

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño estructural con la señalización horizontal y vertical del tablero del puente

“Gemelo” sobre el río Babahoyo

INGE – 2306

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Roy Steven Centeno Andino

Paula Romina Villao Bustamante

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023 – 2024

Dedicatoria

Dedico a mis padres, Carmen Amelia Andino
Argudo y Agustín Marcelo Centeno
Quispillo, quienes han sido mi ejemplo a
seguir.

Roy Stiven Centeno Andino.

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis papás, Isabel y Paúl, quienes han sido mi pilar constante, dándome aliento e inspiración en cada paso que he dado. A mi hermano, Paúl Andrés, quién estuvo a mi lado incondicionalmente sin importar las circunstancias. También a mis queridas abuelitas, Conchita y Margarita, brindándome apoyo y amor incondicional en los momentos buenos y malos.

Paula Villao Bustamante.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento primero a Dios por siempre darme la sabiduría de mantenerme centrado, segundo a mis profesores al Ingeniero Walter Hurtares, al Ingeniero Rafael Cabrera y a la Ingeniera Carola Gordillo que me compartieron sus conocimientos y ayudaron durante este proceso. Y por último a mis padres que siempre estaban allí brindándome su apoyo.

Roy Stiven Centeno

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a todos los ingenieros que llenos de sabiduría, contribuyeron en mi formación académica día a día en la institución. A toda mi familia, sin excepción de nadie, ya que cada uno aportó con su granito de arena, enseñándome de valores y llenándome de virtudes. También agradecida con Dios y la Virgencita, protegiéndome en todo momento. Y finalmente, a mis amigos más cercanos quienes me aconsejaban y me daban aliento en mis momentos mayor desafío.

Paula Villao Bustamante.

Declaración Expresa

Nosotros Roy Steven Centeno Andino y Paula Romina Villao Bustamante acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 26 de enero del 2024.



Roy Steven Centeno
Andino



Paula Romina Villao
Bustamante

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
LUIS DANILO DAVILA
GUAMAN

M. Sc. Danilo Dávila Guamán

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
WALTER FRANCISCO
HURTARES ORRALA

M. Sc. Walter Hurtares Orrala

Tutor de Proyecto

Resumen

El proyecto se enfoca en el diseño estructural del tablero y la implementación de señalizaciones del puente “Gemelo” aguas abajo sobre el río Babahoyo, en la provincia de los Ríos, debido al deterioro constante de la estructura existente. La investigación se basó en datos in situ y modelamientos, considerando factores de diseño, ambientales y socioeconómicos.

La alternativa propuesta conlleva el desarrollo de la losa central con placa colaborante y sistema losa-viga para los accesos del puente, el cual tiene las siguientes fases: 1) Diseño de elementos estructurales, utilizando parámetros de diseño de las AASHTO LRFD y ACI; 2) Implementación de señalizaciones viales, siguiendo el uso de la normativa INEN; 3.- Estudio de impacto ambiental, evaluado mediante el método de la matriz de Leopold; 4) Presupuesto del proyecto, determinado mediante el análisis de precios unitarios; 5) Elaboración de planos, utilizando el software REVIT.

Los resultados abarcan los planos estructurales y de señalización vial, presupuestos con sus respectivos APUS, y el cronograma de trabajo del proyecto. El diseño final, ubicado en una vía arterial del Ecuador, ayudará a fortalecer los sectores productivos locales, incrementar la comercialización y mejorar el tráfico vehicular en la zona.

Palabras Clave: puente, diseño estructural, señalización vial, presupuesto.

Abstract

The project focuses on the structural design of the deck and the implementation of signage for the Gemelo bridge downstream over the Babahoyo River, in the province of Los Ríos, due to the constant deterioration of the existing structure. The investigation was based on in situ data and modeling, considering design, environmental and socioeconomic factors.

The proposed alternative entails the development of the central slab with collaborating plate, and slab-beam system for the bridge approaches, which has the following phases: 1) Design of structural elements, using AASHTO LRFD and ACI design parameters; 2) Implementation of road signs, following the use of INEN standards; 3) Environmental impact study, evaluated using the Leopold matrix method; 4) Project budget, determined by unit price analysis; 5) Preparation of plans, using REVIT software.

The results include structural and road signage drawings budgets with their respective APUS, and the project work schedule. The final design, located on an arterial road in Ecuador, will help strengthen local productive sectors, increase commercialization, and improve vehicular traffic in the area.

Keywords: bridge, structural design, road signage, budgets.

Índice general

Evaluadores	VII
Resumen	VIII
Abstract	IX
Índice general	X
Abreviaturas	XV
Simbología	XVI
Índice de figuras	XVII
Índice de tablas	XX
Índice de planos.....	XXIII
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2	6
2. Materiales y métodos	7
2.1 Revisión de literatura.....	7
2.1.1 Definición de un puente	7

2.1.2	Geometría de un puente.....	7
2.1.3	Método de diseño para puentes de carreteras.....	9
2.1.4	Cargas Permanentes	10
2.1.5	Cargas Transitorias.....	10
2.2	Área de estudio	11
2.2.1	Generalidades	11
2.2.2	Ubicación geográfica.....	12
2.2.3	Demarcación política.....	13
2.2.4	Población.....	13
2.2.5	Área de influencia	13
2.2.6	Clima	14
2.3	Generalidades de puentes	14
2.3.1	Trabajo de campo	14
2.3.2	Topografía	15
2.3.3	TPDA	17
2.3.4	Mediciones menores.....	17
2.4	Análisis de datos.....	17
2.4.1	Altimetría	17
2.4.2	Tráfico promedio diario anual.....	18
2.4.3	Cargas.....	20
2.5	Análisis de alternativas	21
Capítulo 3	.....	26

3.	Diseños y especificaciones.....	27
3.1	Consideraciones para el diseño.....	27
3.2	Composición general de losas	27
3.3	Carpeta asfáltica	27
3.3.1	Tráfico promedio diario anual.....	28
3.3.2	ESALs	31
3.3.3	Pavimento flexible.....	33
3.4	Parte de los accesos del puente.....	36
3.4.1	Diseño de Losa	36
3.4.2	Diseño de viga principal.....	59
3.4.3	Diafragma.....	65
3.5	Parte central de la losa del puente	70
3.5.1	Panel de acero.....	70
3.5.2	Dimensionamiento de losa	71
3.5.3	Carga muerta	72
3.5.4	Carga viva	74
3.5.5	Carga última	74
3.5.6	Cortantes y momentos de la losa.....	74
3.5.7	Resistencia nominal.....	79
3.5.8	Cortante	79
3.5.9	Acero por retracción.....	80
3.5.10	Conector de corte	81

3.6	Protección lateral	81
3.6.1	Diseño de tubo de protección	81
3.6.2	Diseño de poste de protección.....	84
3.7	Señalización vial.....	86
3.7.1	Señalización vertical	86
3.7.2	Señalización horizontal	88
Capítulo 4	.....	91
4.	Estudio de impacto ambiental	92
4.1	Descripción del proyecto	92
4.2	Línea base ambiental	93
4.2.1	Tipo de clima.....	93
4.2.2	Precipitación.....	93
4.2.3	Hidrología.....	93
4.3	Actividades del proyecto	95
4.4	Identificación de impactos ambientales.....	97
4.5	Valoración de impactos ambientales	97
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	101
Capítulo 5	.....	102
5.	Presupuesto.....	103
5.1	Estructura desglosada de trabajo	103
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios (fusión).....	104
5.2.1	Rubro.....	104

5.2.2	Análisis de precios unitarios.	107
5.3	Descripción de cantidades de obra (revisar).....	109
5.4	Valoración integral del costo del proyecto	113
5.5	Cronograma de obra	114
Capítulo 6	.....	115
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	116
6.1	Conclusiones.....	116
6.2	Recomendaciones	117
REFERENCIAS	.....	118
PLANOS Y ANEXOS	.....	119

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
ACI	American Concrete Institute
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ESALs	Carga de Eje Equivalente
DC	Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no Estructurales
DW	Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos
EV	Presión vertical del peso propio del suelo de relleno
EH	Empuje horizontal del suelo
ES	Sobrecarga del suelo
DD	Fricción Negativa (down drag)
LL	Sobrecarga vehicular
PL	Sobrecarga peatonal
APU	Análisis de precio unitario

Simbología

m metro

mm milímetro

h hora

T toneladas

Kg kilogramos

Pam presión arterial media

Km kilómetro

Índice de figuras

Figura 1.1	Puente “Gemelo” aguas abajo sobre el rio Babahoyo	3
Figura 2.1	Vista de la seccion transversal de un puente.....	8
Figura 2.2	Peso de cada eje del camión de diseño	11
Figura 2.3	Ubicación en Google Earth del puente “Gemelo”	12
Figura 2.4	Planimetria de la vista superior.....	15
Figura 2.5	Altimetria lado izquierdo	16
Figura 2.6	Altimetria lado central	16
Figura 2.7	Altimetria lado derecho	16
Figura 2.8	Cargas vivas puntuales del camión de diseño.....	20
Figura 2.9	Cargas viva distribuida del camión de diseño	20
Figura 2.10	Alternativa A.....	22
Figura 2.11	Alternativa B.....	23
Figura 2.12	Alternativa C.....	23
Figura 3.1	Desvío estándar.....	34
Figura 3.2	Confiabilidad	34
Figura 3.3	Coeficientes estructurales para capas asfálticas.....	35
Figura 3.4	Software AASHTO 93	35
Figura 3.5	Carga muerta distribuida de la losa y barreras.....	39
Figura 3.6	Carga muerta distribuida de la capa de rodadura.....	39
Figura 3.7	Factor de presencia múltiple	40
Figura 3.8	Tolerancia de carga dinámica, IM	40
Figura 3.9	Fajas equivalentes	41
Figura 3.10	Momentos de la losa y barreras	42
Figura 3.11	Momentos de la capa de rodadura	42
Figura 3.12	Líneas de influencia en vigas continuas de tres tramos iguales.....	43

Figura 3.13	Expresiones para el momento flector en el apoyo B	44
Figura 3.14	Carga puntual por camión de diseño en software estructural	46
Figura 3.15	Cortantes por camión de diseño en software estructural	46
Figura 3.16	Momentos negativos dependiendo de la distancia desde el eje de la viga	47
Figura 3.17	Expresiones de la reaccion en el apoyo B.....	48
Figura 3.18	Expresiones para momento flector en el apoyo de B.....	52
Figura 3.19	Armado de losa	59
Figura 3.20	Vista transversal de la viga principal.....	60
Figura 3.21	Valores de momentos y reacciones maximas en tramos simplemente apoyados por sobrecarga	62
Figura 3.22	Vista lateral del diafragma	65
Figura 3.23	Carga sobre el diafragma	67
Figura 3.24	Momentos del diafragma	67
Figura 3.25	Novalosa tipo 55	70
Figura 3.26	Dimensiones de losa central	71
Figura 3.27	Dimensiones de un nervio de la losa nervada.....	73
Figura 3.28	Losa simplemente apoyada.....	75
Figura 3.29	Tramo 1.....	75
Figura 3.30	x1 para tramo 1	76
Figura 3.31	x2 para tramo 1	76
Figura 3.32	Tramo 2.....	77
Figura 3.33	x1 para tramo 2	77
Figura 3.34	Gráfica de cortante.....	78
Figura 3.35	Gráfica de momento.....	78
Figura 3.36	Losa compuesta.....	80
Figura 3.37	Conector de corte	81

Figura 3.38	Baranda metálica.....	86
Figura 3.39	Límite máximo de velocidad	87
Figura 3.40	Reductor de velocidad	88
Figura 3.41	Dimensiones de los demarcadores	89
Figura 3.42	Líneas longitudinales	89
Figura 3.43	Tránsito solo por derecha.....	90
Figura 4.1	ODS que participan en el proyecto	92
Figura 4.2	Río Babahoyo	94
Figura 4.3	Matriz de Leopold.....	99
Figura 5.1	Estructura desglosada de trabajo.....	103
Figura 5.2	Cronograma	114

Índice de tablas

Tabla 2.1	Materiales y sus propias densidades	10
Tabla 2.2	Distribución de la población del cantón Babahoyo según parroquias	13
Tabla 2.3	Datos topográficos de altimetría	18
Tabla 2.4	Factor de crecimiento vehicular	19
Tabla 2.5	Tráfico promedio diario anual.....	19
Tabla 2.6	Carga permanente.....	21
Tabla 2.7	Descripción de parámetros	22
Tabla 2.8	Ponderaciones	24
Tabla 2.9	Calificación de alternativas	24
Tabla 3.1	Tráfico diario.....	28
Tabla 3.2	Datos de tráfico	29
Tabla 3.3	Tasa de crecimiento vehicular.....	29
Tabla 3.4	TPDA proyectado.....	30
Tabla 3.5	Factor camión por eje.....	32
Tabla 3.6	Factor camión por tipo de camión.....	32
Tabla 3.7	Esals	33
Tabla 3.8	Momentos de losa y barreras.....	42
Tabla 3.9	Momentos de capa de rodadura.....	43
Tabla 3.10	Líneas de influencia del momento flector en el apoyo	44
Tabla 3.11	Distancias negativas debido a las distancias del camión de diseño	45
Tabla 3.12	Carril cargado y afectado del factor de presencia múltiple por el método A.....	45
Tabla 3.13	Momentos negativos del camión de diseño	46
Tabla 3.14	Para $s = 2.8$ m para momentos negativos.....	47
Tabla 3.15	Líneas de influencia de las reacciones en el apoyo.....	48
Tabla 3.16	Reacciones del apoyo negativos debido a las distancias del camión de diseño ...	49

Tabla 3.17	Carril cargado y afectado del factor de presencia múltiple por el método C	49
Tabla 3.18	Momentos negativos por método C	50
Tabla 3.19	Momento negativo, LL + IM en el apoyo B	50
Tabla 3.20	Momentos negativos por cargar en el apoyo B	51
Tabla 3.21	Líneas de influencia del momento flector en el apoyo B	52
Tabla 3.22	Momentos positivos debido a las distancias de camión de diseño.....	53
Tabla 3.23	Momentos positivos y negativos	53
Tabla 3.24	Para $s = 2.8$ m para momentos positivos.....	54
Tabla 3.25	Comparación de momentos positivos: LL + IM en el apoyo B	54
Tabla 3.26	Momentos positivos por cargas en el apoyo B.....	54
Tabla 3.27	Dimensiones de viga principal	60
Tabla 3.28	Momento positivo por carga de viga principal	63
Tabla 3.29	Tabla de datos del diafragma	65
Tabla 3.30	Cargas para el diafragma.....	66
Tabla 3.31	Momentos en el eje A debido al voladizo.....	66
Tabla 3.32	Propiedades de la sección Novalosa 55 mm	71
Tabla 3.33	Pesos unitarios usados en la losa central	72
Tabla 3.34	Especificaciones del material del tubo de acero	81
Tabla 3.35	Cargas usadas en la protección laterla	82
Tabla 3.36	Especificaciones del material del tubo de acero	84
Tabla 3.37	Cargas para poste de protección.....	84
Tabla 4.1	Fases del proyecto	96
Tabla 4.2	Componentes de la matriz de Leopold.....	97
Tabla 4.3	Calificación según la magnitud y la importancia	98
Tabla 4.4	Impacto agregado	100
Tabla 5.1	Análisis de precio unitario	108

Tabla 5.2	Cantidades de elementos del proyecto	109
Tabla 5.3	Cantidades de fresado de pavimento ásfaltico	109
Tabla 5.4	Cantidades de derrocamiento y desalojo de estructura de hormigón armado	109
Tabla 5.5	Cantidades de desbroce y limpieza	110
Tabla 5.6	Cantidades de replanteo y nivelación.....	110
Tabla 5.7	Cantidades de encofrado de los elementos estructurales	110
Tabla 5.8	Cantidades de hormigonado de los elementos estructurales	111
Tabla 5.9	Armado de la losa central del puente	111
Tabla 5.10	Pintura de señalización horizontal	111
Tabla 5.11	Señalización vertical y juntas.....	112
Tabla 5.12	Cantidades de acero de refuerzo de los elementos estructurales de los accesos del puente	112
Tabla 5.13	Valoración integral del costo del proyecto.....	113

Índice de planos

PLANO 1 Vista en planta de la calzada - Vista lateral - Vista transversal

PLANO 2 Armado de viga principal de acceso

PLANO 3 Armado de viga de diafragma - Armado de losa de acceso

PLANO 4 Armado de losa de la parte central del puente

PLANO 5 Señalización Horizontal - Señalización Vertical

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Entre las parroquias Rosa María y La Reforma, situadas en el cantón Babahoyo de la provincia de Los Ríos, se encuentra un puente, el cual, requiere una intervención urgente. Este es un punto esencial de conexión para la movilidad local. En la actualidad, este puente se encuentra en una situación precaria debido a su agotada vida útil, presentando deterioro y pandeo.

