0,06	0,28	0,10
20,00	7,0	2,543	35,88	0,07	0,28	0,20
30,00	8,0	2,940	35,82	0,08	0,28	0,30
40,00	9,0	3,337	35,76	0,09	0,28	0,40
50,00	9,2	3,416	35,70	0,10	0,28	0,50
60,00	10,0	3,734	35,64	0,10	0,28	0,60
70,00	10,5	3,933	35,58	0,11	0,28	0,70
80,00	11,0	4,131	35,52	0,12	0,28	0,80
90,00	11,2	4,211	35,46	0,12	0,28	0,90
100,00	12,0	4,528	35,40	0,13	0,28	1,00
120,00	12,1	4,568	35,28	0,13	0,28	1,20
140,00	13,0	4,926	35,16	0,14	0,28	1,40
160,00	13,6	5,164	35,04	0,15	0,29	1,60
180,00	14,0	5,323	34,92	0,15	0,29	1,80
200,00	14,2	5,402	34,80	0,16	0,29	2,00
220,00	15,0	5,720	34,68	0,16	0,29	2,20
240,00	15,1	5,760	34,56	0,17	0,29	2,40
260,00	15,5	5,919	34,44	0,17	0,29	2,60
280,00	16,0	6,118	34,32	0,18	0,29	2,80
300,00	16,5	6,317	34,20	0,18	0,29	3,00
320,00	17,0	6,515	34,08	0,19	0,29	3,20
340,00	17,5	6,714	33,96	0,20	0,29	3,40

CORTE DIRECTO

360,00	18,0	6,913	33,84	0,20	0,30	3,60
380,00	18,0	6,913	33,72	0,21	0,30	3,80
400,00	18,5	7,112	33,60	0,21	0,30	4,00
420,00	19,0	7,311	33,48	0,22	0,30	4,20
440,00	19,2	7,390	33,36	0,22	0,30	4,40
460,00	20,0	7,708	33,24	0,23	0,30	4,60
480,00	20,0	7,708	33,12	0,23	0,30	4,80
500,00	20,2	7,788	33,00	0,24	0,30	5,00
520,00	20,8	8,027	32,88	0,24	0,30	5,20
540,00	21,0	8,106	32,76	0,25	0,31	5,40
560,00	21,2	8,186	32,64	0,25	0,31	5,60
580,00	21,5	8,305	32,52	0,26	0,31	5,80
600,00	22,0	8,504	32,40	0,26	0,31	6,00
620,00	22,0	8,504	32,28	0,26	0,31	6,20
640,00	22,2	8,584	32,16	0,27	0,31	6,40
660,00	22,5	8,703	32,04	0,27	0,31	6,60
680,00	22,8	8,822	31,92	0,28	0,31	6,80
700,00	23,0	8,902	31,80	0,28	0,31	7,00

Gráfico Esfuerzo cortante (τ) vs. Desplazamiento Horizontal (mm):



MUESTRA # 1		
Esfuerzo cortante máximo: τ_{\max} =	0,26	kg/cm ²
Esfuerzo normal: σ =	0,28	kg/cm ²

CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Cuenca - Ecuador

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelo@ingenieria.cu.edu.ec

Teléfono: 0983734594

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO. **AUTORAS:** Ing. Gisella Maita
UBICACIÓN: Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2 Ing. Ma. Augusta Torres
FECHA: 22/04/2022

Lado (cm): 6,00
 Altura (cm): 2,00
 Area (cm²): 36,00
 Volumen (cm³): 72,00 Humedad (%): 10,80

Aplicación de carga

Velocidad de carga de la maquina (mm/min) = 0,75

Carga normal (kg) = 20,0

σ (kg/cm²) = 0,56

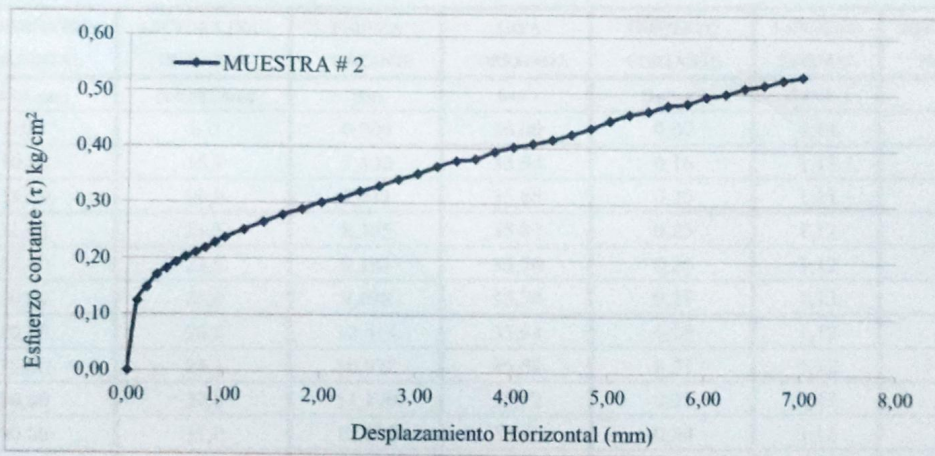
τ (kg/cm²) = 0,49

DEFORMIMETRO HORIZONTAL (x 0,01 mm)	LECTURA DIAL DE CARGA (x 0,002 mm)	FUERZA CORTANTE (kg)	AREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)
0,00	0,0	0,000	36,00	0,00	0,56	0,00
10,00	11,8	4,449	35,94	0,12	0,56	0,10
20,00	14,0	5,323	35,88	0,15	0,56	0,20
30,00	16,0	6,118	35,82	0,17	0,56	0,30
40,00	17,0	6,515	35,76	0,18	0,56	0,40
50,00	18,0	6,913	35,70	0,19	0,56	0,50
60,00	18,8	7,231	35,64	0,20	0,56	0,60
70,00	19,5	7,510	35,58	0,21	0,56	0,70
80,00	20,2	7,788	35,52	0,22	0,56	0,80
90,00	21,0	8,106	35,46	0,23	0,56	0,90
100,00	21,8	8,424	35,40	0,24	0,56	1,00
120,00	23,0	8,902	35,28	0,25	0,57	1,20
140,00	24,1	9,340	35,16	0,27	0,57	1,40
160,00	25,2	9,777	35,04	0,28	0,57	1,60
180,00	26,0	10,096	34,92	0,29	0,57	1,80
200,00	27,0	10,494	34,80	0,30	0,57	2,00
220,00	27,6	10,733	34,68	0,31	0,58	2,20
240,00	28,5	11,091	34,56	0,32	0,58	2,40
260,00	29,3	11,410	34,44	0,33	0,58	2,60
280,00	30,2	11,768	34,32	0,34	0,58	2,80
300,00	31,0	12,087	34,20	0,35	0,58	3,00
320,00	32,0	12,486	34,08	0,37	0,59	3,20
340,00	32,8	12,804	33,96	0,38	0,59	3,40

