



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE
LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN
BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO -
LAMBAYEQUE”**

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

Autores:

Bach. Abanto Cubas, Luis Alberto

Bach. Pedraza Villalobos, Wilson

Asesor:

MBA. Ing. Serrepe Ranno, Miriam Marcela

Línea de investigación

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2019

**“DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA
INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO – LAMBAYEQUE”**

Aprobado por:

Dr. Coronado Zuloeta, Omar

Presidente del Jurado de Tesis

Ing. Arriola Carrasco, Guillermo Gustavo

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. Ballena del Río, Pedro Manuel

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

En primer lugar dedico esta tesis a Dios por estar siempre presente en todo momento de mi vida, dándome salud para poder lograr todos mis objetivos; seguidamente a mis padres por su apoyo incondicional, por ser los pilares de mi formación educativa y desarrollo personal.

Luis A. Abanto Cubas

A Dios, por el don de la vida, a la vida, por darme una maravillosa familia de mis padres y hermana, a mis padres Silvestre y Elvia y a mi hermana Magali por ser el motivo de todo lo que soy.

Wilson Pedraza Villalobos

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento mutuo de compañerismo de trabajo, por los días interminables de convivencia y aprendizaje, dejando de lado cualquier interés personal.

A los docentes de la Universidad Señor de Sipán, a los que se esfuerzan por brindar un sincero y veraz conocimiento.

Al ingeniero Winston Segura Saavedra, por su apoyo para la concepción y desarrollo del proyecto de tesis.

Al Ingeniero Pedro Manuel Ballena del Río, por su apoyo constante en el desarrollo de la presente tesis.

A todas aquellas personas, colegas, familiares y amigos que nos brindaron su apoyo y poder cumplir con el objetivo final de la culminación de dicha tesis.

Los autores

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.1.1. A nivel Internacional.....	2
1.1.2. A nivel Nacional.....	3
1.1.3. A nivel Local.....	4
1.1.3.1. Objeto de estudio.....	4
1.1.3.2. Delimitación del estudio.....	4
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.2.1. Internacional.....	5
1.2.2. Nacional.....	5
1.2.3. Local.....	6
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	7
1.3.1. Clasificación de las carreteras.....	7
1.3.1.1. Autopistas de primera clase o vía expresa.....	7
1.3.1.2. Autopistas de segunda clase o vías arteriales.....	8
1.3.1.3. Carretera de primera clase o vía colectora.....	9
1.3.1.4. Carretera de segunda clase o vía local.....	9
1.3.1.5. Vías de diseño especial.....	10
1.3.2. Tipos de vehículos.....	10
1.3.2.1. Vehículos ligeros o livianos del proyecto.....	10
1.3.2.2. Vehículos pesados de proyecto.....	11
1.3.3. Estudio de velocidades.....	11
1.3.3.1. Concepto de velocidad.....	12
1.3.4. Intersecciones a desnivel.....	13
1.3.4.1. Clasificación y tipos de intersecciones a desnivel.....	13
1.3.4.1.1. Intercambios de tres ramas.....	13
1.3.4.1.2. Intercambios de cuatro ramas.....	14
1.3.4.1.3. Intercambio de más de cuatro ramas.....	18
1.3.4.2. Criterios de diseño geométrico en intersecciones a desnivel.....	19
1.3.4.2.1. Diseño geométrico.....	19
1.3.4.2.2. Actividades para el diseño geométrico a desnivel.....	19
1.3.4.2.3. Criterios generales de diseño en intersecciones a desnivel.....	20
1.3.4.2.3.1. Relación del trazado en planta y elevación.....	20
1.3.4.2.3.2. Distancia de visibilidad.....	21

1.3.4.2.3.3.	Diseño geométrico en planta.	21
1.3.4.2.3.3.1.	Balance de carriles.	21
1.3.4.2.3.3.2.	Carriles de cambio de velocidad.	22
1.3.4.2.3.3.3.	Vías de enlace.	22
1.3.4.2.3.4.	Diseño geométrico en perfil.	23
1.3.4.2.3.5.	Diseño geométrico de la sección transversal.	23
1.3.5.	<i>Dispositivos de control de tránsito.</i>	24
1.3.5.1.	Señalización vertical.	25
1.3.5.1.1.	Señales de reglamentación o reguladoras.	25
1.3.5.1.2.	Señales de prevención.	26
1.3.5.1.3.	Señales de información.	27
1.3.5.2.	Señales horizontales.	28
1.3.5.2.1.	Marcas planas en el pavimento.	28
1.3.5.2.1.1.	Línea de borde de calzada.	28
1.3.5.2.1.2.	Línea de carril.	30
1.3.5.2.1.3.	Línea central.	30
1.3.5.2.2.	Otras demarcaciones.	32
1.3.5.2.2.1.	Demarcación "CEDA EL PASO".	32
1.3.5.2.3.	Palabras, símbolos y leyendas.	33
1.3.5.2.3.1.	Flecha recta.	33
1.3.6.	<i>Puente.</i>	34
1.3.6.1.	Partes de un puente.	35
1.3.6.1.1.	La superestructura.	35
1.3.6.1.2.	La infraestructura.	36
1.3.6.2.	Consideraciones Generales de diseño estructural.	37
1.3.6.2.1.	Estados límites de diseño.	37
1.3.6.2.2.	Cargas y Factores de Cargas.	39
1.3.7.	<i>Impacto Ambiental.</i>	47
1.3.7.1.	Residuos que originará su construcción.	47
1.3.8.	<i>Seguridad y Salud Ocupacional.</i>	47
1.3.9.	<i>Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres.</i>	48
1.3.9.1.	Riesgos y medidas preventivas.	48
1.3.9.2.	Plan de contingencias.	49
1.3.9.2.1.	Contingencia de carácter Accidental.	49
1.3.9.2.2.	Contingencia de carácter Técnico.	49
1.3.9.2.3.	Implementación del plan de contingencia.	50
1.3.10.	<i>Estimación de Costo.</i>	50
1.3.11.	<i>Gestión de Mantenimiento.</i>	51

1.3.12.	<i>Normativa</i>	53
1.3.13.	<i>Estado de arte.</i>	53
1.3.14.	<i>Definición de términos básicos.</i>	54
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	57
1.5.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	57
1.5.1.	<i>Justificación técnica</i>	57
1.5.2.	<i>Justificación económica</i>	57
1.5.3.	<i>Justificación ecológica</i>	57
1.5.4.	<i>Justificación social</i>	58
1.6.	HIPÓTESIS	58
1.7.	OBJETIVOS.....	58
1.7.1.	<i>General.</i>	58
1.7.2.	<i>Específicos.</i>	59
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	60
2.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	61
2.1.1.	<i>Tipo de investigación.</i>	61
2.1.2.	<i>Diseño de la investigación.</i>	61
2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	61
2.2.1.	<i>Población</i>	61
2.2.2.	<i>Muestra</i>	61
2.3.	VARIABLES.....	61
2.3.1.	<i>Variables independientes.</i>	61
2.3.2.	<i>Variables dependientes.</i>	61
2.4.	OPERACIONALIZACIÓN	62
2.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
2.5.1.	<i>Técnicas de recolección de datos.</i>	64
2.5.1.1.	<i>Observación.</i>	64
2.5.1.2.	<i>Análisis documental.</i>	64
2.5.2.	<i>Instrumentos de recolección de datos.</i>	64
2.5.2.1.	<i>Guías de observación.</i>	64
2.5.2.1.1.	<i>Guía de observación N° 01: Registro de puntos y estaciones de levantamiento topográfico (ver Anexo 01-A).</i> 64	
2.5.2.1.2.	<i>Guía de observación N° 02: Registro de datos de Ensayo SPT (ver Anexo 01-B).</i>	65
2.5.2.1.3.	<i>Guía de observación N° 03: Contenido de Humedad (ver Anexo 01-C).</i>	65
2.5.2.1.4.	<i>Guía de observación N° 04: Análisis Granulométrico por Tamizado (ver Anexo 01-D).</i>	65

2.5.2.1.5.	Guía de observación N° 05: Límites de Atterberg (ver Anexo 01-E).	66
2.5.2.1.6.	Guía de observación N° 06: Contenido de Sales Solubles (ver Anexo 01-F).	66
2.5.2.1.7.	Guía de observación N° 07: Método de ensayo Estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (ver Anexo 01-G)	66
2.5.2.2.	Guía de análisis documental.	67
2.5.2.2.1.	Manuales MTC.	67
2.6.	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	69
2.6.1.	<i>Diagrama de flujo de procesos</i>	69
2.6.2.	<i>Descripción de procesos</i>	70
2.6.3.	<i>Validación y Confiabilidad de Instrumentos</i>	73
2.7.	CRITERIOS ÉTICOS	73
2.7.1.	<i>Ética de la recolección de datos</i>	73
2.7.2.	<i>Respeto al lugar donde se efectúan las investigaciones.</i>	74
2.7.3.	<i>Criterio de impacto ambiental</i>	74
2.8.	CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO	74
2.8.1.	<i>La credibilidad</i>	74
2.8.2.	<i>Auditabilidad</i>	74
III.	RESULTADOS	75
3.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	76
3.2.	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	77
3.2.1.	<i>Estudios de exploración geotécnica</i>	77
3.2.2.	<i>Estudio de mecánica de suelos.</i>	78
3.2.2.1.	Contenido de humedad.	78
3.2.2.2.	Análisis Granulométrico por tamizado.	80
3.2.2.3.	Límites de Atterberg.	82
3.2.2.4.	Clasificación de suelos.	85
3.2.2.5.	Contenido de sales.	88
3.2.2.6.	Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua.	90
3.3.	DISEÑO GEOMÉTRICO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL	92
3.3.1.	<i>Diseño Geométrico en Planta.</i>	92
3.3.2.	<i>Diseño Geométrico en Perfil.</i>	94
3.3.2.1.	Parámetros de vías del proyecto.	94
3.3.2.2.	Perfil longitudinal.	96
3.3.2.3.	Perfil transversal.	96
3.4.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL	97

3.4.1.	<i>Generalidades del diseño</i>	97
3.4.2.	<i>Diseño de la Superestructura.</i>	97
3.4.2.1.	Geometría.	97
3.4.2.2.	Especificaciones técnicas de materiales.....	98
3.4.2.3.	Diseño del tablero.....	98
3.4.2.4.	Diseño de Barrera para tráfico vehicular tipo New Jersey.....	101
3.4.2.4.1.	Geometría de la barrera.	101
3.4.2.4.2.	Verificación de resistencia de la sección propuesta.	102
3.4.2.5.	Diseño del volado de la losa.....	108
3.4.2.6.	Diseño de Vigas Interiores y Exteriores.....	110
3.4.2.6.1.	Conectores de Corte.	116
3.4.2.7.	Diseño de Rigidizadores.	117
3.4.2.8.	Diseño de Diafragmas o Marcos Rígidos.	117
3.4.2.8.1.	Diseño de Diagonales.....	118
3.4.2.8.1.1.	Placa de soporte de diagonal.	119
3.4.2.8.2.	Diseño de Cordones Horizontales.....	120
3.4.3.	<i>Diseño de la Subestructura.</i>	121
3.4.3.1.	Pilares Intermedios.	121
3.4.3.2.	Estribos.	123
3.4.3.2.1.	Dimensiones geométricas del Estribo.....	123
3.4.3.2.2.	Acero de refuerzo en Estribos.	124
3.4.3.3.	Rampas de acceso.....	125
3.4.3.3.1.	Geometría del Muro de acceso.	125
3.4.3.3.2.	Diseño del Muro de Acceso.	126
3.5.	SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN	128
3.5.1.	<i>Señalización horizontal o demarcación en pavimento</i>	128
3.5.2.	<i>Señalización vertical</i>	131
3.6.	ELABORACIÓN DE PLANOS: UBICACIÓN, ARQUITECTURA, ESTRUCTURAS.....	134
3.7.	PRESUPUESTO A NIVEL ESTRUCTURAL	136
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	140
4.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	141
4.2.	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	141
4.2.1.	<i>Estudios de exploración geotécnica</i>	141
4.2.2.	<i>Estudios de Mecánica de Suelos.</i>	142
4.2.2.1.	Contenido de Humedad.	142
4.2.2.2.	Análisis Granulométrico por tamizado.....	142

4.2.2.3.	Límites de Atterberg	142
4.2.2.4.	Clasificación de suelos	143
4.2.2.5.	Contenido de Sales Solubles	143
4.2.2.6.	Gravedad Específica de Sólidos	143
4.3.	DISEÑO GEOMÉTRICO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL.....	144
4.4.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL.....	144
4.5.	SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN	144
4.5.1.	<i>Señalización horizontal o demarcación en el pavimento.</i>	145
4.5.2.	<i>Señalización vertical.</i>	145
4.6.	ELABORACIÓN DE PLANOS: UBICACIÓN, ARQUITECTURA, ESTRUCTURAS.....	145
4.7.	PRESUPUESTO A NIVEL ESTRUCTURAL	146
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
5.1.	CONCLUSIONES	148
5.1.1.	<i>Levantamiento Topográfico.</i>	148
5.1.2.	<i>Estudios Geotécnicos.</i>	148
5.1.3.	<i>Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel.</i>	148
5.1.4.	<i>Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel.</i>	148
5.1.5.	<i>Selección de Dispositivos de Señalización.</i>	148
5.1.6.	<i>Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras.</i>	149
5.1.7.	<i>Presupuesto a nivel estructural</i>	149
5.2.	RECOMENDACIONES	149
5.2.1.	<i>Levantamiento Topográfico.</i>	149
5.2.2.	<i>Estudios Geotécnicos.</i>	149
5.2.3.	<i>Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel.</i>	149
5.2.4.	<i>Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel.</i>	149
5.2.5.	<i>Selección de Dispositivos de Señalización.</i>	150
5.2.6.	<i>Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras y Señalización.</i>	150
5.2.7.	<i>Presupuesto a nivel estructural.</i>	150
VI.	ANEXOS	151
6.1.	ANEXO 01: GUÍAS DE OBSERVACIÓN	152
6.2.	ANEXO 02: PRESUPUESTO DE ELABORACIÓN DE INFORME DE TESIS	158
6.3.	ANEXO 03: MEMORIA DESCRIPTIVA.	159
6.4.	ANEXO 04: ESTUDIO TOPOGRÁFICO.	159
6.5.	ANEXO 05: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	159

6.6.	ANEXO 06: ESTUDIO DE TRÁFICO.	159
6.7.	ANEXO 07: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	159
6.8.	ANEXO 08: DISEÑO VIAL.	159
6.9.	ANEXO 09: MEMORIA DE CÁLCULO.	159
6.10.	ANEXO 10: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	159
6.11.	ANEXO 11: METRADOS.	159
6.12.	ANEXO 12: PRESUPUESTO.	159
6.13.	ANEXO 13: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.	160
6.14.	ANEXO 14: FÓRMULA POLINÓMICA.	160
6.15.	ANEXO 15: PROGRAMACIÓN DE OBRA.	160
6.16.	ANEXO 16: PLANOS.	160
6.17.	ANEXO 17: VISTAS 3D.	160
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ranking mundial ciudades con mayor tráfico	2
Tabla 2. Ranking ciudades latinoamericanas más congestionadas.....	3
Tabla 3. Criterios de diseño para velocidad de diseño, ancho de calzada, sobreebanco y pendientes en vías de enlace.	22
Tabla 4. Diferencia algebraica máxima entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común	24
Tabla 5. Riesgos y Medidas Preventivas	48
Tabla 6. Series de tamices para Granulometría de suelos	65
Tabla 7. Guía de Análisis documental.....	67
Tabla 8. Estaciones del Levantamiento Topográfico	77
Tabla 9. Coordenadas de ubicación de ensayos SPT.....	78
Tabla 10. Relación de Ensayos de Mecánica de Suelos	78
Tabla 11. Resultados de ensayo de Contenido de Humedad	79
Tabla 12. Resultado de ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado	81
Tabla 13. Resultados de ensayo Límites de Atterberg	83
Tabla 14. Clasificación de los diferentes estratos por SUCS Y AASHTO	85
Tabla 15. Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 01	88
Tabla 16. Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 02	88
Tabla 17. Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 03	89
Tabla 18. Resultados de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del suelo .	90
Tabla 19. Parámetros de diseño geométrico en la Vía Evitamiento	94
Tabla 20. Parámetros de diseño geométrico en la Av. Prolongación Bolognesi.....	94
Tabla 21. Velocidad de diseño de enlaces.....	95
Tabla 22. Pendientes en enlaces	95
Tabla 23. Radios en enlaces	96
Tabla 24. Cargas, Momentos y cortantes actuantes en la superestructura.....	113
Tabla 25. Estados límites aplicables y factores de carga.....	113
Tabla 26. Fuerzas cortantes últimas de diseño en vigas metálicas	115
Tabla 27. BMs de referencia.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Intercambios de tres ramas tipo trompeta en T.	14
Figura 2. Intercambios de tres ramas del tipo direccional en T.....	14
Figura 3. Intercambio de cuatro ramas con condición de parada del tipo diamante clásico. ...	15
Figura 4. Intercambios de cuatro ramas con condición de parada del tipo diamante partido y/o modificado.	15
Figura 5. Intercambios de cuatro ramas con condición de parada del tipo trébol parcial.	16
Figura 6. Intercambios de cuatro ramas de libre circulación del tipo trébol simétrico.	17
Figura 7. Intercambio de cuatro ramas de libre circulación del tipo trébol no simétrico.	18
Figura 8. Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.	18
Figura 9. Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.	19
Figura 10. Actividades para el diseño geométrico del intercambio vial a desnivel.	20
Figura 11. Señales verticales de regulación.	25
Figura 12. Señales verticales de prevención.....	26
Figura 13. Señales verticales de información.....	27
Figura 14. Ejemplos de líneas de borde de calzada o de superficie de rodadura.	29
Figura 15. Ejemplo de líneas de borde de calzada o de superficie de rodadura.....	30
Figura 16. Ejemplo de línea central discontinua o segmentada de color amarillo.	31
Figura 17. Ejemplos de línea continua doble.	31
Figura 18. Ejemplo de líneas combinadas o mixtas.	32
Figura 19. Línea Ceda el Paso.	32
Figura 20. Símbolo triangular Ceda el Paso.....	33
Figura 21. Símbolo giro solamente a la derecha.	34
Figura 22. Elementos de un puente.	35
Figura 23. Ejemplo de sección transversal de un puente.	36
Figura 24. Camión de diseño HL-93.	41
Figura 25. Tándem de diseño.	41
Figura 26. Carga de Carril.	42

Figura 27. Factores de presencia múltiple.	42
Figura 28. Incremento de carga viva por efectos dinámicos.	43
Figura 29. Combinaciones de carga y factores de carga.	45
Figura 30. Factores de carga por carga permanente.	46
Figura 31. Levantamiento topográfico.	76
Figura 32. Trazo y Diseño Geométrico en planta del Intercambio Vial.	92
Figura 33 . Vista 3D de Intercambio Vial a Desnivel.	93
Figura 34. Vista 3D Rotonda en Av. Prol. Fco. Bolognesi	93
Figura 35. Sección transversal del puente.	97
Figura 36. Acero de refuerzo en tablero del puente.	101
Figura 37. Fuerzas de diseño para Barandas.	101
Figura 38. Dimensiones y armadura de barrera New Jersey.	102
Figura 39. Secciones de análisis de barrera New Jersey.	103
Figura 40. Longitud de anclaje de Dowel.	107
Figura 41. Ubicación de pesos de vehículo y Barrera en Voladizo de tablero.....	108
Figura 42. Fuerza R_w actuante en barrera.	109
Figura 43. Acero de refuerzo en tablero y barreras New Jersey.	110
Figura 44. Dimensiones de viga metálica (en mm).....	111
Figura 45. Dimensiones de barrera para tráfico vehicular tipo New Jersey.....	112
Figura 46. Análisis estructural de Diafragmas en programa SAP 2000v.14.....	117
Figura 47. Dimensiones de perfil metálico L4x4x1/2 (en mm).	118
Figura 48. Detalle de la conexión Rigidizadores – Placa – Diafragma.....	119
Figura 49. Dimensiones de perfil metálico L5x5x5/16 (en mm)	121
Figura 50. Configuración de Diafragmas y Vigas principales.	121
Figura 51. Dimensiones geométricas de pilar tipo martillo.	122
Figura 52. Dimensiones geométricas del Estribo.	125
Figura 53. Bloqueta de concreto a usar.	126
Figura 54. Conectores de polietileno a usar.	126
Figura 55. Sección transversal de rampa de acceso reforzado con el sistema Muro Mesa. ...	128
Figura 56. Símbolo flecha recta.	129
Figura 57. Símbolo flecha de giro.	130

Figura 58. Símbolo flecha recta y de salida.	130
Figura 59. Símbolo R-30 Señal velocidad máxima permitida en Vía Evitamiento.	131
Figura 60. Símbolo R-30 Señal velocidad máxima permitida en prolongación Bolognesi. ..	132
Figura 61. Símbolo R-35 Señal altura máxima permitida.	132
Figura 62. Símbolo P-16A Señal incorporación de tránsito a la derecha.	133
Figura 63. Símbolo P-15 Señal intersección rotatoria.	133
Figura 64. Símbolo P-2A, Señal curva a la derecha.	134

RESUMEN

La Vía Evitamiento que pasa por la ciudad de Chiclayo, siendo una Autopista de Primera Clase, debe mantener un flujo vehicular ininterrumpido, sin cruces y/o pasos a nivel, condición inexisten en la actualidad, por lo que se propone un Diseño de Intercambio Vial a Desnivel en la Intersección de la Vía Evitamiento y Av. Prolongación Bolognesi en la Ciudad de Chiclayo – Lambayeque, en tal sentido se busca mejorar la continuidad vehicular en la Vía Evitamiento y a la vez descongestionará el tráfico existente en la zona.

El diseño de la investigación es no experimental – explicativa, puesto que se va más allá de la descripción de conceptos y/o fenómenos.

El levantamiento topográfico se realizó en un largo de 1.50 km en la Vía Evitamiento, 950 m al Norte y 550 m al Sur, tomando como referencia la intersección de la Vía Evitamiento y Av. Prolongación Bolognesi.

Se obtuvo una capacidad admisible del suelo de 5.18 kg/cm^2 para los Pilares y 5.50 kg/cm^2 para los Estribos. El tipo de suelo de cimentación pertenece al grupo GP, grava pobremente graduada con arena.

El diseño del intercambio vial cuenta con una superestructura de 3 tramos con luces de 29.30 m cada una, apoyada sobre una subestructura formada por 2 estribos y 2 pilares centrales de concreto armado, garantizando un gálibo de 5.56 m de altura. El acceso a la superestructura se realiza mediante una rampa de suelo mecánicamente estabilizada. En la intersección a nivel se propuso un diseño de una rotonda.

Palabras clave: Intercambio Vial, Intersección, Superestructura, Subestructura, Rampa.

ABSTRACT

The Road Evitamiento that happens for Chiclayo's city, being a Highway of The First Class, must support a traffic uninterrupted flow, without crossings and / or steps to level, condition they non-existent at present, for what one proposes a design of road exchange to difference in the intersection of the Road Evitamiento and Av. Prolongation Bolognesi in the City of Chiclayo - Lambayeque, to this respect one seeks to improve the traffic continuity in the Route Evitamiento and simultaneously to clear the existing traffic in the zone.

The design of the research is non-experimental - explanatory, since it goes beyond the description of concepts and / or phenomena.

The topographic survey was carried out in a length of 1.50 km in the Road Evitamiento, 950 m to the North and 550 m to the South, taking as a reference the intersection of the Road Evitamiento and Av. Prolongation Bolognesi.

An admissible soil capacity of 5.18 kg / cm^2 was obtained for the Pillars and 5.50 kg / cm^2 for the Stirrups. The type of foundation soil belongs to the GP group, gravel poorly graded with sand.

The design of the road interchange has a superstructure of 3 sections with lights of 29.30 m each, supported on a substructure formed by 2 abutments and 2 central pillars of reinforced concrete, guaranteeing a gauge of 5.56 m in height. The access to the superstructure is made through a mechanically stabilized floor ramp. At the level intersection a roundabout design was proposed.

Keywords: Road Interchange, Intersection, Superstructure, Substructure, Ramp.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

1.1.1. A nivel Internacional.

En países del primer mundo, donde el avance en lo que se refiere a infraestructura vial es muy desarrollado tanto en materiales, procesos y tecnologías aplicadas en la construcción de las mismas, se ha visto sometido a problemas de congestión vehicular, debido al aumento a gran escala del parque automotor, que surge conforme hay un crecimiento económico y demográfico.

Un informe publicado por la consultora internacional INRIX, en el cual realiza una clasificación del impacto de la congestión del tráfico alrededor de 1064 ciudades a nivel mundial, estima que la ciudad de los Ángeles es la más congestionada del mundo. A continuación, se muestra un cuadro con el ranking de las 10 ciudades más congestionadas a nivel mundial:

Tabla 1. *Ranking mundial ciudades con mayor tráfico*

N°	Ciudad
1	Los Ángeles, California
2	Moscú
3	Nueva York, NY
4	San Francisco, CA
5	Bogotá
6	Sao Paulo
7	Londres
8	Magnitogorsk, Rusia
9	Atlanta, Georgia
10	Paris

Fuente: INRIX

Así mismo cabe resaltar el costo económico negativo que conlleva este problema, debido a diversos factores como la pérdida de productividad de los empleados, el alza en el costo de transporte y la generación de mayor contaminación.

Dentro del ranking de las 1064 ciudades, podemos destacar a las siguientes ciudades a nivel latinoamericano:

Tabla 2. *Ranking ciudades latinoamericanas más congestionadas*

N°	Ciudad
1	Bogotá
2	Sao Paulo
3	Caracas
4	Ciudad de México

Fuente: INRIX

De esta manera países asiáticos como Japón y China, afrontan el problema del congestionamiento vehicular, optando por sistemas viales ferroviarios, como carreteros entre los cuales destacan sus pasos a desnivel de hasta 6 niveles, los cuales en conjunto han servido para reducir en gran medida este problema.

1.1.2. A nivel Nacional.

En nuestro país el problema del congestionamiento vehicular es muy notorio, en ciudades como Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo debido a la falta de ordenamiento del flujo vehicular y la iniciativa por adaptar sistemas viales que se están aplicando en otros países desarrollados para solucionar este problema. Solamente en Lima se está evidenciando en los últimos 10 años el interés por tratar de afrontar el problema mediante la construcción de pasos a desnivel; así es que se tiene previsto desde el año 2014, la construcción de 13 nuevos pasos a desnivel hasta el año 2021, sumados a sus ya 30 existentes. Arequipa cuenta aproximadamente con 17 pasos a desnivel y Trujillo con 2 intercambios viales.

1.1.3. A nivel Local.

La Vía Evitamiento, se trata de una vía clasificada como Autopista de Primera Clase, en la cual el flujo debe ser ininterrumpido, no existiendo cruces al mismo nivel de ésta, sino a diferentes niveles o con intercambios especialmente diseñados; lo cual no se está cumpliendo entre la intersección de la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Bolognesi de la ciudad de Chiclayo, es por ello el interés de la presente investigación en dar solución a esta problemática, dando como propuesta el diseño de un paso a desnivel entre los puntos antes mencionados.

Además de ello dicha intersección es un punto de congestión vehicular, donde se han venido ocasionando una serie de accidentes, poniendo en peligro la vida de muchas personas. También añadido a este punto de congestión vehicular debe añadirse otros puntos como por ejemplo las intersecciones de la Av. Luis Gonzáles y Av. Bolognesi; Av. José Leonardo Ortiz y Av. Felipe Santiago Salaverry.

1.1.3.1. Objeto de estudio.

La intersección que tiene la Vía Evitamiento con la Av. Prolongación Bolognesi, lo que provoca congestión vehicular, interrumpiendo el flujo vehicular continuo que debería tener la Vía Evitamiento.

1.1.3.2. Delimitación del estudio.

La investigación se ha centrado a lo largo de un kilómetro y medio de la Vía Evitamiento. Partiendo de la intersección entre la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Francisco Bolognesi, 950 m en sentido Norte y 550 m en sentido Sur y en la Av. Prolongación Francisco Bolognesi a lo largo de 380 m, 190 m en sentido Este y 190 m en sentido Oeste; en la ciudad de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

1.2. Antecedentes de la investigación

La situación actual que presenta el Perú en cuanto a infraestructura vial urbana, no es muy desarrollada a comparación de otros países latinoamericanos y mucho menos con los europeos y asiáticos, quienes tienen un gran avance tecnológico - estructural en cuanto al ordenamiento planificado de sus vías de transporte vehicular.

1.2.1. Internacional.

En la tesis denominada “Diseño geométrico de los pasos a desnivel en la intersección de la carretera 63 con la autopista Sur en el sector de Villa del Rio de la ciudad de Bogotá” (Nuñez Rodriguez, Urrea Gomez, Martinez Orduña, & Ortiz García, 2016), enfoca su estudio en mejorar el nivel de servicio vehicular que presentan las mencionadas vías en la ciudad de Bogotá - Colombia, para lo cual realiza un estudio de tránsito, el cual luego proyecta a 20 años para determinar las condiciones de operación en dicha intersección, planteando luego como alternativa de solución la construcción de dos pasos a desnivel, que permitan un flujo vehicular ininterrumpido. Presentan luego su diseño geométrico, alineamiento vertical y horizontal, y el diseño de señalización.

En la tesis denominada “Diseño del paso a desnivel en la intersección entre la avenida Escalón 1 y la avenida Maldonado, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha” (Quilumba Chachapoya & Quintana Osejo, 2012), presenta la solución al problema de inadecuada infraestructura vial en ese sector mediante dos alternativas de solución en lo que respecta a los materiales con los que podría ser diseñado la estructura del paso a desnivel; así la primera corresponde a un Diseño Estructural de Concreto Armado y la segunda a un Diseño Estructural en Acero según el código AASHTO 2002, concluyendo con una comparación técnica – económica de las dos alternativas.

1.2.2. Nacional.

Desde mediados del año 2016, en el Perú; específicamente en la ciudad capital Lima se está tratando de resolver el problema de congestamiento vehicular presentes en sus calles a consecuencia del incremento del parque automotor tal como lo detalla una publicación del diario

Gestión (15 de junio del 2016), que para fines de ese año el parque automotor habrá alcanzado los 2.6 millones de vehículos. En tal sentido la municipalidad de Lima estableció en su Plan de Desarrollo Concertado al 2021, la construcción de 18 pasos a desnivel en distintos distritos de la ciudad.

En la tesis denominada “Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica” (Otero Seminario, 2015), aborda el problema del congestionamiento vehicular entre las mencionadas avenidas de la ciudad de Piura, para lo cual plantea 3 alternativas de solución las cuales son: ensanchamiento de carriles, una rotonda y un paso a desnivel, que luego de evaluarlas en un software de modelación, obtuvo como mejor alternativa de solución la construcción de un paso a desnivel, del cual luego realiza su diseño geométrico.

1.2.3. Local.

Nuestra ciudad de Chiclayo, solamente presenta la construcción de un intercambio vial tipo trébol ubicado en la Vía Evitamiento carretera a Pimentel, el cual permite el ingreso y salida a la ciudad de vehículos procedentes de ciudades conexas de Piura, Lima y Trujillo. Aunque actualmente Chiclayo presenta un alto incremento de tránsito vehicular, lo cual provoca congestionamiento y desorden en algunas intersecciones dentro de la ciudad; no se ha contemplado la construcción de algunos intercambios viales que solucionarían este problema.

En la tesis “Diseño del intercambio vial a desnivel en la intersección de la Av. Francisco Bolognesi y la Av. Luis Gonzáles, de la ciudad de Chiclayo – Lambayeque” (Detquizan Rivasplata & Quevedo Rivas, 2015), se desarrolla la problemática del congestionamiento vehicular existente entre las mencionadas avenidas en la ciudad de Chiclayo, para lo cual se propone la construcción de un intercambio a desnivel; constituido por dos rampas y un puente postensado; con la finalidad de descongestionar el tráfico vehicular.

En la tesis “Diseño del intercambio vial a desnivel en la intersección de la Av. Felipe Santiago Salaverry y la Av. José Leonardo Ortiz, de la ciudad de Chiclayo – Lambayeque” (Cubas Llatas & Dávila Bravo, 2014), se desarrolla la problemática del congestionamiento vehicular existente entre las mencionadas avenidas en la ciudad de Chiclayo, para lo cual se

propone la construcción de un intercambio a desnivel; constituido por dos rampas y un puente postensado en la parte superior y en la parte inferior la conexión vial de las avenidas Felipe Santiago Salaverry, José Leonardo Ortiz, Eufemio Lora y la calle Elías Aguirre a través de una rotonda con su adecuada señalización vial; con la finalidad de descongestionar el tráfico vehicular y mejorar la transitabilidad en la zona.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Clasificación de las carreteras.

Según el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), en nuestro país las carreteras se clasifican en base a dos criterios: según la demanda y según la orografía que presenta. Según la demanda tenemos autopistas de primera clase y de segunda clase, carreteras de primera clase, de segunda clase y de tercera clase y finalmente en trochas carrozables. Según la orografía tenemos tipo 1 (terreno plano), tipo 2 (terreno ondulado), tipo 3 (terreno accidentado) y tipo 4 (terreno escarpado).

Según el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas” (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005), el sistema vial urbano del país se clasifica en Vías expresas, arteriales, colectoras locales y de diseño especial.

1.3.1.1. Autopistas de primera clase o vía expresa.

Estas carreteras permiten conectar varias zonas urbanas, ya sea entre ciudades o regiones, por lo cual presenta calzadas diseñadas para altas velocidades y con una movilidad óptima en todo el trayecto. Entre sus características principales tenemos:

Presenta un Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior a 6 000.00 vehículos por día.

Su velocidad de circulación esta entre 80 y 100 kilómetros por hora.

El flujo debe ser ininterrumpido en todo su trayecto y permite la circulación de vehículos pesados y livianos, mas no; la circulación de vehículos menores o de peatones.

El control en sus accesos debe ser total, los cruces para vehículos y/o peatones se realizan mediante intercambios especiales o pases a desnivel.

Sus calzadas están divididas a través de un separador de 6.00 metros como mínimo y cada calzada presenta como mínimo dos carriles de no menos de 3.60 metros de ancho.

Para el servicio a propietarios adyacentes se realiza mediante vías auxiliares laterales.

Para el servicio de transporte público se hace uso vehículos tipo bus y con paraderos que están fuera de la vía o también puede ser a través de carriles solo para buses.

En estas vías está prohibido el estacionamiento, así como la carga y/o descarga, salvo emergencias especiales.

1.3.1.2. Autopistas de segunda clase o vías arteriales.

Estas vías transportan considerables volúmenes de tránsito conectando principales zonas urbanas y a velocidades apreciables de circulación. Entre sus características principales podemos mencionar:

Presenta un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 6 000.00 y 4001.00 vehículos por día.

Su velocidad de circulación esta entre 50 y 80 kilómetros por hora.

El flujo debe contar con un mínimo de interrupciones en todo su tráfico y permite la circulación de diferentes vehículos, siendo el de mayor frecuencia vehículos livianos.

Los cruces para vehículos y peatones se realizan mediante pases a desnivel, intersecciones a nivel o mediante semaforización, pero considerando un carril que permite el volteo cuando sea necesario.

Está conformada por 2 calzadas y estas a la vez por 2 o más carriles.

Para el servicio a propietarios adyacentes se realiza mediante vías de servicio laterales.

Para el servicio de transporte público se hace uso vehículos tipo bus y con paraderos que están fuera de la vía o también puede ser a través de carriles solo para buses.

En estas vías está prohibido el estacionamiento, así como la carga y/o descarga, salvo cuando haya emergencias especiales.

1.3.1.3. Carretera de primera clase o vía colectora.

Son vías que conectan un sector urbano hacia otras vías, ya sea una arterial y/o expresa. En tal sentido, en esta circulan una gran proporción de tránsito. Entre sus características generales tenemos:

Presenta un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 4000.00 a 2001.00 vehículos por día.

Su velocidad de circulación comprende entre 40 a 60 kilómetros por hora.

Se caracteriza por presentar diferentes tipos de vehículos incluyendo bicicletas y por la presencia de intersecciones a nivel lo que hace un flujo vehicular con interrupciones frecuentes.

Su control de accesos está conformado por intersecciones semaforizadas con respecto a otras vías, ya sea arteriales, colectoras o locales.

Está formada por una o dos calzadas de 1 o 2 carriles por sentido.

Estas vías también sirven de acceso a las propiedades adyacentes.

En el caso de circulación de transporte público, se da, principalmente en carriles mixtos, por lo que debe existir la presencia de paraderos y/o carriles para volteo.

1.3.1.4. Carretera de segunda clase o vía local.

Estas vías permiten el acceso a un dominio urbano en particular. Entre sus características principales podemos mencionar:

Son vías que presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) que oscila entre 2000.00 y 400.00 vehículos por día.

Su velocidad de circulación comprende entre 40.00 a 60.00 kilómetros por hora.

Se caracteriza por permitir el paso de vehículos livianos, la presencia de peatones y el tránsito en bicicletas. La presencia de vehículos semipesados es poco usual.

Con respecto al control de acceso y la comunicación con otras vías se realizan a nivel.

En su calzada puede presentar uno o dos carriles por sentido.

El servicio de transporte público no está permitido en estas vías.

1.3.1.5. *Vías de diseño especial.*

Estas vías presentan características que no pertenecen a ninguna de las vías anteriormente mencionadas, entre ellas podemos mencionar a vías peatonales para frentes de un terreno y/o vivienda, pasajes peatonales, malecones, vías en túneles y/o que constituyen parques, plazas o plazuelas.

1.3.2. Tipos de vehículos.

El vehículo es otro elemento esencial en el diseño de un proyecto de tránsito y más aún, que el desarrollo de una sociedad también conlleva a un aumento considerable de vehículos, es por ello que es fundamental conocer todas las características que tiene un prototipo de vehículo para que no haya inconvenientes cuando un proyecto vial entre en funcionamiento.

A este prototipo de vehículo también se le conoce como vehículo de proyecto, puesto que, el diseño de un proyecto vial tendrá como base las características que tenga este elemento como, por ejemplo: peso, dimensiones, etc.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, agrupa a los vehículos en dos grupos: ligeros y pesados.

1.3.2.1. *Vehículos ligeros o livianos del proyecto.*

Estos vehículos se clasifican a la vez en dos categorías L y M1. En la categoría L se encuentran los vehículos que tienen de 4 a más ruedas y en la categoría M1 están los vehículos con 4 ruedas y con no más de 8 asientos, libre la del conductor.

Las dimensiones de este vehículo como longitud y ancho no resultan ser tan importantes puesto que no tiene mucho impacto en el momento del diseño de un proyecto vial ya que habrá vehículos de mayor tamaño circulando por estas vías.

Sin embargo, es importante conocer estos vehículos, puesto que, desarrollan mayores velocidades que el resto de vehículos condicionando parámetros como distancias mínimas para visibilidad de sobrepaso, distancia mínima de parada, dimensiones mínimas de barreras de seguridad y más.

1.3.2.2. Vehículos pesados de proyecto.

Estos vehículos a su vez se agrupan en cuatro categorías M, N, O y S. La categoría M abarca a los vehículos con cuatro ruedas exceptuando a la M1, la categoría N agrupa a los vehículos con cuatro ruedas dedicadas a la movilización de mercancías, la categoría O engloba a vehículos como remolques y semirremolques y finalmente la categoría S abarca a todas las combinaciones de vehículos que se puede tener de M, N y O.

Estos vehículos determinan características como el dimensionamiento de los carriles y su capacidad de carga, longitudes mínimas de radios y sobre-anchos, etc.

1.3.3. Estudio de velocidades.

La velocidad en las vías surge como un deseo y a la vez una necesidad del hombre de intentar llegar de un lugar a otro con la mayor rapidez posible. Es por ello, que la velocidad es uno de los parámetros más importantes para identificar la calidad de operación que presenta una vía.

Siendo la velocidad un parámetro fundamental en los sistemas de transporte, es necesaria ser estudiada, analizada y controlada para mantener un equilibrio perfecto con todos los elementos participantes de un sistema de transporte y de esta manera garantizar en todo momento la seguridad del ser humano.

1.3.3.1. Concepto de velocidad.

Destacando la importancia que cumple la velocidad, es necesario tener en cuenta los diferentes tipos de velocidades con las que normalmente se trabaja.

La velocidad en términos generales se entiende como la relación entre la distancia que recorre un vehículo y el tiempo que emplea para dicho fin.

Velocidad de punto

Es la velocidad que presenta un vehículo en un punto determinado de la vía o en un preciso instante. Esta velocidad también es conocida como velocidad instantánea.

Velocidad media temporal

Esta velocidad es el promedio de todas las velocidades de punto, que se hayan presentado durante un intervalo o lapso de tiempo.

Velocidad media espacial

Esta velocidad es el promedio de todas las velocidades de punto, que se hayan presentado en un determinado tramo de la vía o carretera.

Velocidad de recorrido, global o de viaje

Esta velocidad resulta de la relación entre la distancia que ha recorrido un vehículo con respecto al tiempo empleado para dicho fin, considerando demoras propias de la vía y eliminando los tiempos de demora provocadas por el conductor como alimentación, falta de gasolina, lugares turísticos, etc.

Velocidad de marcha o de crucero

Esta velocidad es resultado de la relación de la distancia que ha recorrido un vehículo con respecto al tiempo empleado, descontando todos los tiempos en que el vehículo haya estado sin movimiento, ya sea por causas de la vía o propias del conductor.

Velocidad de proyecto o de diseño

Se conoce así, a la velocidad máxima a la que puede circular un vehículo y en un determinado lugar garantizando la seguridad en general.

Todos los parámetros geométricos que determinan un diseño de carreteras dependen de esta velocidad. La velocidad de proyecto máxima que señala el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) es de 130 km/h.

1.3.4. Intersecciones a desnivel.

De acuerdo con el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), una intersección a desnivel es “una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes”, cuyo objetivo primordial es minimizar los conflictos en la trayectoria de los vehículos.

Según el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), en una vía expresa y/o autopista de Primera Clase “**es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel**”, en cambio para el resto de vías, es necesario evaluar la mejor situación entre intersecciones a nivel, desnivel, combinación de ambos u otra alternativa.