El puente además de encontrarse con desafíos estructurales, también cuenta con problemas en los sistemas de señalización. Este deterioro incrementa de una forma radical la ocurrencia de los siniestros vehiculares, generando una amenaza para la seguridad vial y, de igual manera, para la estabilidad económica del sector.

Este puente se encuentra ubicado en la vía principal de acceso al cantón Babahoyo, integrándose en la red de la E25, conocida como la "Troncal de la Costa". Esta arteria vial facilita, no solo la conexión con el propio cantón, sino también el acceso a recintos circundantes como Caluma, Ventanas, Baba, entre otros. La E25 cuenta con un papel esencial tanto en la movilización como en la comercialización de los sectores productivos de la zona.

La necesidad de rediseñar el tablero de este puente no solo surge por el estado crítico, también por la necesidad de garantizar la seguridad vial y preservar para la economía local. La presente investigación se propone abordar estos desafíos, dando soluciones innovadoras y sostenibles que no solo restauren la funcionalidad del puente, además, que contribuya al desarrollo integral y sostenible de la región.

1.2 Descripción del Problema

En ingeniería civil, los puentes son las estructuras que más hay que tenerles en cuenta. La problemática de este proyecto se basa en los inconvenientes que presenta la losa estructural a lo largo de todo el puente.

Los puentes se enfrentan a desafíos significativos a lo largo de vida útil, como problemas en su integridad estructural y funcionalidad. Por ejemplo, tenemos la pérdida de recubrimiento, la oxidación de armaduras, también la aparición de fisuras y grietas siendo afecciones de muchos de los elementos estructurales, de igual manera, complicaciones en las juntas y drenes del puente.

El problema se agrava con fenómenos como el resquebrajamiento del concreto del tablero, el mal funcionamiento de los drenes en el tablero, y la presencia de juntas altamente deterioradas, y en otros casos, la inexistencia de las juntas. En consecuencia, la seguridad del puente se ve muy comprometida, presentando desafíos operativos que perjudican la funcionalidad y eficiencia al pasar el tiempo.

Este proyecto busca plantear soluciones eficientes a esta problemática de forma integra para la reconstrucción del tablero del puente “Gemelo” aguas abajo. Se espera llevar las buenas prácticas de diseño que ayuden a prolongar el tiempo de vida útil de la estructura, garantizando su seguridad, eficiencia y sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Figura 1.1

Puente “Gemelo” aguas abajo sobre el río Babahoyo



Nota. Tomada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2023).

1.3 Justificación del Problema

La urgencia de abordar el problema con respecto al diseño del tablero de hormigón armado del puente “Gemelo” aguas abajo sobre el río Babahoyo nace como una iniciativa para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas. El puente además de ser un elemento para la movilización, fue construido con el propósito de potenciar la economía del cantón Babahoyo y aumentar la actividades productivas locales.

La realización de observaciones en campo con el inspector de la Dirección Distrital de Babahoyo reveló problemáticas en el tablero de hormigón armado del puente. La presencia de agujeros de gran magnitud, exponiendo los aceros de refuerzo, plantea una amenaza a la integridad estructural del puente. Además, la falta de juntas provoca un movimientos cuando los vehículos transitan, comprometiendo la seguridad y estabilidad del puente. La carencia de luminarias y señalizaciones agravan aún más la situación, impactando la seguridad vial y operación nocturna del puente.

Ante este escenario, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Guayas reconoce la necesidad de rediseñar el tablero del puente aguas abajo ubicado en el paso lateral Babahoyo. La justificación de este Proyecto Integrador trata de abordar de manera urgente las fallas existentes del puente, garantizando la integridad estructural, la seguridad vehicular y la funcionalidad óptima de dicha estructura. La consideración del tránsito proyectado de la vía y el análisis de alternativas idóneas en el nuevo diseño se presentan como pasos esenciales para la planificación y ejecución de esta mejora en la infraestructura local. El proyecto propuesto asegurará los parámetros de la sostenibilidad, seguridad vial y eficiencia operativa de esta infraestructura vital para el desarrollo económico del lugar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar la nueva estructura del tablero del puente “Gemelo”, mediante la evaluación de datos in situ para el desarrollo del sector productivo del cantón Babahoyo.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Proponer un sistema de señalización horizontal y vertical, a través de las especificaciones establecidas por la INEN para la mejora de seguridad vial.
2. Elaborar la estructura del tablero por medio de software de estructuras que garantice un diseño eficiente con alto rendimiento estructural.
3. Elaborar planos detallados que estimen los presupuestos y el desarrollo de un informe de impacto ambiental para la completa presentación del proyecto al cliente.

Capítulo 2

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 *Definición de un puente*

Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando continuidad a una vía, tal como indica Rodríguez (2014):

Suele sustentar un camino, una carretera o una vía férrea, pero también puede transportar tuberías y líneas de distribución de energía. 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 (p.7).

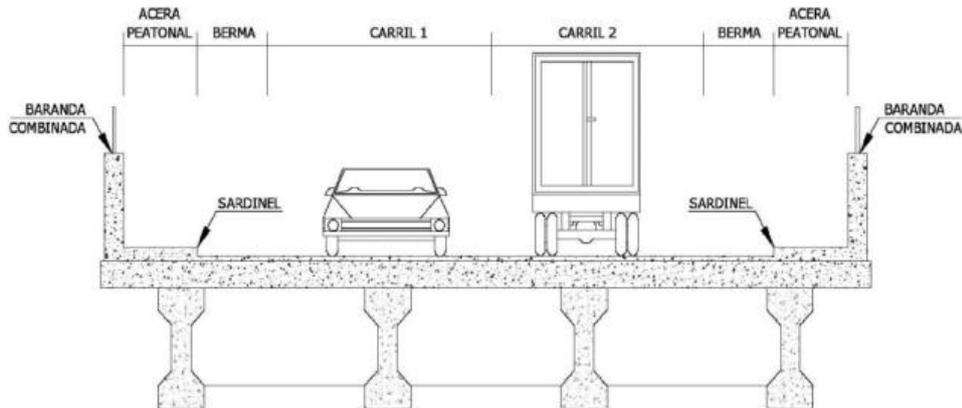
2.1.2 *Geometría de un puente*

2.1.2.1 Longitud de un puente. Distancia longitudinal entre las juntas de dilatación extremas de la superestructura.

2.1.2.2 Sección transversal. El ancho de la sección transversal de un puente no debe ser menor que el ancho del camino de acceso al puente, y tendrá: vías de seguridad (Bermas), vías de tráfico, barreras, barandas, veredas y elementos de drenaje. Además, debe estar integrado completamente al desarrollo del proyecto geométrico de la carretera tanto en planta como en perfil (Rodríguez, 2014, pp 9-10).

Figura 2.1

Vista de la sección transversal de un puente



Nota. Tomado de la AASHTO LRFD 9th Edition (2020).

2.1.2.3 Calzada. Los puentes se deben construir siempre de manera que se pueda acomodar el carril de diseño estándar y las bermas adecuadas. Para seleccionar el número de carriles de diseño siguiendo la AASTHO art. 3.6.1.1, se escogerá tomando toda la parte de la relación $w/3.6$, siendo el ancho libre de la calzada en metros. Se debe tener en cuenta de que cuando las vías de tráfico tengan menos de 3.6 m, el número de vías de diseño se toma igual al número de vías de tráfico (Rodríguez, 2014, pp 1-4).

2.1.2.4 Bermas. Una berma es una zona contigua al carril que sirve de apoyo a los vehículos que se estacionan por algún tipo de emergencia. Su ancho varía desde un mínimo de 0.6 m en carreteras rurales menores, siendo recomendable 1.8 a 2.4 m, hasta al menos 3 m, y preferiblemente 3.6 m, en carretera mayores (Rodríguez, 2014, pp 1-4).

2.1.2.5 Veredas. Son utilizadas con el propósito de flujo peatonal o mantenimiento. Para velocidades en donde se llegan a 70 km/h es posible colocar veredas directamente, en cambio para velocidades mayores se deben añadir barreras para proteger el tránsito peatonal. El ancho mínimo de las veredas es 1 m. En zonas urbanas las veredas peatonales deben tener como mínimo 1.5 m de ancho (Rodríguez, 2014, p. 10).

2.1.2.6 Barandas. Se instalan a lo largo del borde de las estructuras de puente cuando se tiene pases peatonales, o en puentes peatonales, para protección de los usuarios. La altura de las barandas será menor que 1.1 m, en ciclovías será menor a 1.4 m (Rodríguez, 2014, p. 11).

2.1.2.7 Pavimento. Esta es la capa de rodadura que será la que llevará los vehículos; puede ser de asfalto u hormigón. En el caso de que el pavimento sea asfáltico no establece un elemento estructural, pero si es de hormigón contribuirá comúnmente como una sobrelosa y además ayuda a la resistencia de la losa del tablero (Castro, 2013).

2.1.2.8 Drenaje. Esta tendrá una pendiente longitudinal, la cual debe ser la mayor posible, recomendando un mínimo de 0.5%. La pendiente de drenaje transversal mínima es de 2% para las superficies de rodadura. Si existe el caso de rasante horizontal. Se utilizan también sumideros o lloraderos, de diámetro suficiente y número adecuado, ya que estos son típicos drenes de material anticorrosivo (Mediavilla, 2020).

2.1.2.9 Juntas de dilatación. Estas permiten la continuidad del pavimento, por ello su función primaria la expansión o la contracción de la estructura por efecto de los cambios de temperatura, se ponen juntas en sus extremos y otras secciones intermedias en donde se requieran (Diaz & Benavidez, 2020).

2.1.3 Método de diseño para puentes de carreteras.

Se tiene en cuenta para el diseño la Norma de la AASHTO LRFD 2010, denominado "Método de diseño de factores de carga y resistencia", el cual consta de los principios de seguridad y lógicas para garantizar la serviciabilidad, inspeccionabilidad, economía, estética, seguridad y sobre todo la constructibilidad. Con el uso de factores de mayoración de carga y de los de disminución de capacidad para así garantizar una tasa de confiabilidad (Mendez & Torres, 2017).

2.1.4 Cargas Permanentes

2.1.4.1 Cargas Permanentes. Este tipo de carga deberá tener el peso propio de todos los componentes de la estructura, tanto sus instalaciones de servicio y accesorios, superficie de rodamiento, ensanchamientos previstos y futuras capas.

Para los distintos materiales que dependen del grado de compactación y del contenido del agua, en escasez de información concisa, para las cargas permanentes se puede utilizar las densidades especificadas en la Tabla 8 de la NEC_SE_CG.

Tabla 2.1

Materiales y sus propias densidades.

Material	Densidad (kg/m³)
Hormigón armado	24
Asfalto	13
Acero	78.5

Nota. Datos tomados de la NEC_SE_CG (2015).

2.1.5 Cargas Transitorias.

2.1.5.1 Sobrecargas Gravitatorias. Según las especificaciones de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes, en la publicación Especificaciones Estándar para puentes de carretera específicamente en la sección 3.4, las cargas transitorias son el peso de los vehículos y peatones en movimiento sobre el puente (Saguay, 2015).

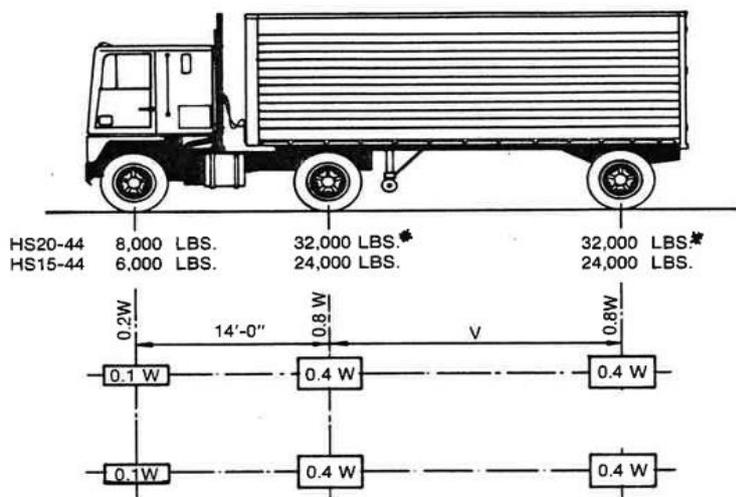
Para el diseño sobre las calzadas de puentes o estructuras secundarias, se tiene como sobrecarga vehicular el tipo HS20-44 + 25%, para este se tendrá una combinación de:

- a) Carga del carril de diseño
- b) Tándem o Camión de diseño

2.1.5.2 Camión de Diseño. El camión de diseño es un sistema de cargas puntuales, las cuales representa el resultado de un camión que ocupa un ancho de vía de tránsito. Para un camión de diseño se debe tener en cuenta el peso y las separaciones entre los ejes, además de las ruedas del camión de diseño el cual serán como se especifica en la figura.

Figura 2.2

Peso de cada eje del camión de diseño



Nota. Tomado de la AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges (1983).

AASHTO reconoce a los camiones estándar tractor más un semirremolque con la letra H, esta tiene dos tipos: HS15-44 y HS20-44. La separación que debe tener el eje posterior y de semirremolque esta entre 4.27 m y 9.14 m y que soporta una carga de 32 kip entre los ejes (Nuñez, 2013).

2.2 Área de estudio

2.2.1 Generalidades

La población del cantón Babahoyo, representa el 20.4 % del total de la provincia de Los Ríos; El 42.1% de su población reside en el Área Rural; la cual se considera como una población joven, debido a que el 42.8% de la población son menores de 20 años, aunque esta ha venido creciendo y el cual puede que haya disminuido levemente (INEC,2021).

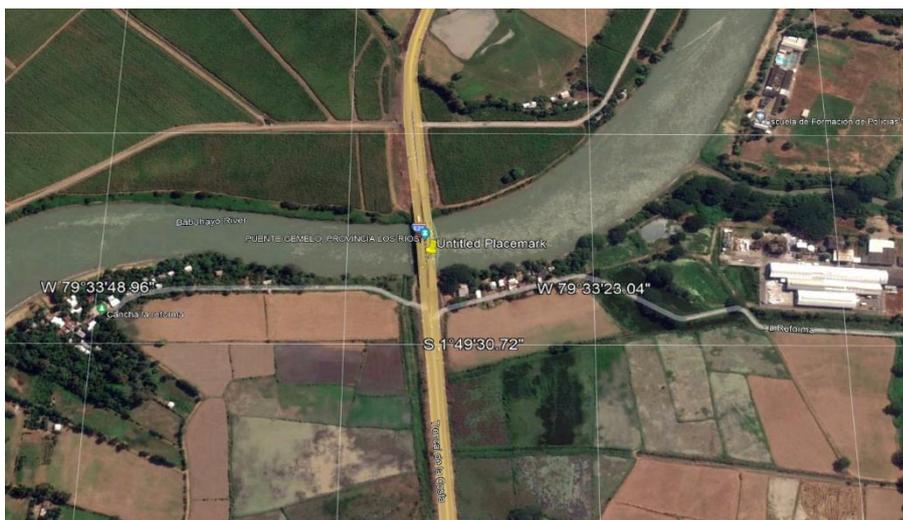
Hoy en día el cantón Babahoyo y sus parroquias aledañas cuentan con servicios básicos imperfecto, debido a que no cuentan con un sistema adecuado de agua potable, además que para los sectores públicos más críticos cada año son alcanzados por el agua. Tiene como principales actividades distintos sectores productivos.