CORTE DIRECTO

360,00	33,0	12,884	33,84	0,38	0,59	3,60
380,00	34,0	13,283	33,72	0,39	0,59	3,80
400,00	34,6	13,522	33,60	0,40	0,60	4,00
420,00	35,0	13,681	33,48	0,41	0,60	4,20
440,00	35,5	13,881	33,36	0,42	0,60	4,40
460,00	36,2	14,160	33,24	0,43	0,60	4,60
480,00	37,0	14,479	33,12	0,44	0,60	4,80
500,00	38,0	14,877	33,00	0,45	0,61	5,00
520,00	38,8	15,196	32,88	0,46	0,61	5,20
540,00	39,2	15,356	32,76	0,47	0,61	5,40
560,00	39,9	15,635	32,64	0,48	0,61	5,60
580,00	40,1	15,715	32,52	0,48	0,62	5,80
600,00	40,9	16,034	32,40	0,49	0,62	6,00
620,00	41,2	16,154	32,28	0,50	0,62	6,20
640,00	41,9	16,433	32,16	0,51	0,62	6,40
660,00	42,2	16,553	32,04	0,52	0,62	6,60
680,00	42,8	16,792	31,92	0,53	0,63	6,80
700,00	43,1	16,912	31,80	0,53	0,63	7,00

Gráfico Esfuerzo cortante (τ) vs. Desplazamiento Horizontal (mm):



MUESTRA # 2		
Esfuerzo cortante máximo: $\tau_{\max} =$	0,49	kg/cm^2
Esfuerzo normal: $\sigma =$	0,56	kg/cm^2

CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FUNDADA 1967

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.geotecnia@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 0983734594

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO. **AUTORAS:** Ing. Gisella Maita
UBICACIÓN: Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2 **Ing. Ma. Augusta Torres**
FECHA: 22/04/2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características de la muestra:

Lado (cm): 6,00
 Altura (cm): 2,00
 Area (cm²): 36,00
 Volumen (cm³): 72,00 Humedad (%): 10,92

Aplicación de carga

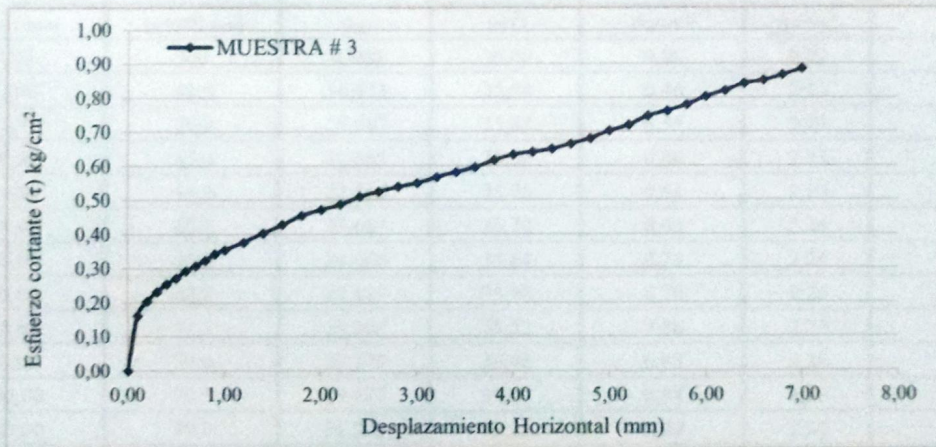
Velocidad de carga de la maquina (mm/min) = 0,75
 Carga normal (kg) = 40,0
 σ (kg/cm²) = 1,11
 τ (kg/cm²) = 0,80

DEFORMIMETRO HORIZONTAL	LECTURA DIAL DE CARGA	FUERZA CORTANTE	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL
(x 0,01 mm)	(x 0,002 mm)	(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(mm)
0,00	0,0	0,000	36,00	0,00	1,11	0,00
10,00	15,2	5,800	35,94	0,16	1,11	0,10
20,00	19,0	7,311	35,88	0,20	1,11	0,20
30,00	21,5	8,305	35,82	0,23	1,12	0,30
40,00	23,5	9,101	35,76	0,25	1,12	0,40
50,00	25,0	9,698	35,70	0,27	1,12	0,50
60,00	26,8	10,414	35,64	0,29	1,12	0,60
70,00	28,1	10,932	35,58	0,31	1,12	0,70
80,00	29,5	11,490	35,52	0,32	1,13	0,80
90,00	31,0	12,087	35,46	0,34	1,13	0,90
100,00	32,1	12,525	35,40	0,35	1,13	1,00
120,00	34,0	13,283	35,28	0,38	1,13	1,20
140,00	36,2	14,160	35,16	0,40	1,14	1,40
160,00	38,2	14,957	35,04	0,43	1,14	1,60
180,00	40,5	15,874	34,92	0,45	1,15	1,80
200,00	41,8	16,393	34,80	0,47	1,15	2,00
220,00	43,0	16,872	34,68	0,49	1,15	2,20
240,00	44,8	17,590	34,56	0,51	1,16	2,40
260,00	46,0	18,070	34,44	0,52	1,16	2,60
280,00	47,0	18,469	34,32	0,54	1,17	2,80
300,00	47,8	18,788	34,20	0,55	1,17	3,00

CORTE DIRECTO

320,00	49,1	19,307	34,08	0,57	1,17	3,20
340,00	50,2	19,747	33,96	0,58	1,18	3,40
360,00	51,2	20,146	33,84	0,60	1,18	3,60
380,00	52,8	20,786	33,72	0,62	1,19	3,80
400,00	54,0	21,265	33,60	0,63	1,19	4,00
420,00	54,5	21,465	33,48	0,64	1,19	4,20
440,00	55,0	21,665	33,36	0,65	1,20	4,40
460,00	56,1	22,105	33,24	0,67	1,20	4,60
480,00	57,2	22,545	33,12	0,68	1,21	4,80
500,00	58,8	23,185	33,00	0,70	1,21	5,00
520,00	60,0	23,665	32,88	0,72	1,22	5,20
540,00	62,0	24,465	32,76	0,75	1,22	5,40
560,00	63,0	24,865	32,64	0,76	1,23	5,60
580,00	64,2	25,345	32,52	0,78	1,23	5,80
600,00	65,9	26,026	32,40	0,80	1,23	6,00
620,00	67,1	26,506	32,28	0,82	1,24	6,20
640,00	68,5	27,067	32,16	0,84	1,24	6,40
660,00	69,0	27,267	32,04	0,85	1,25	6,60
680,00	70,0	27,668	31,92	0,87	1,25	6,80
700,00	71,2	28,148	31,80	0,89	1,26	7,00

Gráfico Esfuerzo cortante (τ) vs. Desplazamiento Horizontal (mm):



MUESTRA # 3		
Esfuerzo cortante máximo: τ_{\max} =	0,80	kg/cm ²
Esfuerzo normal: σ =	1,11	kg/cm ²

CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Cuenca - Ecuador

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 0983734594

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO. **AUTORAS:** Ing. Gisella Maita
UBICACIÓN: Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2 **Ing. Ma. Augusta Torres**
FECHA: 22/04/2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características de la muestra:

Lado (cm): 6,00
 Altura (cm): 2,00
 Area (cm²): 36,00
 Volumen (cm³): 72,00 Humedad (%): 10,82