1.3.4.1. Clasificación y tipos de intersecciones a desnivel.

Según el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) las clases y tipos de intersecciones a desnivel tenemos:

1.3.4.1.1. Intercambios de tres ramas.

Estos a la vez pueden ser de 3 tipos:

A) Tipo trompeta “T”

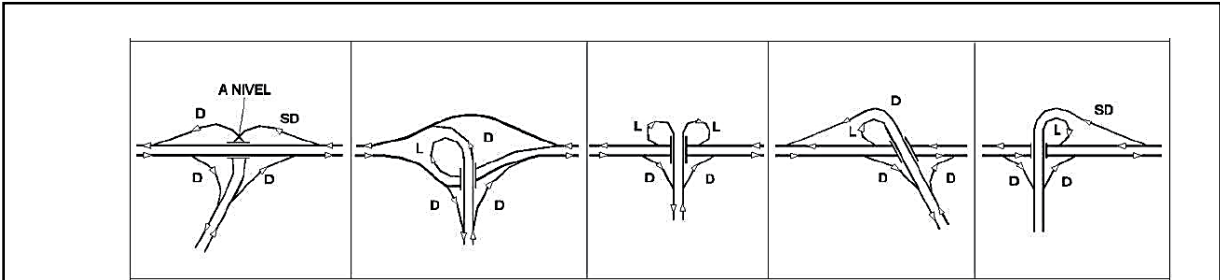


Figura 1. Intercambios de tres ramas tipo trompeta en T.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

B) Tipo direccionales en “T”

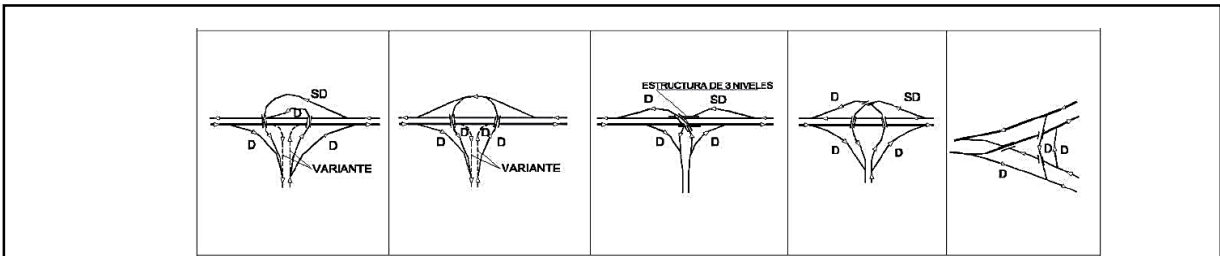


Figura 2. Intercambios de tres ramas del tipo direccional en T.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

1.3.4.1.2. Intercambios de cuatro ramas.

A) Intercambios de cuatro ramas con condición de parada

Estos a la vez pueden ser de 3 tipos:

Tipo diamante clásico.

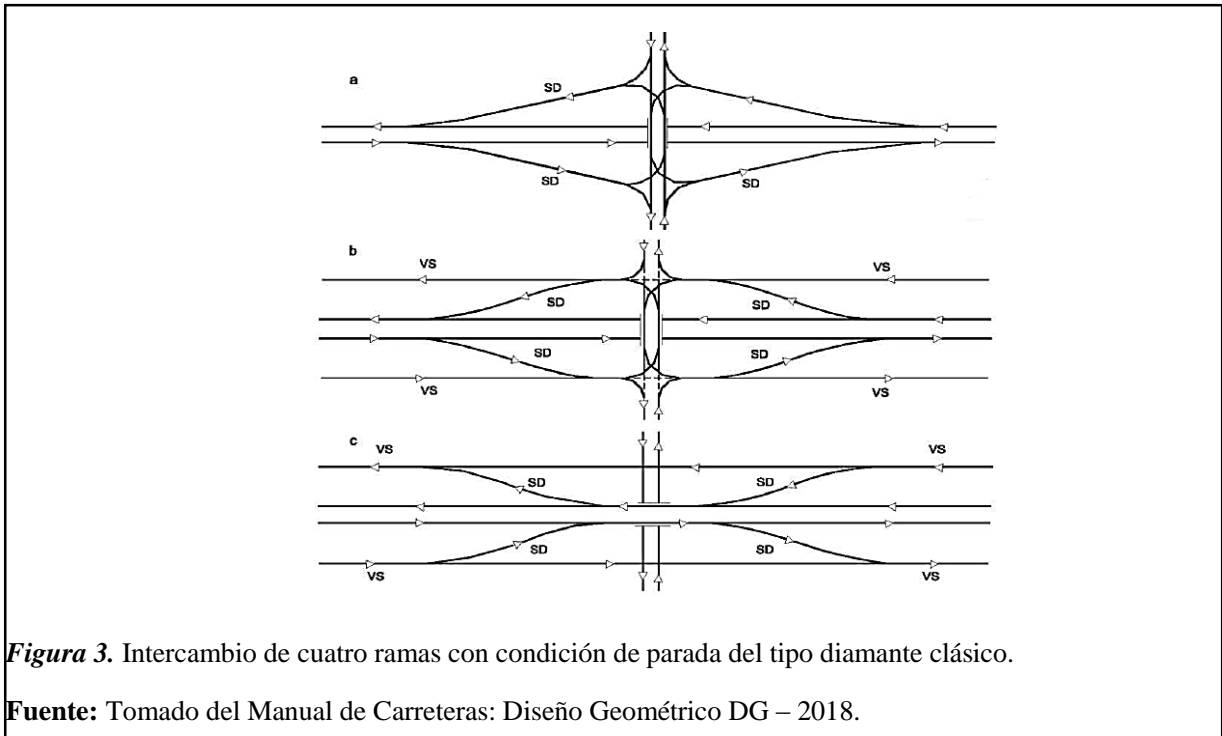


Figura 3. Intercambio de cuatro ramas con condición de parada del tipo diamante clásico.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

Tipo diamante partido y/o modificado.

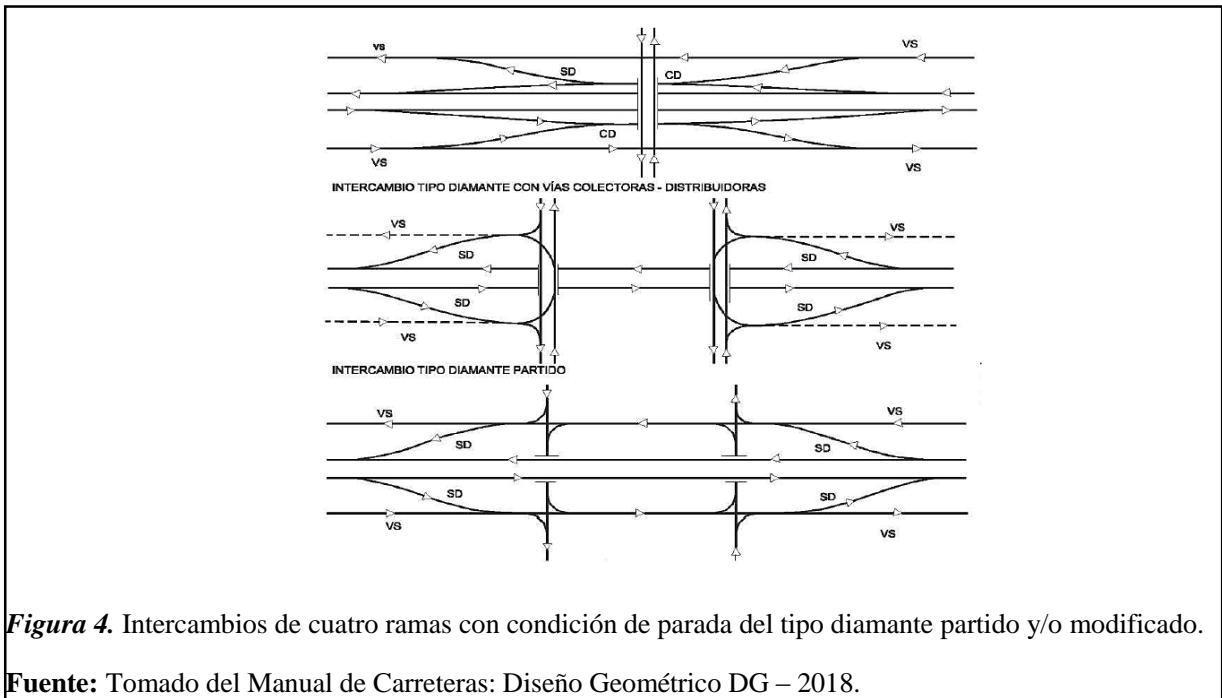


Figura 4. Intercambios de cuatro ramas con condición de parada del tipo diamante partido y/o modificado.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

Tipo trébol parcial.

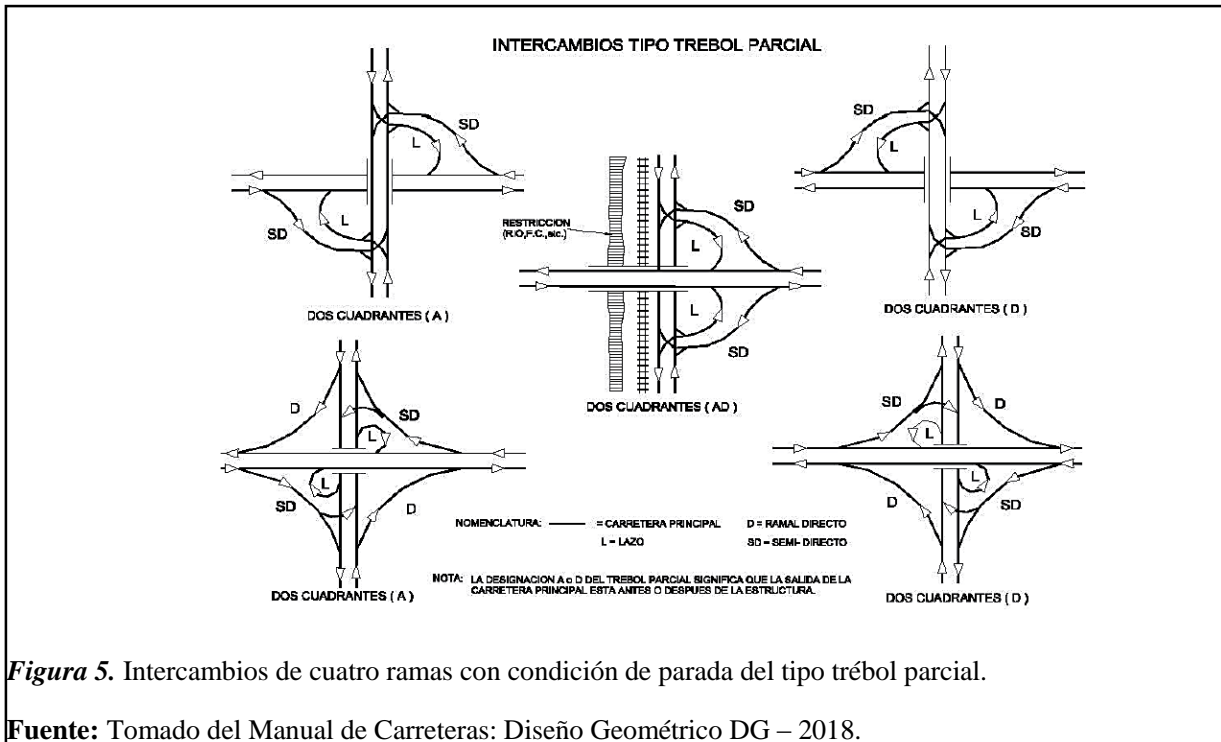


Figura 5. Intercambios de cuatro ramas con condición de parada del tipo trébol parcial.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

B) Intercambios de cuatro ramas de libre circulación

B.1) Tipo trébol simétrico

Estos a la vez pueden ser:

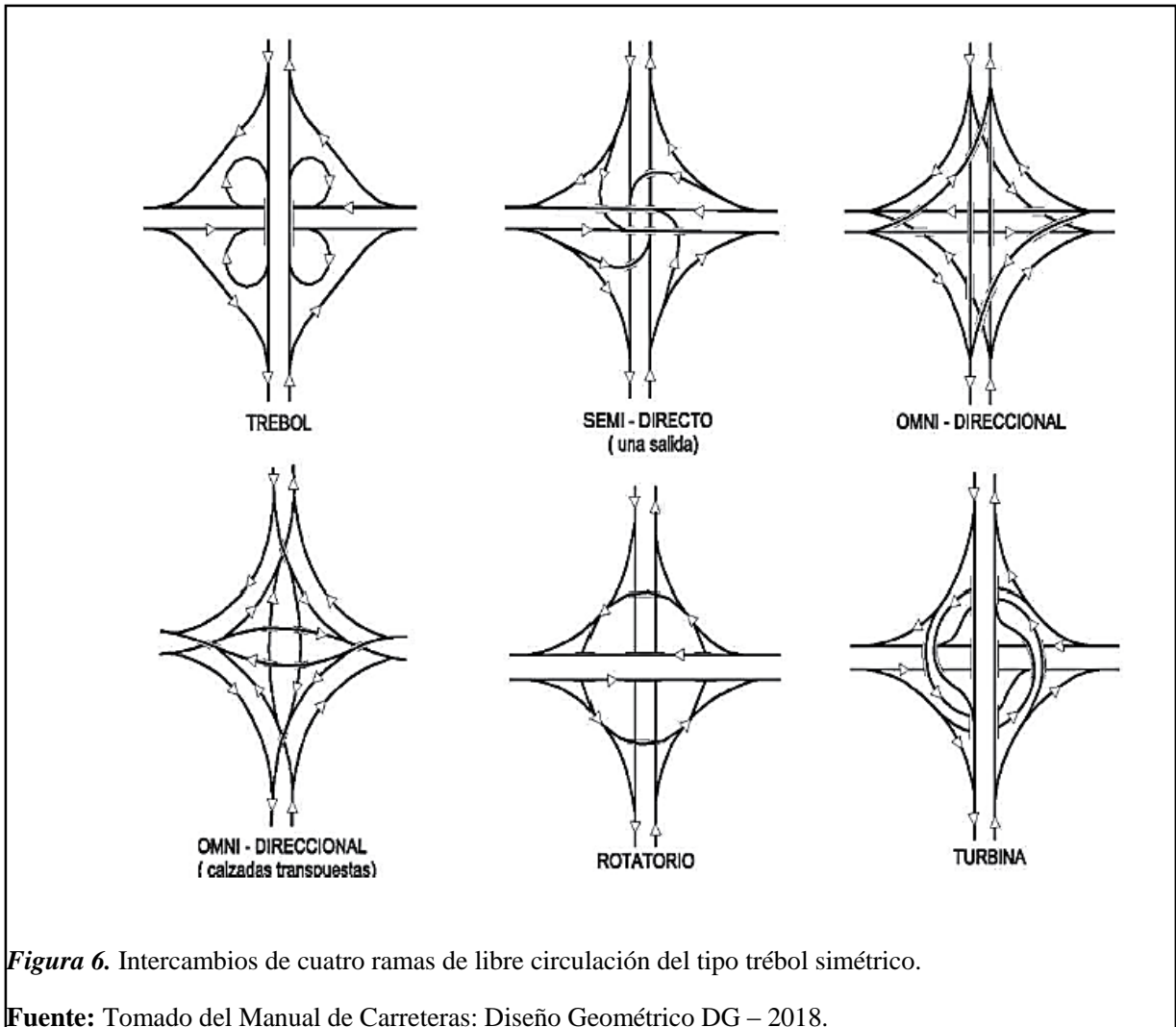
Tipo trébol completo

Tipo semi - directo con una salida

Tipo omni - direccional

Tipo rotatorio

Tipo omnidireccional de tipo turbina



B.2) Tipo trébol no simétrico

Estos a la vez pueden ser:

Trébol modificado por un círculo.

Trébol modificado por un ramal superior.

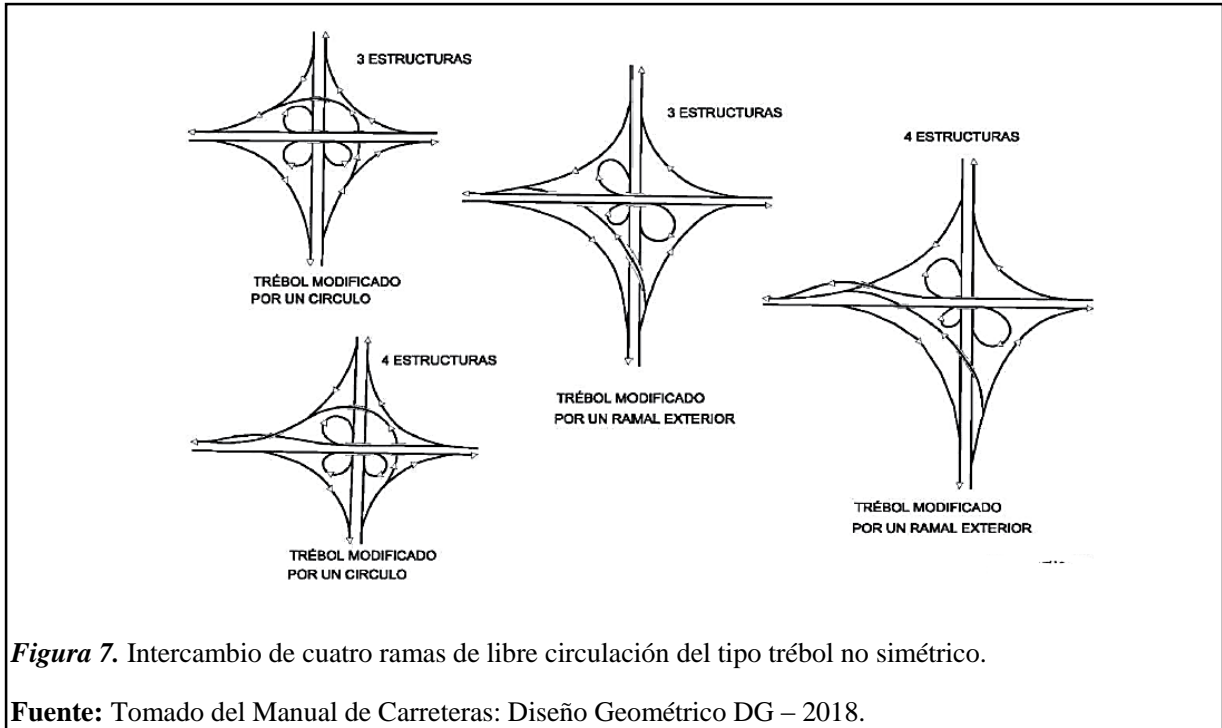


Figura 7. Intercambio de cuatro ramas de libre circulación del tipo trébol no simétrico.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

1.3.4.1.3. Intercambio de más de cuatro ramas.

A) Con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos

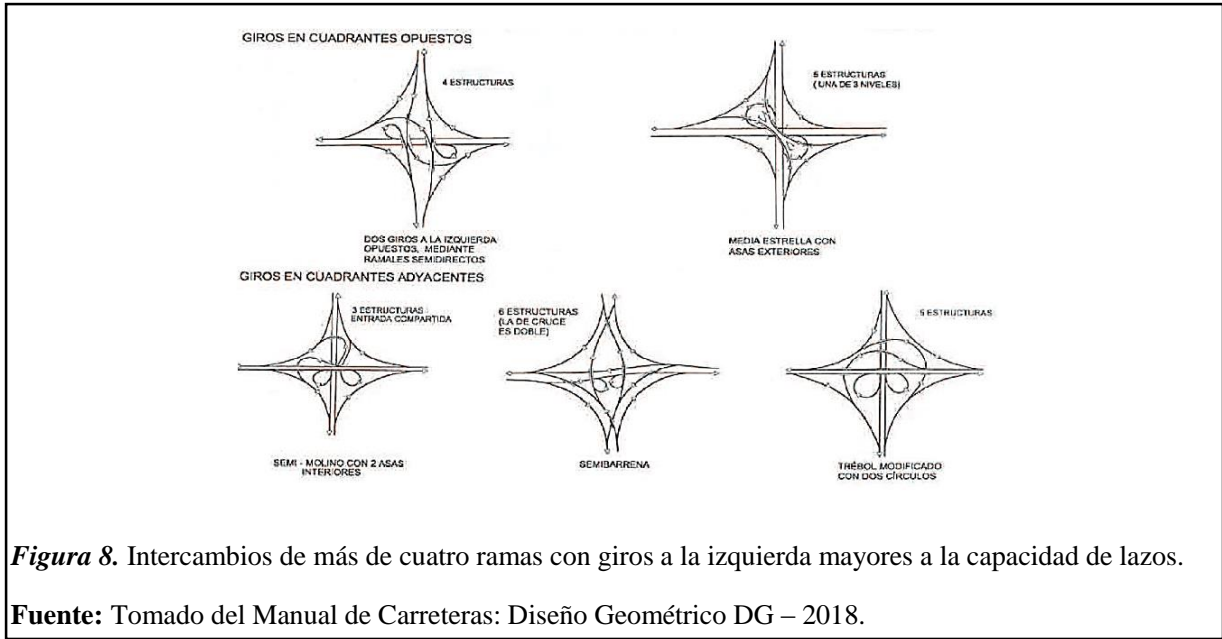


Figura 8. Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

B) Con todos los giros a la izquierda

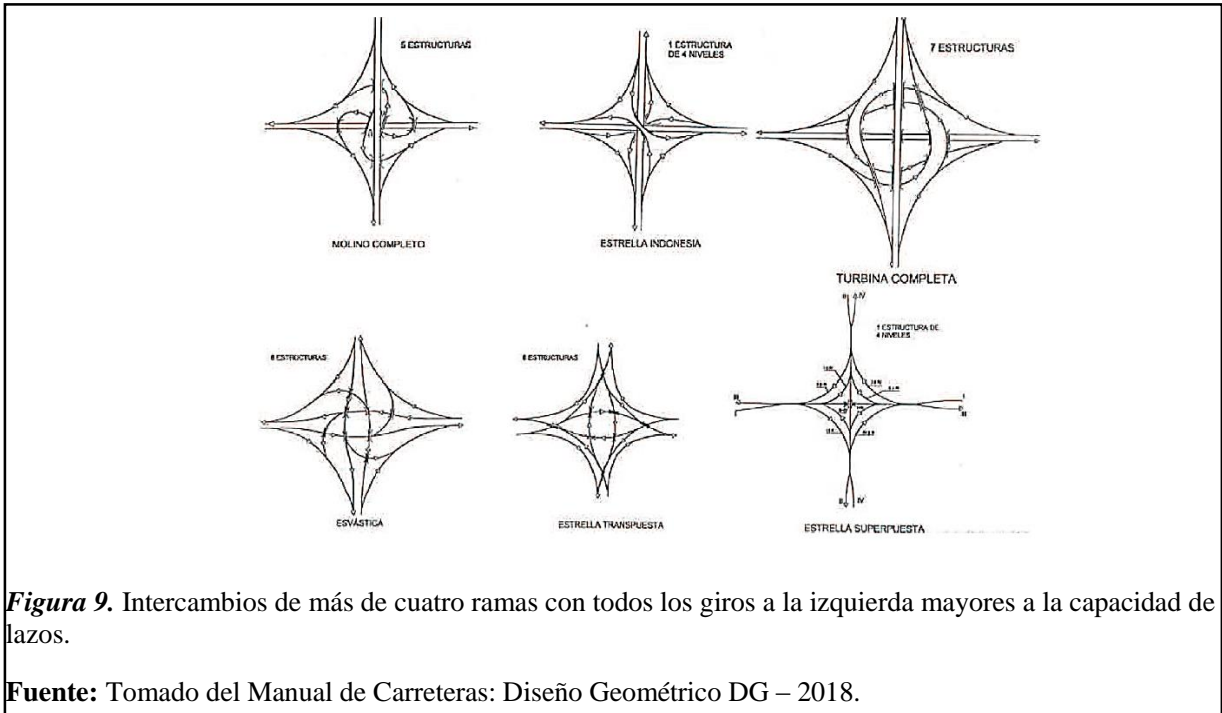


Figura 9. Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

1.3.4.2. Criterios de diseño geométrico en intersecciones a desnivel.

1.3.4.2.1. Diseño geométrico.

El diseño geométrico de una carretera es un procedimiento que consiste en llevar el mejor trazo geométrico espacial de la carretera o calle sobre un determinado terreno.

1.3.4.2.2. Actividades para el diseño geométrico a desnivel.

En el siguiente esquema se muestra de forma general las actividades necesarias para la realización del diseño geométrico del paso a desnivel.



1.3.4.2.3. Criterios generales de diseño en intersecciones a desnivel.

1.3.4.2.3.1. Relación del trazado en planta y elevación.

El trazo en planta como en elevación de una intersección a desnivel se vinculan mucho más a diferencia de un paso a nivel.

Esta interdependencia entre estos trazos, está básicamente en la elección de que ramal o ramales irán por la parte inferior o superior, en fin, tales decisiones responderán básicamente a factores importantes como: funcionalidad de la vía, costos de construcción y/o topografía.

1.3.4.2.3.2. Distancia de visibilidad.

Para la distancia de visibilidad mínima se considerarán los mismo que son adoptados para una intersección a nivel y estas a su vez dependen de la distancia de parada mínima.

La distancia de visibilidad estará condicionada por la presencia de estribos, pilares y/o barandas que pueden existir en el paso a desnivel, por lo que se deberá tener cuidado en este parámetro de diseño.

1.3.4.2.3.3. Diseño geométrico en planta.

El diseño geométrico en planta, alineamiento horizontal o diseño geométrico horizontal en planta se entiende a la proyección de un eje de la vía sobre un plano y/o superficie horizontal.

Dicho eje, debe garantizar una transición suave en el paso de los vehículos en todo su recorrido.

1.3.4.2.3.3.1. Balance de carriles.

Para el diseño de intersecciones a desnivel es necesario realizar un balance de carriles, para ello tendremos las siguientes consideraciones, tomadas del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018):

La longitud mínima entre salidas consecutivas deberá ser la misma longitud para un cambio de velocidad adecuada.

La longitud entre salidas consecutivas debe garantizar la realización de maniobras vehiculares y la colocación de señalización

Una longitud mínima de 180 metros, entre entradas y salidas consecutivas.

Formar en lo posible un ángulo de 4 a 5 grados entre la calzada de la vía principal con la vía secundario o de enlace.

Una longitud mínima de 45 metros para las narices de salidas y entradas en la vía.

Si la vía principal reduce su ancho después de la existencia de una salida, dicha reducción deberá hacerse con una diagonal no menos a 90 metros, tomando como origen la nariz de dicha salida.

1.3.4.2.3.3.2. Carriles de cambio de velocidad.

Los carriles que sirven para cambio de velocidad (aceleración y/o desaceleración) en estas intersecciones tienen los mismos parámetros para intersecciones a nivel. Pero, vale resaltar:

Deben estar en tramos de tangencia y donde el trazo del eje longitudinal y los parámetros de visibilidad tengan estándares altos, y dichos tramos no deben estar ubicados en parte curva del alineamiento de la vía principal (Manual de Carreteras Diseño Geométrico [DG], 2018).

1.3.4.2.3.3.3. Vías de enlace.

En tabla 1 se muestra los criterios que se tomará para la velocidad de diseño, ancho de calzada, sobreebanco y pendiente en vías de enlace para el paso a desnivel:

Tabla 3. *Criterios de diseño para velocidad de diseño, ancho de calzada, sobreebanco y pendientes en vías de enlace.*

Descripción	Criterio
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada.

	Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.
Pendiente	Normal < 5%
	Máxima. 8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado.

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras Diseño Geométrico [DG] (2018).

1.3.4.2.3.4. Diseño geométrico en perfil.

Para el diseño del perfil longitudinal del intercambio a desnivel, estará de acuerdo con la Sección 303, del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El diseño geométrico en perfil, diseño geométrico vertical, alineamiento en perfil o alineamiento vertical se entiende a la proyección del eje de la vía sobre un plano o superficie vertical, dicha proyección relaciona cotas y distancias en todo su trayecto.

1.3.4.2.3.5. Diseño geométrico de la sección transversal.

Para el diseño de la sección del intercambio a desnivel, estará de acuerdo con la Sección 303, del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

El diseño geométrico transversal es la representación gráfica del corte normal o perpendicular a un alineamiento horizontal, el cual deberá permitir identificar con claridad dimensiones y otros atributos de dicha sección tomada.

En la tabla 04 se muestra los valores de diferencia algebraica máximas que no deben sobrepasar entre la inclinación transversal del carril de paso con el peralte existente del ramal de giro:

Tabla 4. *Diferencia algebraica máxima entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común*

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica ($P_{\text{carretera}} - P_{\text{ramal}}$) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
> 60	4 – 5

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico [DG] (2018).

1.3.5. Dispositivos de control de tránsito.

Según el “Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), lo define como instrumentos que garantizan seguridad para los usuarios, eficiencia en el transporte y protección del medio ambiente. Estos dispositivos de control son:

Señales verticales.

Señales horizontales.

Semáforos.

Dispositivos auxiliares.

1.3.5.1. Señalización vertical.

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito que se colocan sobre la vía o al costado de ésta. Por su funcionalidad tenemos:

1.3.5.1.1. Señales de reglamentación o reguladoras.

Estas señales tienen la finalidad de limitar y/o autorizar ciertas actividades dentro de la vía, siendo el caso omiso, un desacato al Reglamento Nacional emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Estas señales se identifican por el código R, cuyo fondo generalmente es blanco excepto en caso de la señal R-1 (pare - que es de color rojo), las orlas son de color rojo y el texto, numeración o gráfico de color negro.

Estas señales de reglamentación también se subdividen en señales de prioridad, señales de prohibición (y estas en maniobras y giros, de paso por tipo de vehículo y otras), señales de restricción, señales de obligación y señales de autorización.

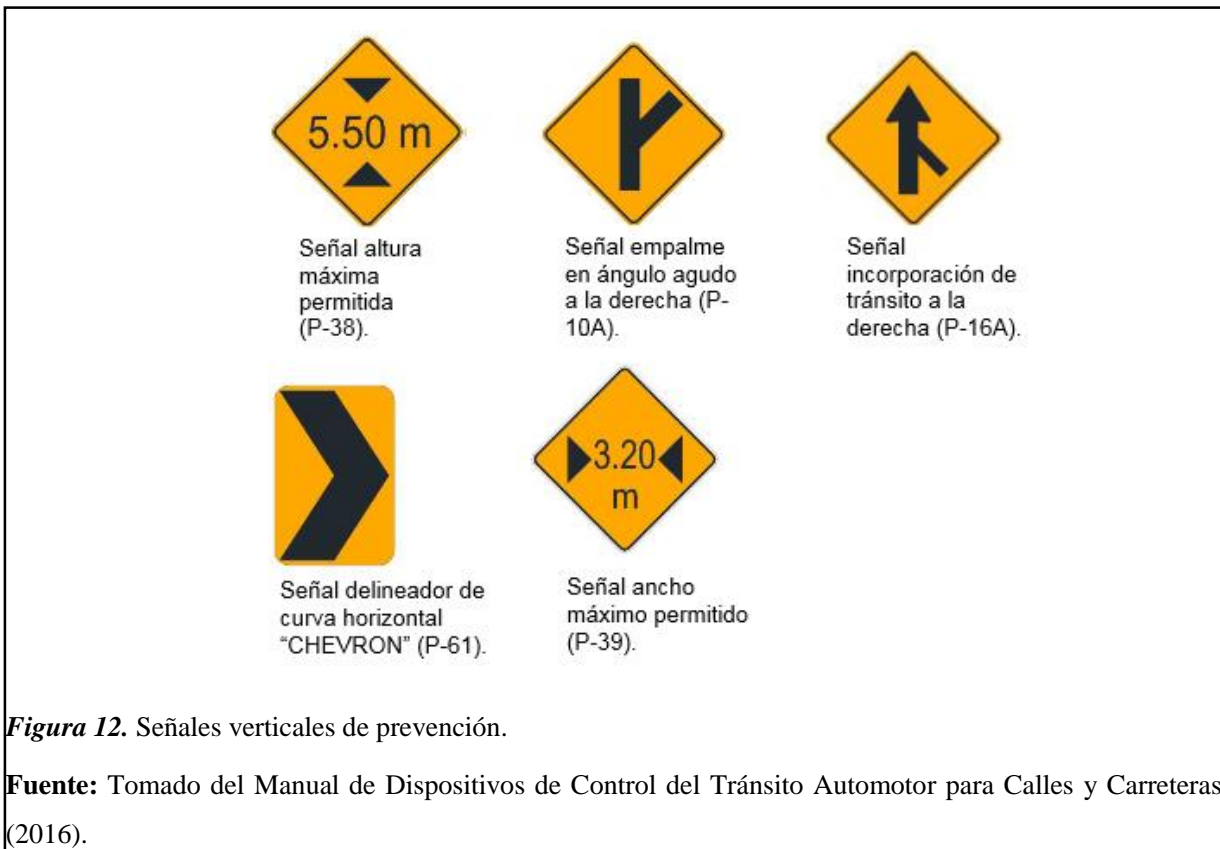


1.3.5.1.2. Señales de prevención.

Estas señales tienen la finalidad de advertir un riesgo la cual demanda al usuario estar preparado para esa eventualidad.

Estas señales se identifican por el código P, cuya forma es un cuadrado girado en 45°, es decir un Rombo (excepto las señales P-44, P-60 y P-61), su fondo es de color amarillo, las orlas, el texto, la numeración y/o gráfico de color negro (excepto las señales P-55, P-58, P-59, P-46, P-46A, P-46B, P-48, P-48A, P-48B, P-49, P-49a, P-49b y P-50 presentan otra combinación de colores).

Estas señales también se pueden agrupar por características geométricas que presenta la vía (en curvatura horizontal y en pendiente longitudinal), por características que presenta la superficie de rodadura, por características de operación necesarias en la vía, para intersecciones, por características de restricciones en la vía, por situaciones de emergencias o situaciones especiales.



1.3.5.1.3. Señales de información.

Estas señales tienen la finalidad de transmitir información sobre características del tramo y/o lugar en que se encuentra y pueden ser combinadas con el resto de señales en caso necesario.

Estas señales en general se identifican con la nomenclatura I (excepto para las señales informativas de turismo por T), cuya forma mayoritaria es rectangular y cuadrada. Su fondo es de color verde y el trazo de las orlas, el texto, la numeración y/o gráfico de color blanco. En zonas y vías urbanas se modifica los colores, siendo para el fondo de color azul y el trazo de las orlas, el texto, la numeración y/o gráfico de color blanco. Vale mencionar que los colores de estas señales varían según sitios turísticos, de primeros auxilios, arqueológicos, médicos y más. Como el paso a desnivel se realizará en zona urbana nos limitaremos a detallar el resto de características.

Estas señales también se pueden agrupar de acuerdo a su función, siendo estas en señales de información de pre-señalización, de dirección, de balanzas de acercamiento, señales para salidas, para identificar lugares turísticos, informar destinos, confirmar el destino, individualizadores de vía, identificar límites jurisdiccionales, presencia de servicios básico como teléfono, restaurants, talleres y otros.



Figura 13. Señales verticales de información.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

1.3.5.2. Señales horizontales.

La señalización horizontal está constituida por todos aquellos símbolos que se imprimen o pintan sobre la estructura de vía y aquellos que son adheridos a la capa de rodadura. Las marcas pueden estar constituidas por letras, números, flechas.

La función que cumple las señales horizontales es asegurar una óptima canalización del tránsito así mismo de dar a conocer, en caso lo haya, algún obstáculo en la vía.

Estas señales pueden funcionar de forma independiente o también en combinación con el resto de señales verticales o semáforos.

Dichas marcas deben tener una propiedad física esencial, deben ser marcas retrorreflectoras, es decir, las marcas deben ser visibles en la noche y ante situaciones de clima severo.

1.3.5.2.1. Marcas planas en el pavimento.

Estas marcas planas están formadas por flechas, líneas o letras que se imprimen o pintan sobre alguna estructura de la vía o al costado de esta.

Los colores empleados para este tipo de marcas son cuatro: blanco, amarillo, azul y rojo. Estas marcas, también se subclasifican, pero nos limitaremos a mencionar todas ellas y solo consideraremos las que se van a emplear en el diseño:

1.3.5.2.1.1. Línea de borde de calzada.

Este tipo de marca plana es una línea continua que se ubica a lo largo de la superficie de rodadura delimitando su borde.

Esta línea se colocará al borde de la berma en caso ésta sea pavimentada, en caso contrario se colocará al borde del pavimento.

La línea de borde de la superficie de rodadura o de calzada será de color blanco indicando que se permite el estacionamiento en la berma por razones de emergencia y será de color amarillo cuando esté totalmente restringido.

Se colocará tachas (demarcadores elevados) para reforzar ubicándolas al exterior de la línea y lograr patrón visual segmentado.

En la presencia de curvas en tramos y que no cuenten con elementos de seguridad (barreras o guardavías), las marcas se asociaran con postes delineadores.

En zonas urbanas, donde esté prohibido el estacionamiento, se adicionará una línea continua de color amarillo, cogiendo la parte exterior y borde superior de la acera o de los sardineles.

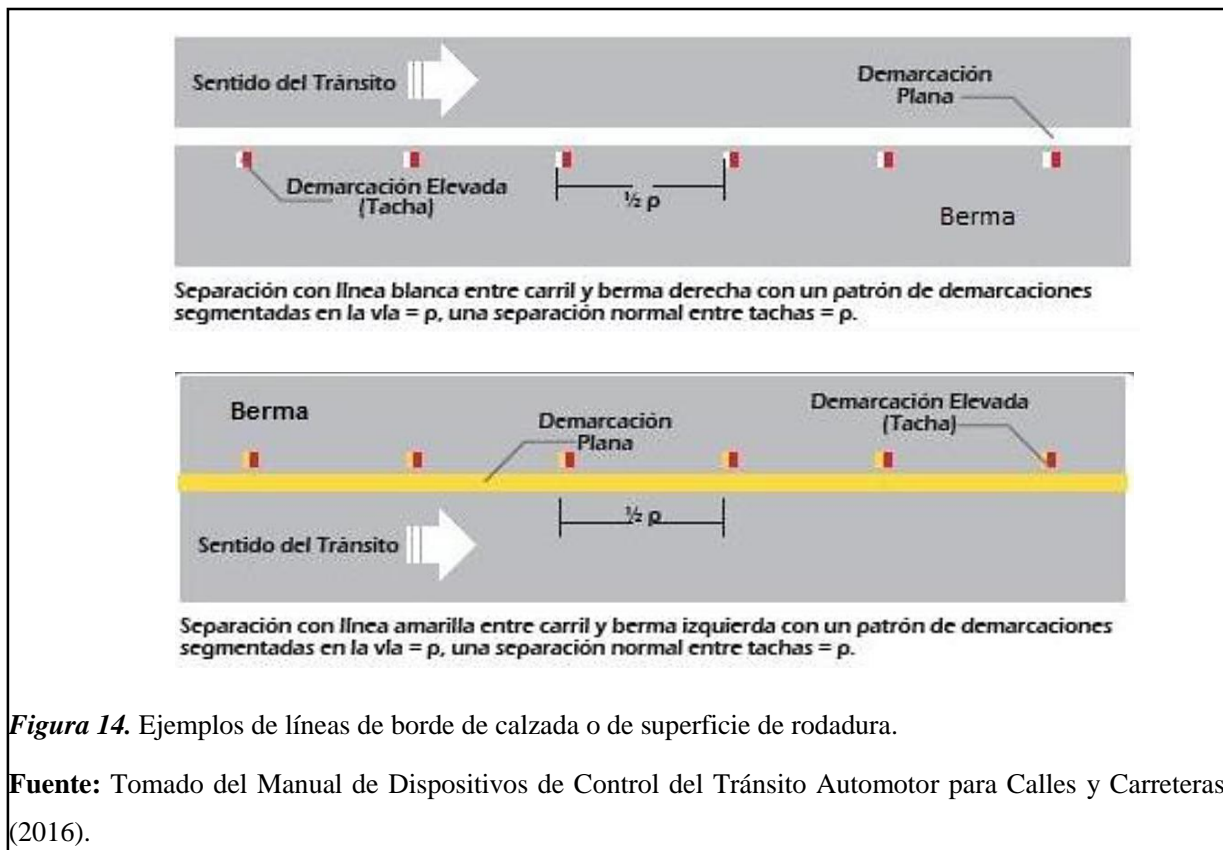


Figura 14. Ejemplos de líneas de borde de calzada o de superficie de rodadura.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

1.3.5.2.1.2. Línea de carril.

Su función de esta línea es indicar la división de los carriles en las vías que tienen más de dos carriles en el mismo sentido.

Esta línea se pintará de color blanco, dependiendo a las características y/o limitaciones de la vía puede ser continua, segmentada o una combinación de ambos.

Estas líneas también pueden combinarse con demarcaciones elevadas, las cuales tiene que ser bicolor (rojo y blanco).