2.2.2 Ubicación geográfica

El cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, es la principal ciudad que se encuentra en la problemática a tratar. El cantón, se ubica específicamente en las coordenadas geográficas, Longitud: $079^{\circ}32'3.95''$, Latitud: $S1^{\circ}48'7.81''$; así mismo cuenta con una extensión superficial de 107600 hectáreas y tiene una altitud de 8 y una media de 6 metro sobre el nivel del mar. Del cual la ubicación de puente en coordenadas geográficas es de longitud: $W79^{\circ}33'31.86''$, Latitud: $S1^{\circ}49'26.24''$, el cual tiene como sentido: NORTE-SUR, a su vez tiene los siguientes cantones. Norte: Ventanas. Este: La Reforma, Oeste: Rosa maría y Sur: Babahoyo (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2011).

Figura 2.3

Ubicación en Google Earth del puente “Gemelo”



Nota. Tomado de Google (2023).

2.2.3 Demarcación política

El canto Babahoyo cuenta con parroquias como:

- Caracol.
- La Unión.
- Pimocha.
- Febres Cordero.

2.2.4 Población

El cantón Babahoyo cuenta con 178.509 habitantes de los cuales representa el 77% de la población provincial de los ríos y el 0.84% de la población total del país. La población por parroquias se distribuye mediante la siguiente tabla:

Tabla 2.2

Distribución de la población del cantón Babahoyo según parroquias.

Parroquias	Total	Hombres	Mujeres
Total	132.824	67.740	65.084
Babahoyo	76.869	38.116	38.753
Área rural	55.955	29.624	26.331
Periferia	6.616	3.511	3.105
Caracol	4.187	2.215	1.972
Febres cordero	15.733	8.373	7.360
Pimocha	17.451	9.193	8.258
La unión	11.968	6.332	5.636

Nota. Datos tomados del INEC (2001).

2.2.5 Área de influencia

El Área de influencia de la zona se ve afectado por la movilización de productos o servicios, tal como indica el Ministerios de transporte y Obras públicas (2011):

El valor de este Acceso radica en que ayuda como entrada directa a la ciudad de Babahoyo, y además como salida hacia el norte del País, teniendo la vía principal de la Troncal E25, la cual sirve tanto para la zona costera como para la sierra. Para Formalizar el área de influencia directa de la tesis, se tendrá en cuenta a todo el cantón de Babahoyo inmerso en la problemática y que en su entorno suma una superficie de 1.643.7 kilómetros cuadrados. (p. 2)

2.2.6 Clima

En la zona de estudio se tiene la información de una estación hidrológica, la misma que se ubica en el Malecón de la Ciudad de Babahoyo. Los parámetros climáticos característicos de la zona fueron obtenidos en la estación meteorológica de Pichilingue. El clima de la zona es del tipo “Tropical Mega térmico Semi-Húmedo”, cuyos totales pluviométricos varían entre 1000 y 2000 mm, concentrados en un solo lapso entre diciembre y abril, siendo seco el verano. Las temperaturas medias son fuertes, aproximadas a los 25°C y la humedad relativa se mantiene entre los 70 y 90 %, según la época (Ministerios de Transporte y Obras Públicas, 2011).

El Ministerios de Transporte y Obras Públicas señala que la precipitación es típica costera, con un pico en febrero, con un valor de 444.8 mm. El mínimo de precipitación media ocurre en el mes de agosto con 11.2 mm, La precipitación media multianual para la zona es: Pam= 2107.1 mm.

2.3 Generalidades de puentes

2.3.1 Trabajo de campo

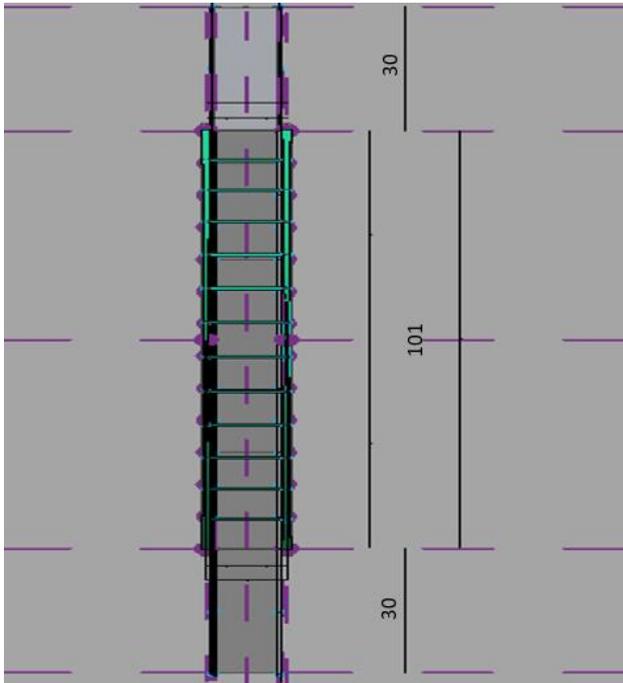
La realización de estudios de campo es la fase inicial que se debe tener para llevar a cabo un análisis de los datos, centrándose especialmente en la topografía y en el tráfico vehicular promedio diario anual. Estos estudios en terreno proporcionaron una base para la evaluación y comprensión detallada de la topografía y los patrones de tráfico, siendo crucial para el desarrollo de diseño del puente.

2.3.2 Topografía

2.3.2.1 Planimetría. La planimetría fue trazada a mano utilizando un odómetro, avanzando tramo a tramo con precisión. Fue necesario para obtener la distancia real del puente, sirviendo como ayuda para la preparación del terreno y la obtención de niveles topográficos detallados. Esto da una base para el estudio y diseño posterior. Las medidas obtenidas en la parte central son de 100 m y para los accesos del puente de 30 m cada uno, con una longitud total de 160 m.

Figura 2.4

Planimetría de la vista superior



Nota. Detalles del puente “Gemelo” en plano.

2.3.2.2 Altimetría. Se hizo el uso de un nivel topográfico para la obtención los niveles del puente, tomándose los datos de Sur a Norte. Este análisis altimétrico no solo resulta necesario, sino indispensable, con el fin de examinar el estado de la estructura. Este estudio preliminar facilita la detección detallada de posibles pandeos o deformaciones que pudieran haberse manifestado a lo largo del tablero del puente, proporcionando así una evaluación completa la condición estructural. El puente se delimita desde la abscisa 0+025 hasta 0+187.

Figura 2.5

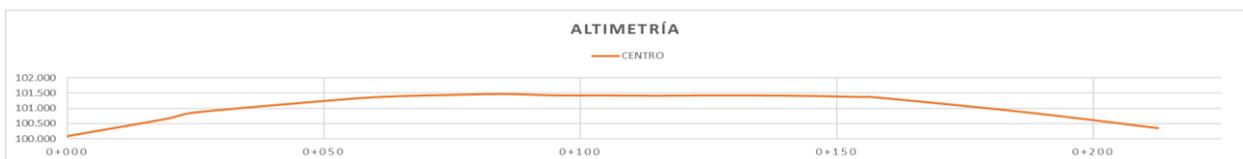
Altimetría lado izquierdo



Nota. La figura muestra la sección longitudinal de lado izquierdo del puente.

Figura 2.6

Altimetría lado central



Nota. La figura muestra la sección longitudinal de lado central del puente.

Figura 2.7

Altimetría lado derecho



Nota. La figura muestra la sección longitudinal de lado derecho del puente.

2.3.3 TPDA

Es necesario llevar a cabo un análisis del flujo vehicular que tiene el puente en la actualidad. Este estudio dará a conocer la carga viva que está recibiendo el puente y de esta manera poder hacer una proyección de datos para el diseño del tablero.

El aforo fue realizado de forma manual durante los siete días de una semana por 8 horas diarias, empezando el 2 de octubre de 2023 hasta el 8 de octubre de 2023. Debido a que no se realiza el conteo por las 24 horas del día, el tráfico diario fue mayorado por un factor de 1.5 para la compensación de las horas faltantes.

La comprensión detallada de la demanda de tráfico asegura que el diseño del puente esté alineado con las condiciones reales a las que se enfrentará en su vida útil y su vez responda a las demandas del entorno.

2.3.4 Mediciones menores

Se tiene las mediciones detalladas de diversos elementos del puente, tales como barandas, vereda, dimensiones de vigas, ancho de calzada, entre otros. Estas mediciones son esenciales para la modelación en 3D, siendo una parte importante para el pre-dimensionamiento de los elementos. Un instrumento muy usado es el flexómetro, que garantiza la precisión en la recolección de datos.

2.4 Análisis de datos

2.4.1 Altimetría

A través del levantamiento de información topográfica altimétrica, se analizaron las condiciones actuales del puente aguas abajo. Se estableció una cota arbitraria de 100 m y delimitando el puente desde la abscisa 0+025 hasta 0+187.

Tabla 2.3*Datos topográficos de altimetría.*

KM	Gráfica		
	Izquierda	Centro	Derecho
0+000	100.153	100.082	100.050
0+019	100.630	100.658	100.617
0+025	100.830	100.868	100.790
0+055	101.295	101.315	101.251
0+065	101.379	101.407	101.396
0+075	101.434	101.446	101.432
0+085	101.442	101.477	101.444
0+095	101.426	101.432	101.420
0+105	101.408	101.428	101.422
0+115	101.380	101.421	101.402
0+125	101.389	101.429	101.419
0+135	101.399	101.427	101.404
0+145	101.395	101.412	101.395
0+155	101.324	101.377	101.342
0+157	101.317	101.379	101.336
0+187	100.824	100.873	100.837
0+213	100.303	100.347	100.317

Nota. Datos tomados en campo usando el estudio de la topografía.

Basándonos en los datos tomados, se puede concluir que existe una leve torsión en la losa estructural del puente.

2.4.2 Tráfico promedio diario anual

Se realizó el estudio del tráfico vehicular durante una semana completa (del 4 al 10 de septiembre) del paso lateral donde se encuentra el puente gemelo lado Oeste, abarcando un total de 8 horas diarias. Debido a que el conteo se llevó de manera manual, no se pudo tomar datos de

las 24 horas del día, sin embargo, se aplicó un factor de mayoración de 1.5 para estimar el tráfico total diario.

Con los datos diarios obtenidos, se realizó un promedio para determinar el tráfico promedio diario semanal. Este valor se ajustó aplicando un factor mensual específico para el mes de septiembre de 0.8981, la multiplicación de este factor por el tráfico promedio semanal dio como resultado el Tráfico Promedio Diario Anual.

La proyección se extendió al tiempo de vida útil deseado, empleando las tablas de factores de crecimiento vehicular del Ecuador. Dado que los datos disponibles abarcan hasta el año 2035-2040, se proyectó a 15 años.

Tabla 2.4

Factor de crecimiento vehicular

Factor de Crecimiento Vehicular			
año	liviano	bus	camión
2020-2025	0.0598	0.0228	0.0251
2025-2030	0.0576	0.0194	0.0223
2030-2035	0.0562	0.0174	0.0201
2035-2040	0.0512	0.0158	0.0183

Nota. Datos brindados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2019).

Tabla 2.5

Tráfico promedio diario anual

TPDA (año)	LIVIANO	BUS 2E	BUS 3E	C2	C3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	TOTAL
2023	1733	452	6	548	109	2	55	2	2	95	97	3101
2038	3666	572	8	720	144	3	73	3	3	125	128	5445

Nota. Resumen de los datos en campo con respecto al tráfico promedio diario anual actual y proyectado.

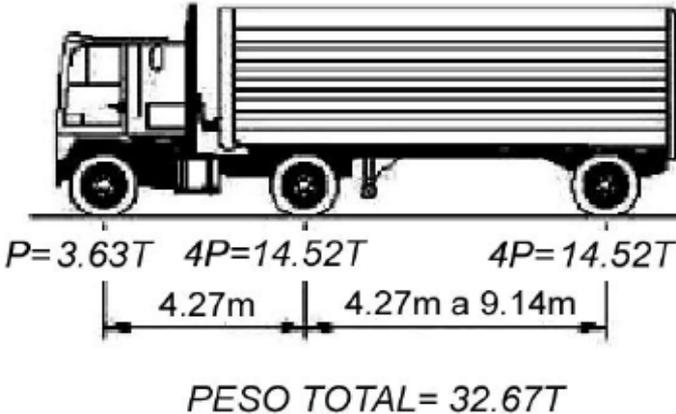
El cálculo del TPDA es esencial para realizar los cálculos de Esals, proporcionando las dimensiones necesarias para la carpeta asfáltica.

2.4.3 Cargas

2.4.3.1 Carga variable. Según la AASHTO LRFD Bridge Design Specification, se optará por el tándem de diseño HS20-44 para el cálculo de la carga viva. De esta manera, se representa de manera efectiva las considerables cargas variables que el puente enfrentará, ya sean provenientes de tándems o trídems.

Figura 2.8

Cargas vivas puntuales del camión de diseño

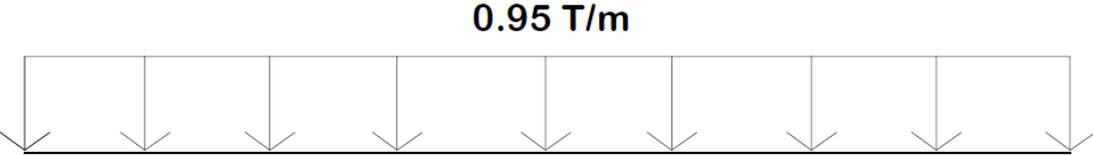


Nota. Tomada de la AASHTO LRFD 7th edition (2014).

La carga distribuida por metro lineal de vía de tránsito será de $0.95 T/m$.

Figura 2.9

Carga viva distribuida del camión de diseño



Nota. Tomada de la AASHTO LRFD 7th edition (2014).

2.4.3.2 Cargas Permanente. En el análisis de cargas permanentes, se tienen en cuenta elementos esenciales como el peso de la losa del puente, la carga de la carpeta asfáltica y la contribución de los barandales.

Tabla 2.6

Carga permanente

qpp asfalto	kN/m ²	0.66
qpp baranda	kN/m ²	0.36

Nota. Carga muerta usada para los cálculos de diseño, incluyendo el peso propio (qpp).

2.5 Análisis de alternativas

Para la construcción del tablero del puente se debe tener en cuenta el tipo de materiales a utilizar para el sistema estructural el cual puede ser de hormigón armado o pretensado y acero estructural. Al usar hormigón armado tendremos las ventajas de que es un material fácil acceso, debido a que sus componentes son muy comunes y abundantes, además de ser muy dúctil; sin embargo, también tendríamos desventajas, como el peso y volumen mismo de la losa. Ahora si hablamos de hormigón pretensado tendremos características a favor como una mejora en el comportamiento bajo la carga de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión, también que se podrá utilizar materiales de alta resistencia, pero así mismo se tiene unas desventajas que se requiere transporte y montaje para los elementos pretensados. Esto puede jugar en contra según la distancia a la que se encuentre la obra. Para las alternativas se tendrán los siguientes parámetros cuantificadores:

Tabla 2.7

Descripción de parámetros.

Parámetro	Abreviatura	Descripción
Geometría	G	Dependerá del espesor y de los diámetros que se requerirá para el diseño
Vida Útil del Materiales	M	Dependerá de que tipo se elaborará la estructura y su durabilidad.
Sistema estructural	SE	Conjunto de elementos que intervienen en el diseño del tablero.
Proceso constructivo	PC	Conjunto de pasos o etapas que se requerirán para elegir el diseño del tablero en un determinado tiempo.
Presupuesto	PR	Viabilidad económica
Impacto ambiental	IA	Efecto sobre el medio ambiente

Nota. Parámetros que se evaluarán para la toma de alternativa idónea.