Aplicación de carga

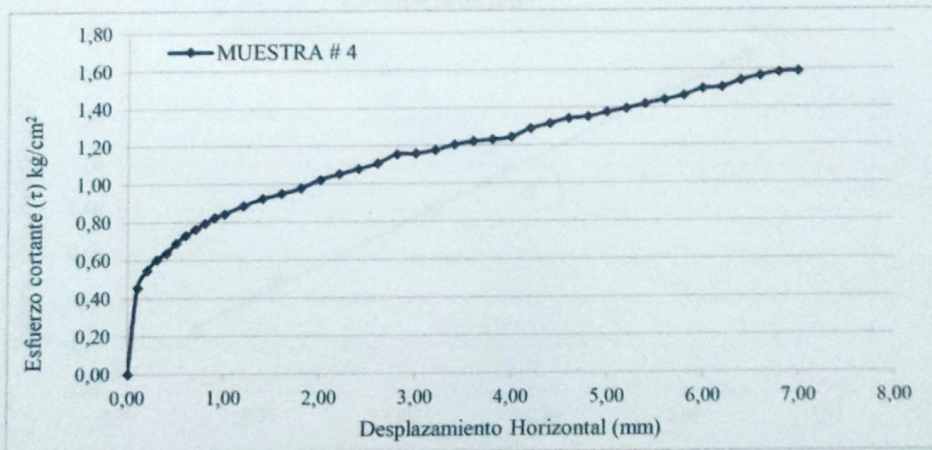
Velocidad de carga de la maquina (mm/min) = 0,75
 Carga normal (kg) = 80,0
 σ (kg/cm²) = 2,22
 τ (kg/cm²) = 1,50

DEFORMIMETRO HORIZONTAL	LECTURA DIAL DE CARGA	FUERZA CORTANTE	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL
(x 0,01 mm)	(x 0,002 mm)	(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(mm)
0,00	0,0	0,000	36,00	0,00	2,22	0,00
10,00	42,0	16,473	35,94	0,46	2,23	0,10
20,00	50,0	19,667	35,88	0,55	2,23	0,20
30,00	55,0	21,665	35,82	0,60	2,23	0,30
40,00	58,0	22,865	35,76	0,64	2,24	0,40
50,00	62,5	24,665	35,70	0,69	2,24	0,50
60,00	66,0	26,066	35,64	0,73	2,24	0,60
70,00	68,8	27,187	35,58	0,76	2,25	0,70
80,00	71,5	28,268	35,52	0,80	2,25	0,80
90,00	74,0	29,270	35,46	0,83	2,26	0,90
100,00	75,5	29,872	35,40	0,84	2,26	1,00
120,00	79,0	31,275	35,28	0,89	2,27	1,20
140,00	82,0	32,478	35,16	0,92	2,28	1,40
160,00	84,0	33,281	35,04	0,95	2,28	1,60
180,00	86,2	34,164	34,92	0,98	2,29	1,80
200,00	89,8	35,609	34,80	1,02	2,30	2,00
220,00	92,0	36,493	34,68	1,05	2,31	2,20
240,00	94,0	37,297	34,56	1,08	2,31	2,40
260,00	96,2	38,181	34,44	1,11	2,32	2,60
280,00	99,9	39,668	34,32	1,16	2,33	2,80
300,00	99,9	39,668	34,20	1,16	2,34	3,00

CORTE DIRECTO

320,00	101,0	40,111	34,08	1,18	2,35	3,20
340,00	103,0	40,915	33,96	1,20	2,36	3,40
360,00	104,2	41,398	33,84	1,22	2,36	3,60
380,00	104,5	41,519	33,72	1,23	2,37	3,80
400,00	105,2	41,800	33,60	1,24	2,38	4,00
420,00	108,5	43,129	33,48	1,29	2,39	4,20
440,00	110,3	43,853	33,36	1,31	2,40	4,40
460,00	112,2	44,618	33,24	1,34	2,41	4,60
480,00	112,5	44,739	33,12	1,35	2,42	4,80
500,00	114,0	45,343	33,00	1,37	2,42	5,00
520,00	115,2	45,827	32,88	1,39	2,43	5,20
540,00	116,8	46,472	32,76	1,42	2,44	5,40
560,00	118,1	46,995	32,64	1,44	2,45	5,60
580,00	119,5	47,560	32,52	1,46	2,46	5,80
600,00	122,0	48,568	32,40	1,50	2,47	6,00
620,00	122,1	48,608	32,28	1,51	2,48	6,20
640,00	124,5	49,576	32,16	1,54	2,49	6,40
660,00	126,0	50,181	32,04	1,57	2,50	6,60
680,00	127,0	50,584	31,92	1,58	2,51	6,80
700,00	127,0	50,584	31,80	1,59	2,52	7,00

Gráfico Esfuerzo cortante (τ) vs. Desplazamiento Horizontal (mm):



MUESTRA # 4		
Esfuerzo cortante máximo: τ_{\max} =	1,50	kg/cm ²
Esfuerzo normal: σ =	2,22	kg/cm ²

CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
UNIVERSITY OF CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERIA

laboratorio.geotecnia@uac.edu.ec

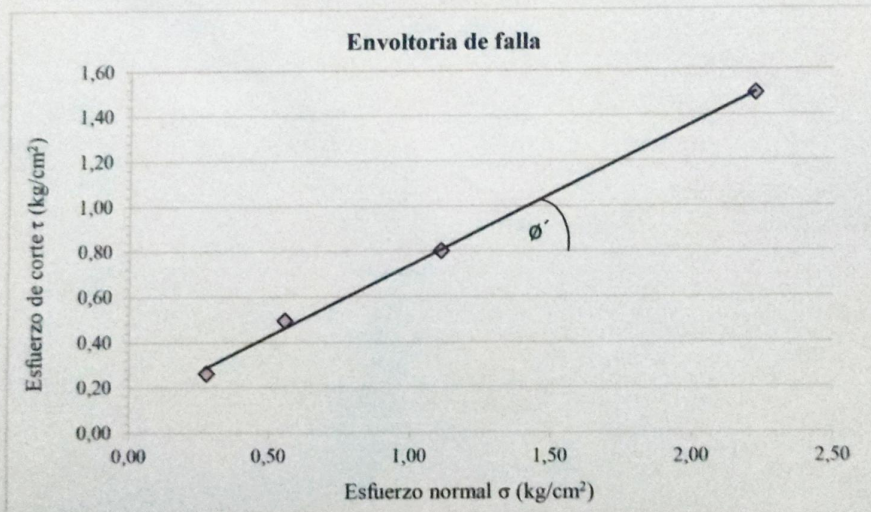
Teléfono: 0983734594

PROYECTO:	ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA NUEVA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DE LA CIUDAD DE CUENCA Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO.
UBICACIÓN:	Capulispamba, Panamericana Norte Km 7 1/2
FECHA:	22/04/2022
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN MUESTRA REMOLDEADA	
ASTM D-3086	

Resumen de datos:

Especimen #	Esfuerzo normal σ kg/cm ²	Esfuerzo de corte τ kg/cm ²	Criterio Mohr - Coulomb $\tau = c + \sigma \tan \theta$	
			c' (kg/cm ²)	θ' (°)
Muestra # 1	0,28	0,26	0,11	31,96
Muestra # 2	0,56	0,49		
Muestra # 3	1,11	0,80		
Muestra # 4	2,22	1,50		

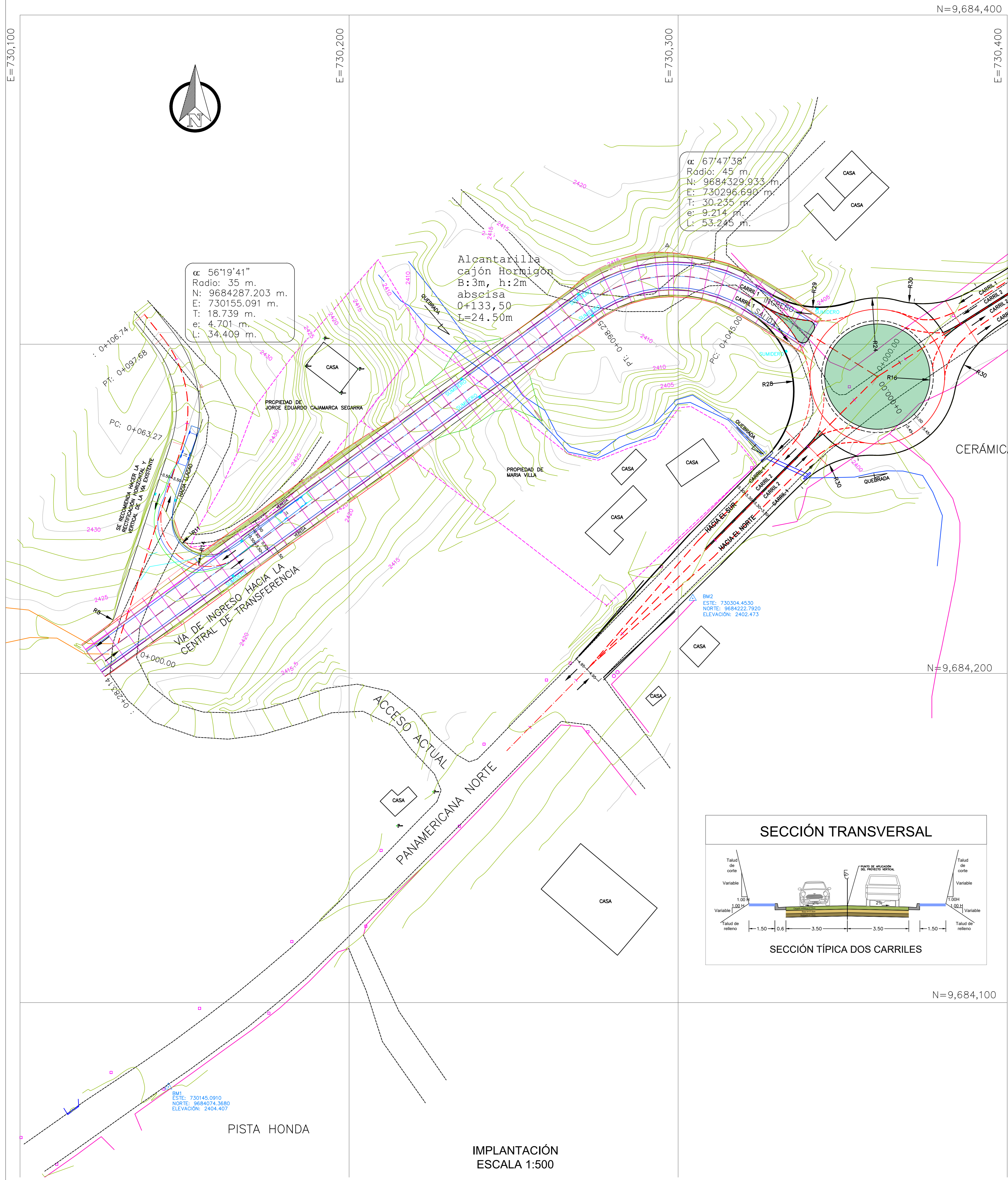
Gráfico de la Envolventoria de falla criterio de Mohr - Coulomb:



Resultados	
$c' =$	0,11 kg/cm ²
$\theta' =$	31,96 °

ANEXO E: PLANOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

VÍA DE ACCESO DESDE PANAMERICANA NORTE



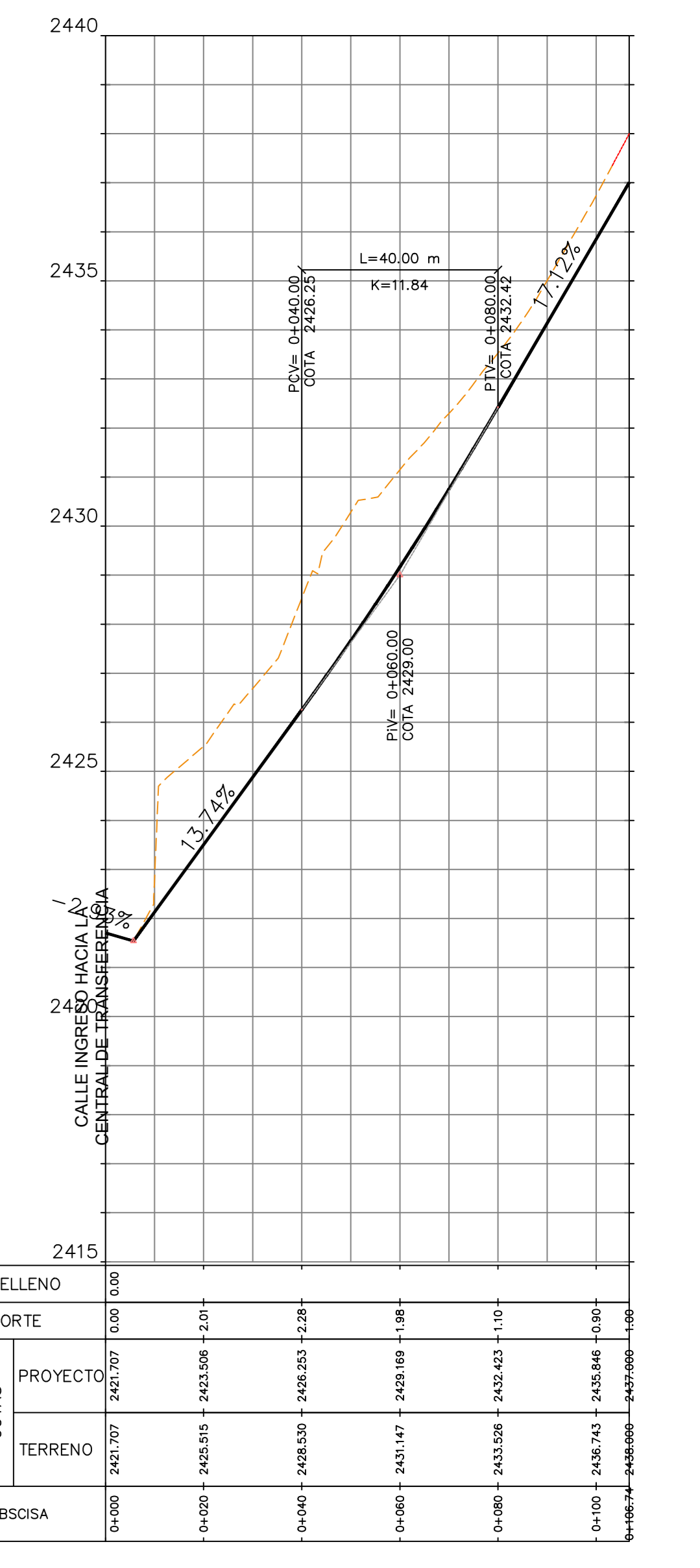
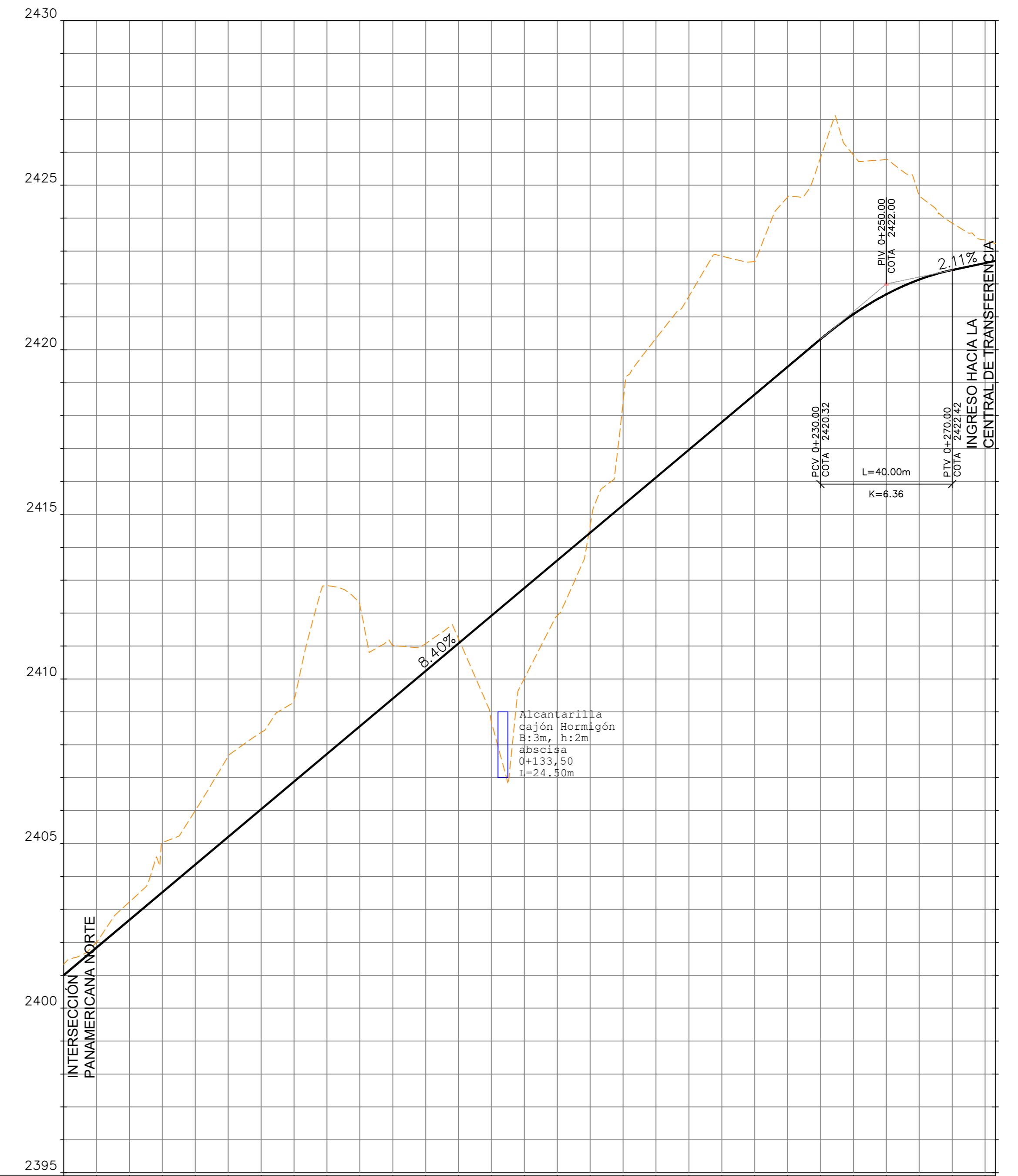
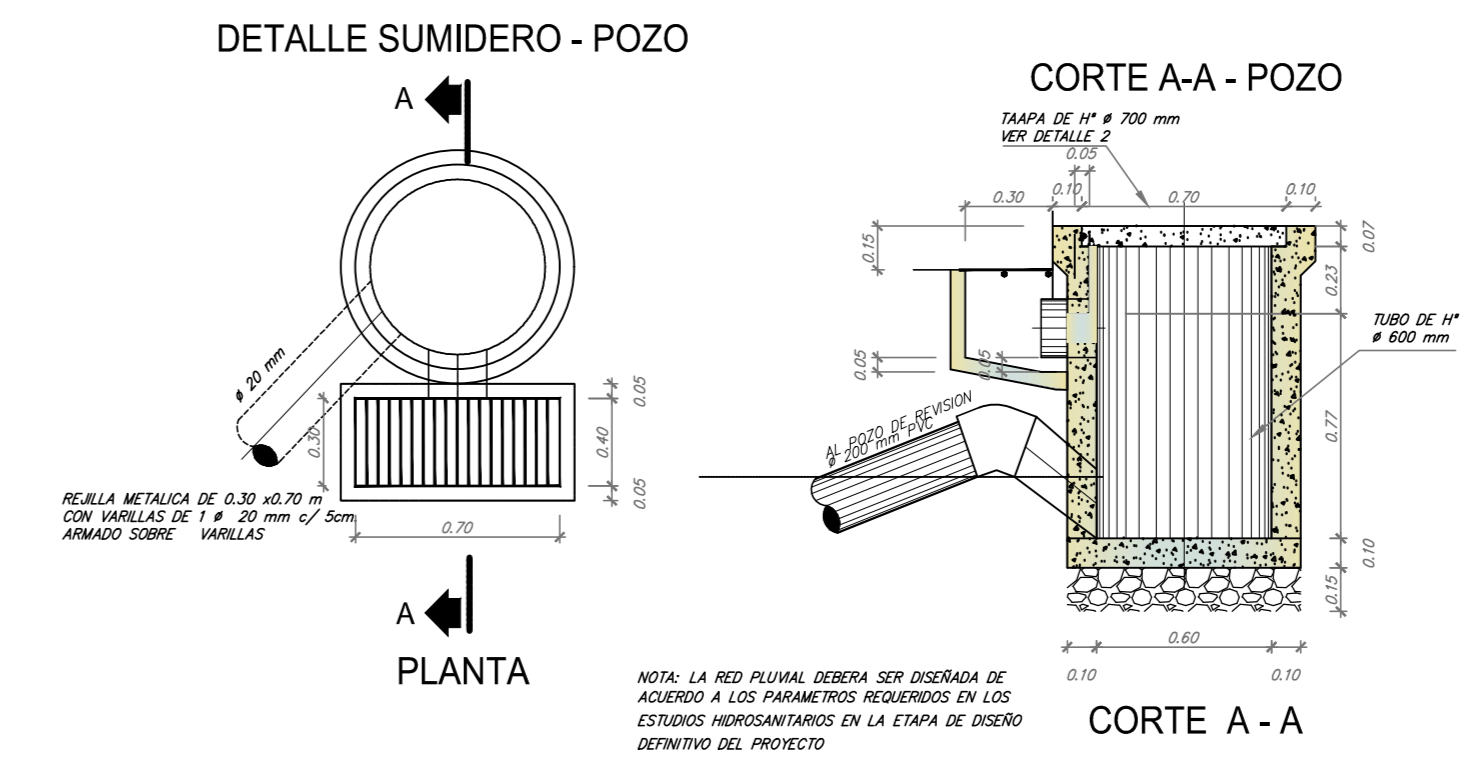
SIMBOLOGÍA