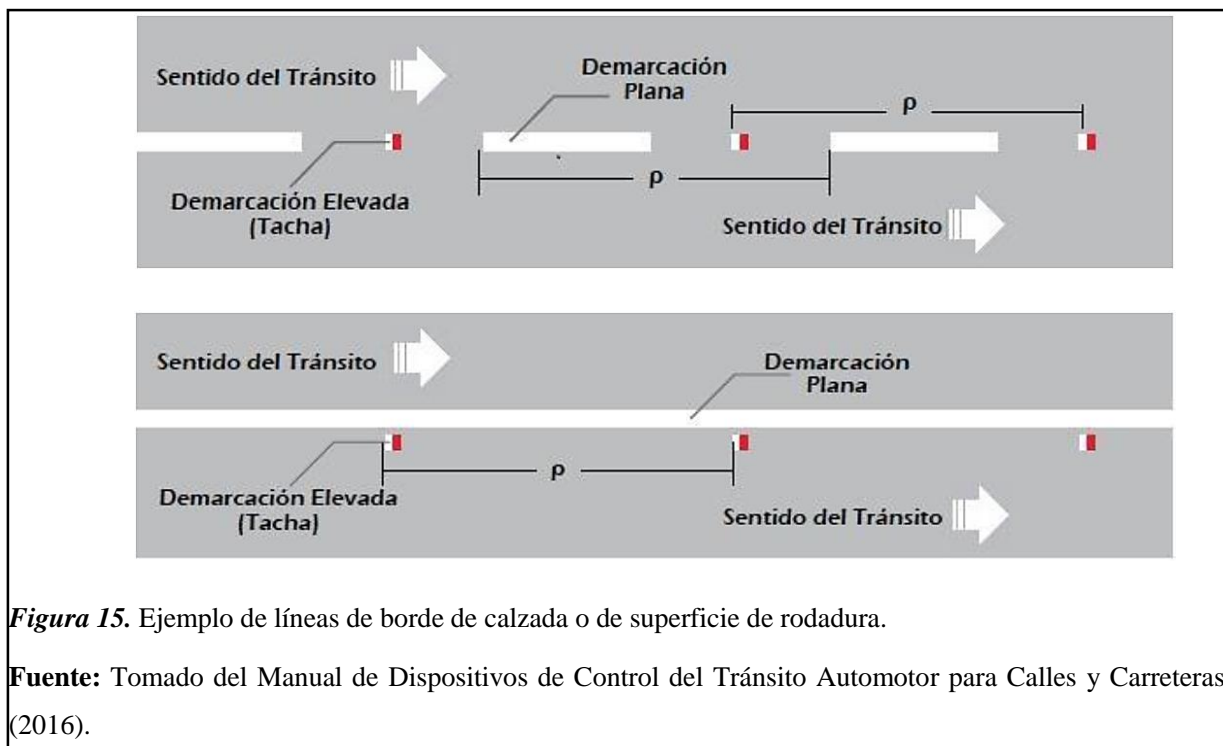


Figura 15. Ejemplo de líneas de borde de calzada o de superficie de rodadura.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

1.3.5.2.1.3. Línea central.

Su función de esta línea es indicar la división de dos carriles en vías bidireccionales.

Esta línea se pintará de color amarillo, será segmentada para indicar que se puede pasar de un carril a otro y así adelantar a otro vehículo, en el caso, en que se prohíba este procedimiento la línea será continua.

Estas líneas se pueden combinar con demarcaciones elevadas de color amarillo.

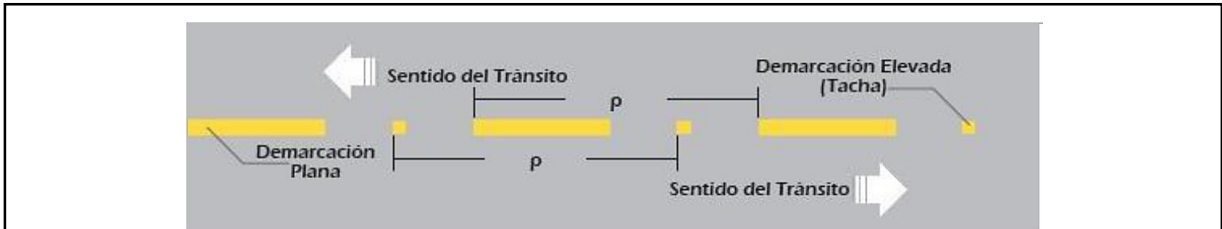


Figura 16. Ejemplo de línea central discontinua o segmentada de color amarillo.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

Se usará una línea doble, paralelas y continuas de color amarillo, cuando una vía urbana presente una calza de cuatro a más carriles, tránsito en dos sentidos y no cuente con separador central. Estas líneas dobles irán acompañadas con demarcaciones elevadas amarillas.

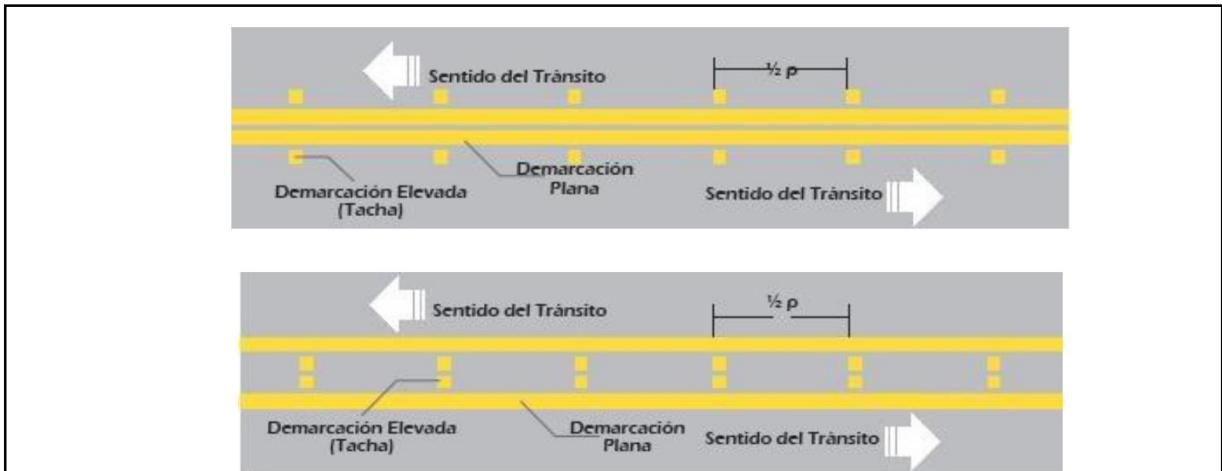


Figura 17. Ejemplos de línea continua doble.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

Para indicar que un vehículo puede cruzar de un carril a otro para adelantar a otro de ellos, se utilizarán líneas mixtas, en donde la línea discontinua seguirá indicando que el vehículo puede pasar al otro carril para adelantar.

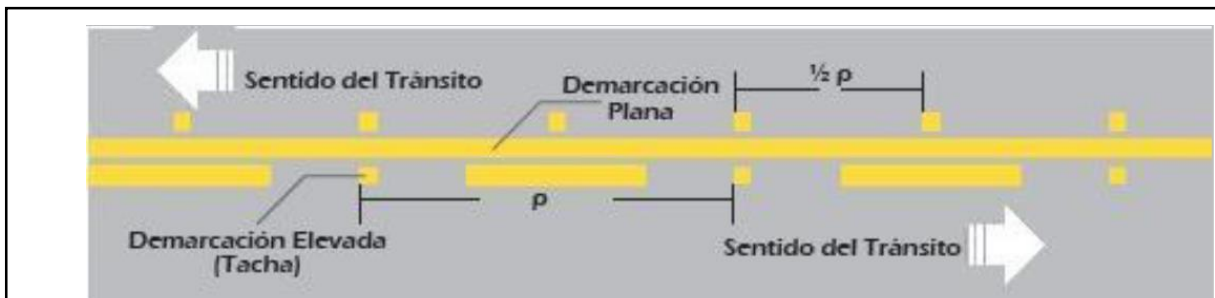


Figura 18. Ejemplo de líneas combinadas o mixtas.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

1.3.5.2.2. Otras demarcaciones.

1.3.5.2.2.1. Demarcación “CEDA EL PASO”.

Esta marca plana en el pavimento se colocará por la presencia de la señal vertical “ceda el paso” (R-2). Esta demarcación resulta de la combinación de una línea segmentada “ceda el paso” y un símbolo triangular “ceda el paso”, cuyas dimensiones se muestra a continuación:

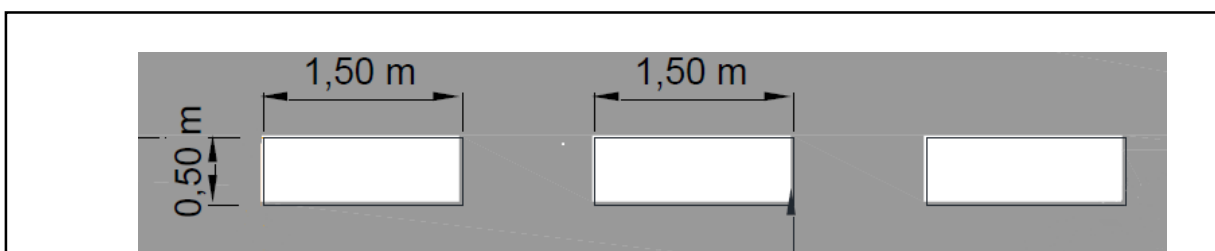
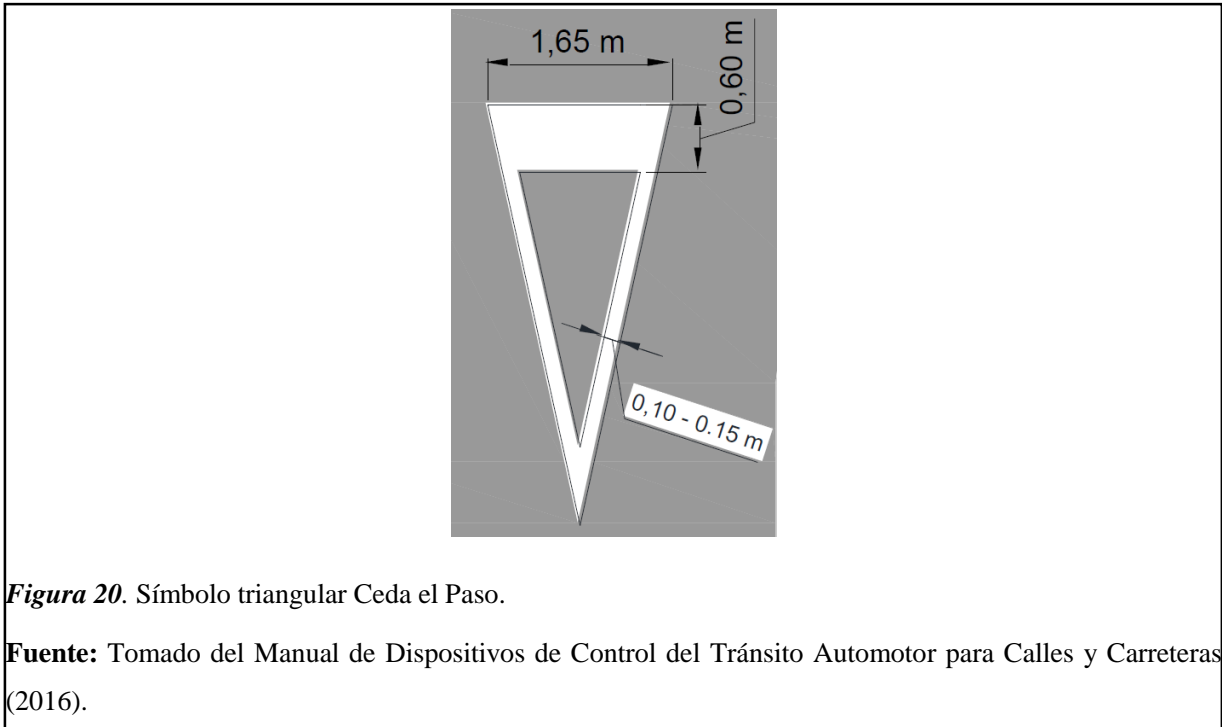


Figura 19. Línea Ceda el Paso.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).



1.3.5.2.3. Palabras, símbolos y leyendas.

Su finalidad es de advertir algún peligro, orientar y guiar el tránsito. En este caso servirá para indicar sentidos de circulación, velocidades permitidas, proximidad de instituciones educativas, etc.

1.3.5.2.3.1. Flecha recta.

Estas marcas serán de color blanco e indicarán el sentido que tienen los carriles además el tipo de giro que presenta ya sea derecha, izquierda o ambos sentidos.

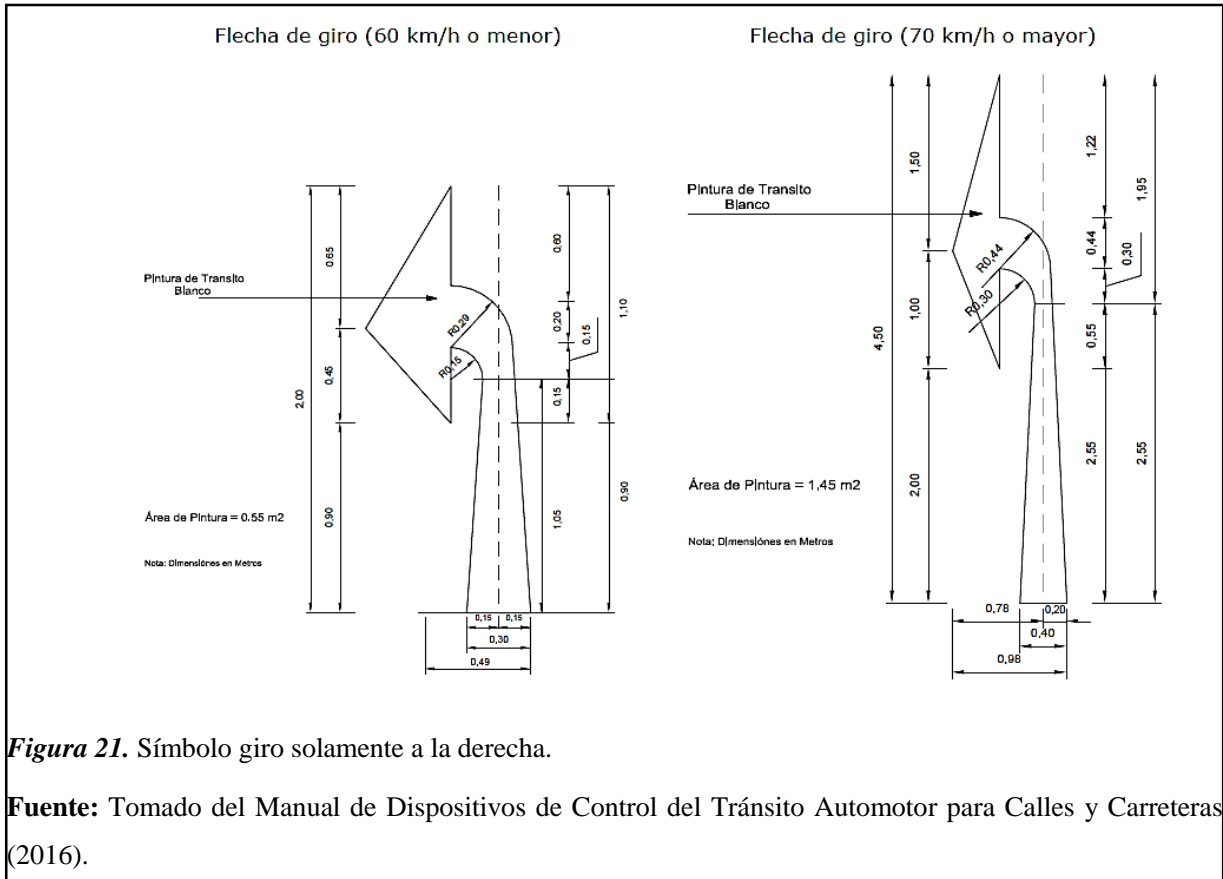


Figura 21. Símbolo giro solamente a la derecha.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016).

1.3.6. Puente.

Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía. Suele sustentar un camino, una carretera o una vía férrea (...). Los puentes que soportan un canal o conductos de agua se llaman acueductos. Aquellos construidos sobre terreno seco o en un valle, viaductos. Los que cruzan autopistas y vías de tren se llaman pasos elevados. (Rodríguez, 2016, pág. 1)

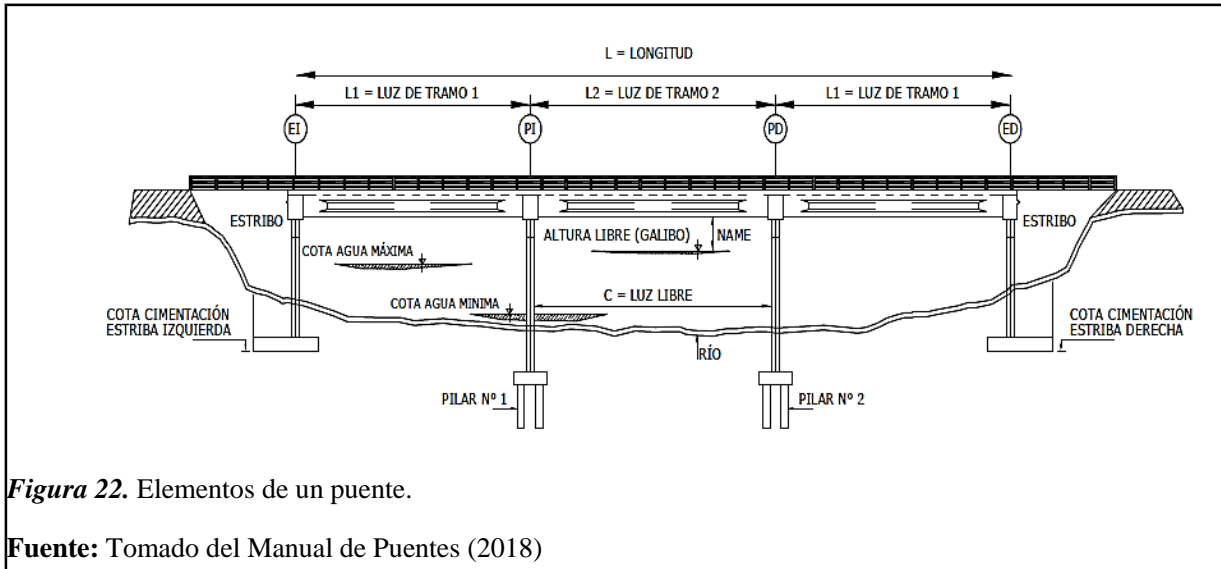


Figura 22. Elementos de un puente.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018)

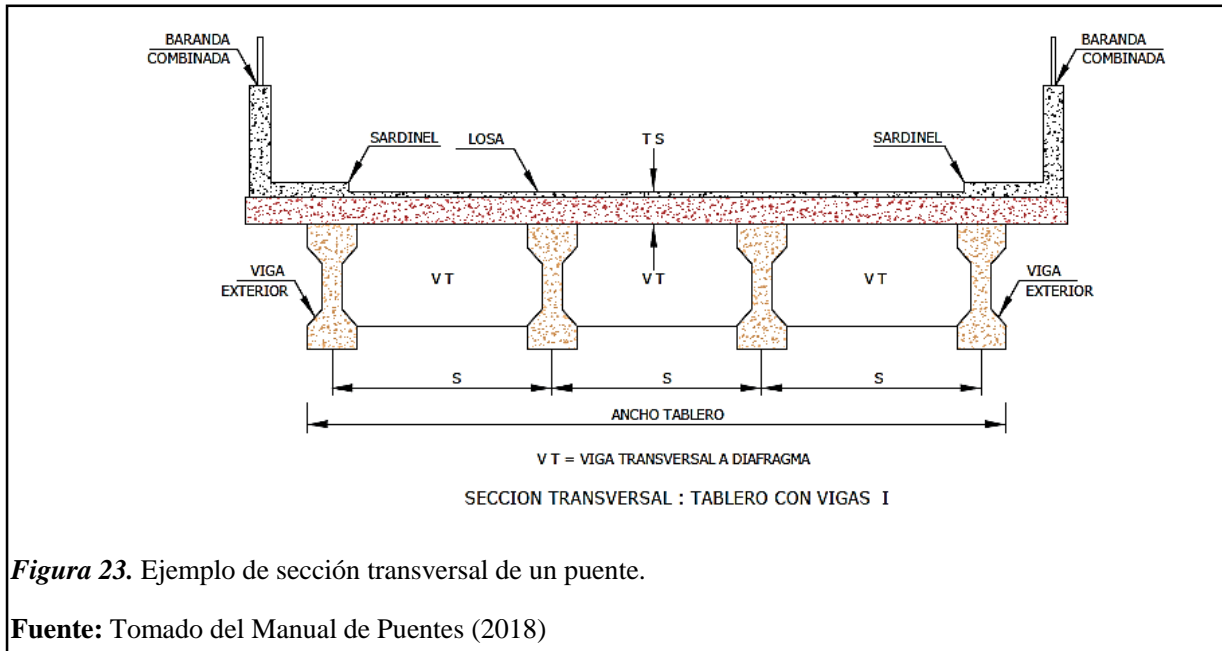
1.3.6.1. Partes de un puente.

1.3.6.1.1. La superestructura.

“Conformada por: tablero que soporta directamente las cargas; vigas, armaduras, cables, bóvedas, arcos, quienes transmiten las cargas del tablero a los apoyos” (Rodríguez, 2016, pág. 1).

Sección transversal de tablero

El “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) hace mención que la sección transversal de un tablero debe mantener el ancho de la calzada (carriles de circulación) más las bermas del camino o carretera donde está proyectado; el resto del ancho de la sección transversal según la finalidad de la obra puede contener elementos de drenaje, barreras o barandas de protección, veredas, etc.



Superficie de rodadura

Debe tener la característica de ser antideslizante con una pendiente transversal mínima de 2% (bombeo) y peralte conforme al diseño de la carretera y drenajes.

Drenaje del tablero de rodadura

Se deberá poner en ambos lados de la losa, en la unión con el sardinel de las veredas, convenientemente distanciados, tubos de drenaje metálicos o de PVC de 3” pulgadas de diámetro como mínimo y de una longitud tal que sobresalga por debajo de la losa como mínimo 0.40 m. con la finalidad de que el agua no moje las vigas. (Manual de Puentes, 2018, pág. 96)

1.3.6.1.2. La infraestructura.

“Conformada por: pilares (apoyos centrales); estribos (apoyos extremos) que soportan directamente la superestructura; y cimientos, encargados de transmitir al terreno los esfuerzos” (Rodríguez, 2016, pág. 1).

1.3.6.2. Consideraciones Generales de diseño estructural.

Los puentes deben ser diseñados tomando en cuenta los Estados Límites contemplados en la filosofía de diseño AASHTO LRFD 2017, la cual se base en el diseño por factores de carga y resistencia, donde las cargas de diseño son multiplicadas por factores mayores que la unidad y las resistencia del elemento diseñado se multiplican por factores menores a la unidad; de tal manera que se cumpla con los requerimientos de seguridad, serviciabilidad, economía, estética, constructividad. A continuación se presenta algunas consideraciones generales diseño estructural de puentes dispuestos en la normativa AASHTO LRFD 2017.

1.3.6.2.1. Estados límites de diseño.

Un estado límite se define como una condición en la cual un elemento estructural se encuentra sometido a una combinación de cargas a tal grado que deja de ser seguro para los ocupantes de una estructura. Todos los componentes y conexiones del puente deben satisfacer la ecuación siguiente

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

Donde:

γ_i = factor de carga aplicado a las solicitaciones

ϕ = factor de resistencia aplicado a la resistencia nominal

η_i = factor de modificación de las cargas ($\eta_i = \eta_D * \eta_R * \eta_I$)

η_D = factor relacionado con la ductilidad

η_R = factor relacionado con la redundancia

η_I = factor relacionado con la importancia operativa

Q_i = efectos de fuerza (solicitaciones).

R_n = resistencia nominal.

R_r = resistencia factorada = ϕR_n

Se muestra a continuación factores de modificación de carga para el estado límite de Resistencia:

Ductilidad: una falla estructural es advertida por la ductilidad de una estructura, esta falla se evidencia a través de la aparición de deformaciones inelásticas.

$\eta_D \geq 1.05$ para elementos y conexiones no dúctiles

$\eta_D = 1.00$ para diseños y detalles convencionales que cumplen con estas Especificaciones

$\eta_D \geq 0.95$ para elementos y conexiones para los cuales se han especificado medidas adicionales para mejorar la ductilidad más allá de lo requerido por estas Especificaciones.

Redundancia: capacidad del sistema estructural de un puente de llevar cargas después de ser dañados o fallados uno o más de sus miembros.

$\eta_R \geq 1.05$ para miembros no redundantes

= 1.00 para niveles convencionales de redundancia

≥ 0.95 para niveles excepcionales de redundancia

Importancia operativa: se define en función al tipo de vehículos para los cuales debe ser aperturado un puente luego de ocurrir un fenómeno sísmico. Solamente a los Estados Límite de Resistencia y Evento Extremo.

Para el estado límite de resistencia:

$\eta_I \geq 1.05$ para puentes críticos o esenciales.

= 1.00 para puentes típicos.

≥ 0.95 para puentes de relativa menor importancia

Para los demás estados límites los factores de modificación de carga por ductilidad, redundancia e importancia operativa se tomarán iguales a 1.

Estado Límite de Servicio

Tomado en cuenta como una restricción sobre los esfuerzos, deformaciones y ancho de grietas bajo condiciones regulares de servicio.

Estados Límite de Fatiga y Fractura

Intenta limitar el crecimiento de grietas bajo cargas repetitivas para prevenir la fractura durante la vida de diseño de puentes.

Estado Límite de Resistencia

Considerado para asegurar la resistencia y estabilidad.

Estado Límite de Evento Extremo

Considerado para asegurar la continuidad estructural de un puente durante un sismo importante o durante inundaciones o cuando es colisionado por un buque, vehículos o flujos de hielo, posiblemente bajo condiciones severas de socavación.

1.3.6.2.2. Cargas y Factores de Cargas.

Cargas permanentes

Actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite.

DC: peso propio de los elementos estructurales y no estructurales.

DW: peso de elementos como la superficie de rodadura, balasto, rieles, durmientes, barandas, postes, tuberías, ductos y cables.

Cargas de suelo:

EV: presión vertical del peso propio del suelo de relleno

ES: sobrecarga del suelo (ES)

DD: fricción superficial negativa

Cargas variables

Cargas debidas a pesos de materiales y equipos requeridos durante la construcción, así como las cargas de peso propio u otras de carácter permanente que se apliquen en cada etapa del proceso constructivo.

Cargas excepcionales

De probabilidad de ocurrencia baja, pero deberían ser consideradas en el diseño; estas cargas pueden deberse a colisiones, explosiones o incendio.

Carga viva

A continuación se mencionan las cargas vivas para diseño:

LL= Carga viva vehicular

BR = Fuerza de frenado vehicular

PL = Carga viva peatonal

LS = Carga viva superficial

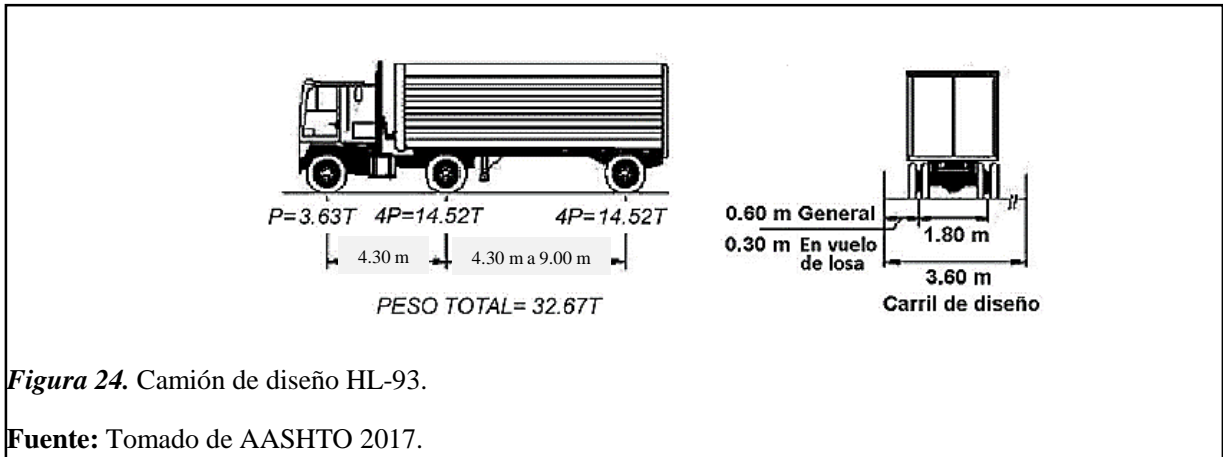
EQ = Carga de sismo

Carga viva vehicular (LL):

La carga viva designada es el HL-93, que consiste de una combinación de camión de diseño o tándem de diseño y, carga distribuida de diseño.

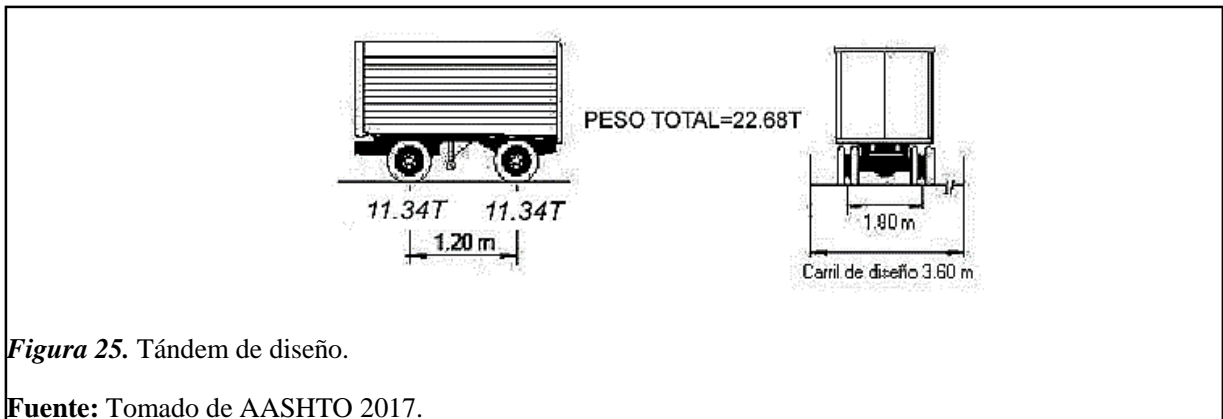
Camión de diseño:

La distancia entre los dos ejes más pesados se toma como aquella que, estando entre los límites de 4.30 m y 9.00 m resulta en los mayores efectos.



Tándem de diseño

El tándem de diseño consistirá en un conjunto de dos ejes, cada uno con una carga de 11.34 Tn, espaciados a 1.20 m. La distancia entre las ruedas de cada eje, en dirección transversal, será de 1.80 m.



Sobrecarga distribuida

Se considerará una sobrecarga de 954 kgf/m, uniformemente distribuida en dirección longitudinal sobre aquellas porciones del puente en las que produzca un efecto desfavorable. Se supondrá que esta sobrecarga se distribuye uniformemente sobre un ancho de 10.0- ft (3.00 m.) en dirección transversal. Esta sobrecarga se aplicará también sobre aquellas zonas donde se ubique el camión o el tándem de diseño. No se considerarán efectos dinámicos para esta sobrecarga.

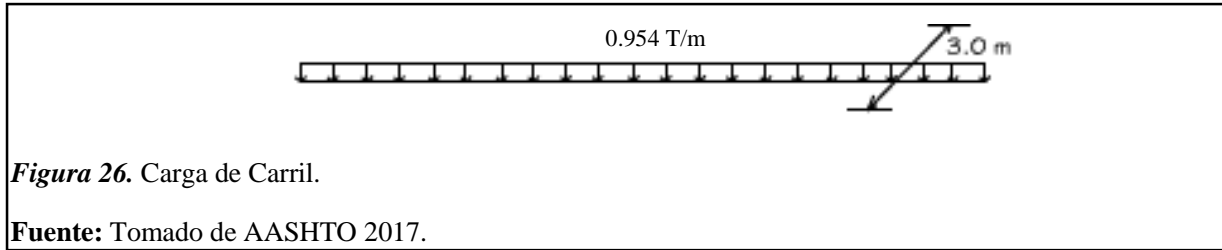


Figura 26. Carga de Carril.

Fuente: Tomado de AASHTO 2017.

Presencia múltiple por sobrecarga

No es aplicable para el estado límite de fatiga. La sollicitación máxima por sobrecargas aplicadas se calculará en función del número de carriles cargados multiplicados por un factor de presencia múltiple.

Número de Vías Cargadas	Factor Presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
> 3	0.65

Figura 27. Factores de presencia múltiple.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018).

Carga dinámica

El incremento por carga dinámica no se aplicará a las cargas peatonales ni a la carga del carril de diseño (carga uniformemente repartida). Serán aplicadas a los efectos estáticos producidas por el camión o tándem de diseño.

Componente	Porcentaje (IM)
<i>Elementos de unión en el tablero (para todos los estados límite)</i>	75%
<i>Para otros elementos</i>	
• <i>Estados límite de fatiga y fractura</i>	15%
• <i>Otros estados límite</i>	33%

Figura 28. Incremento de carga viva por efectos dinámicos.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018).

Fuerza de frenado vehicular (BR)

Se deberán ubicar en todos los carriles de diseño que se consideren cargados y que transportan tráfico en la misma dirección. Se asume la ubicación de esta fuerza como horizontal a una distancia de 1.80m sobre la superficie de rodadura en cualquiera de las direcciones longitudinales. Esta fuerza deberá ser tomada como el mayor de los siguientes valores:

25% de los pesos por eje del camión de diseño o tándem de diseño; o

5% del camión de diseño más la carga del carril o 5% del tándem de diseño más la carga de carril.

Esta fuerza de diseño será multiplicada por el factor de presencia múltiple. (Ver figura 27)

Denominación de cargas

A continuación se denotan las cargas a usar en el presente proyecto:

Cargas permanentes:

DC: carga muerta de componentes estructurales y accesorios no estructurales.

DW: carga muerta de superficie de rodadura y dispositivos auxiliares.

EH: empuje horizontal del terreno.

EV: presión vertical del peso propio del terreno de relleno.

Cargas transitorias:

BR: fuerza de frenado vehicular.

CT: fuerza de choque vehicular.

EQ: carga de sismo.

IM: incremento de la carga viva por efectos dinámicos

LL: carga viva vehicular.

Factores de carga y Combinaciones de carga

RESISTENCIA I: Combinación básica de cargas relacionada al uso vehicular normal, sin considerar viento.

RESISTENCIA III - Combinación de cargas que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.

RESISTENCIA V: Combinación básica de cargas relacionada al uso vehicular normal, considerando viento a 90km/h.

EVENTO EXTREMO I - Combinación de cargas que incluye sismos.

EVENTO EXTREMO II - Combinación de cargas que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobrecarga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos, CT.

SERVICIO I - Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores normales.

SERVICIO II - Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de resbalamiento crítico.

Combinación de Cargas Estado Límite	DC															
	DD	LL	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV		
RESISTENCIA I A menos que se especifique lo contrario	γ_p	1.75	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA II	γ_p	1.35	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA III	γ_p	--	1.00	1.40	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA IV	γ_p	--	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	--	--	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
EVENTO EXTREMO I	1.00	γ_{EQ}	1.00	--	--	1.00	--	--	--	1.00	--	--	--	--		
EVENTO EXTREMO II	γ_p	0.50	1.00	--	--	1.00	--	--	--	--	1.00	1.00	1.00	1.00		
SERVICIO I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
SERVICIO II	1.00	1.30	1.00	--	--	1.00	1.00/1.20	--	--	--	--	--	--	--		
SERVICIO III	1.00	0.80	1.00	--	--	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
SERVICIO IV	1.00	--	1.00	0.70	--	1.00	1.00/1.20	--	1.00	--	--	--	--	--		
FATIGA I Solamente LL, IM & CE	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
FATIGA II- Solamente LL, IM & CE	--	0.75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		

Nota: Usar solamente uno de los indicados en estas columnas en cada combinación

Figura 29. Combinaciones de carga y factores de carga.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018).

Tipo de Carga, Tipo de Fundaciones, y Métodos Usados para Fuerza de Arrastre Hacia Abajo (Downdrag)	Factor de Carga	
	Maximo	Mínimo
DC: Componentes y Auxiliares.	1.25	0.90
DC: Resistencia IV Solamente.	1.50	0.90
DD: Downdrag Pilotes, α Método de Tomlinson.	1.40	0.25
Pilotes, λ Método.	1.05	0.30
Pilotes Perforados, (Drilled Shaft) Método de O'Neill and Reese (1999).	1.25	0.35
DW: Superficie de rodadura y accesorios.	1.50	0.65
EH: Presión Horizontal de la tierra.		
• Activa.	1.50	0.90
• En reposo.	1.35	0.90
• AEP Para paredes ancladas.	1.35	N/A
EL: Esfuerzos residuales acumulados resultantes del proceso constructivo, (Locked-in construction Stresses.)	1.00	1.00
EV: Presion vertical de la tierra		
• Estabilidad global.	1.00	N/A
• Muros y estribos de retención.	1.35	1.00
• Estructura rígida enterrada.	1.30	0.90
• Pórticos rígidos.	1.35	0.90
• Estructuras flexible enterradas		
○ Alcantarillas cajón metálicas, plancas estructurales con corrugaciones y alcantarillas de fibra de vidrio.	1.50	0.90
○ Alcantarillas termoplásticas.	1.30	0.90
○ Entre otros.	1.95	0.90
ES: Carga superficial(Sobrecarga) en el terreno	1.50	0.75

Figura 30. Factores de carga por carga permanente.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018).

1.3.7. Impacto Ambiental.

1.3.7.1. Residuos que originará su construcción.

Residuos líquidos: Referente a aguas servidas generadas por la actividad constructiva. Por ejemplo, en los trabajos de pintura, producción de concreto etc.

Residuos sólidos: Se generarán a causa de los residuos domésticos de los trabajadores en la obra.

Residuos de construcción: como resultado de excavación y eliminación de material. Además, residuos de materiales empleados como por ejemplo bolsas de cemento, alambres, etc.

Emisiones a la atmósfera: generación de polvo durante los trabajos de movimiento de tierras, además de la emisión de gases provenientes de la maquinaria pesada empleada.

Generación de ruido y vibraciones: proveniente del empleo de maquinaria pesada.

1.3.8. Seguridad y Salud Ocupacional

Tener un plan de seguridad y salud ocupacional en el trabajo es una obligación de cada empresa, no solo por existir una normativa al respecto, sino porque busca proteger y mejorar la salud física, mental, social y espiritual de los trabajadores. Es así que se debe constituir una organización, planificación y ejecución de programas de seguridad, los que luego deben ser evaluados para ejecutar acciones de mejora continua.

En el desarrollo de la presente investigación se tomó como referencia todos los lineamientos estipulados en la normativa “**G.050 Seguridad durante la construcción** – Reglamento Nacional de Edificaciones” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

1.3.9. Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres

1.3.9.1. *Riesgos y medidas preventivas.*

A continuación, se presenta un cuadro donde se presenta los posibles riesgos y las medidas preventivas para atender a los riesgos que se podrían presentar durante el desarrollo del proyecto de intercambio vial a desnivel. Estos riesgos podrían deberse a distintos factores como naturales, técnicos y humanos. Así podemos mencionar, ocurrencia de sismos, fallas geotécnicas, inadecuados procesos constructivos, materiales de baja calidad, enfrentamientos con trabajadores y pobladores.

Tabla 5. *Riesgos y Medidas Preventivas*

Riesgos y/o Desastres	Medidas Preventivas
Accidentes de trabajo	Señalización clara y concisa de zonas de peligro. Cerrar el área de trabajo con cintas reflectivas, mallas, barreras. Dotar con implementos de seguridad a los trabajadores (casco, guantes, lentes, mascarillas, botas de seguridad, etc.). Capacitación técnica a los trabajadores acerca del uso de los quipos y maquinarias. Charlas de seguridad y salud ocupacional en el trabajo.
Ocurrencia de Sismos	Señalización de rutas de evacuación y zonas seguras en la obra. Realizar simulacros de sismo. Conformar brigadas de atención de primeros auxilios, entre trabajadores. Establecer un plan de evacuación.
Fallas Estructurales	Control de calidad de materiales y procesos constructivos. Seguimiento continuo del desarrollo del proyecto de acuerdo a lo indicado en planos y especificaciones técnicas. Exigencia de certificados de calidad de materiales a usar en obra, así como su comprobación insitu.
Fallas en quipos y maquinarias	Revisión técnica de los equipos y maquinarias antes y después de realizados los trabajos.

Dotar a las maquinarias con equipos contra incendios (extintores de polvo químico)

Fuente: Elaboración Propia

1.3.9.2. Plan de contingencias.

1.3.9.2.1. Contingencia de carácter Accidental.

Comunicar previamente a los establecimientos de salud más cercanos a la zona de trabajo sobre las obras que se realizará en la construcción del intercambio vial a desnivel, de manera que estén alerta ante la posible eventualidad de producirse un accidente.

En caso de ocurrido un accidente, solicitar el envío de ambulancia o movilidad para trasladar al personal médico a la zona del accidente.

Según la magnitud del accidente, se comunicará el traslado y atención oportuna del personal accidentado, al centro de salud más cercano.

Además, se debe de coordinar con Defensa Civil, Unidad de Bomberos voluntarios, Policía Nacional del distrito para su colaboración en caso suceda cualquier contingencia.

1.3.9.2.2. Contingencia de carácter Técnico.

En caso de ocurrir un problema de carácter técnico durante el proceso de construcción de la obra, el inspector o residente de la obra, evaluará las causas y determinará las posibles soluciones, y podrá tomar la decisión en función de su capacidad técnica. De no ser el caso comunicará al supervisor técnico, el cual en caso de encontrar la solución informará al encargado de la obra; en caso de no encontrar la solución, comunicará el problema a la dirección del proyecto, quien a su vez informará al proyectista, el cual procederá a estudiar la solución y comunicará al supervisor y residente de la obra.

En caso de ocurrir un problema técnico en lo referente a maquinarias y equipos, el grupo de profesionales técnicos de la empresa atenderán la situación de inmediato, y en caso de no

corregir el problema la empresa hará uso de quipos y maquinarias de reposición, de manera de no generar atrasos en la obra.

1.3.9.2.3. Implementación del plan de contingencia.

Personal capacitado en primeros auxilios

Personal técnico de maquinarias y equipos

Equipos y maquinarias de reserva.

Vehículos de traslado rápido.

Equipos de comunicación.

Equipos de primeros auxilios.

Equipos contra incendios.

1.3.10. Estimación de Costo

Para realizar la estimación del costo, se tomó en cuenta las partidas descritas en el documento técnico “Glosario de partidas, Aplicables a Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras y Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012). Luego de seleccionar las partidas se realizó el análisis de costo unitario de cada una; seguidamente se procedió con el metrado o la cuantificación de trabajo correspondiente a cada partida en base a los planos generados. Finalmente el procesamiento de todos estos datos se llevó a cabo mediante el uso de un software denominado “S10 Costos y Presupuestos”.