- I. Alternativa A:** Diseño de tablero superior de losa con placa colaborante en la parte central del puente y diseño losa-viga en los accesos, con dos aceras de 0.5 m de ancho útil y barandas metálicas, además, con pendiente tanto longitudinal como transversal.

Figura 2.10

Alternativa A



Nota. Losa con placa colaborante.

- II. Alternativa B:** Tablero superior con losa de hormigón preforzado, con aceras de 0.85 de ancho útil, barandas de hormigón armado y con continuidad en la vía sin cambio de pendientes al ingreso o salida del puente.

Figura 2.11

Alternativa B



Nota. Losa con hormigón preforzado, tomada por Becosan (s.f.).

- III. Alternativa C:** Tablero superior con losa maciza sobre vigas simplemente apoyadas, barandas metálicas, estribos al mismo nivel de cimentación y sin cambio de pendiente al ingreso y la salida del puente.

Figura 2.12

Alternativa C



Nota. Losa maciza, tomada por Carillo (2021).

En el proceso de evaluación, cada parámetro, como Geometría, Materiales, Sistema Estructural y Proceso Constructivo, recibe una valoración numérica del 1 al 5. Este método identifica de la solución más optimas basándose en los criterios clave del proyecto.

Tabla 2.8

Ponderaciones

Calificación	Concepto
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Insuficiente

Se basa en las variables para realizar un análisis por criterio de evaluación asignando peso (puntaje) realizando un análisis a los parámetros planteados: Geometría (20%), materiales (25%), sistema estructural (10%), proceso constructivo (10%), presupuesto (30%) e impacto ambiental (5%).

Cálculo del total detallado en la *ecuación*

“Suma de la calificación de cada parámetro por su porcentaje de peso asignado”

$$Total = G * 20\% + M * 25\% + SE * 10\% + PC * 10\% + PR * 30\% + IA * 5\%$$

(2.1)

Tabla 2.9

Calificación de alternativas.

Alternativa	G	M	SE	PC	PR	IA	Total
A	4	5	4	3	4	3	4.1
B	3	3	4	3	3	2	3.05
C	2	2	3	4	2	2	2.3

Nota. Se muestra la calificación de cada parámetro por cada alternativa.

La alternativa A resultó con el puntaje más alto en comparación a las demás alternativas. Por ello, se propone para el prediseño la opción del tablero superior de losa con placa colaborante, aunque la alternativa B, no resulta ser una mala opción, pero su implementación causaría un mayor gasto en materiales. Por otra parte, la alternativa C presenta un diseño convencional, el cual para su proceso constructivo será el más óptimo, aunque causaría un mayor congestionamiento en la vía. Estas son las principales razones que hacen a la alternativa A, la solución más viable entre las demás alternativas.

Capítulo 3

3. Diseños y especificaciones

3.1 Consideraciones para el diseño

Las consideraciones del diseño descritas en este capítulo son establecidas para las losas de acceso y la losa central que constituye el proyecto de la materia integradora.

3.2 Composición general de losas

La longitud total de la losa central se define en 100 [m] y para las losas de los accesos del puente se tiene una longitud definida de 30 [m] para cada uno. En el sentido transversal y siguiendo la continuidad actual de la vía principal, se ha determinado que el puente estará compuesto por dos carriles, cada uno con un ancho de 3.9 [m] de ancho. No obstante, el ancho total del puente será de 9.9 [m].

La capa de rodadura o la carpeta asfáltica tendrá 5 [cm] de espesor a lo largo de toda la extensión del puente.

El sistema del tablero central está constituido por una losa de espesor de 20.5 [cm] con placa colaborante de acero. Por otra parte, para el sistema de los accesos del tablero está constituido por una losa maciza de 20 [cm] de espesor. Se realizaron los cálculos para un sistema de 4 vigas de hormigón armado, separadas a 2.8 [m], con un peralte de 1.8 [m] y patín de 0.7[m]. Además, se implementaron 3 diagramas colocados a 2.5[m] a lo ancho de los accesos del puente, con un peralte de 1.85 [m] y un patín de 0.25 [m].

3.3 Carpeta asfáltica

Para realizar los cálculos de la carpeta asfáltica se llevó a cabo el respectivo conteo vehicular para la proyección del tráfico y se hará uso del método de la AASHTO93 de pavimentos flexibles para encontrar el debido espesor de la capa de rodadura.

3.3.1 Tráfico promedio diario anual

El conteo vehicular se ejecutó en la semana del 2 al 8 de octubre del 2023 al finalizar el tramo del puente “Gemelo” aguas abajo en el paso lateral de Babahoyo. Debido a que la franja horaria en la que se realizó el conteo fue desde las 8h00 hasta las 16h00, se aplicó un factor de mayoración de 1.5 a cada vehículo para cubrir las 24 horas del día.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3.1

Tráfico diario

Día	Vehículos livianos			Vehículos pesados									Total
	Autos - Camionetas - Camperos - Mini Busetas	Buses		Camiones									
		2 ejes	3 ejes	C2	C3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3		
Lunes	1830	504	8	669	120	0	98	2	0	117	89	3437	
Martes	1828	518	11	671	117	0	102	3	0	113	83	3446	
Miércoles	1688	509	5	770	138	3	65	3	5	150	89	3425	
Jueves	1908	527	6	666	135	3	57	0	3	105	122	3532	
Viernes	2216	491	3	665	120	0	51	5	3	110	140	3804	
Sábado	2162	537	5	431	137	2	35	0	0	62	114	3485	
Domingo	1869	429	0	398	80	2	14	0	0	72	117	2981	
Total	13501	3515	38	4270	847	10	422	13	11	729	754	24110	

Nota. Resumen del conteo vehicular del 2 al 8 de octubre del 2023, aplicando el factor de mayoración de 1.5.

Luego de tener los datos del tráfico diario, se procede a encontrar el TPDS para poder calcular el TPDA actual.

$$TPDAa = TPDS * F. M. \tag{3.1}$$

Donde:

TPDAa: tráfico promedio diario anual actual, $\left[\frac{veh}{día}\right]$.

TPDS: tráfico promedio diario semanal, $\left[\frac{veh}{día}\right]$.

F.M.: factor mensual, 0.8981. Dado por el MTOP.

Tabla 3.2

Datos de tráfico

	Livianos	Bus 2 ejes	Bus 3 ejes	C2	C3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	Total
TPDS	1929	503	6	610	121	2	61	2	2	105	108	3449
TPDAa	1733	452	6	548	109	2	55	2	2	95	97	3101

Nota. Tráfico promedio diario semanal y anual del 2023.

Para poder calcular el tráfico proyectado, se hizo el uso de la tasa de crecimiento vehicular brindada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Tabla 3.3

Tasa de crecimiento vehicular

año	liviano	bus	camión
2020-2025	0.0598	0.0228	0.0251
2025-2030	0.0576	0.0194	0.0223
2030-2035	0.0562	0.0174	0.0201
2035-2040	0.0512	0.0158	0.0183

Nota. Realizada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Debido a que la tasa solo cuenta con proyección de años hasta el 2040, se realizó una proyección de 15 años a cada tipo de vehículo siendo el año 2038.

$$TPDAp = TPDAa * (1 + i)^n$$

(3.2)

Donde:

TPDAp: tráfico promedio diario anual proyectado, $\left[\frac{veh}{día}\right]$.

TPDAa: tráfico promedio diario anual, $\left[\frac{veh}{día}\right]$.

i: tasa de proyección vehicular.

n: años de servicio a futuro.

Además, hay que tomar en cuenta las franjas de años con su respectiva tasa de proyección para los cálculos.

Tabla 3.4

TPDA proyectado

TPDA veh/día	Livianos	Bus 2 ejes	Bus 3 ejes	C2	C3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	Total
2023	1733	452	6	548	109	2	55	2	2	95	97	3101
2024	1837	463	7	562	112	3	57	3	3	98	100	3245
2025	1943	472	8	575	115	4	59	4	4	101	103	3388
2026	2055	482	9	588	118	5	61	5	5	104	106	3538
2027	2174	492	10	602	121	6	63	6	6	107	109	3696
2028	2300	502	11	616	124	7	65	7	7	110	112	3861
2029	2433	512	12	644	127	8	67	8	8	113	115	4047
2030	2570	521	13	657	130	9	69	9	9	116	118	4221
2031	2715	531	14	671	133	10	71	10	10	119	121	4405
2032	2868	541	15	685	136	11	73	11	11	122	124	4597
2033	3030	551	16	699	139	12	73	12	12	125	127	4796
2034	3201	561	17	714	139	13	75	13	13	128	130	5004
2035	3365	570	18	728	142	14	77	14	14	131	133	5206
2036	3538	580	19	742	145	15	79	15	15	134	136	5418
2037	3720	590	20	756	148	16	81	16	16	137	139	5639
2038	3911	600	21	770	148	17	83	17	17	140	142	5866

Nota. TPDA proyectado para cada año de cada tipo de vehículo.

3.3.2 ESALs

Para el cálculo de los ESALs hay que tomar en consideración varios factores,

$$ESAL = TPDAp * \%CP * GF * DD * DL * FC * 365 \quad (3.3)$$

Donde:

TPDA: tráfico promedio diario anual, $\left[\frac{veh}{día}\right]$.

%CP: porcentaje de camiones pesados.

GF: factor de crecimiento.

DD: factor de distribución direccional.

DL: factor de distribución por carril.

FC: factor camión.

3.3.2.1 Factor de distribución direccional. Debido a que el puente solo cuenta con una vía siendo de un solo sentido, el DD: 1

3.3.2.2 Factor de distribución por carril. La vía contará con dos carriles de distribución, siendo el DL: 0.5

3.3.2.3 Factor de crecimiento. Toma en cuenta el crecimiento en volumen de camiones y en factor camión, pero debido a que se realizarán los cálculos por cada año y se acumularán los ESALs, no aplica.

3.3.2.4 Factor camión. Se calcula el factor correspondiente a cada tipo de vehículo dependiendo del tipo de eje vehicular que comprenda. Cada eje, sea simple, doble, tándem o trídem, tendrá su propio factor camión.

Tabla 3.5*Factor camión por eje*

	Peso (Ton.)	FC
Simple	7	1.27
Doble	11	3.24
Tándem	20	3.08
Trídem	24	1.45

Nota. El peso máximo permitido de los ejes que está dado por el MTOP, mientras que el factor camión por la AASHTO 93.

Tabla 3.6*Factor camión por tipo de camión*

	FC
C2	4.504
C3	4.343
T2S1	7.74
T2S2	7.58
T2S3	5.96
T3S1	7.58
T3S2	7.421
T3S3	5.798

Nota. Factor camión de cada tipo de vehículo dependiendo de los ejes que conlleve.

Tabla 3.7*Esals*

Año	Esals	Esals Acumulados
2023	8.52E+05	8.52E+05
2024	8.80E+05	1.73E+06
2025	9.07E+05	2.64E+06
2026	9.34E+05	3.57E+06
2027	9.61E+05	4.53E+06
2028	9.89E+05	5.52E+06
2029	1.03E+06	6.55E+06
2030	1.06E+06	7.61E+06
2031	1.08E+06	8.69E+06
2032	1.11E+06	9.80E+06
2033	1.14E+06	1.09E+07
2034	1.16E+06	1.21E+07
2035	1.19E+06	1.33E+07
2036	1.22E+06	1.45E+07
2037	1.25E+06	1.58E+07
2038	1.27E+06	1.70E+07

Nota. Se tomará 1.70 E+07 esals para el año 2038

3.3.3 Pavimento flexible

Para determinar el espesor de la capa de rodadura, se hizo el uso del método de la AASHTO 93. Hay que tomar en consideración múltiples factores como:

- Esals: carga estándar por eje equivalente, 1.70 E+07
- So: desviación estándar, 0.49

Figura 3.1

Desvío estándar

Condición de diseño	Desvío Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.34 pav. Rígidos 0.44 pav. Flexibles
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.39 pav. Rígidos 0.49 pav. Flexibles

Nota. Variación con errores en el tránsito, brindada por la AASHTO 93.

- Serviciabilidad inicial, 4.2. Valor entre 0 y 5, considerando el confort de la vía.
- Serviciabilidad final, 2.5. Valor entre 0 y 5, considerando el confort de la vía.
- Confiabilidad, 85

Figura 3.2

Confiabilidad

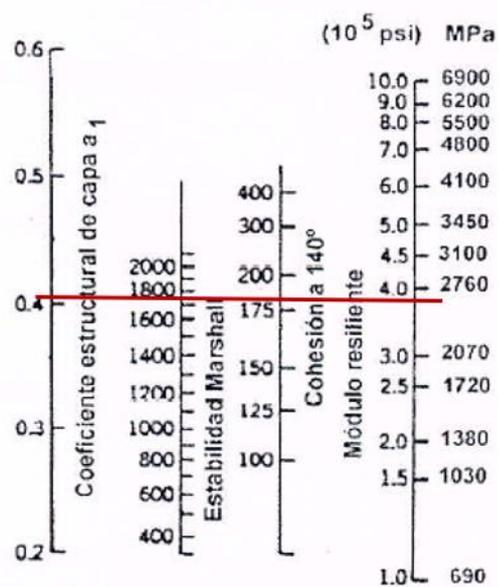
Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota. Vía arterial en zonal rural, brindada por la AASHTO 93.

- Drenaje, 0.8
- Módulo resiliente de la losa estructural, 40×10^5 PSI. Para este proyecto, la capa antes del pavimento flexible sería la losa estructural.
- Coeficiente estructural para carpeta asfáltica, 0.42

Figura 3.3

Coefficientes estructurales para capas asfálticas



Nota. El módulo resiliente es de 2760 MPa, tomado de la AASHTO 93.

Finalmente, se ingresan todos los datos en el software de la AASHTO 93 para la obtención del número estructural requerido.

Figura 3.4

Software AASHTO 93

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % Zr=-1.037 So 0.49

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 4002000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

Número Estructural: SN = 0.19

W18 = 17000000

Botones: Calcular, Salir

Nota. El valor del número estructural requerido será de 0.19 (SN).

Teniendo el SN del proyecto, se calcula el espesor de la carpeta asfáltica con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{SN}{fd * a1}$$
$$e = 0.54 \text{ pulg} = 1.36 \text{ cm}$$

(3.4)

Siendo:

e: espesor de pavimento flexible [cm].

SN: número estructural, 0.19.

fd: factor de drenaje, 0.8.

a1: coeficiente estructural de carpeta asfáltica, 0.42.

El espesor mínimo requerido por el proyecto es de 1.36 cm. Sin embargo, el espesor mínimo requerido para una carpeta asfáltica de un puente es de 5 cm, siendo este valor tomado para nuestro proyecto. Además, tomar en consideración el 2% de bombeo en la vía.

3.4 Parte de los accesos del puente

Para los cálculos de la parte de los accesos del puente se siguieron los lineamientos de la AASHTO LRFD 9th Edition (2020).

3.4.1 Diseño de Losa

3.4.1.1 Peso propio de Losa. Para obtener el peso propio de la losa maciza se seleccionó un ancho de franja efectiva y posteriormente se multiplica por la densidad del hormigón a utilizar y el espesor.

$$W_{losa} = \rho_h * b * e$$
$$W_{losa} = 480 \frac{kg}{m}$$

(3.5)

Donde:

W_{losa} : peso por metro lineal de losa [$\frac{kg}{m}$].

ρ_h : densidad del hormigón, $2400 \frac{kg}{m^3}$.

b: ancho de la franja de losa, 1 m.

e: espesor de la losa, 0.2 m.

3.4.1.2 Peso propio de Capa de Rodadura. Para obtener el peso propio de la capa de rodadura se seleccionó un ancho de franja efectiva y posteriormente se multiplica por la densidad de la capa de rodadura a utilizar y el espesor.

$$W_{carpeta} = \rho_a * b * e$$

$$W_{carpeta} = 114 \frac{kg}{m}$$

(3.6)

Donde:

$W_{carpeta}$: peso por metro lineal de la capa de rodadura [$\frac{kg}{m}$].