PROYECTO HORIZONTAL

- EJE DE LA VÍA
- BORDE DE VÍA PROYECTADA
- EDIFICACIONES
- VÍA EXISTENTE
- ▲ HITOS
- CERRAMIENTOS
- SUMIDERO

PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- PERFIL DEL TERRENO



PROYECTO VERTICAL VÍA HACIA LLACAO ESCALA
 H: 1:1000
 V: 1:100

PROYECTO:
 ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DEL CANTÓN CUENCA Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE ACCESO

CONTENIDO:
 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE ACCESO

DISEÑO:
 ING. GISELLA MAITA
 ING. MA. AUGUSTA TORRES

REVISADO POR:
 ING. GISELLA MAITA
 ING. MA. AUGUSTA TORRES

DIBUJADO POR:
 ING. GISELLA MAITA
 ING. MA. AUGUSTA TORRES

FECHA DE ELABORACIÓN:
 NOV - 2022

ESCALA:
 LAS INDICADAS

PLANO No.
 1 / 1

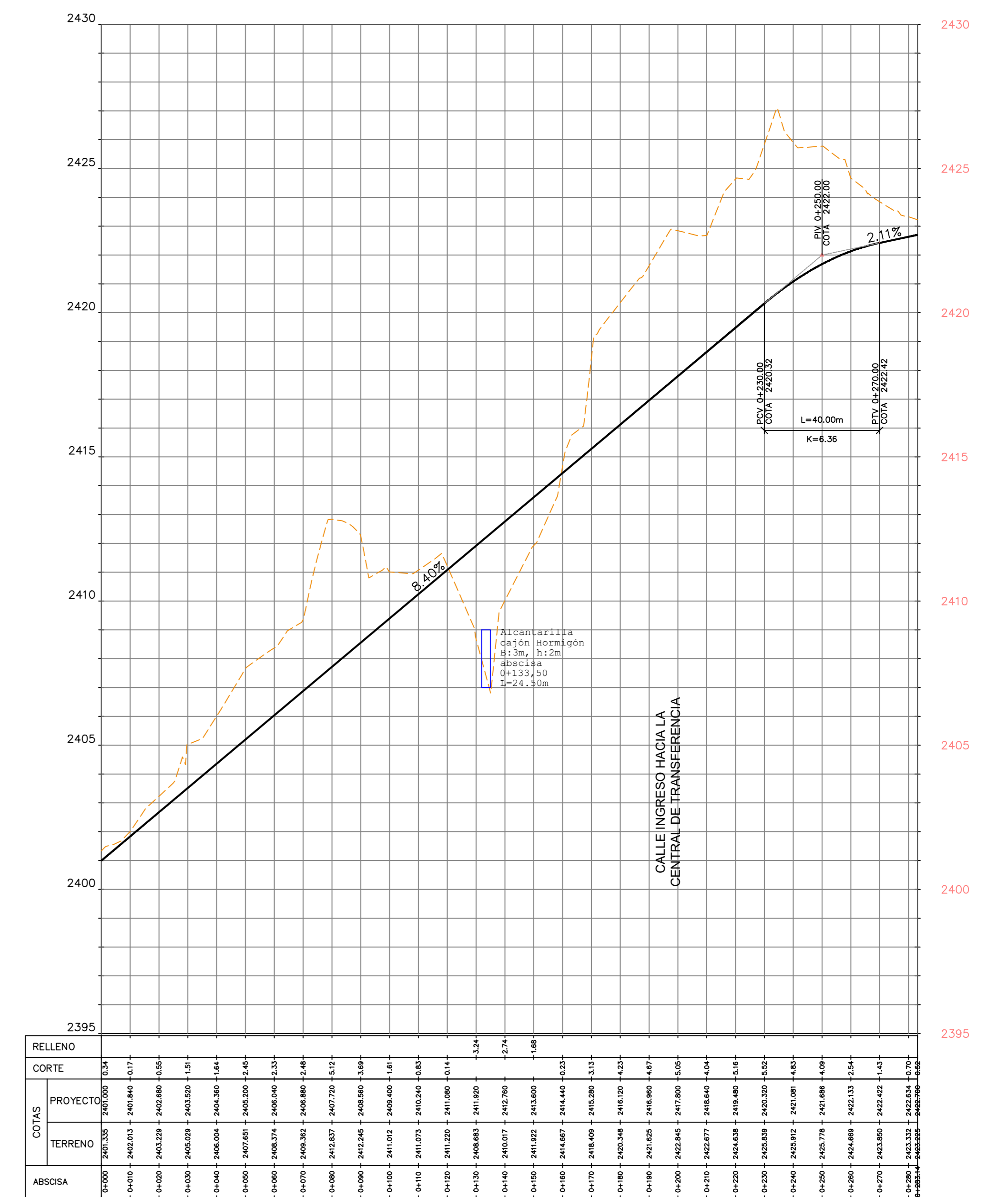
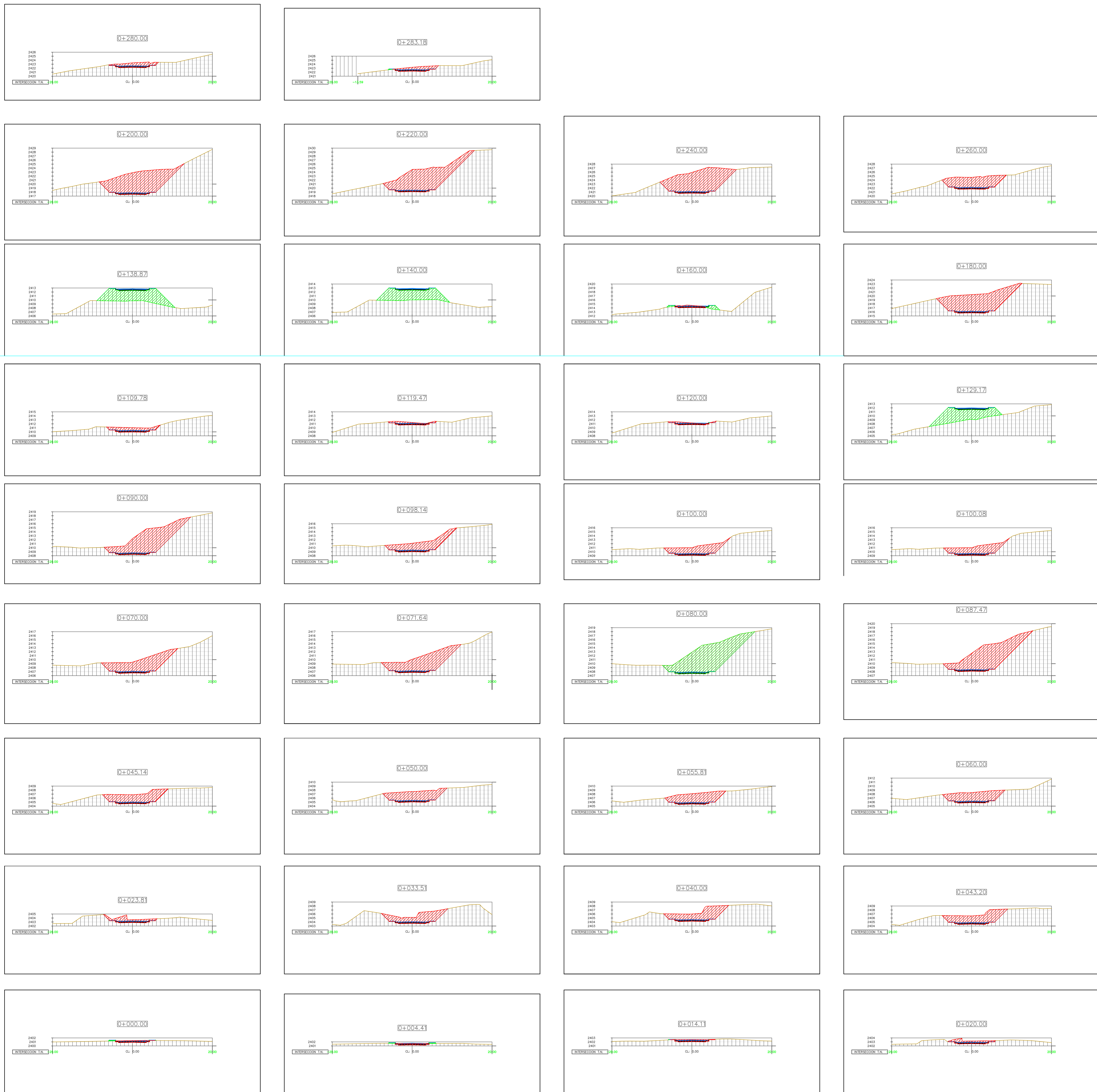
UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA

PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- PERFIL DEL TERRENO
- SECCION EN CORTE
- SECCION EN CORTE
- VÍA EXISTENTE
- HITOS
- CERRAMIENTOS



PROYECTO VERTICAL VIA ACCESO CENTRAL TRANSFERENCIA DE VIVERES
1:1250

PROYECTO:
ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VIVERES DEL CANTÓN CUENCA Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE ACCESO



CONTENIDO:
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE ACCESO

DISEÑO: ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

REVISADO POR: ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

DIBUJADO POR: ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

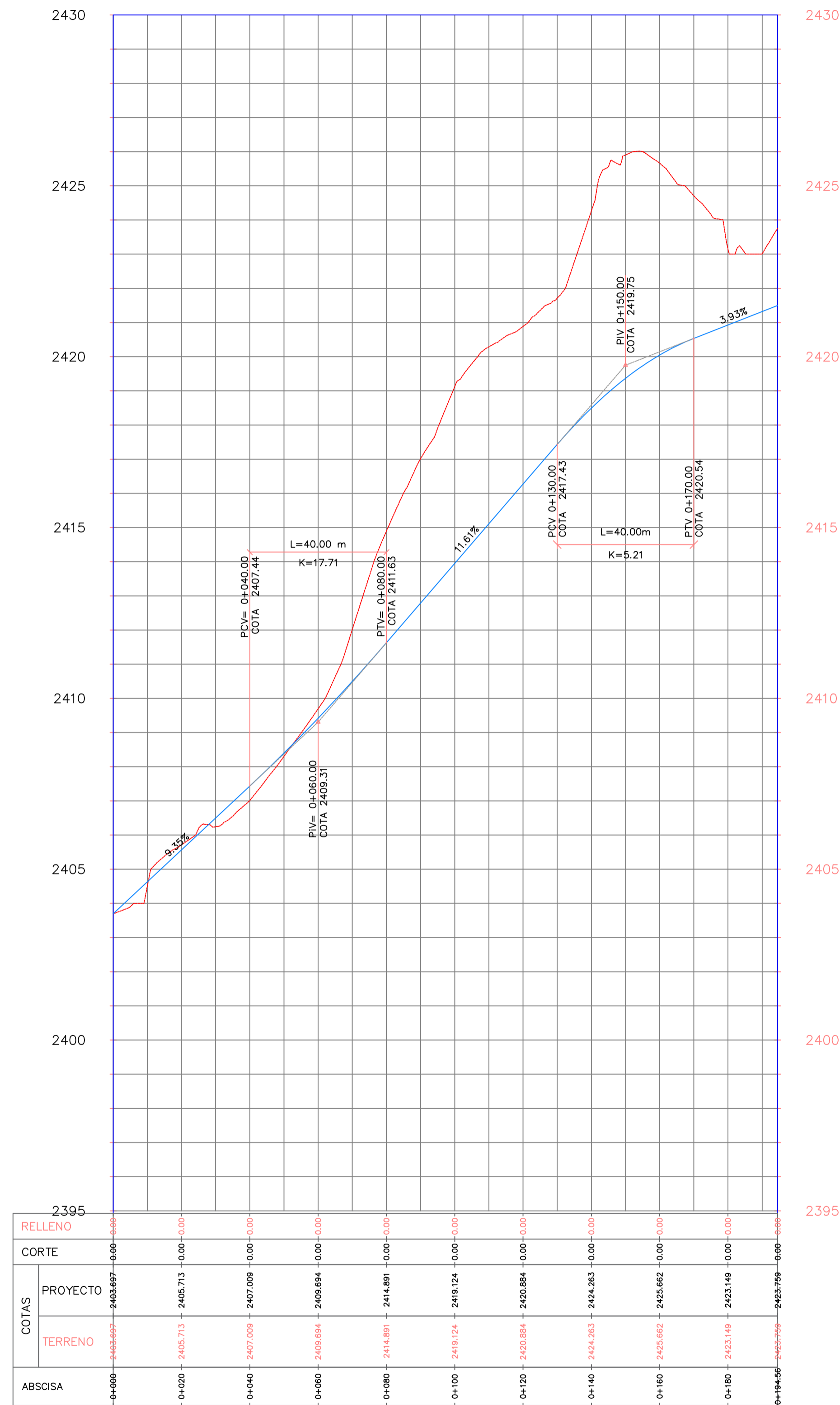
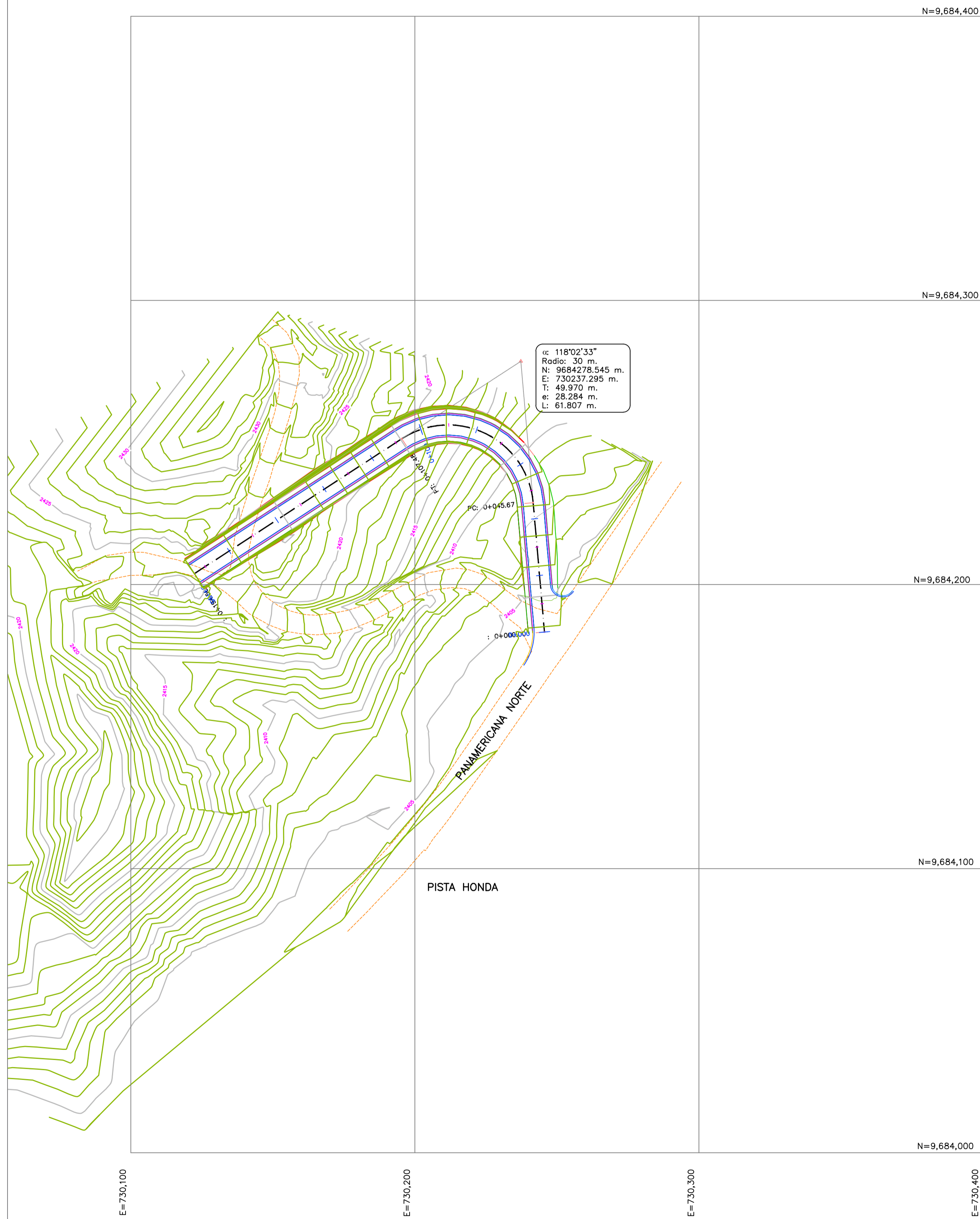
FECHA DE ELABORACIÓN:
NOV - 2022

ESCALA: LAS INDICADAS

PLANO No. 1 / 1

SECCIONES TRANSVERSALES
ESCALA 1:350

VÍA DE ACCESO DESDE PANAMERICANA NORTE



UBICACIÓN



SIMBOLOGÍA

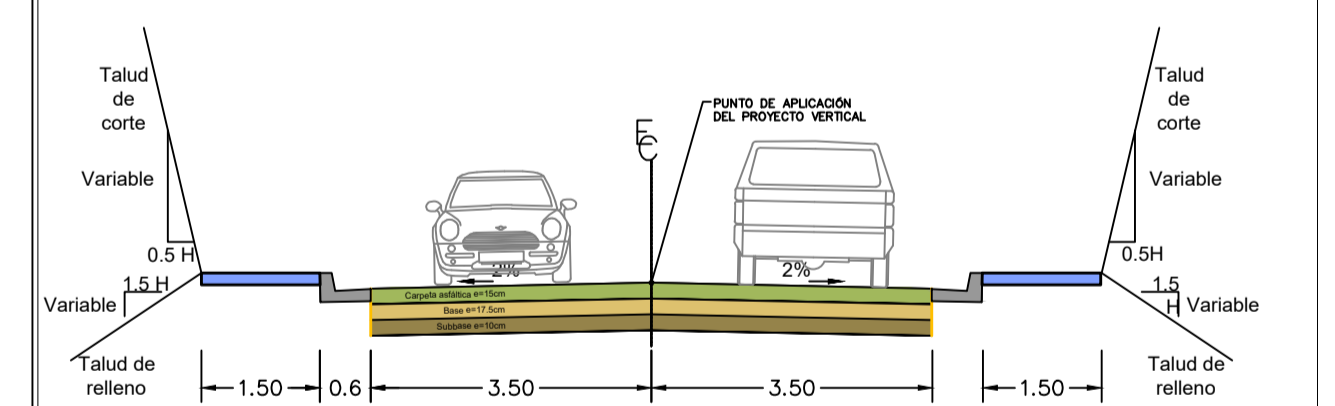
PROYECTO HORIZONTAL

- EJE DE LA VÍA
- ==== BORDE DE VÍA PROYECTADA
- EDIFICACIONES
- △ HITOS
- CERRAMIENTOS

PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- - - - - PERFIL DEL TERRENO

SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN TÍPICA DOS CARRILES

PROYECTO:
ESTUDIO DE IMPACTO VIAL PARA LA CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE VÍVERES DEL CANTÓN CUENCA Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE ACCESO

CONTENIDO:
DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL
VÍA DE ACCESO DESDE PANAMERICANA NORTE - ALTERNATIVA 2

DISEÑO:
ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

REVISADO POR:
ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

DIBUJADO POR:
ING. GISELLA MAITA
ING. MA. AUGUSTA TORRES

FECHA DE ELABORACIÓN:
NOV 2022

ESCALA:
H: 1:1000 / V: 1:100

PLANO No.
1/1