1.3.11. Gestión de Mantenimiento

Dentro de las diligencias para el mantenimiento de una infraestructura vial podemos encontrar dos tipos de mantenimiento, conforme lo establece el “Manual de Carreteras: Conservación Vial” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013):

Mantenimiento Rutinario

Conjunto de actividades que se realizan de manera preventiva a lo largo de la vía, de manera permanente con la finalidad de preservar los elementos de la carretera, manteniendo las características y condiciones que tenía después de su construcción o rehabilitación. Entre las actividades que contempla, podemos mencionar los concernientes al presente proyecto:

Limpieza de la carpeta asfáltica.

Reparación de baches puntuales.

Limpieza de cunetas.

Reparación menor de cunetas revestidas.

Limpieza del derecho de vía.

Limpieza de obras de arte.

Limpieza de superficie de puentes metálicos con agua a presión.

Reparación de pavimentos flexibles sobre puentes y viaductos.

Reparación de accesos al puente.

Limpieza de puentes.

Mantenimiento de las señales verticales.

Cuidado y vigilancia de la vía.

Mantenimiento Periódico

Conjunto de actividades que se realizan en periodos de tiempo de un año o más, con la finalidad de recuperar las condiciones físicas de la carretera, deterioradas por el uso y evitar que se empeoren los defectos, preservando las características superficiales de la vía. Dentro de las actividades que competen a este tipo de proyecto podemos mencionar:

Resane de fisuras.

Reparación de baches superficiales.

Reparación de baches profundos.

Reparación de sardineles.

Reparación de cunetas revestidas.

Reparación de barandas de puentes o pontones.

Reposición de señales verticales.

Reparación de pontones.

Reemplazo de juntas de dilatación metálicas o compresible expandible.

Reemplazo de dispositivos de apoyo.

Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo.

Retiro y reposición de pernos de alta resistencia.

Reparación de estructuras metálicas mediante adiciones de planchas u otros elementos de acero.

Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje del tablero del puente.

Pintado de puentes metálicos.

Preparación superficial de mayor grado (arenado) y pintado de la estructura metálica.

1.3.12. Normativa

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó las siguientes normativas:

E.050 Suelos y cimentaciones – Reglamento Nacional de Edificaciones

E.060 Concreto Armado – Reglamento Nacional de Edificaciones

Manual de Puentes 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013

Manual de Ensayo de Materiales – 2016 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Glosario de partidas, Aplicables a Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras y Puentes – 2012 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial – 2008 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Ed. 2017

Normas Técnicas Peruanas (NTP)

1.3.13. Estado de arte.

La construcción de pasos a desnivel, están más desarrollados en países asiáticos, donde podemos mencionar el “Intercambio del camino del este de Yan’an Yan’an” (East Road Interchange), se trata de un intercambio de seis niveles ubicado en Puxi, Shanghái, China.

En el continente americano, podemos mencionar que destaca Estados Unidos, y como muestra de ello se tiene la obra de intercambio vial denominado Dalla’s High Five Interchange,

uno de los primeros intercambios viales de cinco niveles ubicado en Dallas, Tejas. Por este intercambio pasan alrededor de hasta 500 000 vehículos diarios.

1.3.14. Definición de términos básicos.

Los términos empleados a continuación, están basados en el “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) y en la norma G.040 (Definiciones) del “Reglamento Nacional de Edificaciones” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Acceso: Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vehicular.

Año horizonte: Año al cual se proyecta una carretera en función al tráfico esperado en dicho año.

Área de aportes: Cantidad de superficie de terreno para usos público, que se adjudica a una entidad, como resultado de una habilitación urbana. Se estima descontando al área bruta las superficies que serán cedidas para vías colectoras, arteriales y expresas.

Área urbana: Área de terreno destinada para uso urbano, contenida dentro los límites urbanos establecidos por las herramientas de Planificación Territorial.

Calicata: Excavación a nivel superficial en un terreno, cuya finalidad es la de poder observar estratos de suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener alguna muestra.

Capacidad de carga del terreno: Resistencia tolerable por un suelo que sirve de cimentación para una estructura; en el cual se consideran algunos factores de seguridad.

Carretera: Vía para la movilización de vehículos motorizados de más de dos ejes, que cumplen ciertas particularidades geométricas establecidas en las normas actuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carril: Porción de la calzada por el cual circulan vehículos en igual dirección de tráfico.

CBR (California Bearing Ratio): Estimación referencial de resistencia de un suelo o material, medido por la inserción de una fuerza hacia el interior de un acopio de suelo.

Curva de Nivel: Unión de puntos con una misma cota o altura de nivel, que se obtiene de la intersección con un plano horizontal a un terreno.

Dispositivos de control de tránsito: semáforos, señales, marcas, etc. que se emplean en carreteras y calles de la ciudad para que el conductor pueda observar las normas que rigen el tránsito vehicular.

Elementos viales: serie de elementos físicos que integran una vía, como por ejemplo cunetas, bermas, superficie de rodadura, etc.

Ensayo SPT (standard penetration test): Mide la fuerza de oposición de un suelo al ser penetrado por un muestreador o algún instrumento.

Estudio de suelos: Conjunto de documentos de carácter técnico que contienen inspecciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio, análisis en gabinete, con la finalidad de estudiar el comportamiento y respuesta de los suelos ante aplicaciones de carga.

Flujo de tránsito: Movilización de vehículos por un sector dado de una vía, en un tiempo determinado.

Infraestructura vial de carreteras: Cada carretera que conforma o no del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

Índice medio diario anual (IMDA): cuantificación numérica estimada del tránsito vehicular en un determinado tramo de una vía durante un año. Es el resultado de los conteos clasificados de vehículos por una semana, aplicando un factor de corrección que evalúe el comportamiento anual del tránsito de mercaderías y pasajeros.

Intercambio vial: Punto en el que dos o más carreteras se interceptan a diferentes niveles para posibilitar el cambio de dirección de una carretera a otra sin obstaculizar el tránsito vehicular.

Intersección: Punto en que dos o más vías confluyen a igual o distinta elevación.

Jerarquización vial: Ordenamiento por niveles de jerarquía de las carreteras que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), agrupadas en tres redes viales (Red Vial

Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural), dependiendo de su función e importancia.

Levantamiento topográfico: Actividades de medidas realizadas en un terreno para obtener los componentes necesarios y realizar su representación a través de un gráfico.

Paso a desnivel: denominado también como BYPASS, es el cruce a distintas elevaciones de dos o más carreteras, líneas de ferrocarril o el acoplamiento de ambas.

Pilares: Soportes intermedios de un puente, cuya función es la de sostener la superestructura y transmitir cargas al terreno.

Planos del proyecto: Muestra gráfica de una obra vial, comprendida por dibujos en planta, perfiles, secciones transversales; en el cual se detallan los elementos que la conforman (ubicación, dimensiones, etc.).

Puente: Estructura necesaria para salvar un accidente geográfico, sea natural o artificial.

Rampa: Derivación inclinada, que sirve para enlazar una vía con otra a diferentes niveles.

Red vial nacional: Concierno a las carreteras conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del sistema nacional de carreteras (SINAC).

Señalización vial: instrumentos que se colocan en el trayecto de una vía, cuya finalidad es la de informar, advertir, prevenir al usuario, contribuyendo en tal sentido con su seguridad.

Tránsito: Circulación de vehículos y personas por una vía.

Vehículo: Cualquier aparato que compone el tránsito, capaz de moverse sin tener las ruedas contenidas dentro de rieles.

Vehículo liviano: Vehículo motorizado con un peso mayor a 1.5t hasta 3.5t.

Vehículo pesado: Vehículo motorizado con un peso mayor a 3.5t.

Vía de Evitamiento: Vía construida con la finalidad de evitar el tránsito por una zona urbana.

1.4. Formulación Del Problema

¿Se mantendrá un flujo vehicular ininterrumpido en la Vía Evitamiento con el Diseño del Intercambio Vial a Desnivel en la Intersección de la Vía Evitamiento y Prolongación Bolognesi de la Ciudad de Chiclayo – Lambayeque?

1.5. Justificación e Importancia del Estudio

1.5.1. Justificación técnica

La Vía Evitamiento que pasa por la ciudad de Chiclayo es una Autopista de Primera Clase y en donde se debería de mantener un flujo vehicular ininterrumpido, sin cruces y/o pasos a nivel, así como lo establece el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, siendo contraria la situación que presenta actualmente la misma. Así mismo se mejorará la conectividad y transporte, disminuyendo los accidentes de tránsito que se vienen evidenciando actualmente en dicha intersección.

1.5.2. Justificación económica

Se permitirá un desarrollo socioeconómico, ya que, al evitar el congestionamiento vehicular, no se generará pérdidas de tiempo, se reducirá el consumo de combustible de los vehículos. Finalmente se contribuirá a mejorar la calidad de vida de los conductores, pasajeros y transeúntes de la zona.

1.5.3. Justificación ecológica

La generación de contaminación sonora, se evidencia también al provocarse la congestión o cuellos de botella que ocurre en esta intersección de manera que provoca serios daños auditivos en los transeúntes y pasajeros que se encuentran en los vehículos de transportes.

1.5.4. Justificación social

La construcción de la Av. Prolongación Bolognesi se realizó con el fin de descongestionar el tránsito dentro de la metrópoli de Chiclayo y de la Autopista Pimentel - Chiclayo, llevando así una gran cantidad de vehículos a la Av. Prolongación Bolognesi, la cual cruza a la Vía Evitamiento en un mismo nivel, convirtiéndola a esta intersección en una zona de conflicto, peligro y retraso vehicular en cualquier dirección. Además de lo expuesto anteriormente, por esta vía transitan vehículos pesados (de carga, transporte interprovincial), con un sentido de tránsito vehicular en ambas direcciones, tanto de Norte – Sur y viceversa, presentando un peligro para los vehículos menores (combis, motos lineales, moto taxis, autos) que transitan la Av. Prolongación Bolognesi.

Mediante la presente investigación, se tratará de encontrar la mejor propuesta de solución, de tal manera que se logre la finalidad con que fue construida la Vía Evitamiento, que es evitar que el tránsito pesado se movilice dentro de la ciudad de Chiclayo y no presente un peligro para los vehículos menores y peatones.

1.6. Hipótesis

Si se realiza el Diseño del Intercambio Vial a Desnivel Entre la Intersección: Vía Evitamiento y Prolongación Bolognesi, entonces se mejorará la continuidad de la Vía Evitamiento y a la vez la transitabilidad de la misma.

1.7. Objetivos

1.7.1. General.

Diseñar el intercambio vial a desnivel entre la intersección de la Vía Evitamiento y Prolongación Bolognesi en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque.

1.7.2. Específicos.

Realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio.

Ejecutar estudios de mecánica de suelos.

Calcular geoméricamente y estructuralmente los elementos del paso a desnivel.

Seleccionar dispositivos adecuados de señalización.

Elaboración de planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras y Señalización.

Determinar el presupuesto a nivel estructural.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es de tipo analítica - descriptiva puesto que se establece relaciones causales entre los elementos y/o variables seleccionadas.

2.1.2. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación es no experimental – explicativa, puesto que se va más allá de la descripción de conceptos y/o fenómenos, busca las causas que originan o condicionan los diseños propuestos en la presente investigación.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población fueron todos los vehículos que hacen uso de la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Francisco Bolognesi.

2.2.2. Muestra

La muestra fue determinada por cualquier vehículo que pase por esta intersección,

2.3. Variables

2.3.1. Variables independientes.

Levantamiento topográfico

Suelos

2.3.2. Variables dependientes.

Diseño del intercambio vial

2.4. Operacionalización

Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	Instrumento de medición	
VARIABLE INDEPENDIENTES								
TOPOGRAFÍA	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	Planimetría	Ordenadas y abscisas.	m	Observación directa: trabajo de campo	Guía de observación	Estación total Prisma Nivel Mira	
		Altimetría	Cotas	m.s.n.m	Observación directa: trabajo de campo	Guía de observación	Estación total Prisma Nivel Mira	
SUELOS	MECÁNICA DE SUELOS	Contenido de Humedad.	Cantidad de agua	de gr.			Horno Tamices	
		Granulometría.	Tamaño de partículas	de mm	Observación directa: trabajo de laboratorio	Guía de observación	Copa Casagrande	
		Límites Atterberg.	Cantidad de agua.	de gr.				Bomba de vacías
		Peso específico	Contenido de masa.	de gr.				
		Sales solubles	Cantidad de sales	de ppm				

Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas recolección información	de de recolección información	Instrumentos de recolección información	de de recolección información	Instrumento de medición
VARIABLE DEPENDIENTE									
DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL	DISEÑO GEOMÉTRICO		Trazo en planta	Ordenas y m					
			Trazo en perfil	Abscisas y cotas m		Análisis documentos	de	Guía de análisis documental	
	DISEÑO DEL PUEBLO		Tablero	Concreto	kg/cm ²				
			Vigas	Acero	kg/cm ²	Análisis documentos	de	Guía de análisis documental	
	DISEÑO DE PILARES		Pilar	Concreto	kg/cm ²				
				Acero	kg/cm ²	Análisis documentos	de	Guía de análisis documental	
	DISEÑO DE ESTRIBOS.		Estribo en si	Concreto	kg/cm ²				
				Acero	kg/cm ²	Análisis documentos	de	Guía de análisis documental	

2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

2.5.1. Técnicas de recolección de datos

Dentro de las técnicas que se empleó en la presente investigación se encuentran:

2.5.1.1. *Observación.*

Esta técnica permitió recolectar datos sobre el tema en cuestión, como por ejemplo datos referentes a la topografía que presenta la zona donde se planteó el proyecto; conocer la estratigrafía del suelo en la zona del proyecto mediante inspección visual, para lo cual se realizó 3 Ensayos de Penetración Estándar (SPT), mediante los cuales se obtuvieron 22 muestras de suelo y posteriormente mediante el desarrollo de Ensayos de Mecánica de Suelos se logró determinar la clasificación de cada estrato de muestra extraída por cada SPT.

2.5.1.2. *Análisis documental.*

Esta técnica permitió recolectar datos del tema de diseño de un bypass o intercambio vial a desnivel a partir de documentos físicos o digitales como por ejemplo revisión de manuales nacionales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, normativas nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones, códigos de diseño extranjeras como la AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, entre otros documentos que ayudarán a cumplir la finalidad de la investigación.

2.5.2. Instrumentos de recolección de datos.

2.5.2.1. *Guías de observación.*

En la presente investigación se aplicó las siguientes guías de observación:

2.5.2.1.1. Guía de observación N° 01: Registro de puntos y estaciones de levantamiento topográfico (ver Anexo 01-A).

Se aplicó una guía de observación para el levantamiento topográfico en la intersección de la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Bolognesi, en la ciudad de Chiclayo, departamento de

Lambayeque, en la cual se detalla el registro de los puntos levantados y estaciones; registrándose sus coordenadas UTM (Norte, Este) y elevaciones o cotas bajo el sistema de coordenadas geográficas mundial WGS84.

2.5.2.1.2. *Guía de observación N° 02: Registro de datos de Ensayo SPT (ver Anexo 01-B).*

Se aplicó una guía de observación a 3 ensayos SPT realizados, con la finalidad de ordenar detalladamente los estratos o muestras encontradas en cada ensayo con sus respectivas profundidades de ubicación.

2.5.2.1.3. *Guía de observación N° 03: Contenido de Humedad (ver Anexo 01-C).*

Se aplicó una guía de observación a 22 muestras obtenidas de la realización de 3 ensayos SPT, con la finalidad de obtener los contenidos de humedad de cada muestra, lo cual expresa un porcentaje del peso de agua en una masa de suelo con respecto al peso de sus partículas sólidas.

2.5.2.1.4. *Guía de observación N° 04: Análisis Granulométrico por Tamizado (ver Anexo 01-D).*

Se aplicó una guía de observación a 22 muestras obtenidas de la realización de 3 ensayos SPT, con la finalidad de obtener la distribución cuantitativa de tamaños de partículas de suelo de cada muestra, lo cual expresa los porcentajes de suelo retenidos y que pasan por la serie de tamices empleados. A continuación, se detallan las series de tamices empleados:

Tabla 6. *Series de tamices para Granulometría de suelos*

Tamices: Granulometría partículas gruesas	Tamices: Granulometría partículas finas
2"	N° 10
1 ½"	N° 20
1"	N° 40
¾"	N° 60

1/2"	N° 140
3/8"	N° 200
1/4"	
N° 4	

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.1.5. Guía de observación N° 05: Límites de Atterberg (ver Anexo 01-E).

Se aplicó una guía de observación a 22 muestras obtenidas de la realización de 3 ensayos SPT, con la finalidad de obtener el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para cada una. El límite líquido expresa la humedad a partir del cual el suelo empieza a comportarse como un lodo y tiende a fluir bajo su propio peso. El límite plástico expresa el mínimo contenido de agua con que el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad expresa la diferencia entre límite líquido y límite plástico. Esto permite la clasificación de suelos en arcillas o limos de alta o baja plasticidad.

2.5.2.1.6. Guía de observación N° 06: Contenido de Sales Solubles (ver Anexo 01-F).

Se aplicó una guía de observación a 22 muestras obtenidas de la realización de 3 ensayos SPT, con la finalidad de obtener el contenido de sales solubles presente en las partículas del suelo de cada una de las muestras.

2.5.2.1.7. Guía de observación N° 07: Método de ensayo Estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (ver Anexo 01-G)

Se aplicó una guía de observación a 22 muestras obtenidas de la realización de 3 ensayos SPT, con la finalidad de obtener la gravedad específica de sólidos de suelo presente en las partículas del suelo de cada una de las muestras.

2.5.2.2. *Guía de análisis documental.*

2.5.2.2.1. *Manuales MTC.*

Se aplicó una guía de análisis documental de diferentes manuales para realizar el diseño de cada uno de los elementos de un intercambio vial. Así se tiene:

Manuales MTC:

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Manual de Ensayo de Materiales – 2016

Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras – 2016

Tabla 7. *Guía de Análisis documental*

Norma	Descripción	Aplicación
Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras - 2016	Es un documento técnico oficial, donde contiene los distintos tipos de señalización viales tales como señalizaciones horizontales, verticales, semáforos, dispositivos auxiliares; las cuales son usadas en obras viales. Estas señales a su vez las clasifican en reglamentarias, preventivas y de información, y detalla sus dimensiones y demás características en función a la utilidad de cada una y las características de la vía.	<u>Capítulo 2: señales verticales</u> 2.1.1 Definición 2.1.3 Clasificación 2.2 Señales Reguladoras 2.3 Señales de Prevención 2.4 Señales de Información <u>Capítulo 3: Marcas en el pavimento demarcaciones</u> 3.5 Marcas planas en el pavimento 3.5.7.1.1 Línea de borde de calzada o superficie de rodadura 3.5.7.1.2 Línea de carril 3.5.7.1.3 Línea central

			3.5.7.1.12	Otras demarcaciones
			3.5.7.1.13	Palabras, símbolos y leyendas
Manual de Ensayo de Materiales 2016	de	Es un documento técnico con carácter normativo que rige en territorio peruano; - cuya finalidad es estandarizar los métodos y procedimientos para la ejecución de ensayos de campo y de laboratorio, de los materiales que se utilizan en proyectos viales; asegurando que estos materiales respondan a los estándares de calidad establecidos en los estudios.	Sección N° 1 Suelos MTC E 107 MTC E 108 MTC E 110 MTC E 111 MTC E 119	Análisis granulométrico de suelos por tamizado Determinación del contenido de humedad de un suelo Determinación del límite líquido de los suelos Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P) Método de ensayo de penetración estándar SPT
Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018	de	Es un documento técnico con carácter normativo que rige en territorio peruano; cuyo cumplimiento es obligatorio. Este documento establece técnicas y procedimientos para el diseño geométrico de carreteras, en función a ciertos parámetros, categorías y niveles de servicio de la vía.	<u>Capítulo I Clasificación de las carreteras</u> Sección 101 clasificación por demanda Sección 102 clasificación por orografía <u>Capitulo II Criterios y controles básicos para el diseño geométrico</u>	

Sección 202 vehículos de
diseño

Sección 203 Características
del tránsito

Sección 204 Velocidad de
diseño

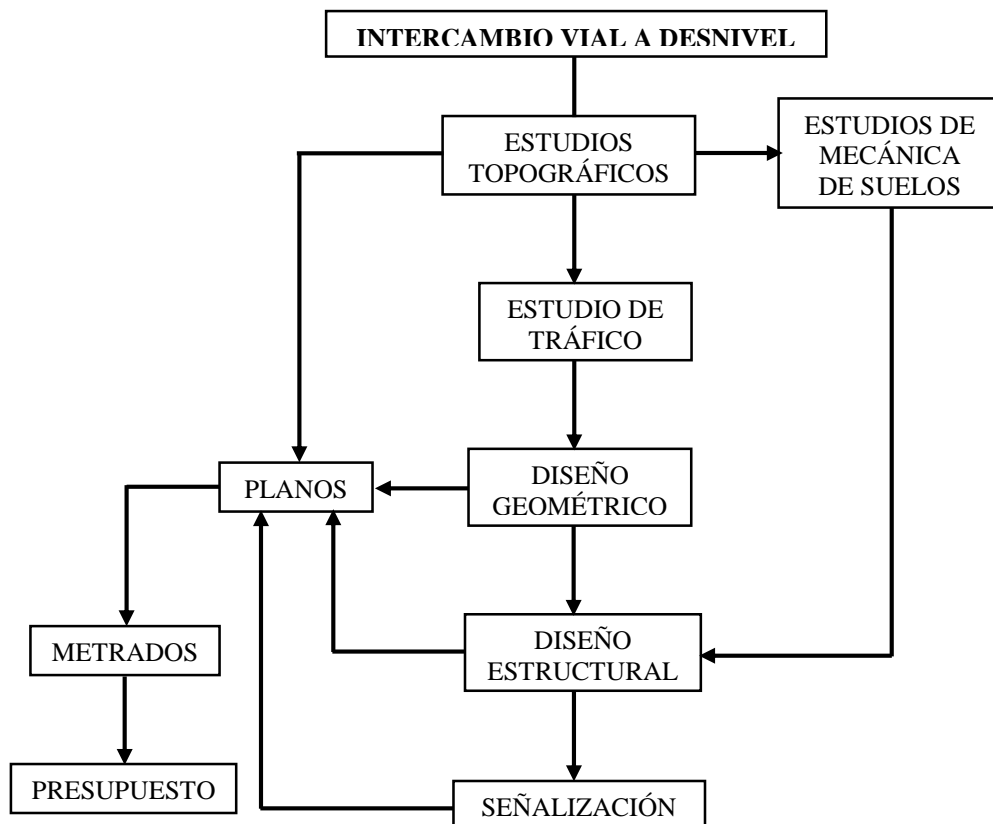
Capítulo V Diseño
geométrico de intersecciones

Sección 503 Intersecciones a
desnivel

Fuente: Elaboración propia

2.6. Procedimiento de Análisis de Datos

2.6.1. Diagrama de flujo de procesos



2.6.2. Descripción de procesos

A) Estudios topográficos

Corresponde a esta primera etapa realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio, para lo cual se hace uso de equipos tales como estación total, prismas, GPS, wincha, estacas, yeso, etc. Todo el trabajo se hace en referencia al sistema geodésico WGS-84. El trabajo se inicia definiendo una estación donde se instala la estación total, la cual es configurada, para luego iniciar a tomar las medidas de los puntos de interés para el proyecto, a través de un levantamiento por radiación. Además en caso de que se requiera cambiar de estación el equipo, se deberá dejar estacas en estaciones anteriores, así como el establecimiento de BMs.

El levantamiento de las vías se realiza tomando puntos en tramos en tangente a cada 20m, en tramos curvos a cada 10m, y para las secciones transversales se toma puntos en los extremos y al eje de la vía y los que se requieran en función a otros componentes que presente la vía y la necesidad del proyecto.

B) Estudios de mecánica de suelos

Se define la cantidad de calicatas o perforaciones que se requiera para el proyecto los cuales se ubican en la zona de estudio en función a la ubicación de los elementos que conforman el intercambio vial. Se realizan las perforaciones mediante el Ensayo SPT, con el cual se toman muestras de los distintos estratos que conforman el suelo de la zona, estas muestras son luego llevadas al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, para realizar los ensayos requeridos para la realización del proyecto.

C) Estudio de tráfico

Para realizar esta actividad se necesita previamente observar la zona en estudio para definir las estaciones de conteo y observar los tipos de vehículos que transitan. Es necesario hacer un formato para el conteo vehicular, clasificando los distintos tipos de vehículos; para luego realizar el estudio de tráfico en un periodo de 7 días. Los datos obtenidos son procesados luego para calcular el IMDA proyectado en el proyecto.

D) Diseño geométrico

En esta etapa, se define la geometría del proyecto, tales como las vías de acceso, rotonda, enlaces y geometría del puente. Este diseño de geometría se realiza tanto en planta como en perfil, las características de la geometría se define mediante el uso del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico – DG. Entre las actividades que comprende esta etapa se puede mencionar:

Elección de la solución tipo y emplazamiento,

Esquema preliminar en planta, definición de anchos, número de carriles y ejes de replanteo,

Definición de la planta de elementos, diagramas de curvaturas, peraltes y empalmes,

Perfiles longitudinales de los distintos elementos,

Secciones transversales.

E) Diseño estructural

Esta etapa comprende el cálculo estructural de los distintos elementos del intercambio vial tales como:

La superestructura: tablero del puente, vigas metálicas, dispositivos de apoyo, barreras de seguridad

La subestructura: pilares, estribos.

Accesos: rampas de tierra reforzada.

El diseño estructural se realiza utilizando los criterios de manuales y normativas como por ejemplo Manual de Puentes, normativa AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Reglamento Nacional de Edificaciones (E.050 Suelos y cimentaciones, E.060 Concreto Armado).

F) Señalización

Esta actividad comprende la selección de los dispositivos, señales, marcas en pavimento que serán necesarias colocar en el proyecto con la finalidad de mantener un tránsito seguro, de

flujo continuo, confortable para pasajeros y conductores. Esta señalización se selecciona del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

G) Planos

En esta etapa se plasman todos los trabajos anteriores en representaciones gráficas en un plano. Así tenemos:

Planos de levantamiento topográfico y ubicación de calicatas o perforaciones

Planos de diseño geométrico: planta y perfiles de vías y rotonda, secciones transversales de puente y vías, cortes y elevaciones de distintos elementos del proyecto.

Planos de diseño estructural: estribos, pilares, rampas de acceso, tablero de puente, vigas metálicas, apoyos, barreras de seguridad.

Planos de señalización: señales verticales y horizontales.

H) Metrados

Primero se tiene que definir las partidas necesarias para el desarrollo del proyecto, las cuales son seleccionadas del Glosario de partidas, Aplicables a Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras y Puentes. Luego se realiza los metrados o la cuantificación de unidades de trabajo por cada partida. En este caso se dividió el proyecto en tres componentes:

Metrado de Vías y Rotonda,

Metrado del Puente Vehicular,

Metrado de Rampas de Acceso.

I) Presupuesto

Realizados los metrados se determinó el presupuesto del proyecto, para lo cual se utilizó el software S10 Costos y Presupuestos, donde se definió la mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias en cada partida con sus respectivos costos unitarios. Los costos unitarios de cada partida se multiplicó por su metrado respectivo, dando como resultado el costo directo (CD) del proyecto; al cual se añade los Gastos Generales y la Utilidad; obteniéndose un

Sub Total, para luego añadir el I.G.V (18%), dando como resultado final el Costo Total del proyecto.

En este caso se dividió el presupuesto del proyecto en tres subpresupuestos:

Subpresupuesto 001: Vías y Rotonda,

Subpresupuesto 002: Puente Vehicular,

Subpresupuesto 003: Rampas de Acceso.

2.6.3. Validación y Confiabilidad de Instrumentos

Los instrumentos que se utilizó para la recolección de datos son de confiabilidad ya que se encuentran realizados en función a diferentes normas y manuales que rigen la realización de este tipo de proyectos. Es así por ejemplo que para el Estudio de Mecánica de Suelos se utilizó los formatos pertenecientes al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, lo cual brindó seguridad y veracidad en la toma de datos. Además el análisis documental concierne a las normativas y manuales que son de aplicación obligatoria en el desarrollo de este tipo de proyectos de infraestructura vial.

2.7. Criterios Éticos

En esta investigación y la aplicación de la misma se tuvo en cuenta los siguientes criterios éticos:

2.7.1. Ética de la recolección de datos

Los formatos que se utilizaron para realizar los Ensayos de Mecánica de Suelos son los pertenecientes al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, y los resultados se encuentran avalados por la misma. Los ensayos se han llevado a cabo conforme a las Normas Técnicas Peruanas.

2.7.2. Respeto al lugar donde se efectúan las investigaciones.

Se obtuvo el permiso por parte de la Municipalidad Provincial de Chiclayo para poder realizar la toma de muestra de suelo mediante el Ensayo SPT en la zona donde se ubica el proyecto. Respetando a las personas y las propiedades privadas existentes.

2.7.3. Criterio de impacto ambiental

Muchas veces el desarrollo de obras y actividades civiles traen muchas consecuencias negativas para el medio ambiente en cual se desarrollan una diversidad de seres biótico y abióticos necesarios para la vida humana; en este proyecto, se tuvo muy presente el respeto del suelo, del agua, recursos vegetales e incluso del propio ser humano.

2.8. Criterios de Rigor Científico

La calidad de toda investigación científica es un aspecto esencial, puesto que, mediante ello se garantizará la labor de investigación, así como también el empleo de dichos resultados en otras situaciones o contextos. En este marco, la presente investigación hemos adoptado los siguientes criterios de rigor científico:

2.8.1. La credibilidad

Este criterio responde a la veracidad que todos los datos obtenidos en esta investigación son de forma imparcial y libre de cualquier interés ético y/o ideológico. En tal sentido los resultados como, por ejemplo, estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos, etc. Serán presentados tal y cual y se han obtenido en campo y/o laboratorio; sin sufrir modificación alguna.

2.8.2. Auditabilidad

Mediante este criterio, permitirá que cualquier otro investigador respecto al tema revise, analice y tome los datos pertinentes, podrá llegar a conclusiones similares siempre y cuando se respete procedimientos y normativas de análisis, calculo, criterios y diseño.

III. RESULTADOS

3.1. Levantamiento Topográfico

El proyecto se encuentra ubicado en la parte sur oeste de la ciudad de Chiclayo, en la intersección de la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Francisco Bolognesi. El levantamiento topográfico se realizó durante un periodo de 3 días, empezando el día 08 de septiembre y culminando el día 10 de septiembre del año 2017.

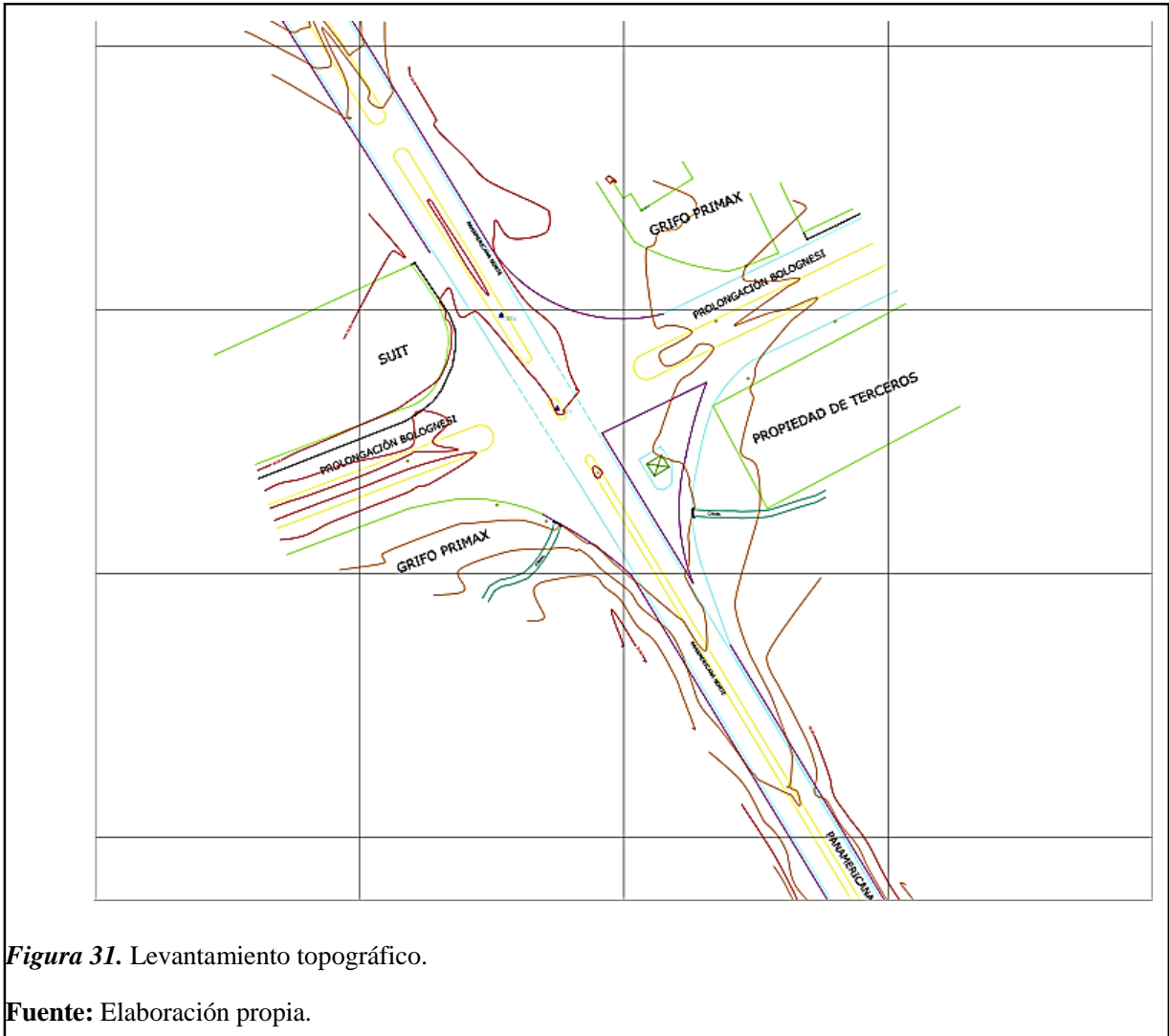


Figura 31. Levantamiento topográfico.

Fuente: Elaboración propia.

Planimetría: El levantamiento topográfico se realizó en un largo de 1 kilómetro y medio en la Vía Evitamiento, 950 metros en lado Norte y 550 metros en lado Sur, tomando como referencia la intersección. Planimétricamente se consideró el ancho de la vía existente de las dos calzadas con sus dos carriles (3.30 m cada carril) y un separador central variable; a las cuales se le añadió un levantamiento de 10 metros extras a ambos lados de las calzadas. En la Av.

Prolongación Bolognesi el levantamiento topográfico se llevó a cabo a lo largo de 380 metros, 190 metros en lado Este y 190 metros en lado Oeste.

Altimetría: Altimétricamente, la zona en estudio presenta un pronunciado desnivel cuya cota máxima es de 41.00 metros ubicado al norte de la intersección; y la cota en la intersección es de 27.87 metros, teniendo un desnivel de 13.13 metros.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación de las estaciones del levantamiento topográfico realizado:

Tabla 8. Estaciones del Levantamiento Topográfico

Estación	Coordenadas		Cota msnm
	Norte	Este	
1	9250360.418	624638.804	38.000
2	9250154.170	624766.159	40.615
3	9249991.615	624873.127	39.377
4	9249697.823	625053.573	28.097
5	9249662.438	625074.782	28.096
6	9249457.038	625180.971	26.631

Fuente: Elaboración propia

Para mayor detalle de puntos del levantamiento topográfico ver **Anexo 04**.

3.2. Estudios Geotécnicos

3.2.1. Estudios de exploración geotécnica.

Los estudios de exploración se realizaron durante un periodo de tres días, comenzando el día 30 de septiembre y culminando el día 02 de octubre del año 2017. Se realizó 3 Ensayos de Penetración Estándar (SPT) cuyos puntos de ubicación se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 9. *Coordenadas de ubicación de ensayos SPT*

Ensayo	Muestras	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
SPT - 01	6	9249581.00	625163.00
SPT - 02	12	9249442.00	625247.00
SPT - 03	4	9249791.00	625030.00

Fuente: Elaboración propia

Para mayor detalle de resultados de Ensayos de Penetración Estándar ver **Anexo 05**.

3.2.2. Estudio de mecánica de suelos.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán se realizó estudios de mecánica de suelos a 22 muestras obtenidas de los 3 estudios de exploración (SPT). A continuación, en la siguiente tabla se detalla los estudios realizados y normativa aplicada:

Tabla 10. *Relación de Ensayos de Mecánica de Suelos*

Ensayos de laboratorio	
Ensayo	Norma aplicable
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 339.128 (ASTM D422)
Limite Líquido y Limite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Sales Solubles Totales	NTP 339.152 / USBR E - 8
Método de ensayo Estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua	NTP 339.131 (ASTM D854)

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1. Contenido de humedad.

Se realizó el ensayo de contenido de humedad a 22 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 11. *Resultados de ensayo de Contenido de Humedad*

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)			Humedad (%)
SPT - 01	M - 1	0.30	-	0.75	12.31
	M - 2	0.75	-	1.65	19.91
	M - 3	1.65	-	1.90	8.78
	M - 4	1.90	-	2.45	6.14
	M - 5	2.45	-	3.00	11.69
	M - 6	3.00	-	3.45	4.88
SPT - 02	M - 1	0.20	-	0.75	13.46
	M - 2	0.75	-	1.25	13.89
	M - 3	1.25	-	1.70	21.62
	M - 4	1.70	-	1.85	12.00
	M - 5	1.85	-	2.50	13.35
	M - 6	2.50	-	2.90	13.32
	M - 7	2.90	-	4.10	15.38
	M - 8	4.10	-	4.55	23.50
	M - 9	4.55	-	4.79	26.73
	M - 10	4.79	-	5.10	19.35
	M - 11	5.10	-	5.35	12.52
	M - 12	5.35	-	5.45	18.64

SPT - 03	M - 1	0.50	-	1.10	15.17
	M - 2	1.10	-	1.55	9.05
	M - 3	1.55	-	1.90	7.34
	M - 4	1.90	-	2.45	4.25

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de agua que presentan las muestras del SPT 01, no son muy elevadas ni tampoco muy bajas siendo una de ellas del 4.88% como mínimo y la máxima de 19.91%, y en la mayoría de casos un promedio de 10.62% de agua.

El porcentaje de agua que presentan las muestras del SPT 02, no son muy elevadas ni tampoco muy bajas siendo una de ellas del 12.00% como mínimo y la máxima de 26.73%, y en la mayoría de casos un promedio de 16.98% de agua. Estas características son importantes determinarlas ya que al contener muy poca agua, un suelo de grano fino se comporta como un suelo frágil y por el sentido opuesto, al contener una gran cantidad de agua el suelo fluiría como un líquido.

El porcentaje de agua que presentan las muestras del SPT 03, no son muy elevadas ni tampoco muy bajas siendo una de ellas de 4.25% como mínimo y la máxima de 15.17%, y en la mayoría de casos un promedio de 8.95% de agua.

Para mayor detalle de resultados de Contenido de Humedad ver **Anexo 05**.

3.2.2.2. *Análisis Granulométrico por tamizado.*

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico por tamizado a 22 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 12. Resultado de ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)		Grava (%)		Arena (%)			Limos y arcillas (%)
				G. Gruesa	G. Fina	A. Gruesa	A. Media	A. Fina	
SPT - 01	M - 1	0.30	- 0.75	0.00	0.00	0.20	1.50	8.90	89.40
	M - 2	0.75	- 1.65	0.00	0.10	0.60	3.40	13.80	82.20
	M - 3	1.65	- 1.90	0.00	0.50	1.10	1.10	1.90	95.50
	M - 4	1.90	- 2.45	0.00	0.40	0.60	0.80	40.70	57.50
	M - 5	2.45	- 3.00	33.80	37.60	4.90	5.40	16.50	1.80
	M - 6	3.00	- 3.45	0.00	11.40	14.50	49.10	16.30	8.70
SPT - 02	M - 1	0.20	- 0.75	0.00	0.00	3.50	2.10	20.60	73.80
	M - 2	0.75	- 1.25	0.00	0.00	1.90	1.50	56.80	39.80
	M - 3	1.25	- 1.70	0.00	0.00	2.20	5.20	8.50	84.10
	M - 4	1.70	- 1.85	5.40	11.00	2.30	8.40	39.40	33.60
	M - 5	1.85	- 2.50	9.95	16.15	5.46	11.94	22.56	33.94
	M - 6	2.50	- 2.90	2.90	23.20	7.70	21.00	14.20	31.00
	M - 7	2.90	- 4.10	0.00	6.71	5.60	35.45	26.76	25.50
	M - 8	4.10	- 4.55	4.25	12.66	4.67	37.84	22.57	18.01
	M - 9	4.55	- 4.79	0.00	12.45	13.67	40.75	13.00	20.13
	M - 10	4.79	- 5.10	0.00	4.48	1.54	31.74	44.38	17.86
	M - 11	5.10	- 5.35	22.21	9.12	3.75	22.50	25.36	17.06
	M - 12	5.35	- 5.45	5.82	16.54	4.90	31.03	25.20	16.51
SPT - 03	M - 1	0.50	- 1.10	0.00	0.10	0.20	1.50	8.40	89.80

M - 2	1.10	-	1.55	0.00	0.10	0.30	1.20	11.20	87.10
M - 3	1.55	-	1.90	0.00	0.40	0.60	0.70	39.80	58.50
M - 4	1.90	-	2.45	6.00	27.50	9.50	8.60	31.40	17.00

Fuente: Elaboración propia

En el análisis granulométrico para las muestras del ensayo SPT 01, se llegó a determinar que la mayoría de ellas pertenecen al grupo de Arenas o Limos y Arcillas. Siendo las muestras M1, M2, M3 y M4 que más porcentaje de Limos y arcillas presentan. La muestra M5 pertenece al grupo de Gravas, presentando un mayor porcentaje de Arena Fina en su composición y la muestra M6, pertenece al grupo de Arenas, con un mayor porcentaje de Arena Media en su composición.