ρ_a : densidad del asfalto, $2240 \frac{kg}{m^3}$.

b: ancho de la franja de losa, 1 m.

e: espesor de la carpeta asfáltica, 0.05 m.

3.4.1.3 Peso propio de Barrera. El peso propio de la barrera se lo calculo teniendo en cuenta la sección transversal de la barrera y la densidad del acero.

$$W_{barrera} = \rho_h * b * A_{barrera}$$

$$W_{barrera} = 52.75 \text{ kg}$$

(3.7)

Donde:

$W_{barrera}$: peso por metro lineal de barrera [kg].

b: ancho de franja de losa, 1 m.

ρ_h ; densidad de acero, $7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

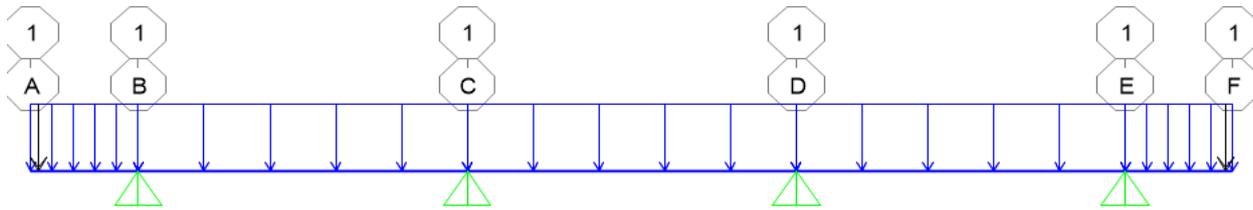
$A_{barrera}$: Sección transversal de barrera, 0.0067 m^2 .

3.4.1.4 Determinación y consideraciones del espesor del tablero. El espesor adoptado para el tablero está fundamentado en la normativa AASHTO-LRFD-SI-2020 según el Artículo 9.7.1.1 el cual determina el espesor del tablero en función del sistema estructural utilizado y en el Artículo 13.7.3.1.2 el cual determina el espesor del tablero dependiendo si existe volado con cargas de barreras sobre ellos. De los mencionados anteriormente se selecciona el que entregue el mayor espesor.

3.4.1.4.1 Carga Muerta. Las cargas muertas a considerar para el peso propio del tablero, peso propio de la carpeta y el peso propio de las barreras. Los cuales se obtuvieron en base a las ecuaciones (3.5), (3.6), (3.7) respectivamente.

Figura 3.5

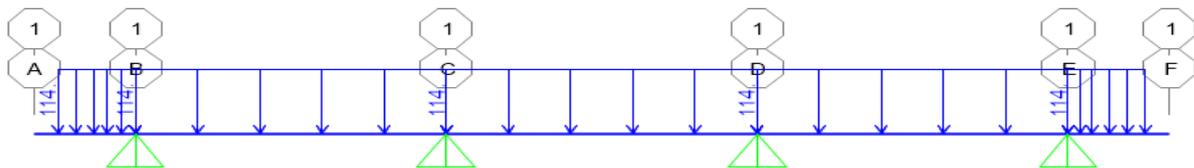
Carga muerta distribuida de la losa y barreras



Nota. Se hizo el uso de un programa de diseño estructural para modelar y digitar las cargas muertas. Valores dados en kg/m.

Figura 3.6

Carga muerta distribuida de la capa de rodadura



Nota. Se hizo el uso de un programa de diseño estructural para modelar y digitar las cargas muertas. Valores dados en kg/m.

3.4.1.4.2 Carga Viva y efecto de carga dinámica.

Haciendo el uso de las líneas de influencia para momento flector, se calcula el momento por carga viva para las secciones de momento máximo positivo y negativo, colocando los ejes de carga del camión de diseño (HS20-44) en posiciones críticas.

Mediante la tabla 3.6.1.1.2-1 de la normativa, se seleccionó el factor de presencia múltiple para el caso de un solo carril cargado.

Figura 3.7

Factor de presencia múltiple

Number of Loaded Lanes	Multiple Presence Factors m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

Nota. El factor por usar es 1.2, obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Teniendo la tabla 3.6.1.1-1 de la normativa, se definió el Factor de impacto por carga dinámica y base a los límites de resistencia.

Figura 3.8

Tolerancia de carga dinámica, IM

Component	IM
Deck Joints—All Limit States	75%
All Other Components	
• Fatigue and Fracture Limit State	15%
• All Other Limit States	33%

Nota. El IM por usar es el 33%, obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Por último, se definieron los anchos de franja equivalente para el cálculo de la mayoración de momentos por el efecto de las cargas dinámicas según lo establece la tabla 4.6.2.1.3-1 de la normativa.

Figura 3.9*Fajas equivalentes*

TIPO DE TABLERO	DIRECCIÓN DE LA FAJA PRIMARIA EN RELACIÓN CON EL TRÁFICO	ANCHO DE LA FAJA PRIMARIA (m)
Hormigón: <ul style="list-style-type: none"> • Colado in situ • Colado in situ con encofrados perdidos • Prefabricado, postesado 	Vuelo	$1.14+0.833X$
	Paralela o perpendicular	+M: $0.66+0.55S$ -M: $1.22+0.25S$
	Paralela o perpendicular	+M: $0.66+0.55S$ -M: $1.22+0.25S$
	Paralela o perpendicular	+M: $0.66+0.55S$ -M: $1.22+0.25S$

Nota. Obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Sabiendo que el método constructivo previamente seleccionado para el tablero el tablero, se lo considera fundición en sitio, los anchos de franja equivalente para los momentos positivos y negativos producidos por las cargas dinámicas se expresan en las siguientes ecuaciones.

$$(+)E = 0.66 + 0.55S = 1.22 \text{ m} \tag{3.8}$$

$$(-)E = 1.22 + 0.25S = 1.92 \text{ m} \tag{3.9}$$

Donde:

(+)E: ancho de Franja equivalente para momento positivo. [m]

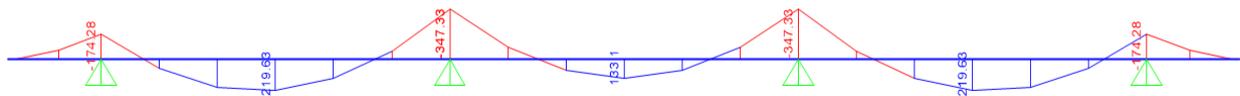
(-)E; ancho de Franja equivalente para momento negativo. [m]

S: luz libre, 2.8 m

3.4.1.4.3 Momentos debido a carga muerta. Para conocer los momentos actuantes que intervienen sobre el tablero se realizó mediante un programa de análisis estructural en el cual se alcanza momentos para las cargas distribuidas y puntuales las cuales son, el peso propio de la losa, el peso propio de la carpeta asfáltica y el peso propio de las barreras.

Figura 3.10

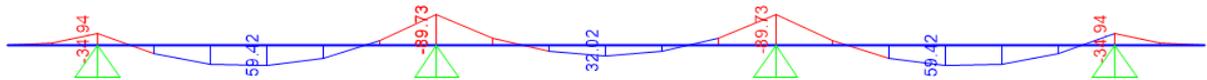
Momentos de la losa y barreras



Nota. Obtenidos del software estructural. Valores dados en kg.m.

Figura 3.11

Momentos de la capa de rodadura



Nota. Obtenidos del software estructural. Valores dados en kg.m.

Tabla 3.8

Momentos de losa y barreras

M (-) [t-m]	
M centro	-0.34733
M izquierda	-0.25227
M derecha	-0.26154
M (+) [t-m]	
M	0.20409

Nota. Momentos positivos y negativos.

Tabla 3.9

Momentos de capa de rodadura

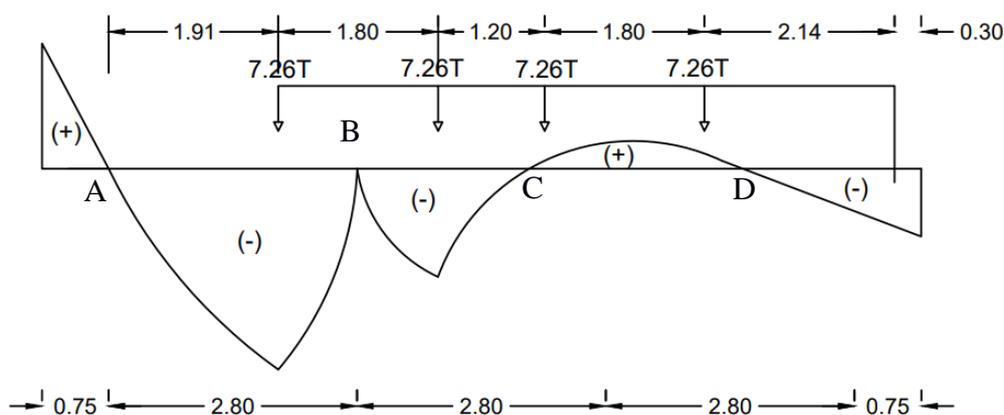
M (-) [t-m]	
M centro	-0.08973
M izquierda	-0.06505
M derecha	-0.06800
M (+) [t-m]	
M	0.05678

Nota. Momentos positivos y negativos.

3.4.1.4.4 Momentos debido a carga viva negativa. Método A: Como las cargas vivas hacen referencia a las cargas de los ejes del camión de diseño y estas se comportan de forma dinámica, para obtener el momento negativo generado por el camión se hace uso de las líneas de influencia las cuales se coloca sobre el eje central del primer apoyo interior de la losa, sabiendo que, la distancia de los ejes del camión de diseño sea equidistante con respecto al eje del primer apoyo interior. Ahora para determinar el momento positivo así mismo utilizaremos las líneas de influencia a una distancia de $0.4L$ con respecto del primer apoyo en este caso exterior de la losa.

Figura 3.12

Líneas de influencia en vigas continuas de tres tramos iguales.



Nota. Obtenido según la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Figura 3.13

Expresiones para el momento flector en el apoyo B

Tramo \overline{EA} ($-m \leq x \leq 0$)	$M_B = -\frac{4}{15}x$
Tramo \overline{AB} ($0 \leq x \leq L$)	$M_B = \frac{4}{15L^2}x^3 - \frac{4}{15}x$
Tramo \overline{BC} ($L \leq x \leq 2L$)	$M_B = -\frac{1}{3L^2}x^3 + \frac{9}{5L}x^2 - \frac{46}{15}x + \frac{8L}{5}$
Tramo \overline{CD} ($2L \leq x \leq 3L$)	$M_B = \frac{1}{15L^2}x^3 - \frac{3}{5L}x^2 + \frac{26}{15}x - \frac{8L}{5}$
Tramo \overline{DG} ($3L \leq x \leq 3L + n$)	$M_B = -\frac{1}{15}x + \frac{L}{5}$

Nota. Obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Haciendo uso de las líneas de influencia para momento flector (Figura 3.13). calculamos el momento de carga viva en la sección de máximo momento negativo.

Tabla 3.10

Líneas de influencia del momento flector en el apoyo

$-0.75 \leq x \leq 0$
$M = -\frac{4}{15}x$
$0 \leq x \leq 2.8$
$M = \frac{5}{147}x^3 - \frac{4}{15}x$
$2.8 \leq x \leq 5.6$
$M = -\frac{25}{588}x^3 + \frac{9}{14}x^2 - \frac{46}{15}x + \frac{112}{25}$
$5.6 \leq x \leq 8.4$
$M = \frac{5}{588}x^3 - \frac{3}{14}x^2 + \frac{26}{15}x - \frac{112}{25}$
$8.4 \leq x \leq 9.15$
$M = -\frac{1}{15}x + \frac{14}{25}$

Para los siguientes tramos AB y BC el cual se obtiene momentos para la siguiente tabla.

Tabla 3.11

Distancias negativas debido a las distancias del camión de diseño

X1	1.91	m
D1	-0.27	m
x2	3.71	m
D2	-0.22	m

Se calcula para un carril cargado, y efecto del factor de presencia múltiple con la siguiente formula.

$$M = (7.26xM1 + 7.26M2)x1.2 \quad (3.10)$$

Tabla 3.12

Carril cargado y afectado del factor de presencia múltiple por el método A

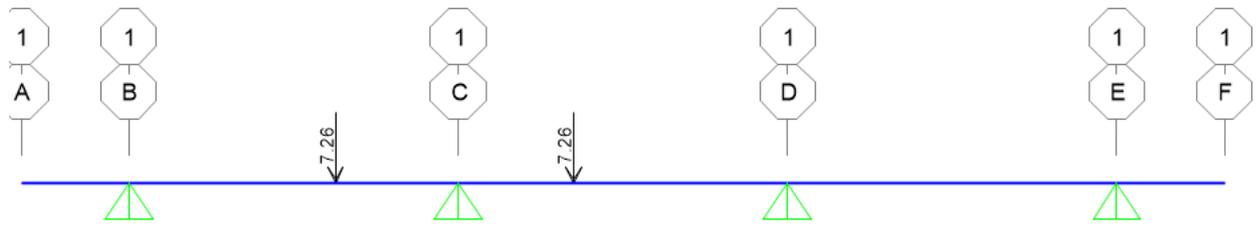
M(-)	-4.29	T-m
E(-)	1.92	m
Momento negativo Critico		
M(-)	-2.97	T-m

Nota. Para el momento negativo crítico, se tiene en cuenta el efecto de carga dinámica y el ancho de franja.

Conociendo la posición de cargas que genera el máximo momento negativo en el segundo apoyo, calculamos también los momentos en la cara de la viga a la izquierda y derecha resolviendo la losa hiperestática apoyada sobre las cuatro vigas.

Figura 3.14

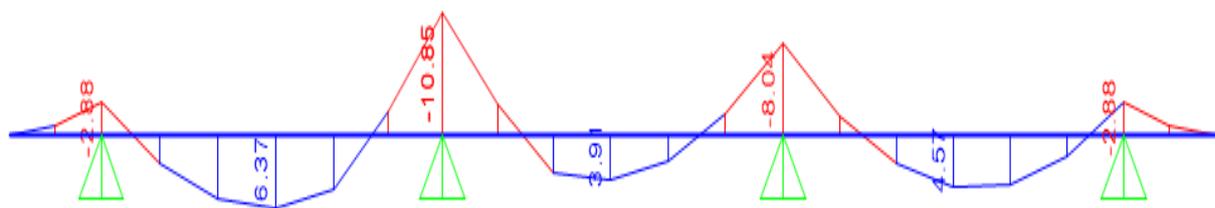
Carga puntal por camión de diseño en software estructural



Nota. Obtenidos del software estructural. Valores dados en kg.

Figura 3.15

Cortantes por camión de diseño en software estructural



Nota. Obtenidos del software estructural. Valores dados en kg.