En el análisis granulométrico para las muestras del ensayo SPT 02, se llegó a determinar que todas ellas pertenecen a un grupo de suelo de Arenas o Limos y Arcillas, ninguna muestra pertenece a un grupo de gravas. Siendo las muestras M1, M3, M5 y M6 que más porcentaje de Limos y arcillas presentan, las muestras M2, M4, M10 y M11 presentan un mayor porcentaje de Arena Fina en su composición y las muestras M7, M8, M9 y M12 presentan un mayor porcentaje de Arena Media en su composición.

En el análisis granulométrico para las muestras del ensayo SPT 03, se llegó a determinar que todas ellas pertenecen a un grupo de suelo de Arenas o Limos y Arcillas, ninguna muestra pertenece a un grupo de gravas. Siendo las muestras M1, M2 y M3 que más porcentaje de Limos y arcillas presentan, la muestra M4 presenta un mayor porcentaje de Arena Fina en su composición.

Para mayor detalle de resultados de Análisis Granulométrico por tamizado ver **Anexo 05**.

3.2.2.3. Límites de Atterberg.

Se realizó los ensayos de determinación del límite líquido y límite plástico a 22 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 13. Resultados de ensayo Límites de Atterberg

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
SPT - 01	M - 1	0.30 - 0.75	45.96	23.97	21.99
	M - 2	0.75 - 1.65	37.07	24.86	12.20
	M - 3	1.65 - 1.90	35.46	25.30	10.16
	M - 4	1.90 - 2.45	26.64	20.51	6.13
	M - 5	2.45 - 3.00	28.99	15.25	13.74
	M - 6	3.00 - 3.45	N.P	N.P	N.P
SPT - 02	M - 1	0.20 - 0.75	37.02	20.72	16.30
	M - 2	0.75 - 1.25	N.P	N.P	N.P
	M - 3	1.25 - 1.70	49.93	25.97	23.96
	M - 4	1.70 - 1.85	N.P	N.P	N.P
	M - 5	1.85 - 2.50	39.51	13.80	25.71
	M - 6	2.50 - 2.90	44.54	22.09	22.45
	M - 7	2.90 - 4.10	31.55	22.60	8.95
	M - 8	4.10 - 4.55	16.88	5.42	11.46
	M - 9	4.55 - 4.79	N.P	N.P	N.P
	M - 10	4.79 - 5.10	N.P	N.P	N.P
	M - 11	5.10 - 5.35	N.P	N.P	N.P
	M - 12	5.35 - 5.45	N.P	N.P	N.P

SPT - 03	M - 1	0.50	-	1.10	36.81	23.97	12.84
	M - 2	1.10	-	1.55	45.37	24.86	20.51
	M - 3	1.55	-	1.90	28.65	20.51	8.14
	M - 4	1.90	-	2.45	23.41	20.51	2.90

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de Límites de Atterberg, realizado para todas las muestras del SPT 01, se llegó a determinar que el Límite Líquido va desde el 26.64% (muestra M4) hasta un máximo de 45.96% (muestra M1) y para el Límite Plástico va de un 15.25% (muestra M5) hasta un máximo de 25.30% (muestra M3); no presentándose los límites en la muestra M6.

En el cuadro de Límites de Atterberg, realizado para todas las muestras del SPT 02, se llegó a determinar que hay un gran número de muestras que no presentan dichas características como la M2, M4, M9, M10, M11 Y M12. Para el resto de muestras va desde un Límite Líquido del 16.88% (muestra M8) hasta un máximo de 49.93% (muestra M3) y para el Límite Plástico va de un 5.42% (muestra M8) hasta un máximo de 25.97% (muestra M3).

En el cuadro de Límites de Atterberg, realizado para todas las muestras del SPT 03, se llegó a determinar que el Límite Líquido va desde el 23.41% (muestra M4) hasta un máximo de 45.37% (muestra M1) y para el Límite Plástico va de un 20.51% (muestras M3 y M4) hasta un máximo de 24.86% (muestra M2).

Para mayor detalle de resultados de Límites de Atterberg ver **Anexo 05**.

3.2.2.4. *Clasificación de suelos.*

Tabla 14. *Clasificación de los diferentes estratos por SUCS Y AASHTO*

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
			Grupo	Descripción	Grupo	Descripción
SPT - 01	M - 1	0.30 - 0.75	CL	Arcilla de baja plasticidad	A-7-6 (14)	Malo
	M - 2	0.75 - 1.65	ML	Limo de baja plasticidad con arena	A-6 (9)	Malo
	M - 3	1.65 - 1.90	ML	Limo de baja plasticidad	A-4 (9)	Regular - Malo
	M - 4	1.90 - 2.45	CL - ML	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad	A-4 (5)	Regular - Malo
	M - 5	2.45 - 3.00	GP	Grava pobremente graduada con arena	A-2-6 (0)	Regular
	M - 6	3.00 - 3.45	SP - SM	Arena pobremente graduada con limo	A-1-b (0)	Bueno
SPT - 02	M - 1	0.20 - 0.75	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-6 (11)	Malo
	M - 2	0.75 - 1.25	SC	Arena arcillosa	A-4 (1)	Regular - Malo
	M - 3	1.25 - 1.70	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-7-6 (15)	Malo
	M - 4	1.70 - 1.85	SC	Arena arcillosa con grava	A-2-4 (0)	Bueno
	M - 5	1.85 - 2.50	SC	Arena arcillosa con grava	A-2-6 (3)	Regular
	M - 6	2.50 - 2.90	SC	Arena arcillosa con grava	A-2-7 (2)	Regular
	M - 7	2.90 - 4.10	SC	Arena arcillosa	A-2-4 (0)	Bueno

	M - 8	4.10 - 4.55	SC	Arena arcillosa con grava	A-2-6 (0)	Regular
	M - 9	4.55 - 4.79	SC	Arena arcillosa	A-1-b (0)	Bueno
	M - 10	4.79 - 5.10	SC	Arena arcillosa	A-2-4 (0)	Bueno
	M - 11	5.10 - 5.35	SC	Arena arcillosa con grava	A-1-b (0)	Bueno
	M - 12	5.35 - 5.45	SC	Arena arcillosa con grava	A-1-b (0)	Bueno
SPT - 03	M - 1	0.50 - 1.10	CL	Arcilla de baja plasticidad	A-6 (9)	Malo
	M - 2	1.10 - 1.55	CL	Arcilla de baja plasticidad	A-7-6 (13)	Malo
	M - 3	1.55 - 1.90	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-4 (5)	Regular - Malo
	M - 4	1.90 - 2.45	SM	Arena limosa con grava	A-1-b (0)	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación SUCS, las muestras del ensayo SPT1, presentan una distribución de suelos que van desde suelos de “Arcilla de baja plasticidad” para el caso de la muestra M1, hasta una “Arena pobremente graduada con limo” en la muestra M6, en los estratos intermedios se tiene las muestras M3 y M2 como “Limo de baja plasticidad”; presentando esta última una variación de arena; la muestra M4 es “Arcilla limo arenoso de baja plasticidad” y la muestra M5 una “Grava pobremente graduada con arena”. Conforme la clasificación AASHTO se tiene una mayoría de estratos de entre calidad mala a regular, perteneciendo a suelos de mala calidad los estratos M1 y M2, mientras los estratos M3 y M4 son suelos de calidad regular-mala, seguidos de un suelo de calidad regular como es el estrato M5, finalizando en un estrato M6 de buena calidad.

Desde la clasificación SUCS, la mayor cantidad de estratos para el ensayo de SPT2, pertenecen a un grupo "SC" de las cuales las muestras M4, M5, M6, M8, M11 y M12 son "Arenas arcillosas con grava" y las muestras M2, M7, M9 y M10 son "Arenas arcillosas" sin o con una mínima cantidad de grava. Las muestras M1 y M3 pertenecen a un grupo "CL" siendo arcillas de baja plasticidad con la presencia de arenas. Desde la clasificación ASSHTO tenemos que la mayor cantidad de estratos encontrados en esta perforación son de calidad buena, es así que las muestras M4, M7, M9, M10, M11 y M12 pertenecen a estratos de buena calidad, las muestras M5, M6 y M8 pertenecen a estratos de regular calidad y las muestras M1, M2 y M3 pertenecen a estratos malos.

Conforme la clasificación SUCS, la mayor cantidad de estratos para el ensayo de SPT3, pertenecen a un grupo "CL" de las cuales las muestras M1 y M2, son "Arcillas de baja plasticidad" y la muestra M3 es una “Arcilla arenosa de baja plasticidad”. La muestra M4 pertenece al grupo “SM” que corresponde a una “Arena limosa con grava”. Desde la clasificación ASSHTO tenemos que la mayor cantidad de estratos encontrados en esta perforación son de calidad mala, es así que las muestras M1 y M2 pertenecen a una calidad mala; la muestra M3 es un suelo de calidad regular- malo y la muestra M4 es un suelo de buena calidad.

Para mayor detalle de resultados de Clasificación de suelos ver **Anexo 05**.

3.2.2.5. Contenido de sales.

SPT 01:

Se realizó los ensayos de determinación del contenido de sales a 6 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 15. Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 01

Muestra	Altura (m)	Sales solubles (ppm)	Sales solubles (%)
SPT1 - M1	0.30 - 0.75	0.00	0.00
SPT1 - M2	0.75 - 1.65	1000.00	0.10
SPT1 - M3	1.65 - 1.90	1000.00	0.10
SPT1 - M4	1.90 - 2.45	0.00	0.00
SPT1 - M5	2.45 - 3.00	0.00	0.00
SPT1 - M6	3.00 - 3.45	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el contenido de sales solubles presentes en cada muestra, clasificados por "partes por millón" y por "porcentaje en peso seco"; en las cuales se puede apreciar que las sales solubles de las muestras van desde un 0.00 partes por millón hasta un máximo de 1000.00 partes por millón o siendo en porcentaje desde 0.00% hasta un 0.10%; lo que da a entender que las estructuras presentes en esta zona estarán expuestas a sales de carácter insignificante a moderado.

SPT 02:

Se realizó los ensayos de determinación del contenido de sales a 12 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 16. Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 02

Muestra	Altura (m)	Sales solubles (ppm)	Sales solubles (%)
SPT2 - M1	0.20 - 0.75	17000.00	1.70
SPT2 - M2	0.75 - 1.25	4000.00	0.40

SPT2 - M3	1.25	1.70	9000.00	0.90
SPT2 - M4	1.70	- 1.85	2000.00	0.20
SPT2 - M5	1.85	- 2.50	2000.00	0.20
SPT2 - M6	2.50	- 2.90	2000.00	0.20
SPT2 - M7	2.90	- 4.10	2000.00	0.20
SPT2 - M8	4.10	- 4.55	0.00	0.00
SPT2 - M9	4.55	- 4.80	1000.00	0.10
SPT2 - M10	4.80	- 5.10	2000.00	0.20
SPT2 - M11	5.10	- 5.35	2000.00	0.20
SPT2 - M12	5.35	- 5.45	1000.00	0.10

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el contenido de sales solubles presentes en cada muestra, clasificados por "partes por millón" y por "porcentaje en peso seco"; en las cuales se puede apreciar que las sales solubles de las muestras van desde un 0.00 partes por millón hasta un máximo de 17000.00 partes por millón o siendo en porcentaje desde 0.00% hasta un 1.70%; lo que da a entender que las estructuras presentes en esta zona estarán expuestas a sales de carácter insignificante a muy severo.

SPT 03:

Se realizó los ensayos de determinación del contenido de sales a 4 muestras de suelos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 17. *Resultados de ensayo de Contenido de Sales Solubles SPT 03*

Muestra	Altura (m)	Sales solubles (ppm)	Sales solubles (%)
SPT1 - M1	0.50 - 1.10	0.00	0.00
SPT1 - M2	1.10 - 1.55	1000.00	0.10
SPT1 - M3	1.55 - 1.90	0.00	0.00
SPT1 - M4	1.90 - 2.45	1000.00	0.10

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el contenido de sales solubles presentes en cada muestra, clasificados por "partes por millón" y por "porcentaje en peso seco"; en las cuales se puede apreciar que

las sales solubles de las muestras van desde un 0.00 partes por millón hasta un máximo de 1000.00 partes por millón o siendo en porcentaje desde 0.00% hasta un 0.10%; lo que da a entender que las estructuras presentes en esta zona estarán expuestas a sales de carácter insignificante a moderado.

Para mayor detalle de resultados del Ensayo Contenido de Sales Solubles ver **Anexo 05**.

3.2.2.6. *Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua.*

Se realizó el Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del suelo a 22 muestras extraídas de 3 Ensayos de Penetración Estándar (SPT) cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 18. *Resultados de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del suelo*

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Gravedad Específica a 20°C
SPT 01	M1	0.20 - 0.55	2.50
	M2	0.55 – 1.60	2.55
	M3	1.60 – 2.10	2.57
	M4	2.10 – 2.45	2.65
	M5	2.45 – 3.00	2.49
	M6	3.00 – 3.45	2.55
SPT 02	M1	0.20 – 0.75	2.61
	M2	0.75 – 1.25	2.63
	M3	1.25 – 1.70	2.09
	M4	1-70 – 1.85	2.60
	M5	1.85 – 2.50	2.57
	M6	2.50 – 2.90	2.63
	M7	2.90 – 4.10	2.58
	M8	4.10 – 4.55	2.57
	M9	4.55 – 4.79	2.21
	M10	4.79 – 5.10	2.63

	M11	5.10 – 5.35	2.59
	M12	5.35 – 5.45	2.49
SPT 03	M1	0.20 – 0.75	2.63
	M2	0.75 – 1.25	2.60
	M3	1.25 – 1.70	2.61
	M4	1.70 – 1.85	2.62

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualiza un valor de gravedad específica de suelo para el SPT 01 con un mínimo de 2.49 en la muestra M5 hasta un máximo de 2.57 presentado en la muestra M3.

En las 12 muestras del sondaje SPT 02 se observa que existe una gravedad específica de suelo mínima de 2.09 en la muestra M3 hasta un máximo de 2.63 presente en las muestras M2, M6, M10.

Para el SPT 03 se observa en sus 4 muestras una gravedad específica de suelo mínima de 2.60 ubicada en la muestra M2, hasta un máximo de 2.63 presente en la muestra M1.

Para mayor detalle de resultados de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos del suelo ver **Anexo 05**.

3.3. Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel

3.3.1. Diseño Geométrico en Planta.

El intercambio vial a desnivel está conformado por dos rampas de acceso de 212.10 m la Norte y 410.00 m de longitud la Sur, dos puentes paralelos de 87.90 m de longitud y 5 vías de enlace entre la Vía Evitamiento y Av. Prolongación Bolognesi. Además de ello se diseñó una rotonda bajo del puente, en la Av. Prolongación Bolognesi de 20.50 m de radio en su isla central y 35.00 m de radio del círculo circunscrito.

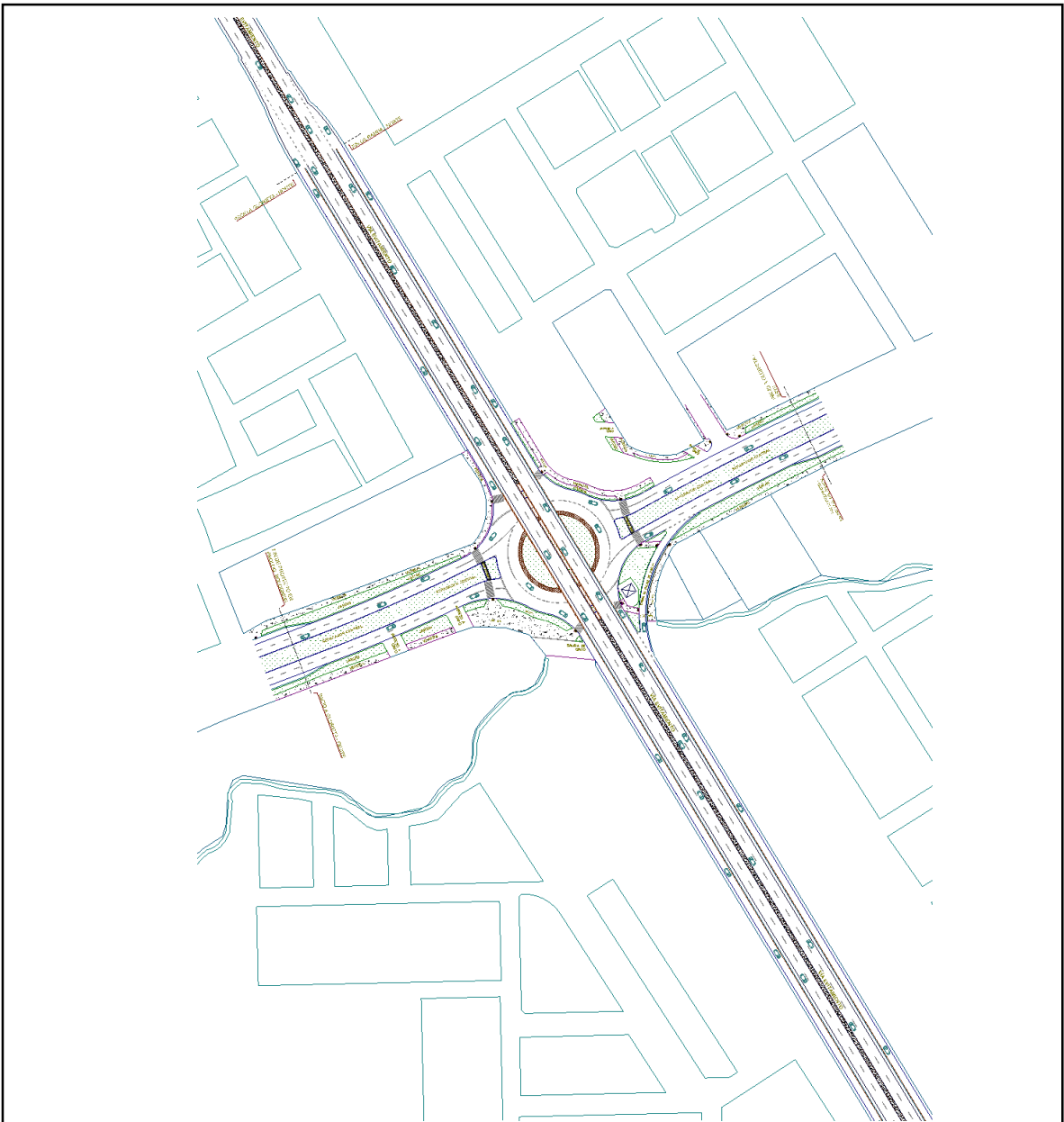


Figura 32. Trazo y Diseño Geométrico en planta del Intercambio Vial.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 33 . Vista 3D de Intercambio Vial a Desnivel.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 34. Vista 3D Rotonda en Av. Prol. Fco. Bolognesi

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Diseño Geométrico en Perfil.

3.3.2.1. *Parámetros de vías del proyecto.*

A continuación en las tablas 19 y 20 se muestran los parámetros que presentan las vías de interés en el presente proyecto:

Tabla 19. *Parámetros de diseño geométrico en la Vía Evitamiento*

Parámetros	Descripción
Clasificación de la vía	Autopista de Primera Clase
Características	Dos calzadas de dos carriles
Orografía	Terreno plano - Tipo 1
Velocidad directriz (Diseño)	80 Km/h
Calzada	6.60 m
Berma	1.60 m a lado derecho
Bombeo (%)	2.00 % (Calzada), 4.00% (Berma)
Derecho de vía mínimo (Referencial)	40.00 m
Separador central	Variable de 6.83 – 2.85 m
Carpeta asfáltica	0.10 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. *Parámetros de diseño geométrico en la Av. Prolongación Bolognesi*

Parámetros	Descripción
Clasificación de la vía	Vía colectora
Características	Dos calzadas de dos carriles
Orografía	Terreno plano - Tipo 1
Velocidad directriz (Diseño)	60 Km/h
Calzada	7.20 m
Berma	3.00 – 2.40m

Bombeo (%)	2.00 % (Calzada), 4.00% (Berma)
Derecho de vía mínimo (Referencial)	25.00 m
Separador central	9.60m
Carpeta asfáltica	0.05 m

Fuente: Elaboración propia

Vías de enlace

Se consideró los parámetros de diseño para las vías de enlace, tal como establece el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) en su sección 503.04.02, los cuales se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 21. *Velocidad de diseño de enlaces*

Ramal	Carretera origen	Dirección	Vc (km/h)	Carretera destino	Dirección	Vc (km/h)	Vd min. Ramal (km/h)	Vd adoptado ramal (Km/h)
Ramal NO	Vía Evitamiento	Norte - Sur	80.00	Prol. Av. Bolognesi	Este - Oeste	60.00	50.00	30.00
Ramal SE	Vía Evitamiento	Sur - Norte	80.00	Prol. Av. Bolognesi	Oeste - Este	60.00	50.00	30.00
Ramal EN	Prol. Av. Bolognesi	Este - Oeste	60.00	Vía Evitamiento	Sur - Norte	80.00	40.00	30.00
Ramal OS	Prol. Av. Bolognesi	Oeste - Este	60.00	Vía Evitamiento	Norte - Sur	80.00	40.00	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. *Pendientes en enlaces*

Ramal de enlace	Pendiente Normal (%)
Ramal NO	5.00
Ramal SE	5.00
Ramal EN	5.00
Ramal OS	5.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Radios en enlaces

Ramal de enlace	Vd ramal (Km/h)	Radio mínimo (m)	Peralte máximo (%)	Radio adoptado (m)
Ramal NO	50.00	75.00	8.00	30.00
Ramal SE	50.00	75.00	8.00	69.95
Ramal EN	40.00	40.00	8.00	30.00
Ramal OS	40.00	40.00	8.00	41.00

Fuente: Elaboración propia

Se diseñó calzadas de un carril de 3.60 m, con una berma externa de 1.50 m, siendo el bombeo de 2% en la calzada y 4% en la berma y la carpeta asfáltica de 0.05 m.

3.3.2.2. Perfil longitudinal.

El intercambio vial a desnivel presenta en su perfil longitudinal dos puentes paralelos con pendiente longitudinal del 0.00%, gálibo de 5.56 m respecto a la Av. Prolongación Bolognesi; estos puentes están constituidos por tres tramos de 29.30 m cada uno, con 2 pilares intermedios por cada puente y 2 estribos para ambos puentes. Las rampas de acceso tienen pendientes de 1.06% la Norte y 3.71% la Sur.

3.3.2.3. Perfil transversal.

A continuación se presenta el diseño de los elementos de la sección transversal de cada puente con sus respectivas características:

Nº de calzadas: 1 Ancho calzadas: 7.20 m

Nº de carriles: 2 Ancho carriles: 3.60 m

Ancho de bermas: 1.60 m lado derecho

Ancho de barreras: 0.40 m, a ambos lados

Ancho total de puente: 9.60 m

Superficie de rodadura: asfalto e = 4" Bombeo: 2.00% (Calzada), 4.00% (Berma)

Drenaje: tuberías de PVC de 3" de diámetro a cada 3.00 m.

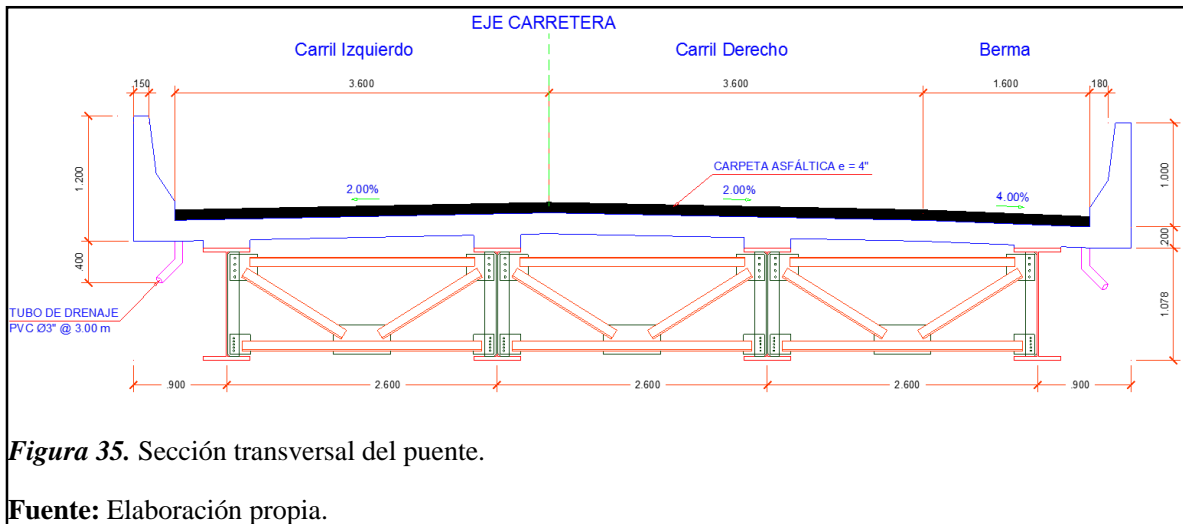


Figura 35. Sección transversal del puente.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel

3.4.1. Generalidades del diseño

La configuración estructural del intercambio vial a desnivel que se diseñó la constituye dos puentes de 87.90 m de longitud cada uno en las direcciones de tránsito Norte – Sur y viceversa, con un gálibo de 5.56 m. Estos puentes constan de tres tramos simplemente apoyados de 29.30 m cada tramo, contando con dos pilares entre los tramos internos de cada puente y dos estribos en los extremos, sobre los cuales se apoyan los dos puentes. Los accesos de entrada y salida a los puentes la constituyen dos rampas de 212.10 m y 410.00 m de longitud con pendientes de 1.06 y 3.71%.

El tipo de puente que se diseñó es de sección compuesta; la cual la integran una losa de concreto armado de 0.20 m de espesor como tablero y 4 vigas longitudinales de acero estructural ASTM A572 Gr50; con vigas diafragmas constituidas por diagonales y cordones horizontales de perfiles metálicos L4x4x1/2 y L5x5x5/16, L3-1/2x3-1/2x3/8 ASTM A572 Gr50 respectivamente.

3.4.2. Diseño de la Superestructura.

3.4.2.1. Geometría.

Cada uno de los puentes tiene un ancho de 9.60 m donde se encuentran 2 carriles de tránsito vehicular (en el mismo sentido) de 3.60 m de ancho cada uno (ampliando la sección

actual de la vía), berma derecha de 1.60 m, dos barreras tipo New Jersey en ambos lados de 0.40 m de ancho en la base y altura de 1.00 m. Se consideró una configuración de 4 vigas metálicas longitudinales separadas 2.60 m entre ejes, con 5 vigas diafragmas distanciadas a cada 7.325 m a lo largo del puente.

3.4.2.2. *Especificaciones técnicas de materiales.*

Concreto: $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Acero:

En barras de acero corrugadas: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

En vigas: ASTM A572 Gr50, $f_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$

En perfiles laminados y placas: ASTM A572 Gr50, $f_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$

Soldadura y pernos

Soldadura por arco metálico protegido, electrodos AWS E70: $F_u = 4920 \text{ kg/cm}^2$

Pernos de alta resistencia ASTM A325 Gr65: $F_y = 6450 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 8400 \text{ kg/cm}^2$

Pernos de anclaje ASTM F1 554 Gr55: $F_y = 3860 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 5270 \text{ kg/cm}^2$

Conectores de corte ASTM A108: $F_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 4200 \text{ kg/cm}^2$

3.4.2.3. *Diseño del tablero.*

a) Pre dimensionamiento:

$t_{\min} = (S+3000)/30$; S: separación entre vigas (mm) = 2600 mm;

$t_{\min} = 186.67 \text{ mm} = 18.67 \text{ cm}$ t min adoptado = 20.00 cm

b) Metrado de cargas (por metro lineal) y momentos actuantes: $L=2.60 \text{ m}$

Carga W = espesor * $\gamma_{\text{mat.}}$ * 1ml $M = (W*L^2)/10$

DC $W_{\text{losa}} = 0.20*2.4*1 = 0.48 \text{ Tn/m}$ $M = (0.48*2.6^2)/10 = 0.32 \text{ Tn-m}$

DW $W_{\text{asf.}} = 0.10*2.25*1 = 0.225 \text{ Tn/m}$ $M=(0.1125*2.6^2)/10 = 0.15 \text{ Tn-m}$

Carga viva (LL+IM) de tabla 4.1 (**Anexo 9**), para una separación de 2.60m se tiene los siguientes momentos: $M_{LL+IM}(+) = 2.77\text{Tn-m/m}$; $M_{LL+IM}(-) = 2.51\text{Tn-m/m}$ (tomado a $\frac{1}{4}$ del ancho del ala superior de la viga).

c) Cálculo de acero perpendicular al tráfico para momento negativo

Criterios LRFD aplicables:

$$\text{Resistencia I} \quad U = 1(1.25 \text{ DC} + 1.50 \text{ DW} + 1.75 (\text{LL+IM})) \quad \text{Mu} = 5.02 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Servicio I} \quad U = 1(1.00 \text{ DC} + 1.00 \text{ DW} + 1.00 (\text{LL+IM})) \quad \text{Mu} = 2.98 \text{ Tn-m}$$

Se diseñará para el estado límite de Resistencia I, por ser el que genera mayor momento: $\text{Mu} = 5.02\text{Tn-m}$

$$\begin{aligned} f'c &= 280 \text{ Kg/cm}^2 & \theta &= 0.90 & b &= 100\text{cm} \\ f_y &= 4200 \text{ Kg/cm}^2 & \beta &= 0.85 & d &= 20-5-1.27/2 = 14.37\text{cm} \end{aligned}$$

Iterando se obtuvo un área de acero de:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = 1.74 \text{ cm} \quad A_s = \frac{\text{Mu}}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} = 9.84 \text{ cm}^2$$

Se usó varillas de $\frac{1}{2}$ " con la que se obtuvo una separación de $S = 1.29/11.45 = 13.10\text{cm}$; se asumió una separación de 13.00 cm

Acero mínimo: El Art. 5.7.3.3.2 de la AASHTO establece que la cantidad de refuerzo de tensión pretensado y no pretensado será adecuado para desarrollar una resistencia a flexión factorada M_r superior o igual al menor valor de:

$$\begin{aligned} 1.20 \cdot M_{cr} &= 1.20 \cdot F_r \cdot S & F_r &= 2.01 \sqrt{f'c} = 33.63 \text{ Kg/cm}^2 & 1.20 M_{cr} &= 2.69 \text{ Tn-m} \\ S &= (b \cdot h^2) / 6 = 6666.67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$1.33 \cdot \text{Mu} = 6.68 \text{ Tn-m}$$

La cantidad de acero que se proporcionó de 9.84 cm^2 resiste un momento de 5.02 Tn-m ; el cual es superior al momento de 2.69 Tn-m .

d) Cálculo de acero perpendicular al tráfico para momento positivo

Criterios LRFD aplicables:

$$\text{Resistencia I} \quad U = 1(1.25 \text{ DC} + 1.50 \text{ DW} + 1.75 (\text{LL+IM})) \quad \text{Mu} = 5.49 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Servicio I} \quad U = 1(1.00 \text{ DC} + 1.00 \text{ DW} + 1.00 (\text{LL+IM})) \quad \text{Mu} = 3.25 \text{ Tn-m}$$

Se diseñó para el estado límite de Resistencia I, por ser el que genera mayor momento:
 $M_u = 5.49 \text{ Tn-m}$

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2 \quad \theta = 0.90 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad \beta = 0.85 \quad d = 20-5-1.27/2 = 14.37 \text{ cm}$$

Iterando se obtuvo un área de acero de:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = 1.60 \text{ cm} \quad A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} = 9.04 \text{ cm}^2$$

Se usó varillas de ½” con la que se obtuvo una separación de $S = 1.29/9.04 = 14.27 \text{ cm}$;
 se asumió una separación de 14.00 cm

Acero mínimo: El Art. 5.7.3.3.2 de la AASHTO establece que la cantidad de refuerzo de tensión pretensado y no pretensado será adecuado para desarrollar una resistencia a flexión factorada M_r superior o igual al menor valor de:

$$1.20 \cdot M_{cr} = 1.20 \cdot F_r \cdot S \quad F_r = 2.01 \cdot \sqrt{f'_c} = 33.63 \text{ Kg/cm}^2 \quad 1.20 M_{cr} = 2.69 \text{ Tn-m}$$

$$S = (b \cdot h^2) / 6 = 6666.67 \text{ cm}^3$$

$$1.33 \cdot M_u = 7.30 \text{ Tn-m}$$

La cantidad de acero que se proporcionó de 9.04 cm^2 resiste un momento de 5.49 Tn-m; el cual es superior al momento de 2.69 Tn-m.

Acero de distribución: El Art. 9.7.3.2 de la AASHTO establece que en la parte inferior de las losa se dispondrá armadura en la dirección secundaria; esta armadura se deberá calcular como un porcentaje de la armadura principal para momento positivo:

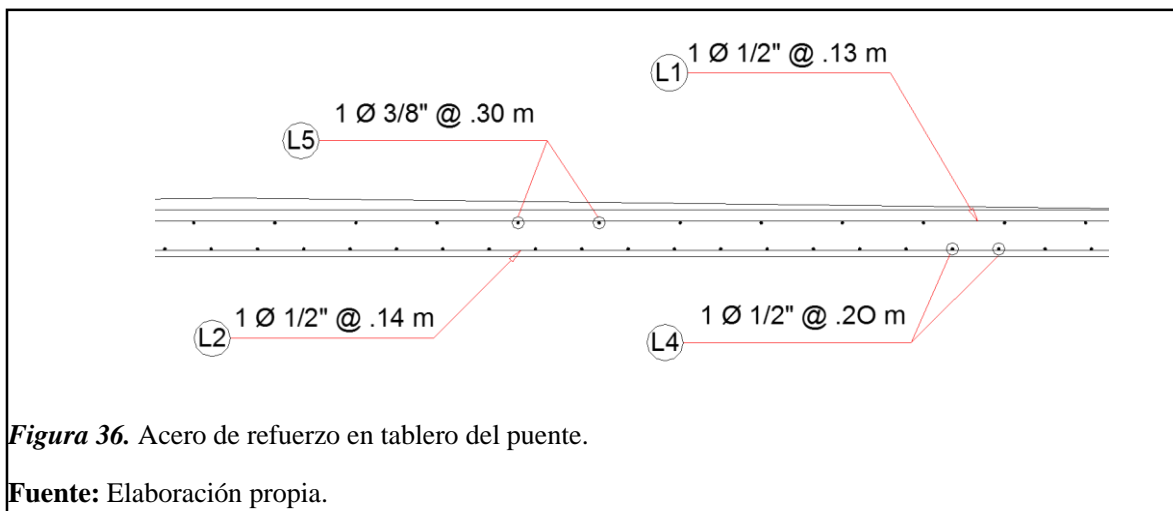
$$\frac{3840}{\sqrt{S}} \leq 67\% \quad S: \text{separación libre entre extremos de patines de viga (mm);}$$

$$\frac{3840}{\sqrt{2150}} = 82.82\%; \text{ por lo tanto se usará una distribución de } 67\%$$

El acero de distribución fue $0.67 \cdot 9.04 = 6.06 \text{ cm}^2$; se usó una varilla de ½” la separación será de $1.29/6.06 = 0.21 \text{ m}$; se asumió una separación de 20.00 cm.

Acero de temperatura: El Art. 5.10.8 de la AASHTO establece un área de refuerzo distribuido en cada cara y dirección; la cual se determina como:

Para $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$: $A_s = (0.18 \cdot b \cdot h) / (2 \cdot (b+h))$; y $2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_s \leq 12.70 \text{ cm}^2/\text{m}$; entonces se obtuvo: $A_s = (0.18 \cdot 960 \cdot 20) / (2 \cdot (960+20)) \rightarrow A_s = 1.76 \text{ cm}^2/\text{m}$; por lo tanto se usó un área de $2.33 \text{ cm}^2/\text{m}$. Se usó una varilla de $3/8''$, con la que se obtuvo una separación de $0.71/2.33 = 0.30 \text{ m}$; entonces se adoptó una separación de 30 cm .



Para mayor detalle ver **Anexo 16**.

3.4.2.4. Diseño de Barrera para tráfico vehicular tipo New Jersey.

El diseño de la barrera para tráfico vehicular se basó en una barrera sometida al nivel de ensayo tipo TL-4. La cual debe tener una altura mínima de 81.00 cm .

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de ensayo para baranda					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (kips)	13.5	27.0	54.0	54.0	124.0	175.0
Longitudinal F_L (kips)	4.5	9.0	18.0	18.0	41.0	58.0
Vertical descendente F_v (kips)	4.5	4.5	4.5	18.0	80.0	80.0
L_t y L_L (ft)	4.0	4.0	4.0	3.5	8.0	8.0
L_v (ft)	18.0	18.0	18.0	18.0	40.0	40.0
H_e (min.) (in.)	18.0	20.0	24.0	32.0	42.0	56.0
Mínima altura del riel H (in.)	27.0	27.0	27.0	32.0	42.0	90.0

Figura 37. Fuerzas de diseño para Barandas.

Fuente: Tomado del Manual de Puentes (2018).

3.4.2.4.1. Geometría de la barrera.

A continuación se muestra las dimensiones y el armado que se propuso para la barrera:

Ancho superior	0.150 m	Altura media	0.270 m
Ancho inferior	0.400 m	Altura superior	0.550 m
Ancho intermedio	0.070 m	F'c	280 Kg/cm ²
Ancho derecho	0.180 m	Fy	4200 Kg/cm ²
Altura total	1.000 m	γ Concreto	2400 Kg/m ³
Altura inferior	0.180 m	Recubrimiento	5.00 cm

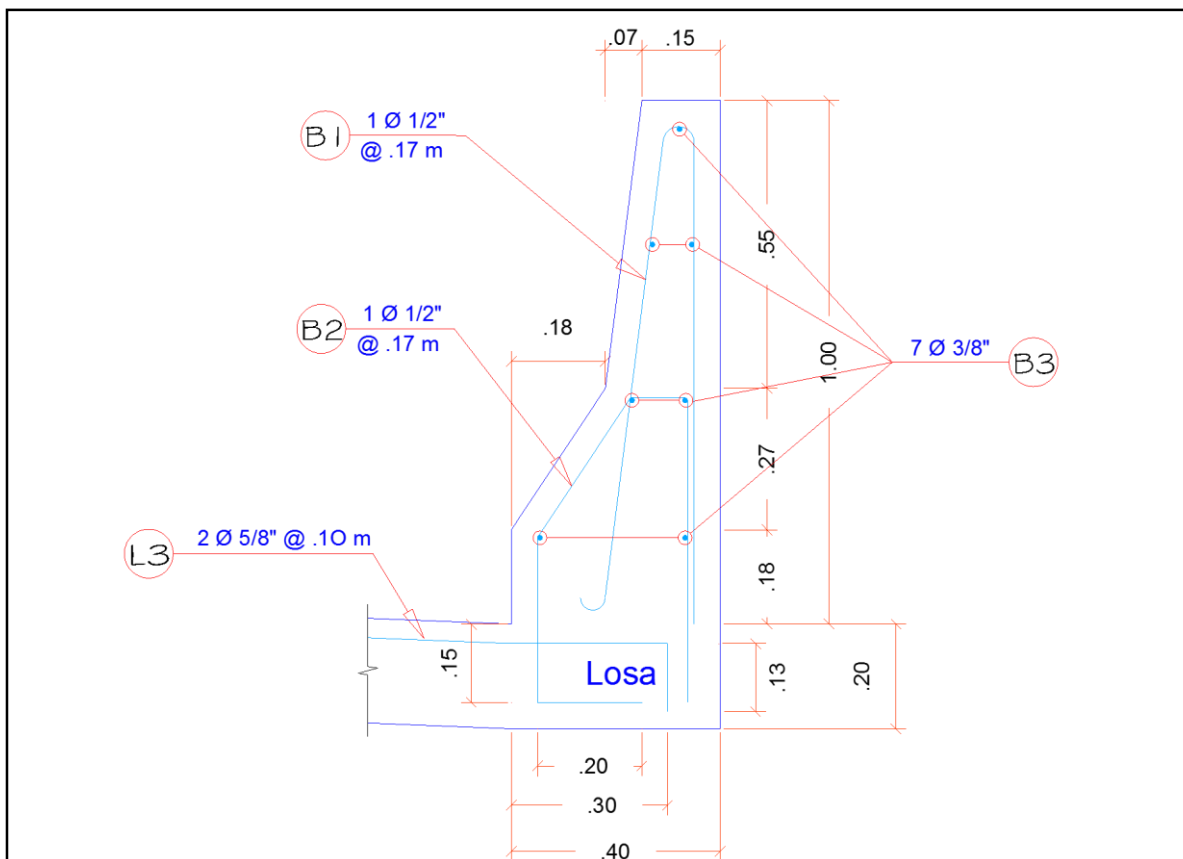


Figura 38. Dimensiones y armadura de barrera New Jersey.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.4.2. Verificación de resistencia de la sección propuesta.

Resistencia en flexión alrededor de un eje vertical a la barrera ($M_v = M_w$)

Los momentos positivos y negativos que actúan alrededor de un eje vertical se determinan tomando como base el mecanismo de falla en este tipo de barreras. Para ello dividimos la barrera en tres secciones:

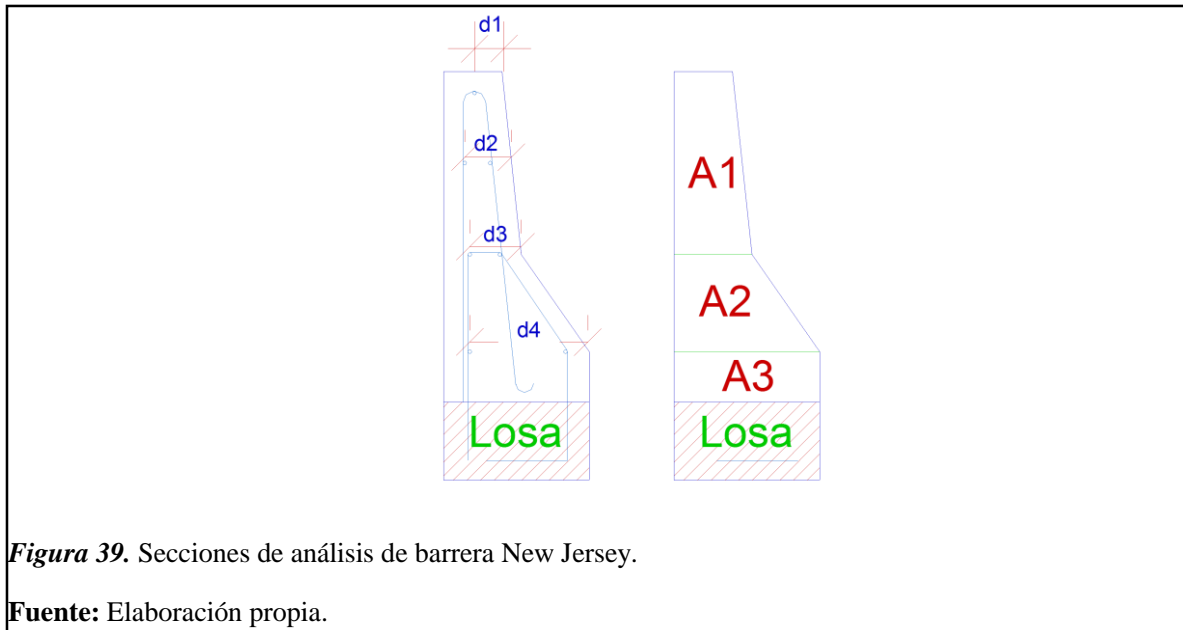


Figura 39. Secciones de análisis de barrera New Jersey.

Fuente: Elaboración propia.

Sección A1:

$$Z = \text{rec.} + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad B = 55.00 \text{ cm}$$

$$d1 = 0.15 * 2 / 100 = 7.50 \text{ cm} \quad a = (A_s * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 0.57 \text{ cm}$$

$$d2 = (0.15 + 0.07 / 2) * 100 - 6.75 = 11.76 \text{ cm} \quad \theta = 1$$

$$d3 = (0.15 + 0.07) * 100 - 6.75 = 15.26 \text{ cm} \quad \text{Mu} = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 83634.47 \text{ Kg-cm}$$

$$d_{\text{promedio}} = (7.50 + 11.76 + 15.26) / 3 = 11.50 \text{ cm} \quad \text{Mu 1} = 0.84 \text{ Tn-m}$$

$$A_s = 2 * 0.71 + 0.5 * 0.71 = 1.78 \text{ cm}^2$$

Sección A2:

$$Z = \text{rec.} + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad B = 27.00 \text{ cm}$$

$$d3 = (0.15 + 0.07) * 100 - 6.75 = 15.26 \text{ cm} \quad a = (A_s * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 0.46 \text{ cm}$$

$$d4 = (0.40) * 100 - 6.75 = 33.26 \text{ cm} \quad \theta = 1$$

$$d_{\text{promedio}} = (15.26 + 33.26) / 2 = 24.26 \text{ cm} \quad \text{Mu} = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 71636.51 \text{ Kg-cm}$$

$$A_s = 0.5 * 0.71 + 0.5 * 0.71 = 0.71 \text{ cm}^2 \quad \text{Mu 2} = 0.72 \text{ Tn-m}$$

Sección A3:

$$Z = \text{rec.} + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad a = (A_s * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 0.35 \text{ cm}$$

$$d5 = (0.40) * 100 - 6.75 = 33.26 \text{ cm} \quad \theta = 1$$

$$A_s = 0.5 * 0.71 = 0.36 \text{ cm}^2 \quad \text{Mu} = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 49323.74 \text{ Kg-cm}$$

$$B = 18.00 \text{ cm}$$

$$Mu_3 = 0.49 \text{ Tn-m}$$

El momento resistente total de la sección y armadura propuesta es:

$$M_v = M_u = M_1 + M_2 + M_3 = 2.05 \text{ Tn-m}$$

Resistencia en flexión alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal del puente

Mc

Se calculó con los momentos de flexión negativos que se producen en la cara inclinada de la barrera:

Utilizando 1 varilla de 1/2 @ 0.17 m; considerando fajas de 1.00 m

$$A_s = (1 * 1.29) / 0.17 = 7.59 \text{ cm}^2/\text{m} \quad b = 100 \text{ cm} \quad a = (A_s * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 1.34 \text{ cm}$$

Sección A1:

$$Z = \text{rec.} + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 / 2 = 5.64 \text{ cm}$$

$$\theta = 1$$

$$d = (0.15 + 0.07 / 2) * 100 - 5.64 = 12.87 \text{ cm}$$

$$M_u = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 388676.16 \text{ Kg-cm}$$

$$a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_u_1 = 3.89 \text{ Tn-m}$$

Sección A2:

$$Z = \text{rec.} + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 / 2 = 5.64 \text{ cm}$$

$$\theta = 1$$

$$d = (0.15 + 0.07 + 0.40) / 2 * 100 - 5.64 = 25.37 \text{ cm}$$

$$M_u = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 787058.51 \text{ Kg-cm}$$

$$a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_u_2 = 7.87 \text{ Tn-m}$$

Sección A3:

$$Z = \text{rec.} + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 / 2 = 5.64 \text{ cm}$$

$$\theta = 1$$

$$d = 0.40 * 100 - 5.64 = 34.37 \text{ cm}$$

$$M_u = \theta * A_s * f_y * (d - a / 2) = 1073893.8 \text{ Kg-cm}$$

$$a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_u_3 = 10.74 \text{ Tn-m}$$

El momento promedio de la cara vertical de la sección armada propuesta es:

$$M_c = M_{u1} + M_{u2} + M_{u3} \quad M_c = (3.89 * 0.55 + 7.87 * 0.27 + 10.74 * 0.18) / 1.00 = 6.20 \text{ Tn-m}$$

Longitud crítica de la línea de rotura L_c según patrón de falla

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H(M_b + M_w)}{M_c}}$$

Dónde:

L_t : longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto F_t	$L_t = 1.07$ m
H : altura de la barrera	$H = 1.00$ m
M_b : resistencia flexional adicional en la parte superior del muro	$M_b = 0.00$ Tn-m
M_w : resistencia flexional del muro respecto de su eje vertical	$M_w = 2.05$ Tn-m
M_c : resistencia flexional de los muros en voladizo respecto de un eje paralelo al eje longitudinal del puente	$M_c = 6.20$ Tn-m
L_c : longitud crítica de la línea de rotura en el patrón de falla	$L_c = 2.25$ m

Resistencia nominal a la carga transversal (R_w)

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t}\right) \left(8M_b + 8M_w + \frac{M_c L_c^2}{H}\right)$$

Dónde: R_w : resistencia del parapeto	$R_w = 27.83$ Tn
F_t : Fuerza transversal depende de nivel de ensayo de barrera	$F_t = 24.49$ Tn

Transferencia de cortante entre la barrera y la losa

Cortante actuante: $V_{ct} = \frac{R_w}{L_c + 2H} = 6.55$ Tn

Cortante resistente:

Para dos concretos colocados en diferentes momentos y considerando para 1.00m de ancho de barrera: $V_n = cA_{cv} + \mu(A_{vf}f_y + Pc) \leq K_1f'cA_{cv}$ o' K_2A_{cv}

Dónde: A_{cv} : área de corte en contacto = $0.40 \cdot 100 \cdot 100$	$A_{cv} = 4000$ cm ²
A_{vf} : área del dowel en el plano de corte = $1.29/0.17$	$A_{vf} = 7.59$ cm ² /m
c : factor de cohesión	$C = 1.76$ Kg/cm ²
μ : factor de fricción	$\mu = 0.70$

K1: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir el corte en la interface $K1 = 0.20$

K2: resistencia de corte límite en la interface $K2 = 56.00 \text{ Kg/cm}^2$

Pc: fuerza de compresión permanente perpendicular al plano de corte = peso barrera $Pc = 617.88 \text{ Kg}$

$$V_n = 29782 \text{ Kg} \leq K1 * f'_c * A_{cv} = 2E+05 \text{ Kg} \quad \text{o} \quad K2 * A_{cv} = 2E+05 \text{ Kg} \quad \text{Ok}$$

Chequeo del Dowel

La armadura por corte en cm^2 por metro de viga debe satisfacer en la unión de viga-losa lo siguiente: $A_{vf} \geq \frac{352b_v}{f_y} \text{ cm}^2/\text{m}$

Dónde: b_v : ancho de contacto viga-losa = $0.40 * 100$ $b_v = 40.00 \text{ cm}$

A_{vf} : área del dowel en el plano de corte (contacto viga-losa) $A_{vf} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{cm}$

Acero provisto $1 \text{ } \theta \text{ } 1/2 @ 0.17 \text{ m} = 7.59 \text{ cm}^2/\text{m} > 3.35 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ Ok}$

Longitud de anclaje

Longitud básica de anclaje para una barra terminada en gancho: $L_{hb} = \frac{319 * d_b}{\sqrt{f'_c}}$

Dónde: d_b : diámetro de barra = 1.27 cm $L_{hb} = 24.21 \text{ cm}$

Considerando un recubrimiento lateral perpendicular al gancho es mayor que 64 mm la longitud básica de anclaje se afectará por el factor 0.70

Luego: $L_{dh} = 0.7 * L_{hb} = 0.7 * 24.21 = 16.95 \text{ cm}$ $L_{dh} \geq 8d_b = 8 * 1.27 = 10.16 \text{ cm}$ ó 15 cm

Se dispone para la longitud de desarrollo de 15 cm lo que no es satisfactorio como se muestra en el cálculo. Pero considerando que cuando hay más armadura que la requerida la longitud básica de desarrollo disminuye conforme la siguiente relación:

$$\frac{A_{s \text{ requerido}}}{A_{s \text{ provisto}}} * L_{hb} \quad A_{s \text{ requerido}} = 7.59 * \frac{15}{17} = 6.70 \text{ cm}^2$$

Se usó esta área de 6.70 cm^2 para recalculer la capacidad de resistencia de la barrera

Sección A1

$$Z = rec. + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c \cdot b) = 1.18 \text{ cm}$$
$$d = (0.15 + 0.07 / 2) \cdot 100 - 5.64 = 12.87 \text{ cm} \quad \mu = \theta \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) = 345165 \text{ Kg-cm}$$
$$B = 100 \text{ cm} \quad \mu_1 = 3.45 \text{ Tn-m}$$
$$\theta = 1$$

Sección A2

$$Z = rec. + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c \cdot b) = 1.18 \text{ cm}$$
$$d = (0.15 + 0.07 + 0.40) / 2 \cdot 100 - 5.64 = 25.37 \text{ cm} \quad \mu = \theta \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) = 696679 \text{ Kg-cm}$$
$$B = 100 \text{ cm} \quad \mu_2 = 6.97 \text{ Tn-m}$$
$$\theta = 1$$

Sección A3

$$Z = rec. + \theta_1 + \theta_2 / 2 = 5 + 1.27 + 0.95 / 2 = 6.75 \text{ cm} \quad a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c \cdot b) = 1.18 \text{ cm}$$
$$d = 0.40 \cdot 100 - 5.64 = 31.87 \text{ cm} \quad \mu = \theta \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) = 949768 \text{ Kg-cm}$$
$$B = 100 \text{ cm} \quad \mu_3 = 9.50 \text{ Tn-m}$$
$$\theta = 1$$

El momento promedio es:

$$\mu_c = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 \quad \mu_c = (3.45 \cdot 0.55 + 6.97 \cdot 0.27 + 9.50 \cdot 0.18) / 1.00 = 5.49 \text{ Tn-m}$$

Luego la longitud crítica será: $L_c = 2.34 \text{ m}$

La resistencia nominal a la carga transversal R_w fue: $R_w = 25.72 \text{ Tn} > F_t = 24.49 \text{ Tn}$

Con lo cual la longitud mínima final adoptada de 15.00 cm es adecuada. Las barras terminadas en gancho deben extenderse $12db + 4db = 12 \cdot 1.27 + 4 \cdot 1.27 = 20.32 \text{ cm}$

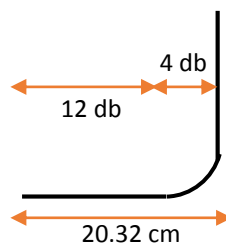


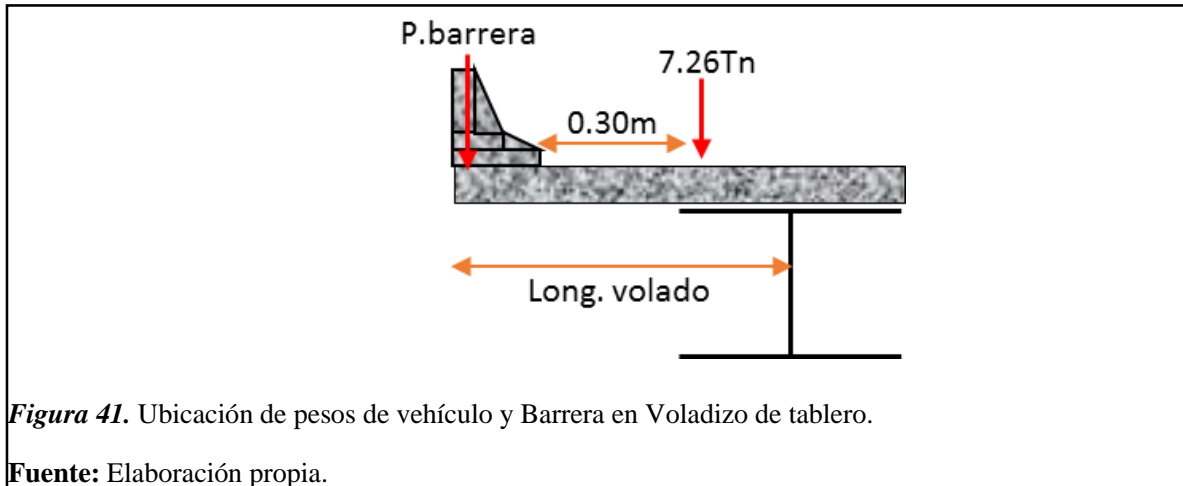
Figura 40. Longitud de anclaje de Dowel.

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle de diseño de Barrera New Jersey ver **Anexo 09**.

3.4.2.5. Diseño del volado de la losa.

- a) Metrado de cargas y determinación de momentos: se determinó para la longitud de volado de 0.90 m



La aplicación de una rueda del vehículo HL-93 es a 0.30 m del borde interno de la barrera; teniendo un brazo de palanca de 0.20 m al eje de la viga exterior.

El peso de la barrera que se propuso es de 617.88 Kg/m y la distancia de aplicación hacia el eje de la viga exterior es de 0.76 m. Por lo tanto se obtuvo un momento por barrera de $M_{bar} = 0.618 \cdot 0.76 = 0.47 \text{ Tn-m}$

La barrera con un ancho en la base de 0.40 m por lo cual se obtuvo una superficie de asfalto de 0.50 m. En resumen se tiene las siguientes cargas:

$$DC \quad W_{losa} = 0.20 \cdot 2.4 \cdot 1 = 0.48 \text{ Tn/m} \quad M = (0.48 \cdot 0.90^2) / 2 = 0.19 \text{ Tn-m}$$

$$W_{bar.} = 0.618 \text{ Tn/m} \quad M = 0.47 \text{ Tn-m}$$

$$DW \quad W_{asf.} = 0.10 \cdot 2.25 \cdot 1 = 0.225 \text{ Tn/m} \quad M = (0.225 \cdot 0.50^2) / 2 = 0.03 \text{ Tn-m}$$

La carga viva LL+IM se distribuye en una franja determinada como $E = 1.14 + 0.833X$

Dónde: X: distancia entre carga de rueda de vehículo y punto de apoyo = 0.20 m

$$E = 1.14 + 0.833 \cdot 0.20 = 1.31 \text{ m}$$

El momento del eje de rueda vehicular distribuido en la franja es afectado por factor de presencia múltiple e incrementada por carga dinámica: $M_{LL+IM} = \left[\frac{P \cdot m \cdot 1.33}{E} \right]$

Dónde: P: carga de rueda = 7.26 Tn

$M_{LL+IM} = 8.87 \text{ Tn-m}$

m: factor de presencia múltiple = 1.20

Momento por colisión vehicular:

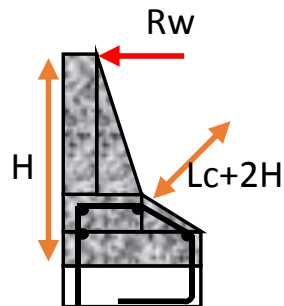


Figura 42. Fuerza R_w actuante en barrera.

Fuente: Elaboración propia.

$$M_{CT} = \left[\frac{R_w}{L_c + 2H} \right] * H = 6.55 \text{ Tn-m}$$

Dónde: R_w : resistencia del parapeto

$R_w = 27.83 \text{ Tn}$

L_c : longitud crítica de línea de rotura

$L_c = 2.25 \text{ m}$

H: altura de parapeto

$H = 1.00 \text{ m}$

b) Cálculo de acero

Criterios LRFD aplicables:

Resistencia I $U = 1 * (1.25DC + 1.5DW + 1.75 * (LL + IM))$

$M_u = 16.39 \text{ Tn-m}$

Evento Extremo II $U = 1 * (1.25DC + 1.5DW + 0.50 * (LL + IM) + 1.00CT)$

$M_u = 11.86 \text{ Tn-m}$

Se diseñó para el estado límite de Resistencia I, por ser el que genera mayor momento:

$M_u = 16.39 \text{ Tn-m}$

Se eligió usar 2 varillas de 5/8" con una separación de 0.10 m; $A_s = (2 * 1.98) / 0.10 = 39.60 \text{ cm}^2/\text{m}$

$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

$\theta = 1.00$

$b = 100 \text{ cm}$

$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$\beta = 0.85$

$d = 20 - 5 - 1.59 / 2 = 14.21 \text{ cm}$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = 6.99 \text{ cm} \quad \phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 17.81 \text{ Tn} - \text{m} > 16.39 \text{ Tn} - \text{m}$$

Para mayor detalle de diseño de Volado de tablero ver **Anexo 09**.

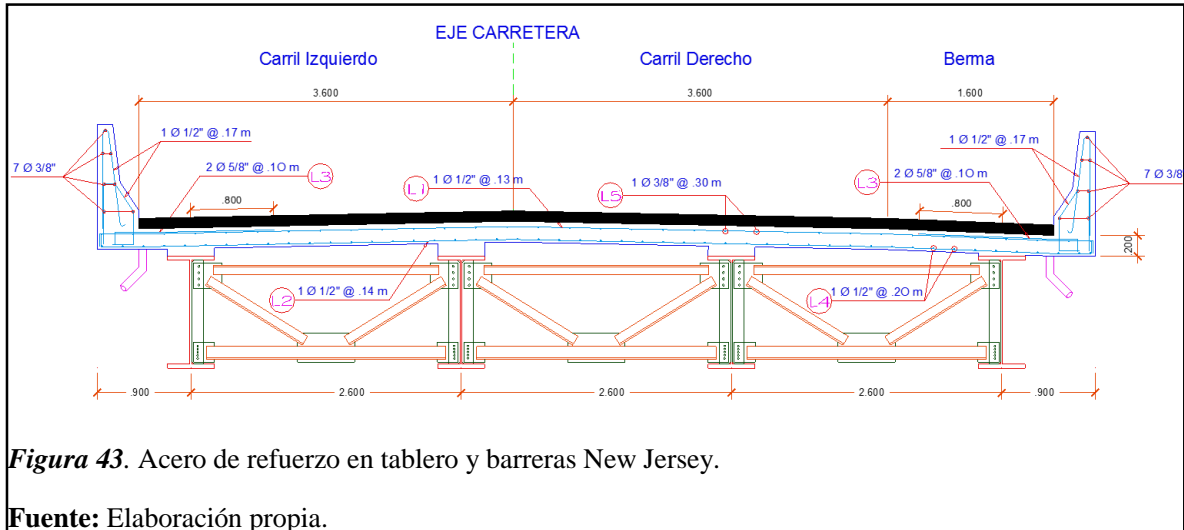


Figura 43. Acero de refuerzo en tablero y barreras New Jersey.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.6. *Diseño de Vigas Interiores y Exteriores.*

Pre dimensionamiento de Viga Metálica

Peralte de inicio: $L/30 \rightarrow 29.30/30 = 0.98 \text{ m} = 98 \text{ cm}$

Espesor del ala o patín: $tps = (d \cdot (0.0078 \cdot f_y)^{1/2}) / 727 = (0.80 \cdot (0.0078 \cdot 3515)^{1/2}) / 727 = 0.70 \text{ cm}$

Con estas dimensiones se propuso usar una viga de acero estructural con las siguientes dimensiones:

Altura del alma (halm)	halm = 100.00 cm
Espesor del alma (talm)	talm = 1.60 cm
Ancho de patín superior (bps)	bps = 45.00 cm
Ancho de patín inferior (bpi)	bpi = 45.00 cm
Espesor patín superior (tps)	tps = 3.90 cm
Espesor patín inferior (tpi)	tpi = 3.90 cm

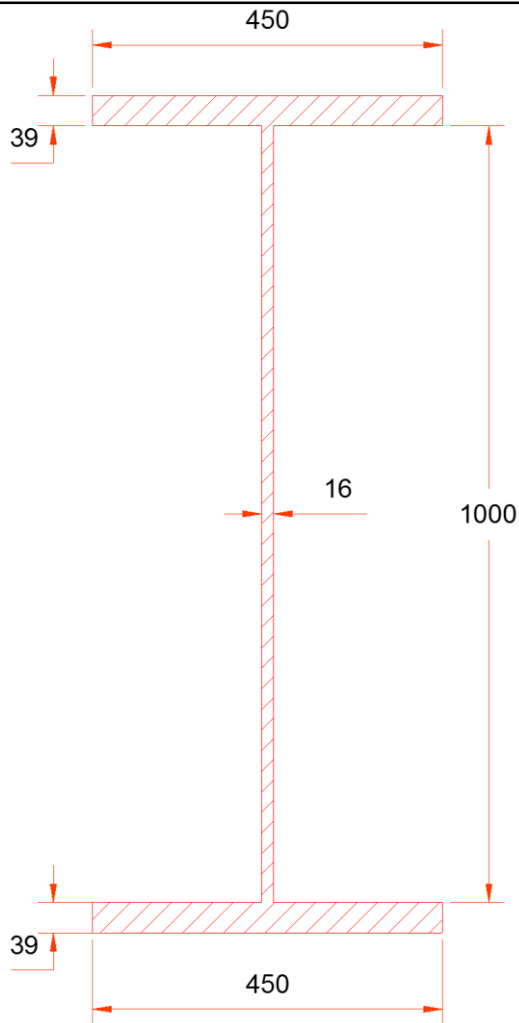


Figura 44. Dimensiones de viga metálica (en mm)

Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones de barrera para tráfico vehicular:

Ancho superior	0.150 m
Ancho inferior	0.400 m
Ancho intermedio	0.070 m
Ancho derecho	0.180 m
Altura total	1.000 m
Altura inferior	0.180 m

Altura media	=	0.270 m
Altura superior	=	0.550 m
f_c	=	280.000 Kg/cm ²
F_y	=	4200.000 Kg/cm ²
γ concreto	=	2400.000 Kg/m ³

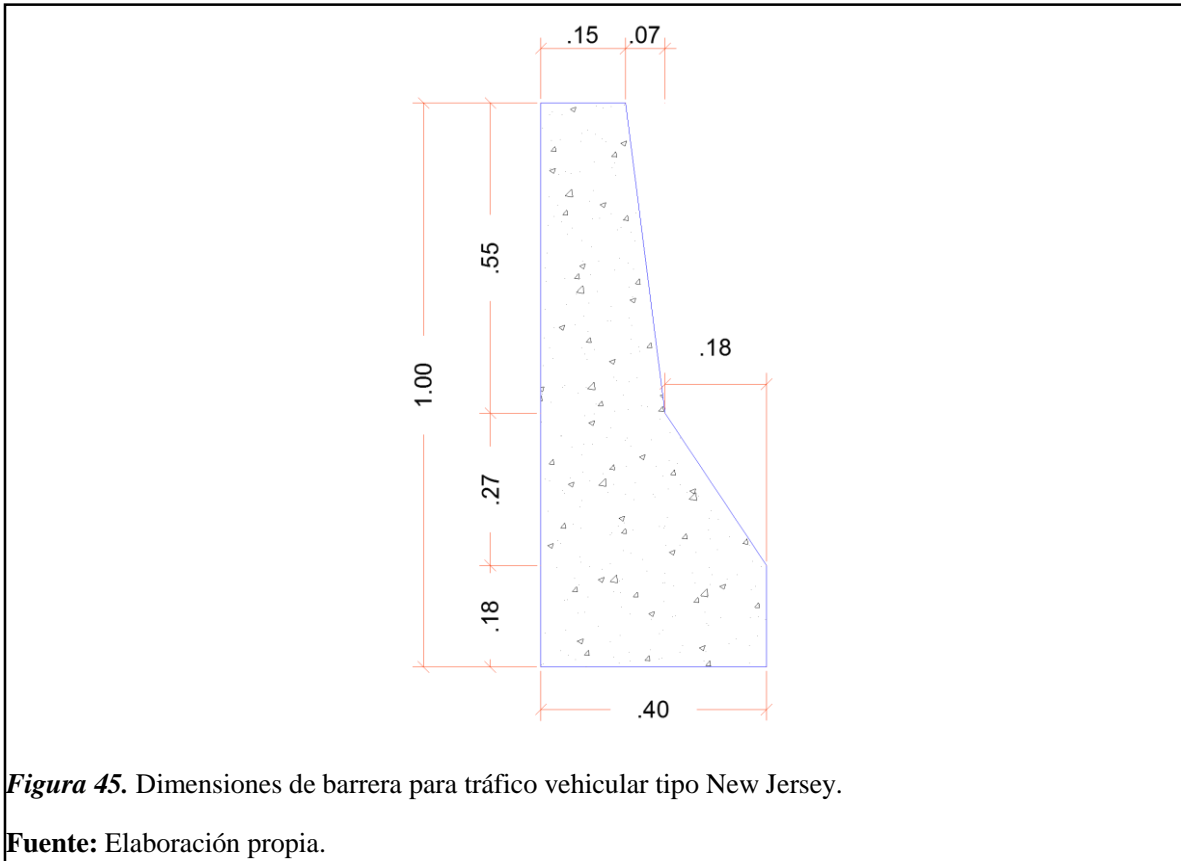


Figura 45. Dimensiones de barrera para tráfico vehicular tipo New Jersey.

Fuente: Elaboración propia.

Con las dimensiones que se propuso la barrera presenta un peso total de 617.88 Kg/m; con un centro de gravedad de 0.14 m medido desde el borde plano izquierdo de la barrera.

Cargas, Momentos y Cortantes

A continuación se muestran un cuadro resumen de cargas, momentos y cortantes; que se calculó y que actúan en la estructura metálica escogida, estas solicitaciones no se encuentran afectadas por factores de amplificación de carga; puesto que eso se generó en el análisis por los Estados Límites aplicables.

Tabla 24. Cargas, Momentos y cortantes actuantes en la superestructura

Cargas	VIGA EXTERIOR			VIGA INTERIOR			
	W (Tn/m)	WL ² /8 (Tn-m)	Cortante (Tn)	W (Tn/n)	WL ² /8 (Tn-m)	Cortante (Tn)	
Losa	1.056	113.321	15.470	1.248	133.924	18.283	
Vigas metálicas	0.401	43.046	5.877	0.401	43.046	5.877	
Diafragmas	0.550	24.190	1.376	0.550	24.190	1.376	
Cargas permanentes	Asfalto	0.405	43.461	5.933	0.585	62.777	8.570
	Barreras	0.309	33.153	4.526	0.309	33.153	4.526
	Baranda	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Veredas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carga transitoria	s/c peatonal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carga Viva LL+IM	Vehicular		272.873	39.268		169.653	45.900

Fuente: Elaboración propia

Criterios ASSHTO LRFD 2017 aplicables:

Se muestra los estados Límites, con sus respectivos factores de carga que se aplicó en el diseño estructural de las vigas metálicas:

Tabla 25. Estados límites aplicables y factores de carga

Estados Límites	Factores de carga						
	η_D	η_R	η_I	$\eta_D * \eta_R * \eta_I$	DC	DW	LL
Resistencia I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Servicio II	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
-------------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

a) Estado límite de RESISTENCIAI

Se analizó la sección por resistencia a la flexión considerando dos casos y además se añade a las cargas presentadas anteriormente en el cuadro resumen lo siguiente:

Carga viva por encofrado 200 Kg/m² Moperacional = 27.90 Tn-m

Carga constructiva 100 Kg/m² Mencofrado = 55.80 Tn-m

a.1) Resistencia a la flexión de la sección no compuesta

Donde la sección de viga actúa sola, se supuso que el concreto de la losa ha sido recién colocado y todavía no ha fraguado de manera que la viga y losa no actúan como un solo elemento.

Para los momentos actuantes amplificados se tomó en cuenta los momentos por cargas DC (V.diaf + V.met + Operación) y CV (Losa + Encofrado):

Viga Interior $M_u = 1*(1.25DC+1.75CV)$ $M_u = 436.99$ Tn-m

Viga Exterior $M_u = 1*(1.25DC+1.75CV)$ $M_u = 400.94$ Tn-m

Se obtuvo un momento resistente a la flexión factorada de:

$$M_r = \phi_f * M_n = 686.94 \text{ Tn} > M_u = 436.99 \text{ Tn-m} \quad \text{Ok!!}$$

a.2) Resistencia a la flexión de la sección compuesta

Se analizó la sección de viga + losa en dos secciones considerando la resistencia de la viga sola y de la sección compuesta a largo plazo.

Los momentos actuantes en la sección compuesta se determinó como:

Viga Exterior $M_{u1} = 1*[1.25*(M_{v.m.} + M_{diaf} + M_{losa})]$ $M_{u1} = 225.70$ Tn-m

$M_{u2} = 1.0[1.25*(M_{ver} + M_{bar}) + 1.5M_{asf}]$ $M_{u2} = 106.63$ Tn-m

$M_u = M_{u1} + M_{u2} + 1.75*(MLL)$ $M_u = 809.86$ Tn-m

Viga Interior	$Mu1 = 1*[1.25*(Mv.m. + Mdiaf + Mlosa)]$	Mu1 = 251.45 Tn-m
	$Mu2 = 1.0[1.25*(Mver + Mbar) + 1.5Masf]$	Mu2 = 135.61 Tn-m
	$Mu = Mu1 + Mu2 + 1.75*(MLL)$	Mu = 683.95 Tn-m

Se encontró un momento resistente de la sección compuesta de:

-Para la viga Exterior My compuesta = 821.69 Tn-m

-Para la viga Interior My compuesta = 812.62 Tn-m

Lo cual demuestra que su resistencia es superior a los momentos actuantes.

a.3) Resistencia al corte:

Se analizó la sección compuesta para la combinación de RESISTENCIA I

$$Vu = 1.25*(Vlosa+Vvm+Vbarr+Vdiaf) + 1.5Vasf + 1.75*(VII)$$

Las fuerzas de corte actuantes se muestran a continuación:

Tabla 26. Fuerzas cortantes últimas de diseño en vigas metálicas

	V losa	V viga metálica	V diafragma	V barrera	V asfalto	V _{LL}	Vu
	Tn	Tn	Tn	Tn	Tn	Tn	Tn
-Viga Exterior	15.47	5.88	1.38	4.53	5.93	39.27	111.68
-Viga Interior	18.28	5.88	1.38	4.53	8.57	45.90	130.76

Fuente: Elaboración propia

La resistencia al corte factorada de la sección se obtuvo como:

$$\text{Viga Exterior: } Vr = \phi_v * Vn = \phi_{vc} * 0.58 * Fyw * D * tw = 314.88 \text{ Tn} > Vu = 111.68 \text{ Tn Ok}$$

$$\text{Viga Interior: } Vr = \phi_v * Vn = \phi_{vc} * 0.58 * Fyw * D * tw = 314.88 \text{ Tn} > Vu = 130.76 \text{ Tn Ok}$$

b) Estado Límite de SERVICIO I

Se analizó las deflexiones debido a cargas permanentes en la sección de viga sola y viga compuesta a largo plazo; para obtenerse la contraflecha que debería de tener la viga metálica, con lo que se obtuvo una flecha máxima de 120.00 mm en el centro de la luz.

3.4.2.6.1. *Conectores de Corte.*

Los conectores de corte que se usó presentan las siguientes características

θ : Diámetro de conector	$\Theta = 5/8''$
Asc: Área transversal de un conector de corte.	Asc = 1.98 cm ²
Ec: Módulo de elasticidad del concreto.	Ec = 250998.01 Kg/cm ²
f'c: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.	f'c = 280 Kg/cm ²
Fu: Resistencia a la tracción de un conector de corte	Fu = 4200 Kg/cm ²

La resistencia de un conector de corte se determinó como:

$$Q_r = \phi_{sc} * Q_n; \quad Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f'c * E_c} \leq A_{sc} F_u$$

Qr: Resistencia al corte factorada de un conector de corte. Qr = 7054.53 Kg

Qn: Resistencia al corte nominal de un conector de corte. Qn = 8299.45 Kg

ϕ_{sc} : Factor de resistencia para conectores de corte $\Phi_{sc} = 0.85$

La fuerza que deben resistir los conectores se determinó como:

$$P = \sqrt{(0.85 * f'c * b_s * t_s)^2} = \sqrt{(0.85 * 280 * 260 * 20)^2} = 1237600 \text{ Kg}$$

Número de conectores en el tramo comprendido entre el punto de máximo momento positivo y el punto de momento nulo: $n = P/Q_r = 1237600/7054.53 = 175$

Número de conectores a largo de toda la viga $2 * n = 2 * 175 = 351$

Separación: $S = L/(n/2) = (29.30 * 100)/(351/2) = 16.70 \text{ cm}$; se adoptó una separación de 15 cm; entonces se obtuvo: 2 pernos de 5/8" a cada 15 cm.

Para mayor detalle ver **Anexo 09**

3.4.2.7. *Diseño de Rigidizadores.*

Los rigidizadores transversales, que se utilizó como placas de apoyo para los diafragmas, tienen una sección de plancha metálica de 8.00 mm de espesor, un ancho de 120 mm y una altura de 1000.00 mm, están conectados entre los patines superior e inferior de la viga metálica. Estos rigidizadores se colocaron a ambos lados de la viga metálica distanciados a cada 1050 mm a lo largo de la viga.

Para mayor detalle ver **Anexo 16**.

3.4.2.8. *Diseño de Diafragmas o Marcos Rígidos.*

Los diafragmas tienen una disposición tipo “K”. La fuerza de diseño se tomó como el producto del coeficiente de aceleración A_s y la carga permanente tributaria. A_s se calculó como el producto del coeficiente de aceleración pico del terreno y el factor de sitio en el periodo cero en el espectro de aceleración. $A_s = PGA \times F_{pga}$.

Peso del puente = 279.00 Tn

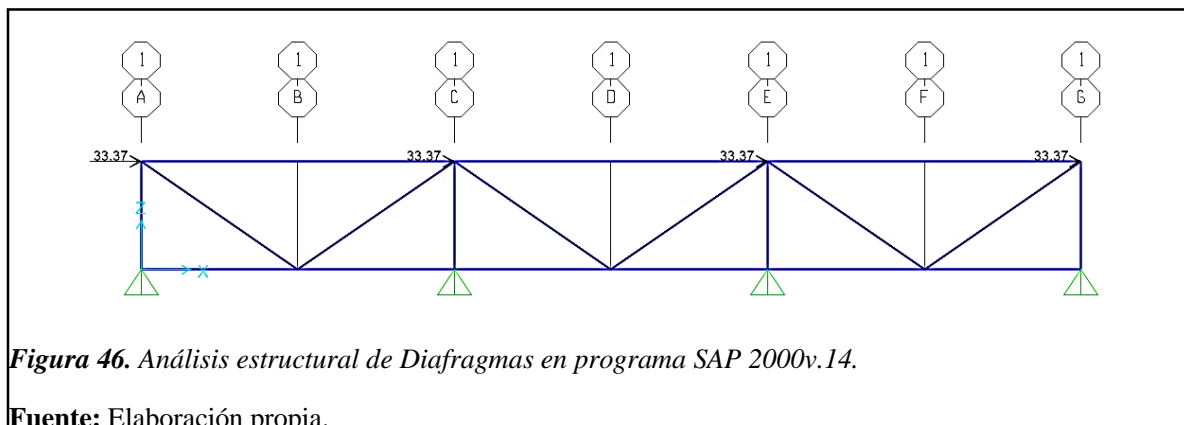
PGA (Chiclayo) = 0.46 (Mapa de isoaceleraciones – Manual de Puentes 2018)

F_{pga} (Clase de sitio D) = 1.04 (Tabla 3.10.3.2-1 AASHTO)

La carga sísmica horizontal de diseño: $Ph = 279.00 \times 0.46 \times 1.04 = 133.47$ Tn

El número de apoyos son 4 (N° de vigas); por lo cual cada apoyo tomará $133.47/4 = 33.37$ Tn.

A continuación se muestra el modelo de análisis que se realizó en el programa SAP 2000.v.14 de la configuración de diafragmas entre vigas principales del puente, con una fuerza horizontal de $F_h = 33.37$ Tn.



Del análisis estructural se obtuvo las fuerzas de diseño siguientes:

Para diagonales: $F_h = 24.46$ Tn.

Para cordones horizontales: $F_h = 19.95$ Tn.

3.4.2.8.1. *Diseño de Diagonales.*

Fuerza de diseño: $F_h = 24.46$ Tn (obtenido de análisis SAP)

Se eligió una sección de perfil metálico laminado L4x4x1/2, cuyas características son:

Ag: área de la sección de viga metálica	$A_g = 23.44$ cm ²
t: espesor de la sección	$t = 1.25$ cm
d: profundidad total del miembro, paralela al eje X (in)	$d = 10.00$ cm
rx: radio de giro sobre el eje X	$r_x = 3.03$ cm
x: Dist. desde la cara exterior de banda de canal al eje Y	$x = 2.95$ cm
L: longitud de diagonal	$L = 164$ cm
Fy: esfuerzo de fluencia del acero de perfil metálico	$F_y = 3515$ Kg/cm ²
Fu: esfuerzo de tracción última del acero de perfil metálico	$F_u = 4570$ Kg/cm ²
E: módulo de elasticidad de perfil metálico	$E = 2040000$ Kg/cm ²
b: ancho de brida de miembro	$b = 10.00$ cm

La sección escogida tuvo una resistencia nominal factorizada a la compresión y a la tensión por fluencia de la sección bruta de: $\phi_c * P_n = 29.33$ Tn $>$ $P_u = 24.46$ Tn

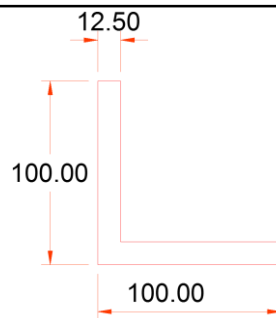


Figura 47. Dimensiones de perfil metálico L4x4x1/2 (en mm).

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.8.1.1. Placa de soporte de diagonal.