Donde obtiene los momentos críticos en la losa debido a la posición crítica estándar

Tabla 3.13

Momentos negativos del camión de diseño

M(-)LL+IM	-9.8952	T-m
M(-)LL+IM,izq	-7.18656	T-m
M(-)LL+IM,der	-7.45104	T-m

Tabla 3.14

Para $s = 2.8m$ para momentos negativos

En el eje del apoyo B	M(-)LL+IM	31'050	N mm/mm	-3.11	Tm/m
En cara de viga (a 0.15m)	M(-)LL+IM	23550	N mm/mm	-2.36	Tm/m

Nota: Método B. Uso de tabla A4-1 (AASHTO LRFD)

Figura 3.16

Momentos negativos dependiendo de la distancia desde el eje de la viga

S mm	Momento positivo	MOMENTO NEGATIVO						
		Distancia desde el eje de la viga hasta la sección de diseño para momento negativo						
		0,0 mm	75 mm	150 mm	225 mm	300 mm	450 mm	600 mm
1300	21 130	11 720	10 270	8940	7950	7150	6060	5470
1400	21 010	14 140	12 210	10 340	8940	7670	5960	5120
1500	21 050	16 320	14 030	11 720	9980	8240	5820	5250
1600	21 190	18 400	15 780	13 160	11 030	8970	5910	4290
1700	21 440	20 140	17 290	14 450	12 010	9710	6060	4510
1800	21 790	21 690	18 660	15 630	12 930	10 440	6270	4790
1900	22 240	23 050	19 880	16 710	13 780	11 130	6650	5130
2000	22 780	24 260	20 960	17 670	14 550	11 770	7030	5570
2100	23 380	26 780	23 190	19 580	16 060	12 870	7410	6080
2200	24 040	27 670	24 020	20 370	16 740	13 490	7360	6730
2300	24 750	28 450	24 760	21 070	17 380	14 570	9080	8050
2400	25 500	29 140	25 420	21 700	17 980	15 410	10 870	9340
2500	26 310	29 720	25 990	22 250	18 510	16 050	12 400	10 630
2600	27 220	30 220	26 470	22 730	18 980	16 480	13 660	11 880
2700	28 120	30 680	26 920	23 170	19 420	16 760	14 710	13 110
2800	29 020	31 050	27 300	23 550	19 990	17 410	15 540	14 310
2900	29 910	32 490	28 720	24 940	21 260	18 410	16 800	15 480
3000	30 800	34 630	30 790	26 960	23 120	19 460	18 030	16 620
3100	31 660	36 630	32 770	28 890	23 970	21 150	19 230	17 780
3200	32 500	38 570	34 670	30 770	26 880	22 980	20 380	18 910
3300	33 360	40 440	36 520	32 600	28 680	24 770	21 500	20 010
3400	34 210	42 250	38 340	34 430	30 520	26 610	22 600	21 090
3500	35 050	43 970	40 030	36 090	32 150	28 210	23 670	22 130
3600	35 870	45 650	41 700	37 760	33 810	29 870	24 700	23 150
3700	36 670	47 250	43 310	39 370	35 430	31 490	25 790	24 140

Nota. Tomado de puentes con AASHTI LRFD 9th Edition (2020)

Método C: Momentos Corregidos. Se utilizará la línea de influencia de la reacción en el segundo apoyo para el cual se tiene las siguientes formulas.

Figura 3.17

Expresiones de la reacción en el apoyo B

Tramo \overline{EA} ($-m \leq x \leq 0$)	$R_B = \frac{8}{5L}x$
Tramo \overline{AB} ($0 \leq x \leq L$)	$R_B = -\frac{3}{5L^3}x^3 + \frac{8}{5L}x$
Tramo \overline{BC} ($L \leq x \leq 2L$)	$R_B = \frac{1}{L^3}x^3 - \frac{24}{5L^2}x^2 + \frac{32}{5L}x - \frac{8}{5}$
Tramo \overline{CD} ($2L \leq x \leq 3L$)	$R_B = -\frac{2}{5L^3}x^3 + \frac{18}{5L^2}x^2 - \frac{52}{5L}x + \frac{48}{5}$
Tramo \overline{DG} ($3L \leq x \leq 3L + n$)	$R_B = \frac{2}{5L}x - \frac{6}{5}$

Nota. Obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Haciendo uso de las líneas de influencia para momento flector *Figura 3.17*, determinamos el momento en la cara del apoyo B

Tabla 3.15

Líneas de influencia de las reacciones en el apoyo

$-0.75 \leq x \leq 0$
$R = \frac{4}{7}x$
$0 \leq x \leq 2.8$
$R = -\frac{75}{2744}x^3 + \frac{4}{7}x$
$2.8 \leq x \leq 5.6$
$R = \frac{125}{2744}x^3 - \frac{30}{49}x^2 + \frac{16}{7}x - \frac{8}{5}$
$5.6 \leq x \leq 8.4$
$R = -\frac{25}{1372}x^3 + \frac{45}{98}x^2 - \frac{26}{7}x + \frac{48}{5}$
$8.4 \leq x \leq 9.15$
$M = \frac{1}{7}x - \frac{6}{5}$

Para los tramos AB y BC se obtiene:

Tabla 3.16

Reacciones del apoyo negativos debido a las distancias del camión de diseño

x	1.91	m
R1	0.56	m
x2	3.71	m
R2	0.78	m

Nota. Obtenidos de las expresiones de reacción en el apoyo B.

Se calcula la reacción del apoyo debido a las cargas de las ruedas concentrada del camión de diseño seleccionada y también dos veces la distancia desde el eje del apoyo a la sección de diseño.

$$R = 7.26xR1 + 7.26xR2$$

$$BN = 2(0.15) = 0.3 \text{ m}$$

(3.11)

Tabla 3.17

Carril cargado y afectado del factor de presencia múltiple por el método C

R	9.70	T-m
BN	0.3	m

Nota. Aquí se obtiene el momento negativo en el apoyo usando cargas de ruedas concentradas R y BN el cual es dos veces la distancia desde el eje del apoyo a la sección de diseño negativa.

Usando respectivamente las líneas de influencia de momento flector y reacción en el apoyo B determinamos el momento en la cara del apoyo con:

$$M_l = M_{OL} + \frac{RB_N}{8}$$

(3.12)

Obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 3.18

Momentos negativos por método C

ML	-3.92	T-m
Incluyendo el factor de carga múltiple		
M (-)	-4.71	T-m
M (-) LL+IM	-3.26	T-m
Caras		
M (-) LL+IM	-3.56	T-m

Nota. Para el M(-) se tiene encuentra el factor de carga de 1.2 y para los demás se tiene por efecto de carga dinámica y el ancho de franja.

3.4.1.4.5 Estimación de Momento Ultimo- Resistente I Negativo. Para obtener el momento último se utilizaron los factores dispuestos en la tabla 3.41-1 de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007. Sin embargo, se presenta las siguientes tablas.

Tabla 3.19

Momento negativo, LL + IM en el apoyo B

Comparación	M(-)LL+IM	M(-)LL+IM	M(-)LL+IM
	izquierda	eje B	derecha
Método A	-7.19	-9.90	-7.45
Método B	-2.36	-3.11	-2.36
Método C	-3.26	-3.56	-3.26

Nota. Valores de los métodos calculados con líneas de influencia, unidades en T.m.

Tabla 3.20*Momentos negativos por cargar en el apoyo B*

cargas	Tipo	M(-) IZ [T-m]	M(-) Eje [T-m]	M(-) DER [T-m]	Resistencia
losa + barrera	DC	-0.25	-0.35	-0.26	1.25
asfalto	DW	-0.07	-0.09	-0.07	1.5
carga viva	LL+IM	-3.58	-3.91	-3.58	1.75

Nota. Verificar que las unidades sean las mismas y usar el momento mayor entre izquierda y derecha

Se trabajará para el momento en derecha y se usa la siguiente ecuación:

$$Mu = (1.25 \text{ ó } 0.9)DC + (1.5 \text{ ó } 0.65)DW + 1.75 (LL + IM)$$

$$Mu = 6.12 \text{ ton. m}$$

(3.13)

Donde:

Mu: Momento Ultimo [ton.m]

DC: Carga Muerta, 0.26 ton-m.

DW: Carga sobrepuesta, 0.07 ton.m.

LL+IM: Carga viva, 3.58 ton.m.

3.4.1.4.6 *Momento debido a carga viva Positivo.* Método A: Las expresiones para las líneas de influencia para el momento flector en la sección del trazo AF son.

Figura 3.18

Expresiones para momento flector en el apoyo de AF.

<u>Tramo \overline{EA} ($-m \leq x \leq 0$)</u>	$M_F = \frac{37}{75}x$
<u>Tramo \overline{AF} ($0 \leq x \leq 0.4L$)</u>	$M_F = \frac{8}{75L^2}x^3 + \frac{37}{75}x$
<u>Tramo \overline{FB} ($0.4L \leq x \leq L$)</u>	$M_F = \frac{8}{75L^2}x^3 - \frac{38}{75}x + \frac{2L}{5}$
<u>Tramo \overline{BC} ($L \leq x \leq 2L$)</u>	$M_F = -\frac{2}{15L^2}x^3 + \frac{54}{75L}x^2 - \frac{92}{75}x + \frac{48L}{75}$
<u>Tramo \overline{CD} ($2L \leq x \leq 3L$)</u>	$M_F = \frac{2}{75L^2}x^3 - \frac{6}{25L}x^2 + \frac{52}{75}x - \frac{48L}{75}$
<u>Tramo \overline{DG} ($3L \leq x \leq 3L + n$)</u>	$M_F = -\frac{2}{75}x + \frac{6L}{75}$

Nota. Obtenido de la AASHTO-LRFD-SI (2020).

Tabla 3.21

Líneas de influencia del momento flector en el apoyo B

$-0.75 \leq x \leq 0$
$M = \frac{37}{75}x$
$0 \leq x \leq 1.12$
$M = \frac{2}{147}x^3 + \frac{37}{75}x$
$1.12 \leq x \leq 2.8$
$M = \frac{2}{147}x^3 - \frac{38}{75}x + \frac{28}{25}$
$2.8 \leq x \leq 5.6$
$M = -\frac{5}{294}x^3 + \frac{9}{35}x^2 - \frac{92}{75}x + \frac{224}{125}$
$8.4 \leq x \leq 9.15$
$M = \frac{1}{294}x^3 - \frac{3}{35}x^2 + \frac{52}{75}x - \frac{224}{125}$
$9.15 \leq x \leq 9.9$
$M = -\frac{2}{75}x + \frac{28}{125}$

Tabla 3.22*Momentos positivos debido a las distancias de camión de diseño*

x	1.12	m
M1	0.57	m
x2	2.84	m
M2	-0.01	m
x3	4.83	m
M3	-0.05	m
x4	6.63	m
M4	0.028	m

Nota. Verificar que se hayan reemplazado es su respectivo tramo**Tabla 3.23***Momentos positivos y negativos*

Para un carril cargado, y afectado del factor de presencia múltiple		
M(+)	4.92	T-m
E(-)	1.22	m
Para dos cargados, y afectado del factor de presencia múltiple		
M(+)	4.76	T-m
E(-)	2.2	m
Momento positivo crítico		
M(+)	2.97	T-m

Nota. Verificar que se encuentren en las mismas unidades

Tabla 3.24

Para $s = 2.8m$ para momentos positivos

Parámetro	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
M(+) LL+IM	29020	N mm/mm	2.9	T-m/m

Nota. Método B: Uso de Tabla A4-1 (AASHTO-LRFD), la cual es la figura 3.16

3.4.1.4.7 Estimación de Momento Ultimo- Resistente I Positivo. Para obtener el momento último se utilizaron los factores dispuestos en la tabla 3.41-1 de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007. El cual se usa la siguiente ecuación, aunque se tiene los siguientes resúmenes.

Tabla 3.25

Comparación de momentos positivos: LL + IM en el apoyo B

Comparación	M(+)LL+IM
método A	2.97
método B	2.9

Nota. Se selecciona el método A. Unidades en T.m.

Tabla 3.26

Momentos positivos por cargas en el apoyo B

Cargas	Tipo	M(+)	Resistencia
Losa + Barrera	DC	0.20	0.9
Asfalto	DW	0.06	1.5
Carga viva	LL+IM	2.97	1.75

Nota. Verificar que estén correctamente las unidades

$$Mu = (1.25 \text{ ó } 0.9)DC + (1.5 \text{ ó } 0.65)DW + 1.75 (LL + IM)$$

$$Mu = 5.47 \text{ ton.m}$$

(3.14)

Donde:

Mu: Momento Ultimo [ton.m]

DC: Carga Muerta, 0.20 ton-m.

DW: Carga sobrepuesta, 0.06 ton.m.

LL+IM: Carga viva, 2.97 ton.m.

3.4.1.5 Cálculo de Acero

3.4.1.5.1 Área de acero perpendicular al tráfico (Positivo y Negativo). Para establecer el acero perpendicular al tráfico se obtuvo mediante un proceso iterativo en el cual, primero se debe tener en cuenta los datos de recubrimiento para losas de hormigón establecidos según el Art.5.12.3-1 de la normativo ASHTO-LRFD-SI-2007. Partiendo de esto la cantidad de acero que se obtendrá mediante la siguiente aplicación de la ecuación.

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * f'c * b} = 1.49 \text{ cm}$$

(3.15)

$$As = \frac{Mu(-)}{\phi * Fy * (d - 0.5a)} = 8.45 \text{ cm}^2$$

(3.16)

Donde:

As: área de acero requerido $\left[\frac{\text{cm}^2}{\text{m}}\right]$.

a: alto de área de compresión [m].

b: ancho de franja, 100 cm.

f'c: resistencia del hormigón, $280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

fy: esfuerzo de fluencia del acero, $4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

d: peralte, 14.20 cm.

ϕ : factor de reducción método LRFD, 0.9.

3.4.1.5.2 Acero Perpendicular al tráfico (Positivo y Negativo). El acero debe ser capaz de soportar el menor valor entre 1.2Mcr y 1.33Mu según lo establecido por el Art.5.7.3.3. de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007.

$$Fcr = 2.01 * \sqrt{f'c} = 33.63 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \quad (3.17)$$

$$S = \frac{b * h^2}{6} = 6666.7 \text{ cm}^3 \quad (3.18)$$

$$Mcr = 1.1 * Fcr * S = 2.47 \text{ T} - \text{m} \quad (3.19)$$

Donde:

Fcr: esfuerzo crítico, $\left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

f'c: resistencia del hormigón, $280 \frac{kg}{cm^2}$.

b: base, m.

h: altura, m.

s: módulo de sección cm^3

Mcr: momento crítico [ton.m]

Si no se cumple con las condiciones previamente dadas se debe volver a seleccionar el acero para que cumpla con el momento. Este cálculo se lleva tanto para el acero positivo y negativo.

3.4.1.5.3 Separación de Varillas de Acero. Para obtener la separación de las varillas de acero se realiza mediante el área de la sección transversal de la varilla a utilizar y el área del acero que se requiere.

$$S_{varillas} = \frac{As\phi * b}{As} = 0.22 \text{ m} \quad (3.20)$$

Donde:

$S_{varillas}$: Separación de varillas [cm]

$As\emptyset$: Área de sección transversal de varillas, 2.01 cm^2 .

b: ancho de franja, 100 cm.

As: Área de acero requerido, $9.11 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$.

Para el perpendicular:

$$S_{varillas} = \frac{As\emptyset}{As \text{ (temperatura o Distribucion)}} \quad (3.21)$$

3.4.1.5.4 Acero por temperatura. El acero de temperatura se obtiene mediante las especificaciones indicadas en la ecuación establecida del Art.5.10.8-1 de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007 la cual debe cumplir los requerimientos del Art.5.10.8-2.

$$A_{st} = \frac{0.18 * b * h}{0.2(b + h)} = 1.76 \text{ cm}^2 \quad (3.22)$$

$$2.33 \leq A_{st} \leq 12.7 \quad \therefore \text{Cumple} \quad (3.23)$$

Donde:

A_{st} : Área de acero por temperatura requerido $\frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

b: ancho de losa, 9.9 m.

h: espesor de losa, 0.2 m.

Se escogerá varilla de 10 mm, la separación será: $s = \frac{0.79}{2.33} = 0.34 \text{ m}$

Una vez obtenido el acero requerido por temperatura del acero seleccionado comercial con su debida separación de varillas siguiendo lo establecido en el apartado 3.4.2.4.3 del documento. Se debe tener en cuenta que la separación máxima permitida para el acero por

temperatura no exceda lo especificado en la normativa del Art.5.10.7, de no cumplir seleccionar el que entregue la menor separación de varillas.

3.4.1.5.5 Acero por Distribución. El acero por distribución pertenece a un cierto porcentaje del acero perpendicular al tráfico positivo, este porcentaje se lo calculo según lo establecido en el Art 9.7.3.2 de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007 de la cual es la siguiente ecuación.

$$\% = \frac{121}{\sqrt{S}} \leq 67\%$$

$$\% = 83\% \leq 67\%$$

(3.24)

Donde:

S: luz libre de la losa, 2.1 m.

Debido a que no cumple la inequación, se usará el 67% del acero positivo para el armado de la parte inferior de la losa en la otra dirección.