Se eligió una placa metálica de las características siguientes:

Fy: Resistencia del material $F_y = 3515 \text{ Kg/cm}^2$

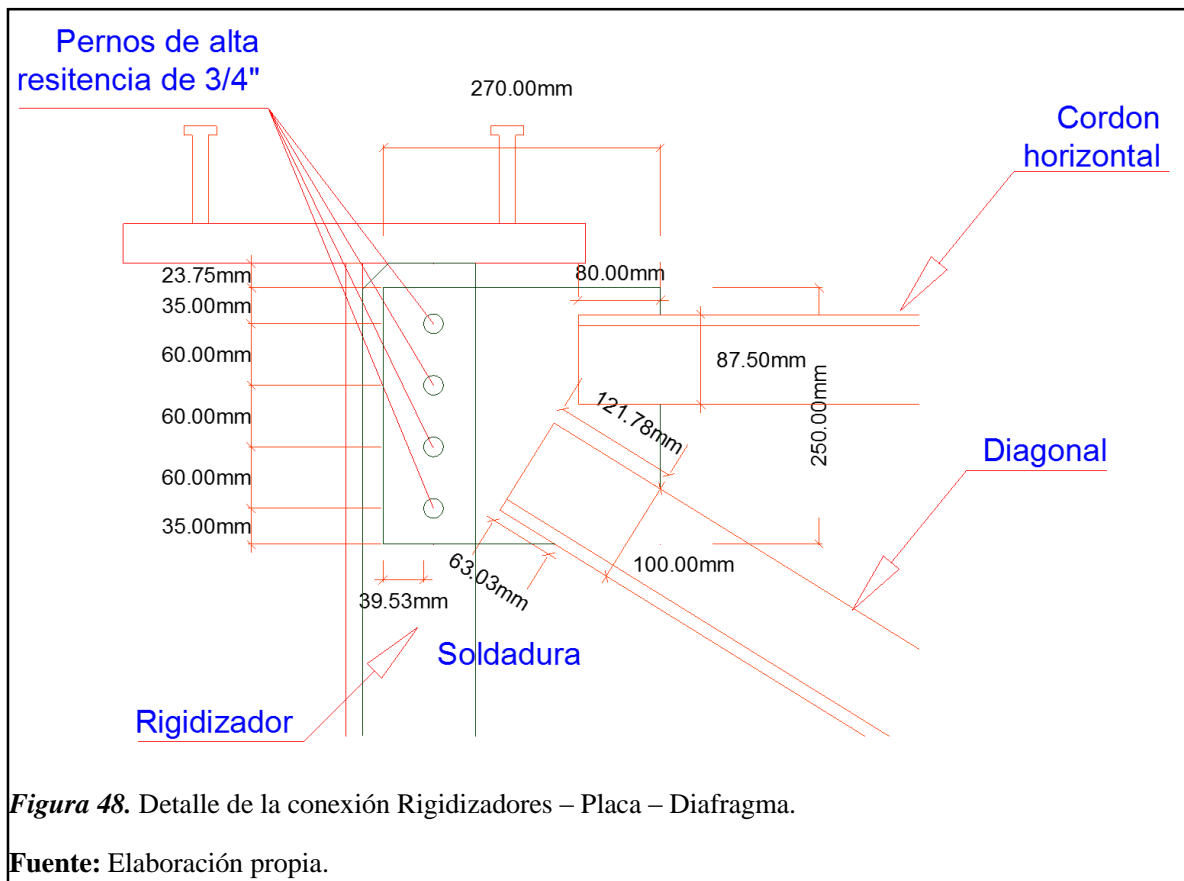
Fu: Fluencia última de tracción $F_u = 4570 \text{ Kg/cm}^2$

b: ancho de la placa $b = 270 \text{ mm}$

h: altura de la placa $h = 250 \text{ mm}$

e: espesor de la placa $e = 12.50 \text{ mm}$

Esta placa se colocó unida a los rigidizadores mediante 4 pernos de 3/4", y sobre esta placa se colocó el diagonal mediante conexión soldada



Pernos de conexión Viga - Diagonal

Se usó 4 pernos de 3/4" de alta resistencia ASTM A325 con resistencia mínima a tracción de $F_u = 8400 \text{ Kg/cm}^2$

Estos pernos tienen una resistencia nominal factorizada al corte de:

$$\phi V_n = 27.29 T_n > P_u = 24.46 T_n$$

Soldadura de la conexión Viga - Diagonal

Se utilizó una soldadura tipo filete, con las siguientes características:

F_{EXX} : resistencia mínima a la tensión de la soldadura $F_{EXX} = 4920 \text{ Kg/cm}^2$

D: tamaño de la soldadura (cm) $D = 0.70 \text{ cm}$

L: longitud de la soldadura (cm) $L = 18.48 \text{ cm}$

La resistencia de la soldadura es de $\phi R_n = 29.93 T_n > P_u = 24.46 T_n$

3.4.2.8.2. Diseño de Cordones Horizontales.

Fuerza de diseño $P_u = 19.95 T_n$ (obtenido de análisis SAP)

Se eligió una sección de perfil metálico laminado L5x5x5/16, sus características son:

Ag: área de la sección de viga metálica $A_g = 19.19 \text{ cm}^2$

t: espesor de la sección $t = 0.78 \text{ cm}$

d: profundidad total del miembro, paralela al eje X (in) $d = 12.50 \text{ cm}$

rx: radio de giro sobre el eje X $r_x = 3.90 \text{ cm}$

x: dist. desde la cara exterior de banda de canal al eje Y $x = 3.38 \text{ cm}$

L: longitud de diagonal $L = 260 \text{ cm}$

Fy: esfuerzo de fluencia del acero de perfil metálico $F_y = 3515 \text{ Kg/cm}^2$

Fu: esfuerzo de tracción última del acero de perfil metálico $F_u = 4570 \text{ Kg/cm}^2$

E: módulo de elasticidad de perfil metálico $E = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$

b: ancho de brida de miembro $b = 12.50 \text{ cm}$

La sección escogida tiene una resistencia nominal factorizada de:

$$\phi_c * P_n = 20.49 T_n > P_u = 19.95 T_n$$

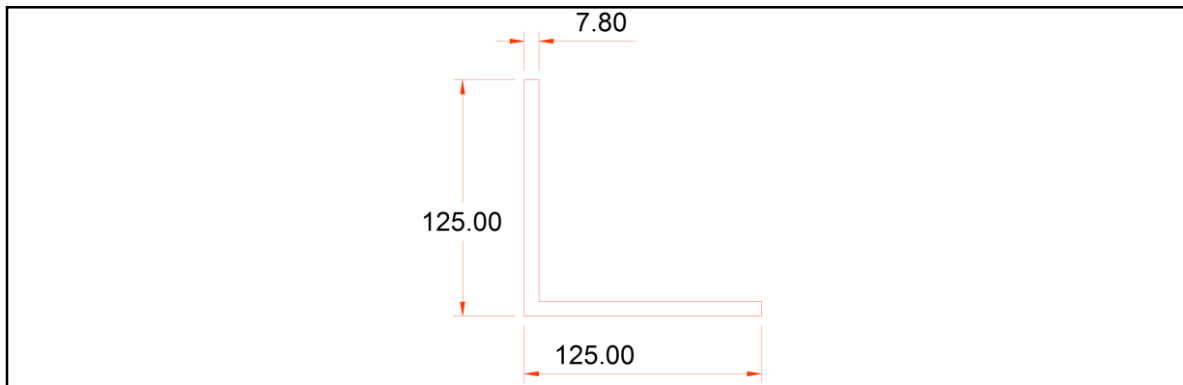


Figura 49. Dimensiones de perfil metálico L5x5x5/16 (en mm)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la configuración final de Diafragmas y Vigas Metálicas:

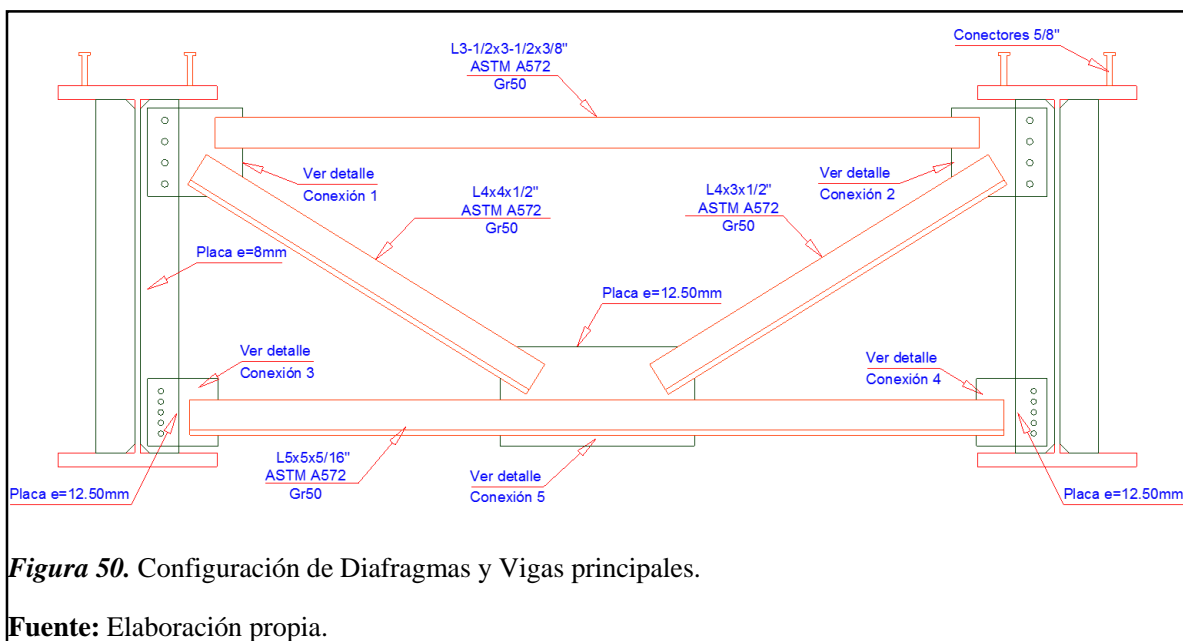


Figura 50. Configuración de Diafragmas y Vigas principales.

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle ver **Anexo 16**.

3.4.3. Diseño de la Subestructura.

3.4.3.1. Pilares Intermedios.

Se diseñó los pilares intermedios de sección tipo martillo, que en su totalidad resultan ser dos por cada puente, estos pilares se encuentran distanciados entre ellos 29.30 m, las partes que componen cada pilar son: la viga cabezal, el cuerpo del pilar y la zapata. A continuación se presenta las dimensiones del pilar calculado:

Ancho de corona	1.65 m
Longitud de la corona	8.70 m
Altura de la pila	8.32 m
Altura de la zapata	1.50 m
Altura cuerpo de la pila	6.82 m
Ancho superior de la columna	3.20 m
Ancho inferior de la columna	1.70 m
Dimensiones de la zapata	7.20 x 7.20 m

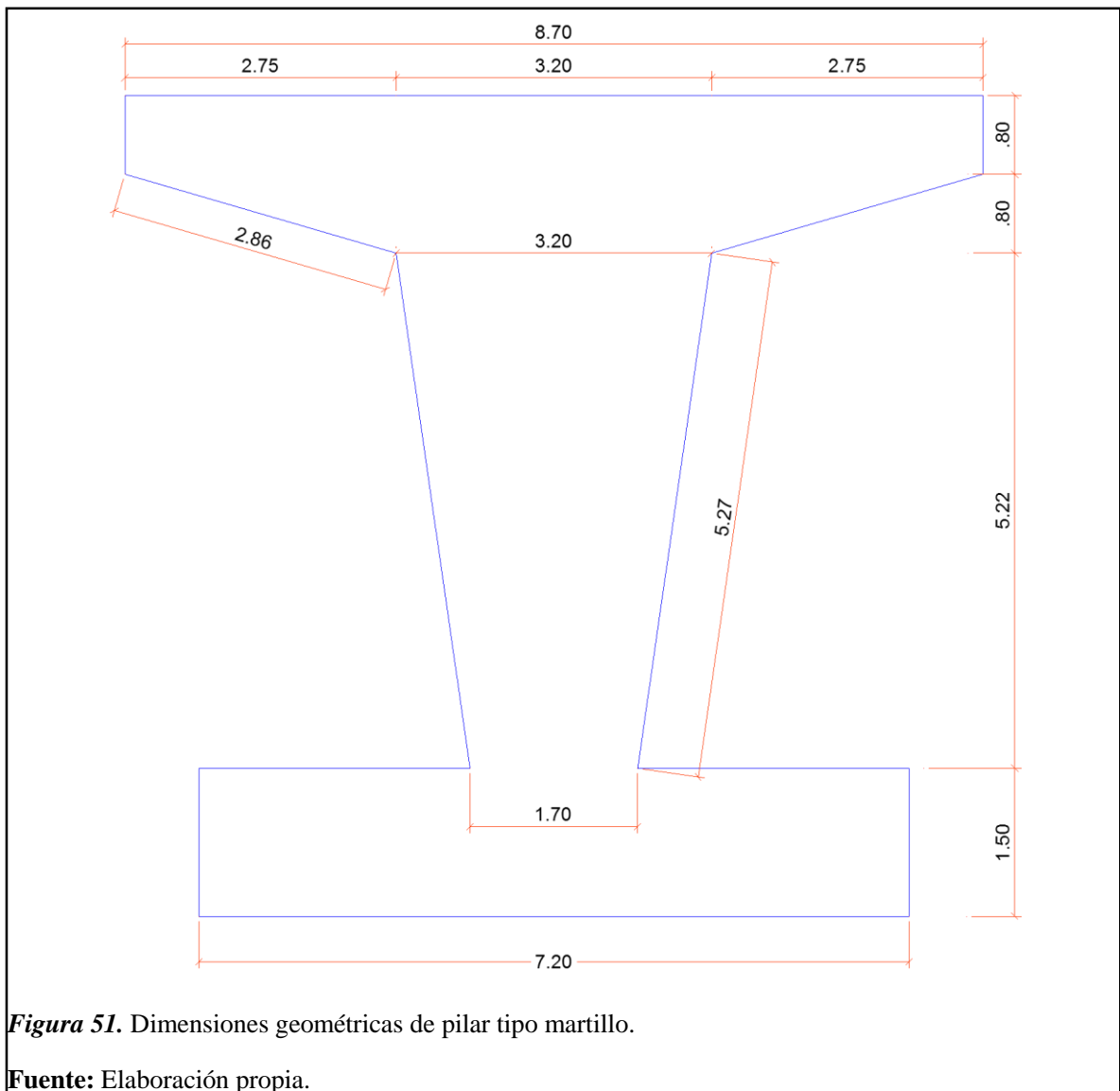


Figura 51. Dimensiones geométricas de pilar tipo martillo.

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle de diseño de Pilares ver **Anexo 16.**

3.4.3.2. *Estribos.*

3.4.3.2.1. *Dimensiones geométricas del Estribo.*

Se diseñó estribos de concreto armado cuyas dimensiones se detallan a continuación:

Dimensionamiento Parapeto

Abreviatura	Descripción	Adoptado
H_{parapeto}	Altura Parapeto	1.520 m
B_{parapeto}	Ancho Parapeto	0.400 m

Dimensionamiento Cajuela

Abreviatura	Descripción	Adoptado
N	Ancho Cajuela	0.800 m

Dimensión de la cimentación

Abreviatura	Descripción	Adoptado
B	Ancho Cimentación	6.500 m
D	Altura Cimentación	1.500 m
L_{punta}	Longitud Punta	1.850 m
$L_{\text{talón}}$	Longitud Talón	3.400 m

Dimensionamiento Pantalla

Abreviatura	Descripción	Adoptado
H	Altura Estribo	9.840 m
$H' = H_{\text{enterrado}}$	Altura Enterramiento	2.690 m

Gálibo		5.560 m
T _{sup} (H/24)	Grosor Menor Pantalla	0.700 m
T _{inf} (0.1h)	Grosor Mayor Pantalla	1.250 m
E ₁	-	0.400 m
E ₂	-	0.600 m
T ₁	-	0.150 m
T ₂	-	0.350 m
S°	Angulo Pant-Horizontal	5.37 °

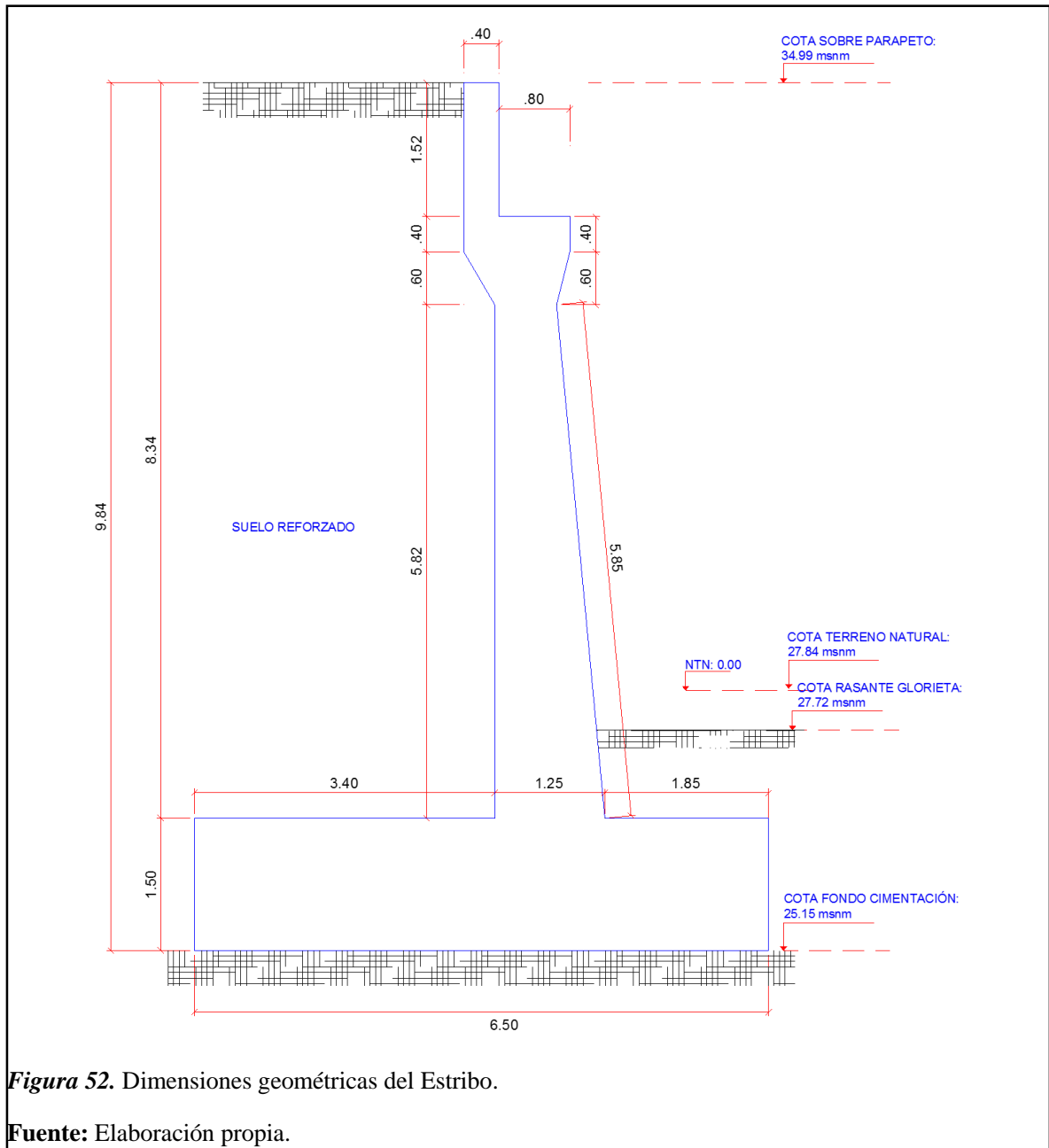
3.4.3.2.2. Acero de refuerzo en Estribos.

Según las dimensiones adoptadas se cuantifico la siguiente distribución de acero:

Acero para pantalla se logró determinar acero en flexión usar 1Ø1" @ 0.11 m y acero por temperatura USAR 1Ø1/2" @ 0.17 m

Acero para la zapata, se logró determinar acero en flexión parte superior usar 1Ø1" @ 0.16 m, acero en flexión parte inferior usar 1Ø3/4" @ 0.12 m y para ambos casos el acero por temperatura será de 1Ø1/2" @ 0.12 m

Para mayor detalle de diseño de Estribo ver **Anexo 09**.



3.4.3.3. Rampas de acceso.

3.4.3.3.1. Geometría del Muro de acceso.

Este proyecto consiste en un conjunto de muros de suelo reforzado que conformarán las rampas de acceso del intercambio vial, en la intersección de la Vía Evitamiento y la Av. Prolongación Bolognesi. Los muros van hasta 8.45 m de altura como máximo, empotrados en el terreno natural a 1.00 m. Sobre estos muros se colocará una barrera de tráfico tipo New Jersey. El paramento es vertical y soportará una carga de tráfico de vehículo tipo HL-93.

3.4.3.3.2. *Diseño del Muro de Acceso.*

Bloques de concreto

Son bloques elaborados con cemento, agua y agregados a los cuales se acoplan unos conectores de polietileno que permiten fijar la geomalla de refuerzo. Se colocan fijándose sólo con los conectores. Tiene las dimensiones siguientes: 8" x 18" x 12" Nominal (20 cm x 45 cm x 28 cm).

El peso aproximado de cada unidad de bloque es de 35 kg.

El bloque de concreto tiene una resistencia mínima a la compresión de 30 Mpa a los 28 días, y una protección contra los ciclos de hielo/deshielo.



Figura 53. Bloqueta de concreto a usar.

Fuente: Elaboración propia.

Conectores de polietileno de Alta Densidad

El tipo de conector a emplear en el presente estudio es el conector estándar, por ser el conector que corresponde al tipo de unidad de concreto seleccionada para el diseño.

Estos elementos son elaborados con polietileno de alta densidad (HDPE) y 30% de incrustaciones de fibra de vidrio (grado-E) basado en ASTM D578 que se emplean para asegurar una absoluta conexión entre la geomalla y las unidades de concreto segmentado.



Figura 54. Conectores de polietileno a usar.

Fuente: Elaboración propia.

Geomalla Estructural

Son elementos de refuerzos elaborados con polietileno de alta densidad, inertes al ataque de agentes químicos, y formados por miembros transversales y longitudinales los cuales forman una red de elementos tensionales conectados integralmente.

La geomalla estructural es una estructura integral, resistente a la tracción y de alto peso molecular con las siguientes características:

- ✓ Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos mecánicos en la instalación;
- ✓ Alta resistencia a la deformación cuando la geomalla se somete a esfuerzos aplicados durante su uso;
- ✓ Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos ambientales a largo plazo.

Losa niveladora

En la base de la facha del muro se construye una losa de nivelación de concreto simple sobre la cual se establece el alineamiento horizontal y vertical del muro. Esta losa presenta las siguientes dimensiones mínimas: 15 cm. (6 pulg.) de espesor y 60 cm. (24 pulg.) de ancho.

Relleno del drenaje

Este relleno lo puede constituir una arena bien graduada o una mezcla de arena gruesa con un buen agregado. La gradación del material de relleno del filtro/drenaje debe actuar como un filtro natural en la intersección de los bloques de concreto y el suelo reforzado evitando así fugas de finos a causa de escorrentías internas.

El suelo de la fundación

El suelo de fundación es el suelo sobre el cual se construirá la estructura y a menudo consisten en los mismos materiales y se usan los mismos parámetros de diseño que para el suelo retenido.

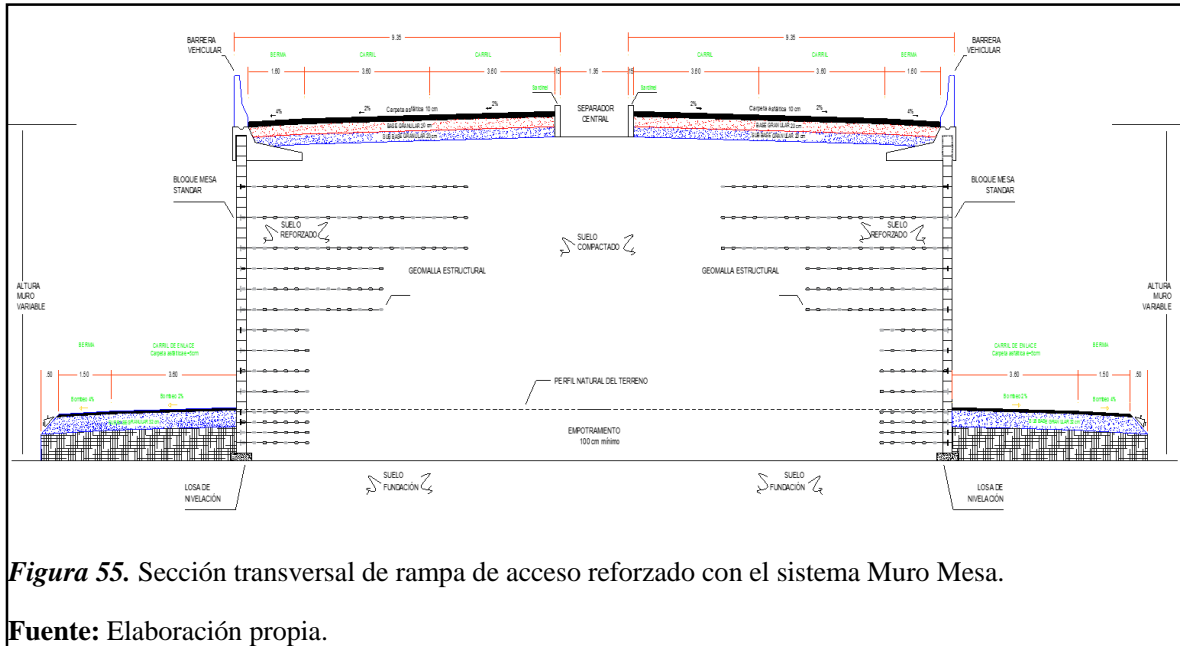


Figura 55. Sección transversal de rampa de acceso reforzado con el sistema Muro Mesa.

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle de diseño de Rampas de Acceso ver **Anexo 09**.

3.5. Selección de Dispositivos de Señalización

En función a las características geométricas que presenta el proyecto y su ubicación, se seleccionó los dispositivos de señalización de tránsito conforme lo establece el “Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). Estos dispositivos se subdividen entre señalización horizontal o demarcación en pavimento y señalización vertical, los cuales se detallan a continuación:

3.5.1. Señalización horizontal o demarcación en pavimento

Este tipo de señalización que va adherida al pavimento está conformado por líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, cuya finalidad es la de reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, para lo cual en el presente proyecto se seleccionó las siguientes señales:

Línea de borde calzada: línea de trazo continuo, color amarillo; por lo cual se restringe el estacionamiento de los vehículos. Utilizada en las vías de enlace del proyecto, con un acho de 15 cm.

Línea de carril: línea segmentada de color blanco con un ancho de 15 cm, para separar los carriles de circulación en la calzada de dos carriles de tránsito en el mismo sentido. Esta demarcación permite el paso de un carril a otro.

Líneas canalizadoras de tránsito: conforman las islas canalizadoras del tránsito de color amarillo, con un ancho de 15 cm.

Símbolos:

Flechas rectas: de color blanco, para indicar los sentidos de circulación de tránsito permitidos. Las medidas se presentan a continuación, lo cual corresponde para una velocidad de diseño de 70 km/h a más, ya que en el proyecto esta velocidad es de 80 km/h.

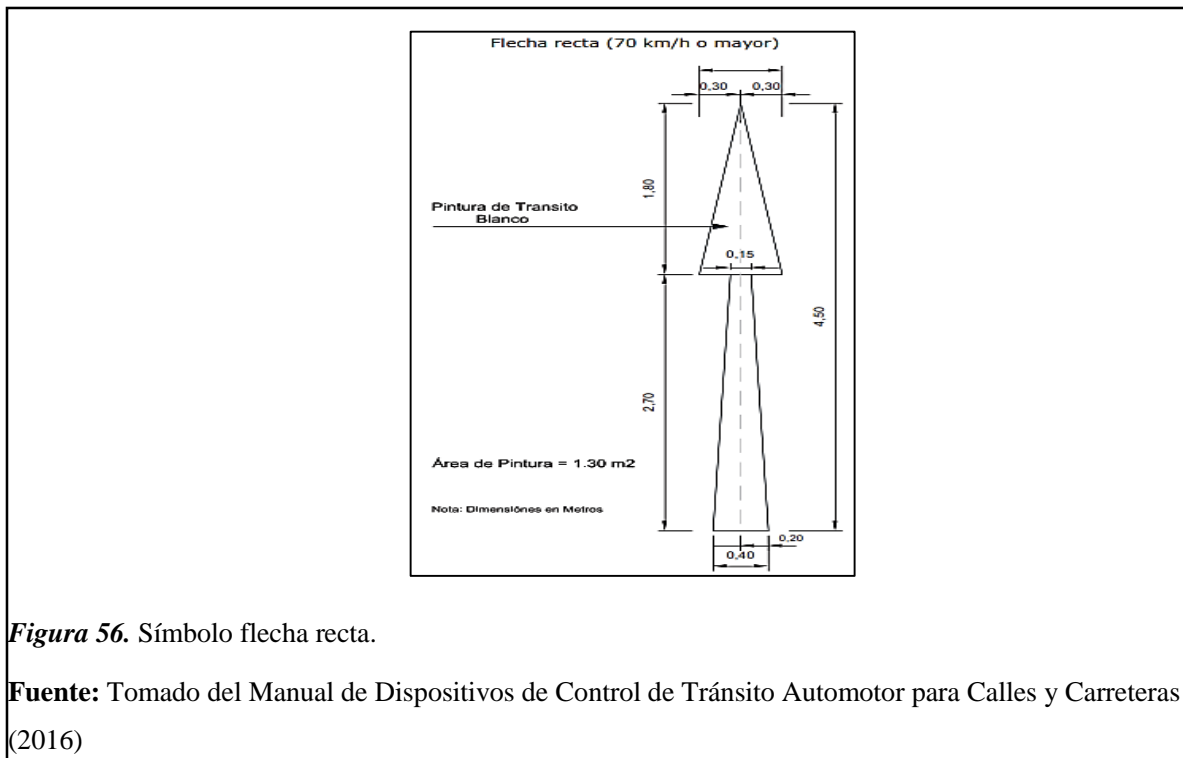


Figura 56. Símbolo flecha recta.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016)

Flecha de giro: de color blanco, indica el cambio de sentido (volteo o giro)

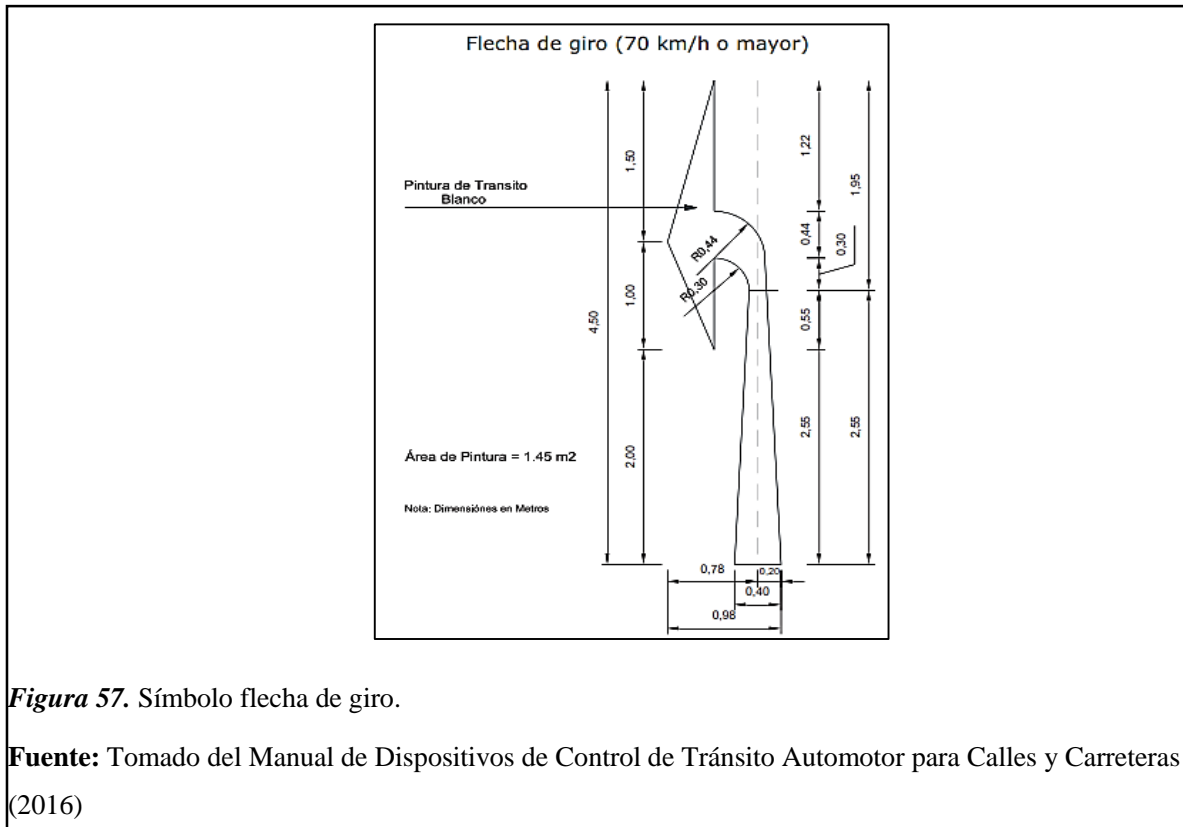


Figura 57. Símbolo flecha de giro.

Fuente: Tomado del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016)

Flecha recta y de salida: de color blanco, corresponde para una velocidad de diseño de 70 Km/h a más, ya que en el proyecto esta velocidad es de 80 km/h.

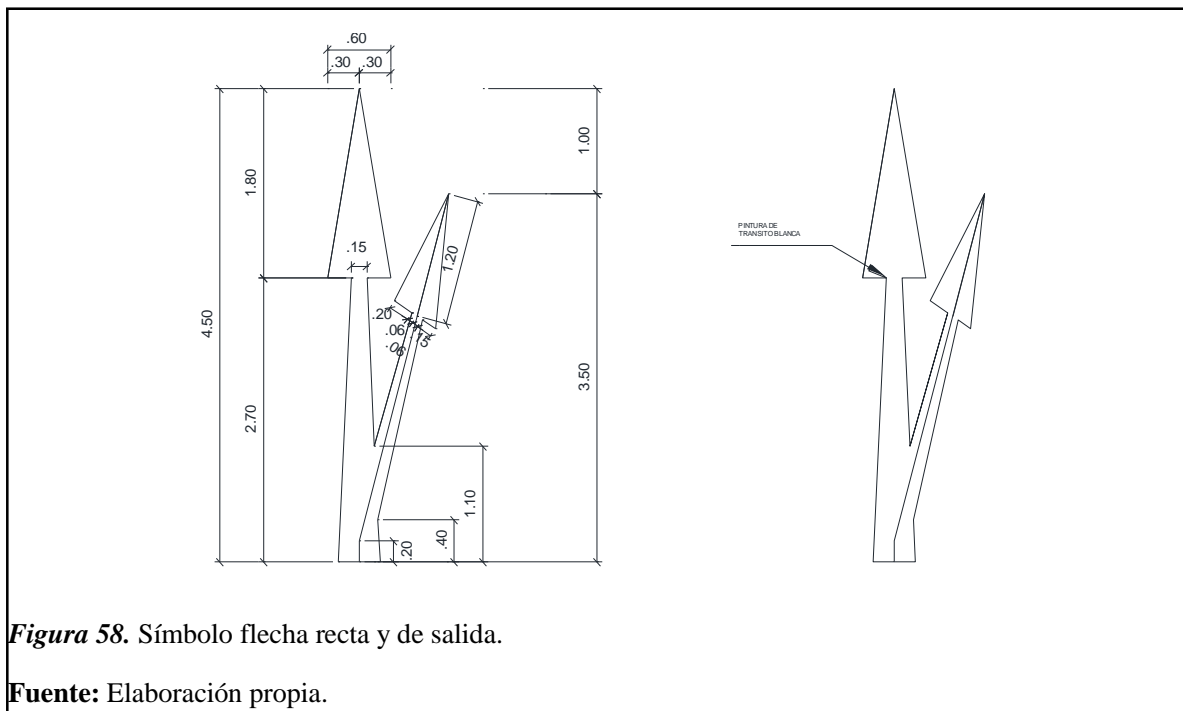


Figura 58. Símbolo flecha recta y de salida.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Señalización vertical

Estos dispositivos van instalados al costado o sobre la vía, cuya finalidad es reglamentar el tránsito, prevenir e informar mediante palabras o símbolos a los usuarios de una vía, para lo cual en el presente proyecto se seleccionó las siguientes señales:

Señales reguladoras o de reglamentación: Comunica a los usuarios sobre limitaciones, restricciones, prohibiciones o autorizaciones existentes en la vía.

Señales de restricción: Limitan el tránsito vehicular debido a características particulares de la vía. La compone un círculo con borde de color rojo y fondo blanco donde se inscribe el símbolo restrictivo.

R-30 Señal velocidad máxima permitida 80 Km/h.- establece la velocidad máxima de operación en un tramo de la Vía Evitamiento.

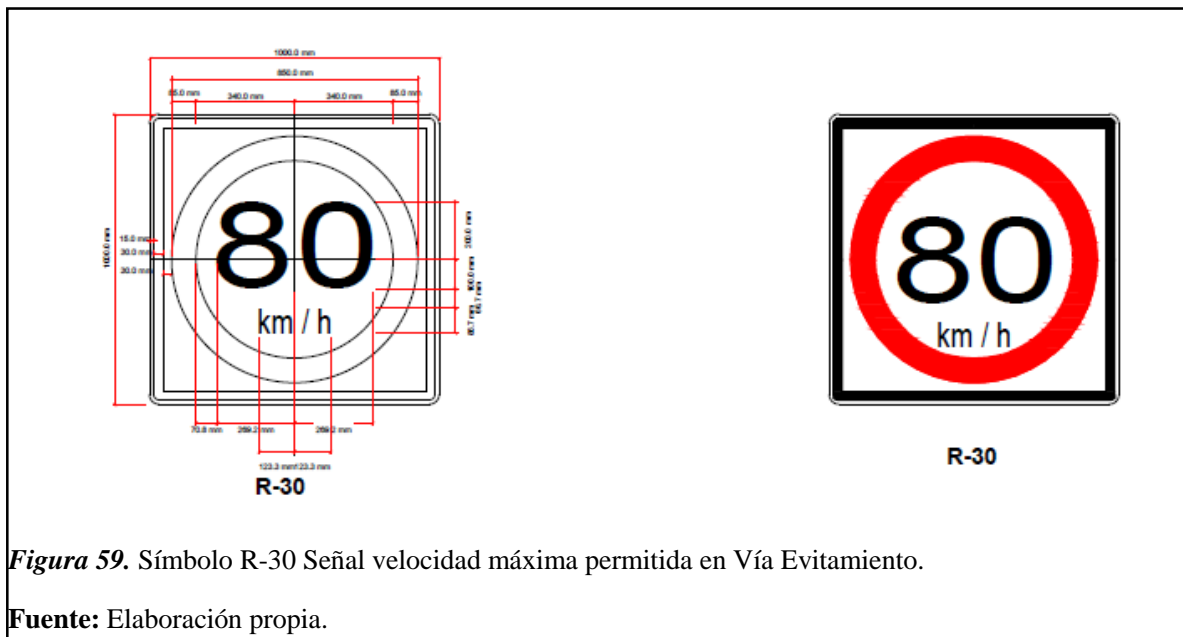


Figura 59. Símbolo R-30 Señal velocidad máxima permitida en Vía Evitamiento.

Fuente: Elaboración propia.

R-30 Señal velocidad máxima permitida 60 km/h.- establece la velocidad máxima de operación en un tramo de la Av. Prolongación Francisco Bolognesi.

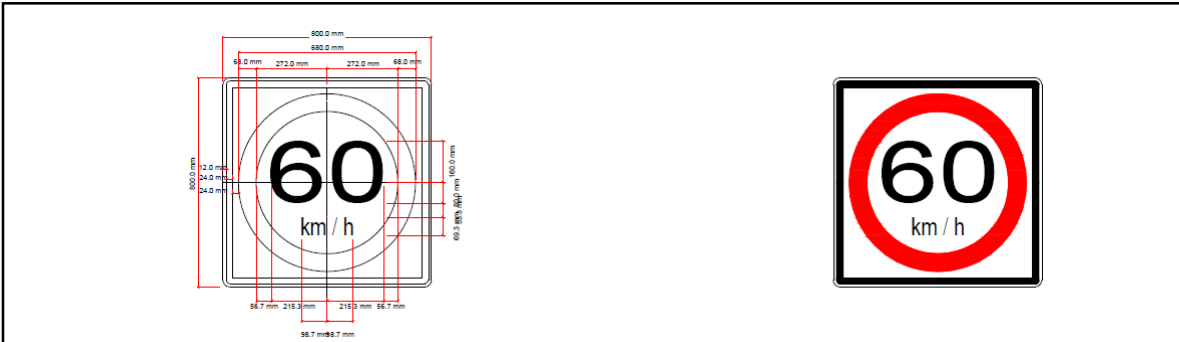


Figura 60. Símbolo R-30 Señal velocidad máxima permitida en prolongación Bolognesi.

Fuente: Elaboración propia.

R-35 Señal altura máxima permitida. - expresa la altura máxima con la que un vehículo debe circular por una vía. Las dimensiones que se usó corresponden para una velocidad de diseño de 60km/h que concierne a la Av. Prolongación Francisco Bolognesi, estas dimensiones se resaltan en la siguiente imagen:

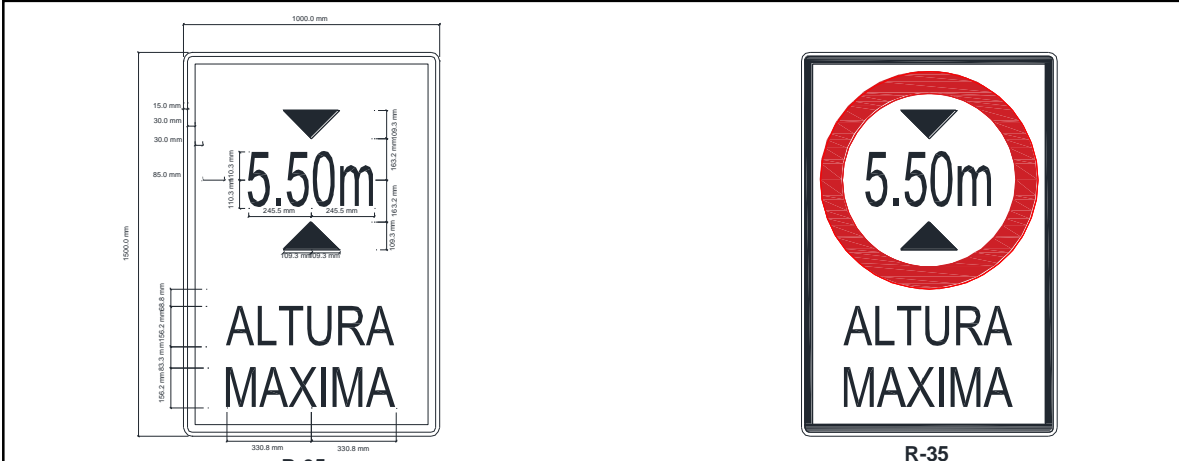


Figura 61. Símbolo R-35 Señal altura máxima permitida.

Fuente: Elaboración propia.

Señales preventivas de intersecciones con otras vías: previene a los conductores sobre la presencia de una intersección a nivel y la posible presencia de vehículos ingresando o haciendo maniobras de giro.