Se calcula el A_s que es un porcentaje del acero positivo

$$A_{s_{repart}} = 0.67(9.11) = 6.10 \text{ cm}^2$$

(3.25)

Utilizando varilla de 16 mm, la separación será: $s = \frac{2.01}{6.10} = 0.33 \text{ m}$

3.4.1.6 Comprobación de Demanda-Capacidad. Una vez obtenidas todas las cantidades de aceros para la losa, por último, se debe comprobar el cumplimiento de demanda – capacidad para el estado límite de resistencia I, mediante la ecuación.

$$\phi Mn \geq M_{cr}$$

(3.26)

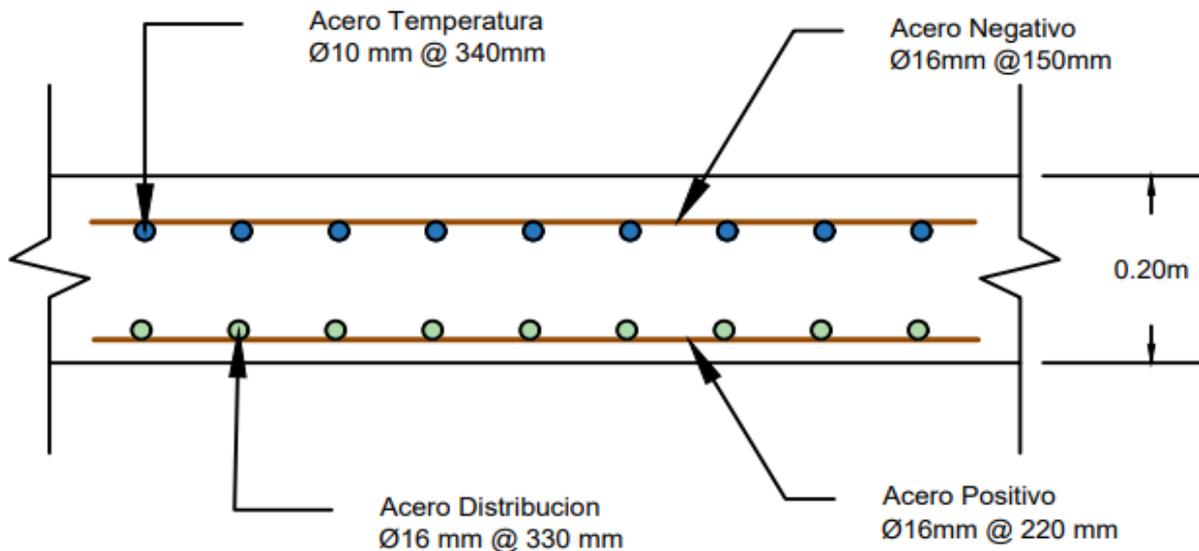
Donde:

ϕMn : Momento resistente = 6.14 T-m (-) y 5.47 T-m (+)

M_u : Momento Demandante = 2.47 T-m

Figura 3.19

Armado de losa



Nota. Dimensiones dadas especificadas en el dibujo.

3.4.2 Diseño de viga principal

3.4.2.1 Pre-dimensionamiento de viga principal. Se usarán las fórmulas que dispone de la normativa AASHTO-LRFD-SI-2007 del Art 2.5.2.6.3-1. Aunque las dimensiones obtenido de la norma son referenciales para seleccionar las dimensiones correspondientes que cumpla con las condiciones de demanda-capacidad del proyecto.

$$h = 0.07L = 2 \text{ m} \tag{3.27}$$

$$b = \min\left(\frac{L}{4}, 12 * t, 2.5\text{m}\right) \tag{3.28}$$

Donde:

h: peralte efectivo [m].

b: ancho de ala efectivo

L: luz del claro, 30 m.

t: espesor de losa, 0.2 m.

Tabla 3.27

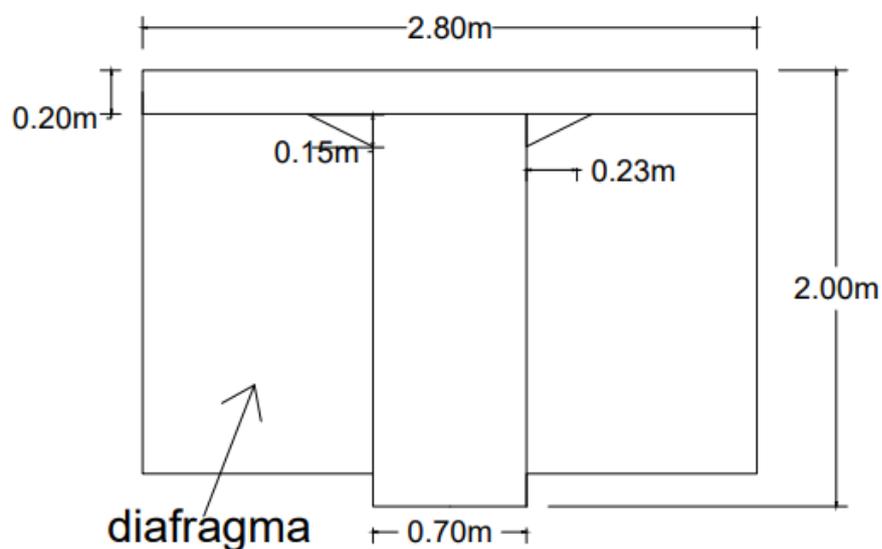
Dimensiones de viga de principal

Peralte efectivo	2
Ala de loseta	2.8
Espesor de loseta	0.2
Base de viga	0.7
Altura de viga	1.8
Altura de cartela	0.23
Base de cartela	0.15

Nota. La viga principal es tipo T, todas las dimensiones se encuentran en metros.

Figura 3.20

Vista transversal de la viga principal



3.4.2.2 Carga muerta. Las cargas muertas que se usaran son el peso propio de la losa, peso propio de la carpeta asfáltica, peso propio de las barreras y peso propio de la viga. Se debe tener en cuenta que el peso propio lo obtuvimos de la misma manera que se calculó para el prediseño de la losa. Las cargas utilizar son de las *ecuaciones* (3.5, (3.6, (3.7.

3.4.2.3 Carga viva. Las cargas vivas utilizadas para el diseño ya se definieron en el apartado 2.4.3.1 que son las cargas por cada eje del camión de diseño.

3.4.2.4 Momentos debido a cargas muertas. La influencia de cargas lineales distribuidas para una viga simplemente apoyada, se hará uso de la siguiente ecuación.

$$M = \frac{W * L^2}{8} \tag{3.29}$$

Donde:

M: Momento debido a cargas permanentes. [Ton-m]

L: Luz del claro. [m]

W: Cargas permanentes linealmente distribuidas. $\left[\frac{Ton}{m} \right]$

3.4.2.5 Momentos debido a cargas vivas. Estas corresponden a la Tabla A2.1, APENDICE A2.2, para la carga de camión de diseño HL-93 de la AASHTO-LRFD-SI-2007, y con la consideración de carga dinámica en estado límite de resistencia.

Figura 3.21

Valores de momentos y reacciones máximas en tramos simplemente apoyados por sobrecarga HL-93.

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)					REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)				MOMENTO FATIGA (T-m)			
LUZ	X	M por CAMIÓN ó	M por	M _(LL+IM)	LUZ	R por CAMIÓN ó	R por	V _(LL+IM)	LUZ	X	M por camión	M _(LL+IM)
(m)	(m)	(1)= TANDEM	S/C EQUIV	(IM=0.33)	(m)	(1)= TANDEM	S/C EQUIV	(IM=0.33)	(m)	(m)	de fatiga	(IM=0.15)
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63	4.17
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 ⁽¹⁾	0.95	22.07	2	1.00	7.26	8.35
3	1.50	10.89	1.07	15.55	3	18.14 ⁽¹⁾	1.43	25.56	3	1.50	10.89	12.52
4	1.70	16.39 ⁽¹⁾	1.86	23.65	4	19.28 ⁽¹⁾	1.90	27.54	4	2.00	14.52	16.70
5	2.20	21.95 ⁽¹⁾	2.93	32.13	5	19.96 ⁽¹⁾	2.38	28.92	5	2.50	18.15	20.87
6	2.70	27.56 ⁽¹⁾	4.24	40.89	6	20.41 ⁽¹⁾	2.86	30.00	6	3.00	21.78	25.05
7	3.20	33.18 ⁽¹⁾	5.79	49.91	7	20.74 ⁽¹⁾	3.33	30.91	7	3.50	25.41	29.22
8	3.70	38.81 ⁽¹⁾	7.57	59.19	8	21.29	3.81	32.12	8	4.00	29.04	33.40
9	4.20	44.45 ⁽¹⁾	9.60	68.72	9	22.34	4.28	33.99	9	4.07	33.46	38.47
10	4.70	50.10 ⁽¹⁾	11.86	78.49	10	23.37	4.76	35.84	10	4.57	37.96	43.65
11	5.20	55.75 ⁽¹⁾	14.36	88.51	11	24.22	5.24	37.44	11	5.07	42.46	48.83
12	5.70	61.41 ⁽¹⁾	17.09	98.76	12	24.92	5.71	38.86	12	5.57	46.98	54.02
13	5.79	68.70	19.87	111.24	13	25.52	6.19	40.12	13	6.07	51.49	59.22
14	6.29	76.78	23.08	125.19	14	26.03	6.66	41.28	14	6.57	56.01	64.41
15	6.79	84.86	26.53	139.40	15	26.47	7.14	42.35	15	7.07	60.53	69.61
16	7.29	92.96	30.22	153.86	16	26.86	7.62	43.34	16	7.57	65.06	74.82
17	7.79	101.07	34.15	168.57	17	27.20	8.09	44.27	17	6.71	70.93	81.56
18	8.29	109.18	38.31	183.53	18	27.50	8.57	45.15	18	7.21	78.75	90.56
19	8.79	117.30	42.72	198.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	86.61	99.60
20	9.29	125.43	47.36	214.18	20	28.02	9.52	46.79	20	8.21	94.50	108.68
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42	117.78
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36	126.91
23	10.79	149.82	62.71	261.97	23	28.63	10.95	49.02	23	9.71	118.32	136.06
24	11.29	157.96	68.30	278.39	24	28.79	11.42	49.72	24	10.21	126.29	145.24
25	11.79	166.10	74.13	295.04	25	28.95	11.90	50.40	25	10.71	134.29	154.43
26	12.29	174.24	80.20	311.94	26	29.09	12.38	51.07	26	11.21	142.29	163.64
27	12.79	182.38	86.51	329.08	27	29.23	12.85	51.72	27	11.71	150.31	172.86
28	13.29	190.53	93.05	346.46	28	29.35	13.33	52.36	28	12.21	158.34	182.09
29	13.79	198.68	99.84	364.08	29	29.46	13.80	52.99	29	12.71	166.38	191.33
30	14.29	206.83	106.86	381.94	30	29.57	14.28	53.61	30	13.21	174.42	200.59
31	14.79	214.98	114.12	400.03	31	29.67	14.76	54.22	31	13.71	182.48	209.85
32	15.29	223.13	121.61	418.37	32	29.76	15.23	54.82	32	14.21	190.54	219.12
33	15.79	231.28	129.35	436.95	33	29.85	15.71	55.41	33	14.71	198.61	228.40
34	16.29	239.43	137.32	455.77	34	29.93	16.18	56.00	34	15.21	206.68	237.68
35	16.79	247.58	145.53	474.82	35	30.01	16.66	56.58	35	15.71	214.76	246.97
36	17.29	255.74	153.98	494.12	36	30.09	17.14	57.15	36	16.21	222.84	256.27
37	17.79	263.89	162.67	513.65	37	30.16	17.61	57.72	37	16.71	230.93	265.57
38	18.29	272.05	171.59	533.42	38	30.22	18.09	58.28	38	17.21	239.02	274.88
39	18.79	280.21	180.76	553.43	39	30.29	18.56	58.84	39	17.71	247.12	284.19

Nota. X=30 es la distancia desde el apoyo, tomado de la AASHTO LRFD (2020)

$$M_{LL+IM} = 381.94 T.m$$

3.4.2.6 Resumen de momentos por cargas

Tabla 3.28

Momento positivo por carga de viga principal

Carga	M(+) T-m	γ		
		Resistencia 1	Servicio 1	Fatiga 1
DC	512.29	1.25	1	0
DW	20.48	1.5	1	0
LL+IM	278.88	1.75	1	1.5

Nota. Se tomará el valor más conservador que será para resistencia 1

3.4.2.7 Estimación de momento último. Para el cálculo del momento último se considera el primer estado limite según la Normativa AASHTO-LRFD-SI-2007 para el diseño de vigas.

3.4.2.7.1 Resistencia 1

$$Mu = (1.25 \text{ ó } 0.9)DC + (1.5 \text{ ó } 0.65)DW + 1.75 (LL + IM)$$

$$Mu = 1159.11 T.m$$

(3.30)

Donde:

Mu: Momento Ultimo [Ton-m]

DC: Carga Muerta [Ton-m]

DW: Carga sobrepuesta [Ton-m]

LL+IM: Carga viva mayorada por factor de impacto [Ton-m]

3.4.2.8 Acero negativo. Para el cálculo del acero, se itera hasta que ya el valor de a no varíe el cual es el siguiente.

$$As = \frac{Mu}{\phi * Fy * (d - 0.5a)} = 186.96 \text{ cm}^2$$

(3.31)

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 * f'_c b} = 12 \text{ cm} \quad (3.32)$$

Se utilizará 30Ø28mm para el cual se tiene un $A_s=190.80 \text{ cm}^2$, el cual cumple con el A_s requerido.

3.4.2.9 As Máximo. Las actuales disposiciones AASHTO LRFD eliminaron este límite.

3.4.2.10 As Mínimo. las cantidades de acero proporcionadas deben ser capaz de resistir el valor de M_{cr} y $1.33M_u$.

$$M_{cr} = 1.1 f_r S$$

$$M_{cr} = 623.28 \text{ T.m} \quad (3.33)$$

Para calcular el momento crítico se debe obtener

$$f_r = 2.01 * \sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 33.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (3.34)$$

$$S = bh^2/6$$

$$S = 1684666.7 \text{ cm}^3 \quad (3.35)$$

Luego se calcula el $1.33 M_u$ el cual da un valor de 1541.62 T.m . Se necesita 22Ø25mm, el cual cumple con el momento crítico.

3.4.2.11 As de contracción y temperatura. En el alma de la viga T, en las caras laterales se colocará acero de temperatura.

$$A_{stemp} = \frac{0.18bh}{2(b+h)}$$

$$A_{stemp} = 5.07 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (3.36)$$

Se usarán 2Ø28mm (12.32 cm^2), por cara, ya que cumple con el A_s de requerido.

3.4.3 Diafragma

3.4.3.1 Cargas muertas. Las cargas muertas consideradas para el cálculo del diafragma se obtuvieron de los siguientes datos.

Tabla 3.29

Tabla de datos del diafragma

Parámetro	Cantidad	Unidad
e (espesor)	0.2	m
base	0.25	m
h	1.85	m
Densidad hormigón	2400	kg/m ³

Para el cálculo de las cargas puntuales y distribuidas de los ejes tenemos el siguiente esquema y tabla.