Dentro de este tipo de señales de tránsito se seleccionó las siguientes señales:

P-16A, Señal incorporación de tránsito a la derecha. - Las dimensiones que se usó corresponden para una vía con velocidad de diseño de 80 - 90 km/h, los cuales se resaltan en la figura siguiente:

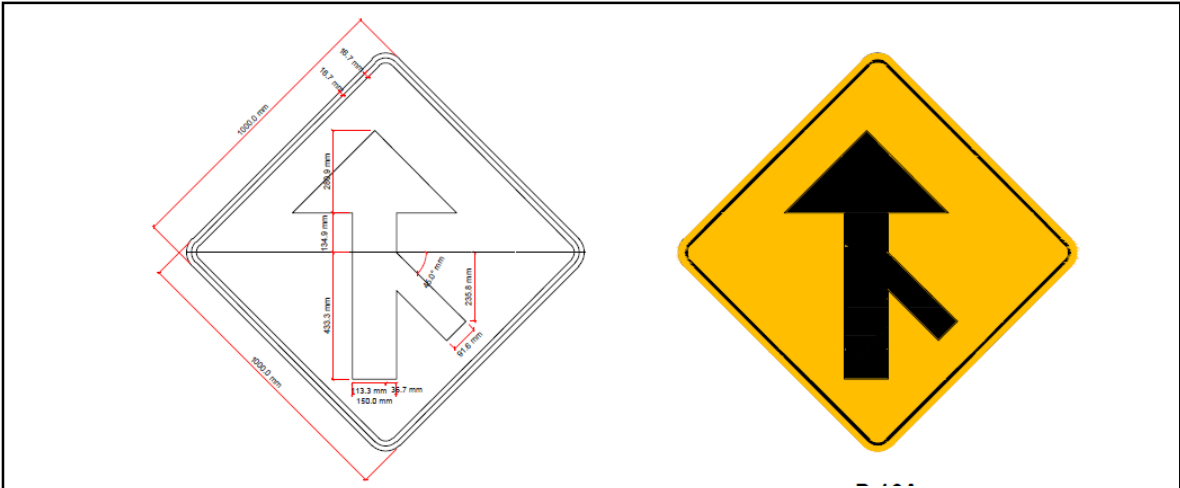


Figura 62. Símbolo P-16A Señal incorporación de tránsito a la derecha.

Fuente: Elaboración propia.

P-15, Intersección rotatoria. - Las dimensiones que se usó corresponden para una vía con velocidad de diseño de 60 - 70 km/h, los cuales se resaltan en la figura siguiente:

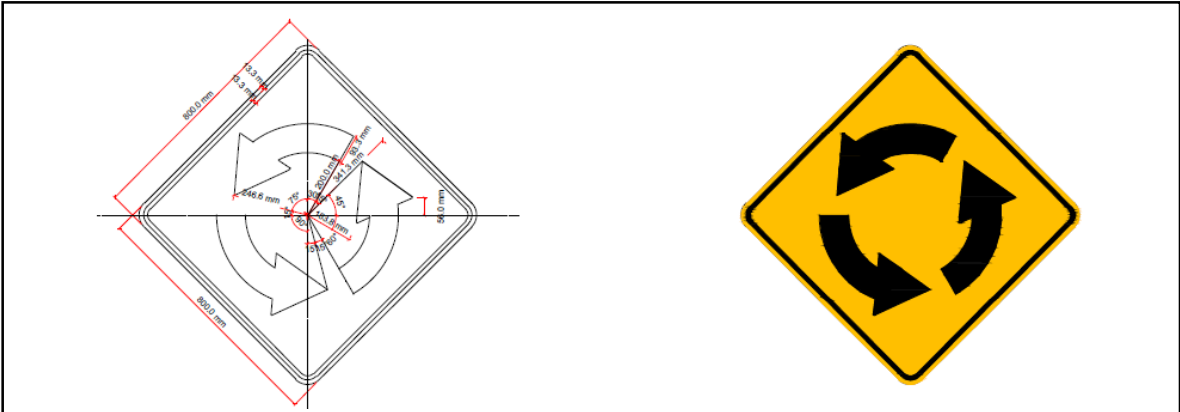
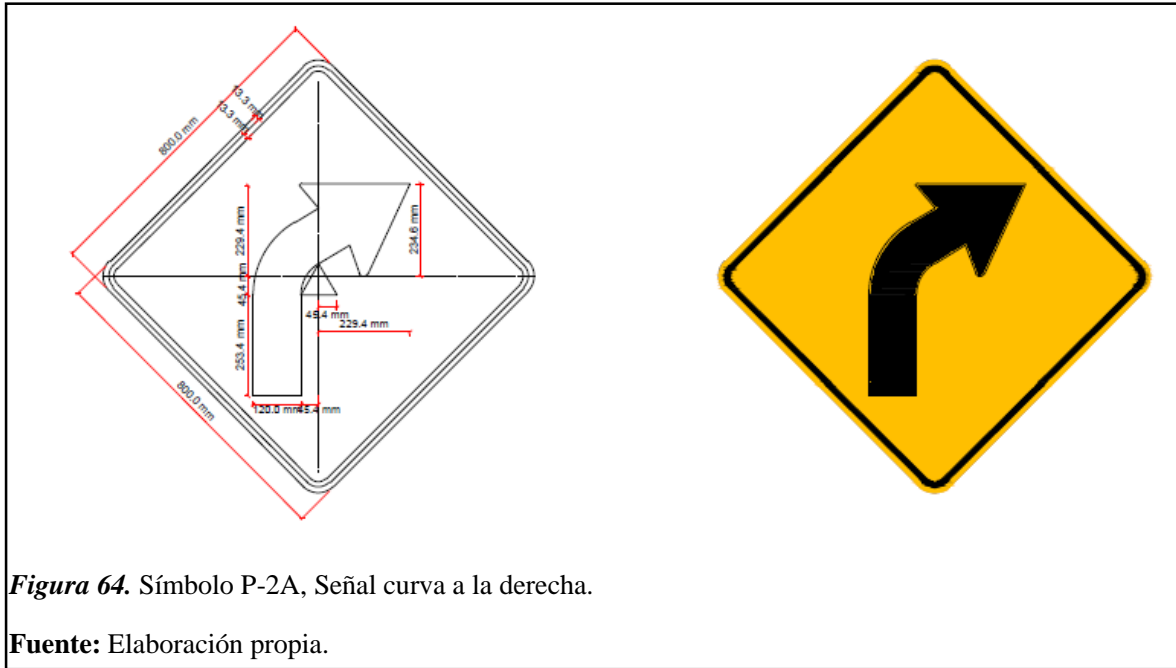


Figura 63. Símbolo P-15 Señal intersección rotatoria.

Fuente: Elaboración propia.

P-2A, Curva a la derecha. - Las dimensiones que se usó corresponden para una vía con velocidad de diseño de 60 - 70 km/h, puesto que se ubicara en la Av. Prolongación Francisco Bolognesi, cuyas medidas se muestran en la figura siguiente:



3.6. Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras

A continuación se presenta la relación de planos del presente proyecto:

U-01: Plano de ubicación del proyecto.

T-01: Levantamiento topográfico-perfil longitudinal Vía Evitamiento.

T-02: Levantamiento topográfico-perfil longitudinal Av. Prol. Fco. Bolognesi.

A-01: Planta General de Geometría del proyecto.

A-02: Geometría del intercambio vial a desnivel.

A-03: Secciones transversales del intercambio vial a desnivel.

A-04: Elevaciones y detalles del intercambio vial a desnivel.

A-05: Geometría de Rotonda en Av. Prol. Fco. Bolognesi.

A-06: Secciones transversales de rotonda.

P-01: Planta y perfil longitudinal: Vía Evitamiento.

P-02: Planta y perfil longitudinal: calzada central de rotonda.

P-03: Planta y perfil longitudinal: brazo rotonda Noroeste.

P-04: Planta y perfil longitudinal: brazo rotonda Suroeste.

P-05: Planta y perfil longitudinal: brazo rotonda Sureste.

P-06: Planta y perfil longitudinal: brazo rotonda Noreste.

P-07: Planta y perfil longitudinal enlace Vía Evitamiento – Av. Prol. Fco. Bolognesi.

S-01: Secciones transversales Vía Evitamiento km 0+000 – km 0+580.

S-02: Secciones transversales Vía Evitamiento km 0+600 – km 1+140.

S-03: Secciones transversales Vía Evitamiento km 1+160 – km 1+340.

S-04: Secciones transversales calzada central de rotonda.

S-05: Secciones transversales brazo rotonda Noroeste: Vía Evitamiento – Rotonda.

S-06: Secciones transversales brazo rotonda Suroeste: Av. Prol. Fco. Bolognesi – Rotonda.

S-07: Secciones transversales brazo rotonda Suroeste: Vía Evitamiento – Rotonda - km 0+000 - km 0+230.

S-08: Secciones transversales brazo rotonda Suroeste Vía Evitamiento – Rotonda - km 0+240 - km 0+430.

S-09: Secciones transversales brazo rotonda Sureste Vía Evitamiento – Rotonda - km 0+000 - km 0+280.

S-10: Secciones transversales brazo rotonda Sureste Vía Evitamiento – Rotonda - km 0+290 - km 0+550.

S-11: Secciones transversales brazo rotonda Noreste Av. Prol. Fco. Bolognesi – Rotonda.

S-12: Secciones transversales brazo rotonda Noreste Vía Evitamiento – Rotonda.

S-13: Secciones transversales enlace Vía Evitamiento – Av. Prol. Fco. Bolognesi.

E-01: Refuerzo en tablero y barrera New Jersey.

E-02: Detalle de refuerzo en tablero.

E-03: Vigas de acero estructural.

- E-04: Detalles de conexiones en diafragma y conectores de corte.
 - E-05: Apoyos de Neopreno.
 - E-06: Pilares.
 - E-07: Dimensionamiento de Estribos Sur.
 - E-08: Dimensionamiento de Estribos Norte.
 - E-09: Refuerzo en Estribos Norte y Sur.
 - E-10: Rampas de acceso con suelo reforzado: Sistema Muro-Mesa.
 - S-01: Señalización en intercambio vial.
 - S-02: Señalizaciones verticales.
 - S-03: Señalizaciones horizontales.
 - I-01: Iluminación en intercambio vial a desnivel.
- Presentación de planos ver **Anexo 16**

3.7. Presupuesto a Nivel Estructural

Se realizó el presupuesto de la especialidad de estructuras para el intercambio vial a desnivel, cuyo monto asciende a treintitres millones novecientos cincuentiun mil trescientos nueve y 34/100 soles (33, 951, 309.34), el cual se subdivide en tres subpresupuestos:

- Subpresupuesto 001: Vías y Rotonda : 3, 484, 244.40
- Subpresupuesto 002: Puente Vehicular : 7, 125, 628.50
- Subpresupuesto 003: Rampas de Acceso : 23, 341, 436.44

A continuación muestra el resumen de los subpresupuestos (Para mayor detalle ver **Anexo 11, 12 y 13**):

SUBPRESUPUESTO: VÍAS Y ROTONDA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	TRABAJOS PRELIMINARES				308,246.82
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 6.00x3.60m	und	1.00	1,155.88	1,155.88
01.02	CERCO PERIMÉTRICO DE OBRA	m	3,484.00	86.11	300,007.24
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,690.00	2,690.00
01.04	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	km	2.75	1,597.71	4,393.70
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,048,799.88
02.01	LIMPIEZA DE ZONA DE TRABAJO	ha	3.33	3,965.48	13,205.05
02.02	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO	m3	35,447.66	2.93	103,861.64
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	41,599.97	1.20	49,919.96
02.04	TERRAPLEN CON MATERIAL DE CANTERA	m3	1,243.64	68.45	85,127.16
02.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	44,309.57	17.98	796,686.07
03	SUB BASES Y BASES				602,291.96
03.01	SUB - BASE GRANULAR	m3	10,139.27	39.49	400,399.77
03.02	BASE GRANULAR	m3	3,439.39	58.70	201,892.19
04	PAVIMENTOS				296,912.69
04.01	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	5,946.20	3.02	17,957.52
04.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	m3	1,067.79	244.26	260,818.39
04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO RÍGIDO	m2	28.27	52.92	1,496.05
04.04	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO DE f'c=210 kg/cm2	m3	56.27	295.73	16,640.73
05	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				94,966.20
05.01	CUNETA TRIANGULAR REVESTIDA f'c=175 kg/cm2	m	667.53	105.28	70,277.56
05.02	SARDINEL PERALTADO	m	629.01	39.25	24,688.64
06	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				25,092.12
06.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und	9.00	531.07	4,779.63
06.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	6.00	707.41	4,244.46
06.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	4.00	724.22	2,896.88
06.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	1,298.90	9.05	11,755.05
06.05	TACHA RETROREFLECTIVA	und	98.00	14.45	1,416.10
07	IMPACTO AMBIENTAL				126,020.40
07.01	MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	25,060.00	25,060.00
07.02	PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	glb	1.00	38,666.30	38,666.30
07.03	CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL	glb	1.00	37,147.05	37,147.05
07.04	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS	glb	1.00	25,147.05	25,147.05
	COSTO DIRECTO				2,502,330.07
	GASTOS GENERALES (10%)				250,233.01
	UTILIDAD (8%)				200,186.41
	SUBTOTAL				2,952,749.49
	I.G.V (8%)				531,494.91
	TOTAL SUBPRESUPUESTO				3,484,244.40

SON: TRES MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTICUATRO MIL DOSCIENTOS CUARENTICUATRO Y 40/100 SOLES

SUBPRESUPUESTO: PUENTE VEHICULAR

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	TRABAJOS PRELIMINARES				19,002.61
01.01	LIMPIEZA DE ZONA DE TRABAJO	ha	0.18	3,965.48	713.79
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	0.18	1,732.65	311.88
01.03	CAMPAMENTOS	glb	1.00	17,976.94	17,976.94
02	SUB ESTRUCTURA				1,269,106.73
02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL SUELTO EN SECO	m3	1,264.80	2.93	3,747.76
02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,190.72	17.98	21,569.71
02.03	RELLENO ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m3	390.28	28.66	11,441.65
02.04	CONCRETO ARMADO PREMEZCLADO, EN SECO $f_c=280$ kg/cm ²	m3	1,449.71	353.64	515,709.68
02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO	m2	436.58	47.95	20,934.01
02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA, EN SECO	m2	615.77	48.63	29,944.90
02.07	ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200$ kg/cm ²	kg	169,025.52	3.93	665,759.02
03	SUPERESTRUCTURA				3,479,716.53
03.01	CONCRETO ARMADO PREMEZCLADO $f_c=280$ kg/cm ²	m3	368.07	353.64	130,164.27
03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	m2	1,598.30	48.63	77,725.33
03.03	ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200$ kg/cm ²	kg	43,945.36	3.93	172,705.26
03.04	FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	309.65	7,909.52	2,449,182.87
03.05	TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	309.65	305.13	94,483.50
03.06	MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA INC. EMPALME	ton	309.65	1,109.77	343,640.28
03.07	PROCESO DE ARENADO DE VIGAS METÁLICAS	ton	309.65	337.61	104,540.94
03.08	PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	309.65	228.16	70,649.74
03.09	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	m3	149.94	244.26	36,624.34
04	VARIOS				224,522.65
04.01	JUNTAS DE DILATACIÓN METÁLICA	m	70.40	566.73	39,897.79
04.02	APOYOS DE NEOPRENO	und	48.00	2,054.40	98,611.20
04.03	TUBERÍAS DE DRENAJE D=3"	und	108.00	43.78	4,728.24
04.04	PRUEBA DE CARGA DE SUPERESTRUCTURA	glb	2.00	40,642.71	81,285.42
05	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				125,166.92
05.01	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	707.41	1,414.82
05.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	62.63	9.05	566.80
05.03	BARRERAS DE SEGURIDAD	m	351.60	333.79	117,360.56
05.04	TACHA RETROREFLECTIVA	und	30.00	14.45	433.50
05.05	ILUMINACION VERTICAL TIPO POSTES PARA PUENTE	und	6.00	898.54	5,391.24
	COSTO DIRECTO				5,117,515.44
	GASTOS GENERALES (10%)				511,751.54
	UTILIDAD (8%)				409,401.24
	SUBTOTAL				6,038,668.22
	I.G.V (8%)				1,086,960.28
	TOTAL SUBPRESUPUESTO				7,125,628.50

SON: SIETE MILLONES CIENTO VENTICINCO MIL SEICIENTOS VENTIOCHO Y 50/100 SOLES

SUBPRESUPUESTO: RAMPAS DE ACCESO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	TRABAJOS PRELIMINARES				990.58
01.01	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	km	0.62	1,597.71	990.58
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				5,515,797.38
02.01	LIMPIEZA DE ZONA DE TRABAJO	ha	1.35	3,965.48	5,353.40
02.02	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO	m3	13,046.72	2.93	38,226.89
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	13,530.68	1.20	16,236.82
02.04	TERRAPLENES CON MATERIAL DE CANTERA, CAPAS DE 0.20 m	m3	105,081.23	48.03	5,047,051.48
02.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	16,308.39	17.98	293,224.85
02.06	LECHO FILTRANTE C/GRAVA e=30cm	m3	1,343.52	86.12	115,703.94
03	SUB BASES Y BASES				328,608.77
03.01	SUB - BASE GRANULAR	m3	3,295.16	39.49	130,125.87
03.02	BASE GRANULAR	m3	3,381.31	58.70	198,482.90
04	PAVIMENTOS				301,830.02
04.01	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	10,948.96	3.02	33,065.86
04.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	m3	1,100.32	244.26	268,764.16
05	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				48,834.85
05.01	SARDINEL PERALTADO	m	1,244.20	39.25	48,834.85
06	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				589,490.73
06.01	CONCRETO $f_c= 175 \text{ kg/cm}^2$ PARA BASES DE MURO MESA	m3	1,244.20	291.95	363,244.19
06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO	m2	248.84	47.95	11,931.88
06.03	CONCRETO $f_c= 175 \text{ kg/cm}^2$ PARA BASE DE BARRERA	m3	734.08	291.95	214,314.66
07	MURO DE TIERRA REFORZADA				9,557,088.49
07.01	BLOQUE MESA ESTANDAR	m2	66,555.34	123.94	8,248,868.84
07.02	COLOCACIÓN DE CONECTORES ESTÁNDAR	m	31,931.32	9.71	310,053.12
07.03	COLOCACIÓN DE GEOMALLAS	m2	86,646.40	11.52	998,166.53
08	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				420,815.40
08.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	444.81	9.05	4,025.53
08.02	BARRERAS DE SEGURIDAD	m	1,244.20	333.79	415,301.52
08.03	TACHA RETROREFLECTIVA	und	103.00	14.45	1,488.35
	COSTO DIRECTO				16,763,456.22
	GASTOS GENERALES (10%)				1,676,345.62
	UTILIDAD (8%)				1,341,076.50
	SUBTOTAL				19,780,878.34
	I.G.V (8%)				3,560,558.10
	TOTAL SUBPRESUPUESTO				23,341,436.44

SON: VEINTITRES MILLONES TRESCIENTOS CUARENTIUN MIL CUATROCIENTOS TRENTISEIS Y 44/100 SOLES

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico que se realizó, comprende un tramo de 1500 m en la dirección longitudinal de la Vía Evitamiento, distribuidos en 950 m en sentido Norte y 550 m en sentido Sur, desde donde se ubicó la estructura principal de entrecruzamiento del intercambio vial, cumpliendo con el mínimo de 100 m en ambos lados en la dirección longitudinal, que establece el “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Además, el levantamiento topográfico fue realizado bajo el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido al sistema geodésico WGS-84 (World Geodetic System de 1984), tomándose como referencia los siguiente BMs:

Tabla 27. *BMs de referencia*

Puntos de Control	BM - 01	BM - 02
Coord. UTM Norte	9250360.458	9249457.038
Coord. UTM Este	624638.805	625180.971
Cota	38.000	26.631
Datum	WGS-84	WGS-84

Fuente: Elaboración propia

Cumplíndose de tal manera la georreferenciación del trabajo realizado al Sistema Geodésico Oficial que tiene a su cargo el IGN (Instituto Geográfico Nacional), tal como lo establece el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

4.2. Estudios Geotécnicos

4.2.1. Estudios de exploración geotécnica.

Conforme lo establece el “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), se realizó el ensayo de campo: Ensayo de Penetración Estándar (SPT) en una cantidad de 3 ensayos, siguiendo el procedimiento establecido en el “Manual de Ensayo de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), el que a su vez hace referencia a las normativas: NTP 339.134, ASTM D 2488 y ASTM D 4220.

4.2.2. Estudios de Mecánica de Suelos.

Los Estudios de Mecánica de Suelos son ensayos de laboratorio que junto a los ensayos de campo conforman los estudios geotécnicos, tal como indica el “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018). Estos ensayos se consideraron conforme al listado que propone el referido manual, cuyo procedimiento se realizó de acuerdo a las normativas especializadas que fueron mencionadas anteriormente en la **tabla N° 10**.

4.2.2.1. *Contenido de Humedad.*

Los suelos presentan una variedad de características físicas y muy diferentes entre ellas, que nos permiten entender su composición y por tanto adoptar medidas adecuadas y preventivas si se desea interactuar con estas. La determinación del contenido de humedad en todas las muestras ensayadas se realizó siguiendo las pautas de las normativas vigentes de la NTP 339.127 y la sección de suelos del “Manual de Ensayos de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) consignado en MTC E 108.

4.2.2.2. *Análisis Granulométrico por tamizado.*

En un estrato de suelo, las diferentes partículas presentan diferentes tamaños de partículas dependiendo de ello éstas pueden clasificarse como gravas, arenas, limos y arcillas. El análisis granulométrico por tamizado en todas las muestras ensayadas se realizó siguiendo las pautas de las normativas vigentes de la NTP 339.128 y la sección de suelos del “Manual de Ensayos de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) consignado en MTC E 107.

4.2.2.3. *Límites de Atterberg.*

Los suelos se pueden encontrar en diferentes estados como sólido, semisólido y a la vez pueden comportarse como un líquido, es por ello que vale conocer estos puntos de cambio de estado a través de su límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad o también conocido como Límites de Atterberg. Para la determinación del Límite Líquido se siguió las pautas de las normativas vigentes de la NTP 339.129 y la sección de suelos del “Manual de Ensayos de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) consignado en MTC E 110. Para la determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad

se realizó siguiendo las pautas de las normativas vigentes de la NTP 339.129 y la sección de suelos del “Manual de Ensayos de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) consignado en MTC E 111.

4.2.2.4. Clasificación de suelos.

Conocer el tipo de suelo antes de un proyecto es muy importante puesto que nos ayuda a determinar sus características y propiedades de dicho elemento, con la finalidad de escoger una cimentación adecuada para la estructura que se pretende realizar. La clasificación del suelo se realizó siguiendo los criterios establecidos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la metodología de clasificación AASHTO (Asociación Americana Oficial de Carreteras Estatales y Transportes).

4.2.2.5. Contenido de Sales Solubles.

La presencia de sales en un estrato y por ende en el suelo determinan las características del tipo de elementos a utilizar en dicho punto o zona, es así que el “Reglamento Nacional de Edificaciones” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018) establece parámetros de afección de dichas sales ante una estructura como insignificante, moderado, severo y alta mente severo si estos están entre 0.0% a 0.1%, de 0.1% a 0.2%, 0.2% a 0.4% y más del 0.4% respectivamente. La presencia de sales en los estratos se encontró de forma insignificante y moderado. El contenido de sales solubles en todas las muestras ensayadas se realizó siguiendo las pautas de la normativa vigente NTP 339.152.

4.2.2.6. Gravedad Específica de Sólidos.

La gravedad específica de fase sólida de suelos expresa la relación entre la masa de un cierto volumen de sólido a una determinada temperatura y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas, a la misma temperatura. La gravedad específica de fase sólida de suelos se realizó siguiendo el procedimiento de ensayo dispuesto en la normativa vigente NTP 339.131 y el “Manual de Ensayo de Materiales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) en su sección Suelos código MTC E 113.

4.3. Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel

Los parámetros de diseño geométrico en planta y perfil de la vía, se determinaron bajo los criterios del “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) específicamente en lo referido en su sección 503 (Intersecciones a Desnivel), además de ello se tomó en cuenta los parámetros establecidos en el “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) en su artículo 2.1.4 (Geometría); así mismo en cuanto al diseño de la sección transversal del puente se tomó las dimensiones geométricas de las calzadas que presenta la actual Vía Evitamiento, y algunos parámetros también establecidos en los manuales antes mencionados.

4.4. Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel

El diseño de cada uno de los elementos estructurales que componen el intercambio vial a desnivel se realizó tomando en cuenta las especificaciones dispuestas por el código de diseño norteamericano “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications” (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017) en sus secciones:

Sección 1.3 Filosofía de diseño

Sección 3: Cargas y factores de carga

Sección 5: Estructuras de concreto

Sección 6: Estructuras de acero

Sección 9: Losas y sistemas de losas

Sección 11: Paredes, estribos y muelles.

4.5. Selección de los Dispositivos de Señalización

Todo proyecto de infraestructura vial debe contar con una señalización adecuada para controlar el tránsito y dar seguridad a los usuarios de la vía, conforme a las características propias de ésta; por lo cual en el presente proyecto se seleccionaron los dispositivos

contenidos en el “Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

4.5.1. Señalización horizontal o demarcación en el pavimento.

Este tipo de señalización que en su mayoría corresponden a líneas trazadas en la carpeta asfáltica o pavimento, se seleccionaron de acuerdo a la geometría del diseño, el entorno geográfico, las direcciones y sentidos de circulación. Los colores dependen de la restricción o permiso que se conceda y las dimensiones en algunos casos son estándares, otros son calculados conforme a las dimensiones geométricas de la vía o seleccionados en función a la velocidad directriz o de diseño que para este caso es de 80 Km/h en Vía Evitamiento, 60 Km/h en la Av. Prolongación Francisco Bolognesi y 30 Km/h en vías de enlace. Toda la señalización que se empleó se encuentran determinadas en el “Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

4.5.2. Señalización vertical.

Este tipo de señalización se seleccionó teniendo en cuenta su clasificación, función, color, formas y tamaño, siendo este último las dimensiones correspondientes para la velocidades directrices o de diseño de 80 Km/h, 30 Km/h y 60km/h que pertenece al presente proyecto y que se encuentran determinadas en el “Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

4.6. Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras

Para la elaboración de planos se tomaron en cuenta indicaciones sobre escalas de presentación y detalles a incluir en los planos por cada especialidad que se mencionan en el “Manual de Puentes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

4.7. Presupuesto a Nivel Estructural

El presupuesto se realizó en base a los metrados realizados por cada partida que componen el presupuesto del proyecto, para lo cual se realizó previamente el análisis de precios unitarios por partida.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Levantamiento Topográfico.

El levantamiento topográfico se realizó en un tramo de 1500 m en la dirección longitudinal de la Vía Evitamiento, distribuidos en 950 m en lado Norte y 550 m en lado Sur. En la Av. Prolongación Francisco Bolognesi se realizó en un tramo de 380 m, distribuidos en 190 m al lado Este y 190 m al lado Oeste.

5.1.2. Estudios Geotécnicos.

El cálculo de la capacidad portante del suelo se determinó mediante el empleo de 3 perforaciones SPT (Ensayo de penetración estándar), llegando a obtener una capacidad admisible de 5.18 kg/cm² para Pilares y 5.50 kg/cm² para Estribos. El tipo de suelo a la profundidad de cimentación pertenece al grupo GP, grava pobremente graduada con arena.

5.1.3. Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel.

El diseño del intercambio a desnivel mantendrá el mismo alineamiento existente y sus parámetros de diseño, ya que no se está diseñando toda la carretera sino solo un tramo; así se tiene: 2 calzadas divididas de 7.20 m (actualmente presenta 6.60 m, consideramos 7.20 m en caso de una posible ampliación futura), separador central variable, berma exterior de 1.60 m., gálibo de 5.56 m.

5.1.4. Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel.

El puente tiene una sección independiente de 9.60 m con 2 carriles de 3.60 m cada sección y una berma externa de 1.60 m. El tablero tiene un espesor de 0.20 m y la viga que se utilizó es de acero estructural ASTM A572 Gr50. Para el diseño se usó la carga vehicular HL-93. En la cimentación de estribos y pilares se utilizó una cimentación superficial garantizando un galibo de 5.56 m.

5.1.5. Selección de Dispositivos de Señalización.

Se empleó señales de información, señales preventivas y señales de reglamentación o reguladoras. No se ha considerado el empleo de semaforización.

5.1.6. Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras.

Con la elaboración de la propuesta de diseño se logró los niveles de seguridad, comodidad y de estética, necesarios para la intersección.

5.1.7. Presupuesto a nivel estructural

El presupuesto de la obra asciende a treintitres millones novecientos cincuentiun mil trescientos nueve y 34/100 soles (33, 951, 309.34). Revisar “**Anexo 12: Presupuesto**”

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Levantamiento Topográfico.

Se recomienda un replanteado de todos los puntos y secciones levantadas, para una mejor precisión de los puntos.

5.2.2. Estudios Geotécnicos.

Se recomienda que se realicen más puntos de exploración a mayores profundidades al que se obtuvo en la presente tesis, en donde se ubicaran los estribos, pilares y terraplén.

5.2.3. Diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel.

Se recomienda a la Entidad Pública encargada de este tipo de proyectos, que antes de su ejecución debe ser verificado y aprobado por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos del Perú.

5.2.4. Diseño Estructural del Intercambio Vial a Desnivel.

Se recomienda capacitar a la población aledaña del intercambio vial sobre los cuidados, el funcionamiento y seguridad vial que se debe tener en consideración sobre este tipo de estructuras.

5.2.5. Selección de Dispositivos de Señalización.

Se recomienda el estudio de tránsito peatonal, para las construcciones de pasos peatonales a desnivel ya que en el presente proyecto no se tomó en cuenta para el resto del tramo.

5.2.6. Elaboración de Planos: Ubicación, Arquitectura, Estructuras y Señalización.

Se recomienda cumplir con todas las dimensiones y especificaciones detalladas en los planos del proyecto, en caso de modificaciones debe ser bajo justificación técnica.

5.2.7. Presupuesto a nivel estructural.

Se recomienda actualizar los precios a la fecha en que se estudia y/o evalúa la parte económica del intercambio vial.

VI. ANEXOS

6.1. Anexo 01: Guías de Observación

A) Registro de puntos y Estaciones de Levantamiento Topográfico

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO																																																																																	
Tesis	:	DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VIA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE																																																																															
Tesistas	:	ABANTO CUBAS, Luis Alberto PEDRAZA VILLALOBOS, Wilson																																																																															
Ubicación	:	Dstro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.																																																																															
Fecha	:																																																																																
I.- Estaciones del Levantamiento																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th rowspan="2" style="width: 15%;">Estación</th><th colspan="2" style="width: 40%;">Coordenadas</th><th rowspan="2" style="width: 15%;">Cota msnm</th></tr><tr><th style="width: 15%;">Norte</th><th style="width: 15%;">Este</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>					Estación	Coordenadas		Cota msnm	Norte	Este																																																																							
Estación	Coordenadas		Cota msnm																																																																														
	Norte	Este																																																																															
II.- Puntos del Levantamiento																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th rowspan="2" style="width: 15%;">Punto</th><th colspan="2" style="width: 40%;">Coordenadas</th><th rowspan="2" style="width: 15%;">Cota msnm</th><th rowspan="2" style="width: 30%;">Descripción</th></tr><tr><th style="width: 15%;">Norte</th><th style="width: 15%;">Este</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>					Punto	Coordenadas		Cota msnm	Descripción	Norte	Este																																																																						
Punto	Coordenadas		Cota msnm	Descripción																																																																													
	Norte	Este																																																																															

C) Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD							
Proyecto:	DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE						
Tesistas:	Abanto Cubas, Luis Alberto Pedraza Villalobos, Wilson						
Ubicación:	Distro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.						
SONDAJE N°:							
Muestra	Profundidad (m)		N° Tara	W. Tara + Mue. Hum.	W. Tara + Mue. Sec.	W. Tara	% Humedad
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					
		-					

D) Análisis Granulométrico por Tamizado

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN						
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel						
Tesis	: DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE					
Tesistas:	: Abanto Cubas, Luis Alberto Pedraza Villalobos, Wilson					
Ubicación	: Dstro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.					
Fecha de apertura	:					
ENSAYO	: SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico					
NORMA DE REFERENCIA	N.T.P. 399.128 : 1999					
Calicata:	Muestra:					Profundidad:

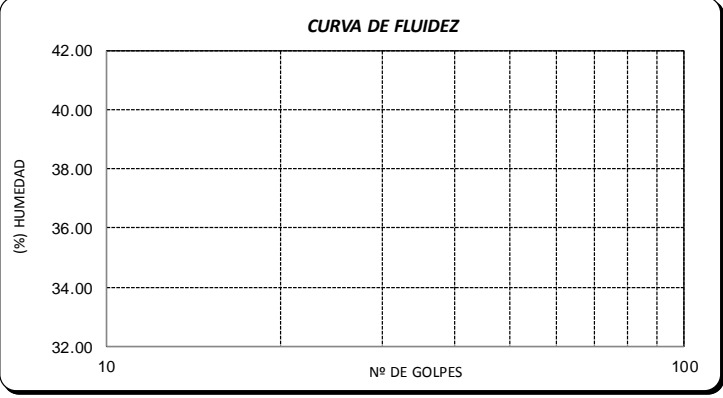
TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000					PESO TOTAL : g.
2 1/2"	63.000					PESO LAVADO seco : g.
2"	50.000					PESO FINO : g.
1 1/2"	37.500					LIMITE LIQUIDO : %
1"	25.000					LIMITE PLASTICO : %
3/4"	19.000					INDICE PLASTICIDAD : %
1/2"	12.500					CLASF. AASHTO :
3/8"	9.500					CLASF. SUCS :
1/4"	6.300					DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750					Limo de baja plasticidad con arena
Nº10	2.000					Ensayo Malla Nº200
Nº20	0.850					P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.425					% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) H.
Nº60	0.260					
Nº140	0.106					MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075					Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO					Coef. Curvatura

CURVA GRANULOMETRICA


Grava			Arena			Arcilla y Limos
Gruesa	Fina		Gruesa	Media	Fina	
3"	2" 1 1/2"	1" 3/4"	1/2" 3/8"	1/4" Nº4	Nº10	Nº40
						Nº140 Nº200

Observaciones:

E) Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN						
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel						
Tesis	: DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE					
Tesistas	: Abanto Cubas, Luis Alberto Pedraza Villalobos, Wilson					
Ubicación	: Dstro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.					
Fecha de apertura						
ENSAYO	: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo					
NORMA DE REFERENCIA	N.T.P. 399.131					
Calicata:	Muestra:				Profundidad:	
Datos de ensayo.		Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tara						
N° de golpes						
Tara + suelo húmedo						
Tara + suelo seco						
Agua						
Peso de la tara						
Peso del suelo seco						
Porcentaje de humedad						
CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA						
Límite Líquido						
Límite Plástico						
Índice de Plasticidad						
						
Observaciones:						

F) Contenido de Sales Solubles

	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Tesis : DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE	
Tesistas : Abanto Cubas, Luis Alberto Pedraza Villalobos, Wilson	
Ubicación : Dstro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	
Fecha de ensayo :	
Ensayo : Determinación del contenido de sales solubles en suelos.	
Norma de referencia : N.T.P. 399.152 : 2002	
Calicata :	

1	Muestra				
2	Profundidad				
4	Peso de tara (g.)				
5	Peso de tara + residuo de sales (g.)				
6	Peso de residuo de sales (g.)				
7	Volumen de agua destilada usada (ml)				
8	Volumen de la solución tomada (ml)				
9	Relación de la mezcla: agua destilada /Suelo				
Constituyentes de salas solubles totales (ppm)					
Constituyentes de salas solubles totales en peso seco (%)					

G) Método de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos de suelo mediante picnómetro de agua

ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS DE SUELO

TESIS : **DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. BOLOGNESI Y LA VÍA EVITAMIENTO DE LA CIUDAD DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE.**

TESISTAS : Abanto Cubas, Luis.
Pedraza Villalobos, Wilson.

UBICACIÓN : Dstro. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

FECHA :

SPT :

Altura de estrato (m)					
N° del picnómetro					
Masa del picnómetro (gr)					
Masa de la muestra seca + picnómetro (gr)					
Masa de la muestra seca (gr)					
Masa del picnómetro+muestra seca+agua (gr)					
Temperatura de ensayo en °C					
Masa del picnómetro+agua (gr)					
Peso específico del suelo a temp de ensayo					
Coficiente K para una temperatura a 20°C					
Gravedad específica del suelo (Gs) a 20 ° C					

6.2. Anexo 02: Presupuesto de elaboración de informe de tesis

Detalle	Cantidad	Unidad	Valor (s/.)	Veces	Parcial (s/.)	Financ.	Total (s/.)
Topografía							2,805.00
Estación total	1 días		120.00	3	360.00	Propio	
Gps	1 días		35.00	3	105.00	Propio	
Personal	6 días		100.00	3	1,800.00	Propio	
Seguridad	1 días		180.00	3	540.00	Propio	
Exploración geotécnica							5,060.00
Ensayo de Penetración Estándar	14.8 m		200.00	1	2,960.00	Universidad	
Personal	5 uni		100.00	3	1,500.00	Propio	
Movilidad	2 uni		100.00	3	600.00	Propio	
Ensayos de laboratorio							3,300.00
Contenido de humedad	1 uni		10.00	22	220.00	Universidad	
Análisis granulométrico por tamizado (suelos finos)	1 uni		25.00	22	550.00	Universidad	
Límite líquido	1 uni		20.00	22	440.00	Universidad	
Límite plástico	1 uni		20.00	22	440.00	Universidad	
Sales solubles totales en suelos	1 uni		45.00	22	990.00	Universidad	
Gravedad específica de sólidos	1 uni		30.00	22	660.00	Universidad	
Equipo de cómputo							2,880.00
Equipo notebook Asus Core i5 inside	6 hr		1.00	240	1,440.00	Propio	
Equipo notebook Toshiba Core i5 inside	6 hr		1.00	240	1,440.00	Propio	
Transporte							600.00
Transporte salidas de campo por investigador	1 uni		300.00	1	300.00	Propio	
Transporte salidas de campo por investigador	1 uni		300.00	1	300.00	Propio	
Ploteos e impresiones							874.00
Ploteos	20 uni		3.00	4	240.00	Propio	
Impresiones	750 hojas		0.20	2	300.00	Propio	
Copias	750 hojas		0.05	2	75.00	Propio	
Ploteos Final	20 uni		3.00	1	60.00	Propio	
Impresión Final	750 hojas		0.20	1	150.00	Propio	
Archivadores	7 uni		7.00	1	49.00	Propio	
Costo Hora - Investigador							60,864.00
Costo Hora - Trabajo, por investigador	8 hr		15.85	240	30,432.00	Propio	
Costo Hora - Trabajo, por investigador	8 hr		15.85	240	30,432.00	Propio	
Otros							700.00
Varios e imprevistos por investigador	1 uni		350.00	1	350.00	Propio	
Varios e imprevistos por investigador	1 uni		350.00	1	350.00	Propio	
TOTAL							77,083.00

FINANCIAMIENTO	
PROPIO - Materiales, equipo, transporte, otros	9,959.00 Soles
PROPIO - Costo Hora - Investigador	60,864.00 Soles
UNIVERSIDAD	6,260.00 Soles
TOTAL	77,083.00 Soles

6.3. Anexo 03: Memoria descriptiva.

Ver tomo de Anexos.

6.4. Anexo 04: Estudio topográfico.

Ver tomo de Anexos.

6.5. Anexo 05: Estudio de mecánica de suelos.

Ver tomo de Anexos.

6.6. Anexo 06: Estudio de tráfico.

Ver tomo de Anexos.

6.7. Anexo 07: Estudio de impacto ambiental.

Ver tomo de Anexos.

6.8. Anexo 08: Diseño vial.

Ver tomo de Anexos.

6.9. Anexo 09: Memoria de cálculo.

Ver tomo de Anexos.

6.10. Anexo 10: Especificaciones técnicas.

Ver tomo de Anexos.

6.11. Anexo 11: Metrados.

Ver tomo de Anexos.

6.12. Anexo 12: Presupuesto.

Ver tomo de Anexos.

6.13. Anexo 13: Análisis de costos unitarios.

Ver tomo de Anexos.

6.14. Anexo 14: Fórmula polinómica.

Ver tomo de Anexos.

6.15. Anexo 15: Programación de obra.

Ver tomo de Anexos.

6.16. Anexo 16: Planos.

Ver tomo de Anexos.

6.17. Anexo 17: Vistas 3D.

Ver tomo de Anexos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington, DC.
- Cubas Llatas, I., & Dávila Bravo, E. D. (2014). *Diseño del intercambio vial a desnivel en la intersección de la Av. Felipe Santiago Salaverry y la Av. José Leonardo Ortiz, de la ciudad de Chiclayo – Lambayeque*. (Tesis de pregrado), Universidad Señor de Sipán, Chiclayo.
- Detquizan Rivasplata, P., & Quevedo Rivas, J. H. (2015). *Diseño del intercambio vial a desnivel en la intersección de la Av. Francisco Bolognesi y la Av. Luis Gonzáles, de la ciudad de Chiclayo – Lambayeque*. (Tesis de pregrado), Universidad Señor de Sipán, Chiclayo.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas* (Cuarta ed.). Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial* (Primera ed.). Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Glosario de partidas, Aplicables a Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras y Puentes*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Conservación Vial*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras* (Segunda ed.). Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Puentes*. Lima.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones* (Décima ed.). Lima: Megabyte.
- Municipalidad Distrital de Chiclayo. (2010). Reglamento para el sistema Vial Urbano de la Metrópoli de Chiclayo 2011 – 2016. En M. D. Chiclayo, *Modernización de la gestión del desarrollo urbano de la provincia de Chiclayo* (págs. 85-90). Chiclayo. Obtenido de http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PDU_MUNICIPALIDADES/CHICLAYO/PDU_CHICLAYO_REGLAMENTO_VIAL.pdf
- Núñez Rodríguez, L. M., Urrea Gomez, P. A., Martínez Orduña, C. A., & Ortiz García, J. P. (2016). *Diseño geométrico de los pasos a desnivel en la intersección de la carretera 63 con la autopista Sur en el sector de Villa del Río de la ciudad de Bogotá*. (Tesis de pre grado), Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4451/1/0.%20DOCUMENTO%20FINAL%20INTERSECCION%20VILLA%20DEL%20RIO_FINAL.pdf
- Otero Seminario, L. (2015). *Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica*. (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2263/ICI_216.pdf?sequence=1
- Quilumba Chachapoya, J., & Quintana Osejo, J. (2012). *Diseño del paso a desnivel en la intersección entre la avenida Escalon 1 y la avenida Maldonado, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha*. (Tesis de pregrado), Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3693>
- Rodríguez, A. (2016). *Puentes con AASHTO-LRFD 2014*. Chiclayo.