Figura 3.22

Vista lateral del diafragma

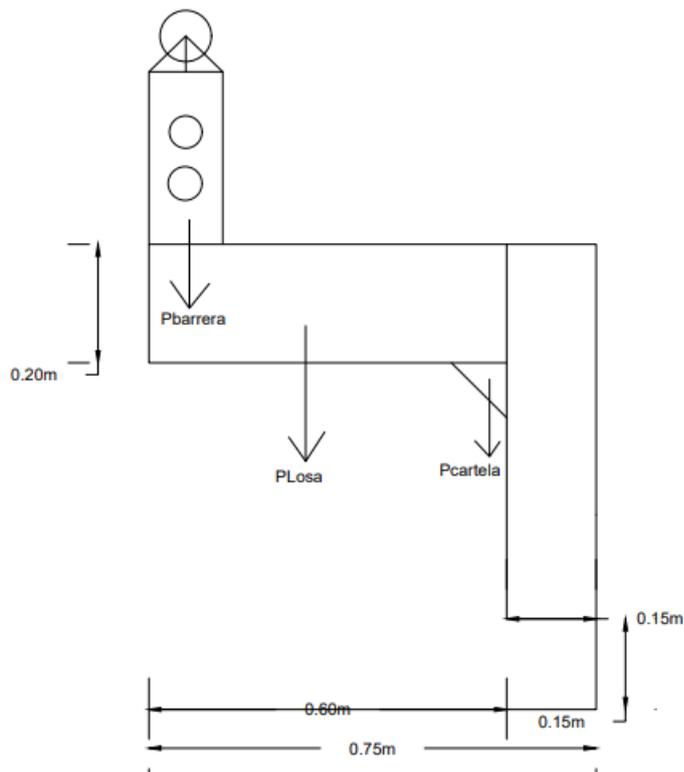


Tabla 3.30*Cargas para el diafragma*

Cargas en el Eje A debido al volado		
Pbarrea	13.19	kg
Plosa	72	kg
Pcartela	10.35	kg
Ptotal	95.54	kg
Carga distribuida por peso propio del diafragma		
Wpp	1110	Kg/m

Una vez obtenido el peso se procede a calcular el momento mediante la siguiente formula, y esto representado en la tabla es la siguiente,

$$M = P \times L \quad [kg - m]$$

L: Brazo de palanca depende de donde este colocada la carga puntual P

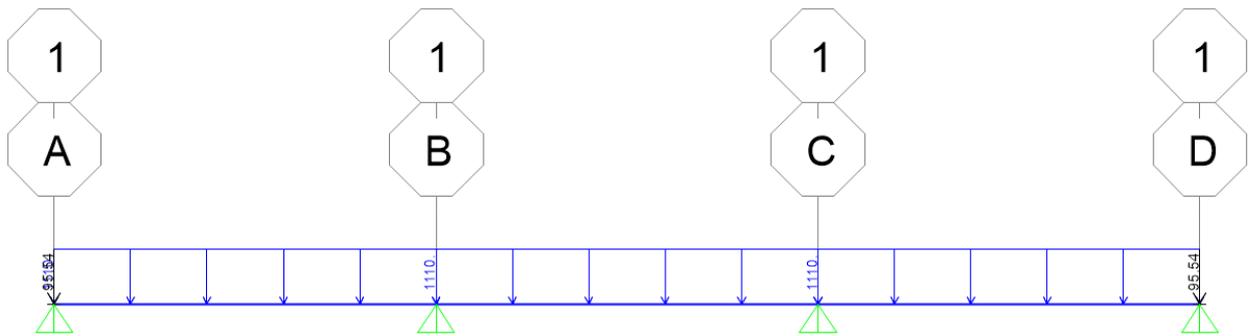
Tabla 3.31*Momentos en el eje A debido al voladizo*

M(Barrera)	8.17625	kg-m
M(Losa)	32.4	kg-m
M(cartela)	2.346	kg-m
Mtotal	42.92	kg-m

Con ayuda de nuestro programa de análisis estructural colocamos los momentos y cargas para saber el comportamiento del diafragma.

Figura 3.23

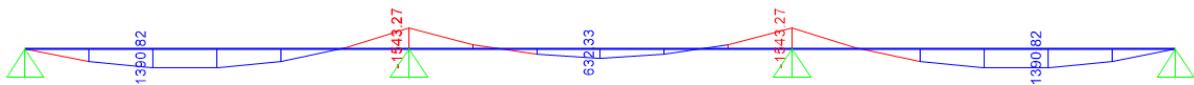
Carga sobre el diafragma



Nota. Obtenidos del software estructural, valores dados en kg/m.

Figura 3.24

Momentos del diafragma



Nota. Obtenidos del software estructural, valores dados en kg.m.

$$M_{(-)DC} = -1.15 T.m$$

$$M_{(+)DC} = 1.38 T.m$$

3.4.3.2 Carga viva y efecto de carga dinámica negativo. Con el momento por carga viva encontrado en el cálculo de la losa (Método A) y la consideración de los factores de presencia múltiple y carga dinámica en estado límite de resistencia, considerando que la viga diafragma toma toda la carga viva tenemos para la cara derecha de la viga en el segundo apoyo:

$$M_{LL+IM} = -11.89 T.m$$

3.4.3.3 Combinación crítica

Para el estado límite de resistencia, con $n = n_D = n_R = n_I = 1$

$$M_u = n(1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{(LL+IM)})$$

$$M_u = -22.25 T.m$$

(3.37)

3.4.3.4 Cálculo de Acero Negativo. Utilizando acero principal $3\phi 12\text{mm}$ ($A_s=3.4 \text{ cm}^2$)

colocado debajo del acero de losa ($\phi 16\text{mm}$), estribo $\phi 10\text{mm}$ y recubrimiento $r=5 \text{ cm}$.

$$z = \text{recub} + \phi_{As \text{ losa}} + \phi_{est} + \frac{\phi_{varilla}}{2}$$

$$z = 1.8 \text{ cm}$$

(3.38)

$$a = \frac{As fy}{0.85 f'c b}$$

$$a = 2.40 \text{ cm}$$

(3.39)

Se procede a calcular el Momento de diseño.

$$M_u = \phi fy(d - \frac{a}{2})A_s$$

$$M_u = 23.44 T.m$$

(3.40)

Como el momento de diseño es mayor al momento requerido.

3.4.3.5 Carga viva y efecto de carga dinámica positivo. Con el momento por carga viva encontrado en el cálculo de la losa (Método A) y la consideración de los factores de presencia múltiple y carga dinámica en estado límite de resistencia, considerando que la viga diafragma toma toda la carga viva tenemos entre el tramo del primer apoyo:

$$M_{LL+IM} = 4.66 T.m$$

3.4.3.6 Combinación crítica. Para el estado límite de resistencia, con $n=n_D=n_R=n_I=1$

$$M_u = n(1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{(LL+IM)})$$

$$M_u = 9.89 T.m$$

(3.41)

3.4.3.7 Cálculo de Acero Negativo. Utilizando acero principal 2Ø10mm ($A_s=1.57 \text{ cm}^2$) colocado debajo del acero de losa (Ø16mm), estribo Ø10mm y recubrimiento $r=5 \text{ cm}$.

$$z = \text{recub} + \phi_{As \text{ losa}} + \phi_{est} + \frac{\phi_{varilla}}{2}$$

$$z = 1.7 \text{ cm}$$

(3.42)

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$a = 1.11 \text{ cm}$$

(3.43)

Se procede a calcular el Momento de diseño.

$$M_u = \phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) A_s$$

$$M_u = 10.89 T.m$$

(3.44)

Como el momento de diseño es mayor al momento requerido.

3.4.3.8 Armadura de contracción y temperatura en caras laterales. Para el área de refuerzo en cm por metro, en cada cara y en cada dirección será:

$$A_{stemp} = \frac{0.18bh}{2(b+h)}$$

$$A_{stemp} = 1.98 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

(3.45)

Se debe tener en cuenta que:

$$2.33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq A_{stemp} \leq 12.70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

(3.46)

Para el espacio de $1.85-0.2=1.65$ m se tiene

$$A_{stemp} = 3.84 \text{ cm}^2$$

Usaremos por cada $4\phi 12\text{mm}$ (4.52 cm^2), el cual cumple.

3.5 Parte central de la losa del puente

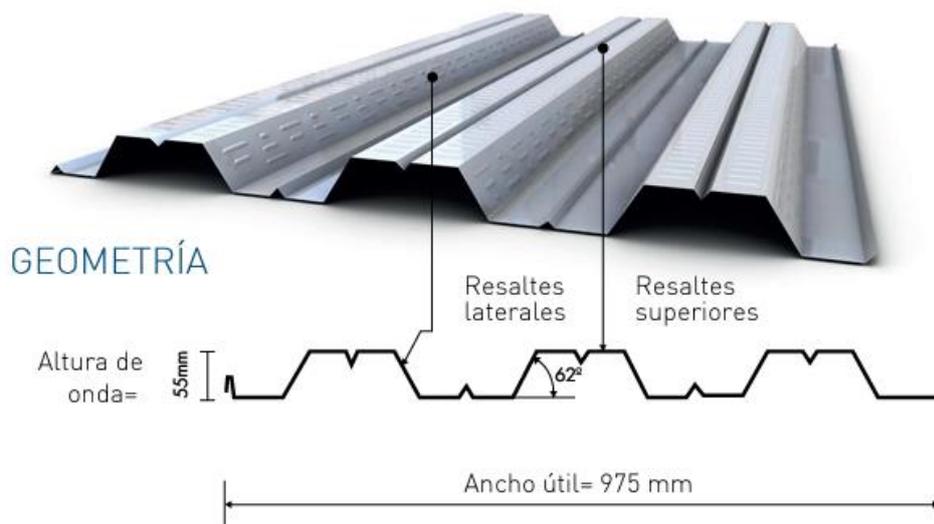
Para el diseño de la parte central será un sistema compuesto, siendo de placa colaborante con losa de acero armado. Se idealizará el sistema como una losa nervada en una dirección y se hará el uso del código de la ACI para los respectivos cálculos.

3.5.1 Panel de acero

En la placa colaborante se usaron valores estándares brindados por la empresa de Novacero, siendo la Novalosa tipo 55 con un espesor de 0.76 mm. El traslape longitudinal será tipo gancho, mientras que el traslape transversal tendrá 10 cm como mínimo.

Figura 3.25

Novalosa tipo 55



Nota. Tomado de Novacero.

Tabla 3.32

Propiedades de la sección Novalosa 55 mm

Espesor	Peso	Ie+	Se+	Se-	As
Novalosa	[kg/m²]	[cm⁴/m]	[cm³/m]	[cm³/m]	[cm²/m]
[mm]					
0.76	7.47	36.89	11.46	12.81	9.03

Nota. Obtenido del catálogo de Novacero.

3.5.2 Dimensionamiento de losa

Primeramente, se realizó un pre-dimensionamiento de losa, calculando el espesor mínimo requerido siguiendo las ecuaciones de la ACI.

$$e = \frac{L_{max}}{20} = 11 \text{ cm} \quad (3.47)$$

Donde:

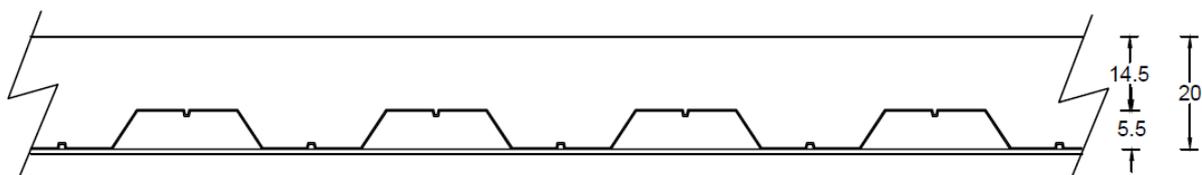
e: espesor mínimo requerido [cm]

L_{max}: longitud máxima entre apoyos, 2.1 m.

Sin embargo, hay que tomar en consideración la profundidad de la onda de la placa de acero siendo de 5.5 cm y las buenas prácticas de construcción, tomando un espesor de losa total de 20 cm.

Figura 3.26

Dimensione de losa central



Nota. Dimensiones dadas en centímetros.

3.5.3 Carga muerta

Para el cálculo de la carga muerta se tomó en consideración las barreras metálicas de protección, la capa de rodadura y el peso propio de la losa.

Tabla 3.33

Pesos unitarios usados en la losa central

asfalto	KN/m ³	13
hormigón	KN/m ³	24
acero	KN/m ³	78.5

Nota. Valores tomados de la NEC_SE_CG (2014).

3.5.3.1 Peso propio de la carpeta asfáltica.

$$PP_{asf} = \rho_{asf} * e_{asf} = 0.66 \frac{KN}{m^2} \quad (3.48)$$

Donde:

PP_{asf} : peso propio del asfalto $\left[\frac{KN}{m^2}\right]$.

ρ_{asf} : peso unitario del asfalto, $13 \frac{KN}{m^3}$.

e_{asf} : espesor del asfalto, 0.05 m.

3.5.3.2 Peso propio de barandas metálicas. Se obtuvo un área aproximada para el cálculo de las barandas metálicas totales para los 100 metros de la parte central del puente y luego distribuir la carga a lo ancho del tablero del puente.

$$PP_{bar} = \frac{\rho_{bar} * A_{bar}}{l * b} = 0.36 \frac{KN}{m^2} \quad (3.49)$$

Donde:

PP_{bar} : peso propio de las barandas metálicas $\left[\frac{KN}{m^2}\right]$.

ρ_{bar} : peso unitario de las barandas metálicas, $13 \frac{KN}{m^3}$.

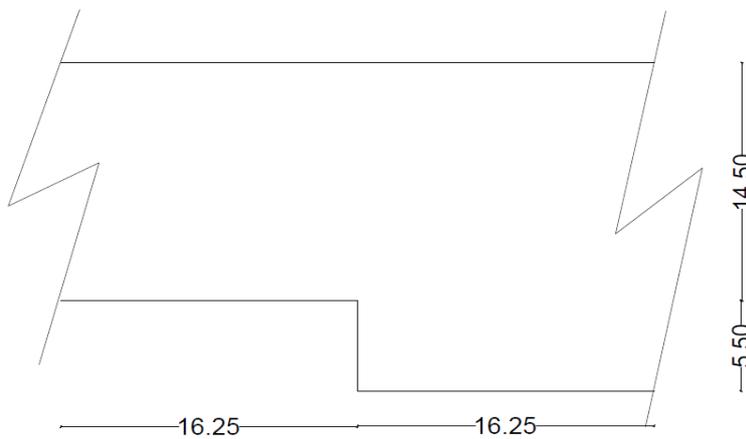
l: longitud de la parte central del puente, 100 m.

b: ancho del puente, 9.9 m.

3.5.3.3 Peso propio de la losa. Como se mencionó previamente, se idealizaría la losa como nervada en una dirección. Además, para el peso propio, se calculó un espesor equivalente a una losa maciza, partiendo del espesor de la losa nervada de 20 cm.

Figura 3.27

Dimensiones de un nervio de la losa nervada



Nota. Dimensiones dadas en centímetros.

$$A_{real} = (b_1 * h_1) + (b_2 * h_t) = 560.63 \text{ cm}^2 \quad (3.50)$$

$$e_{eq} = \frac{A_{real}}{b_1 + b_2} = 17.25 \text{ cm} \quad (3.51)$$

Donde:

A_{real} : área real del nervio de la losa [cm]

b_1 : base 1, 16.25 cm.

b_2 : base 2, 16.25 cm.

h_1 : altura 1, 14.50 cm.

h_t : altura total, 20 cm.

Una vez obtenida el espesor equivalente, se procede a calcular el peso propio de la losa.

$$PP_{losa} = \rho_h * e_{eq} = 4.14 \frac{KN}{m^2} \quad (3.52)$$

Donde:

PP_{losa} : peso propio de la losa $\left[\frac{KN}{m^2}\right]$.

ρ_h : peso unitario del hormigón, $24 \frac{KN}{m^3}$.

e_{eq} : espesor equivalente de losa, 0.17 cm.

3.5.4 Carga viva

Se usará la carga viva brindada por la AASHTO LRFD Bridge Design Specification (2020), que se trata del camión de diseño HS20-44, siendo el más crítico con un valor de 0.95 T/m² mencionado en el punto 2.4.3.1.

3.5.5 Carga última

Una vez calculada todas las cargas, se debe mayorar tanto la carga viva como la carga muerta por el método LRFD de la tabla 5.3.1 de la ACI-319-19.

$$Qu = (1.2 QD + 1.6QL) * bt = 2.17 T/m \quad (3.53)$$

Donde:

Qu: carga última [T/m²]

QD: carga viva, 0.53 T/m².

QL: carga viva, 0.95 T/m².

bt: ancho tributario, 1 m.

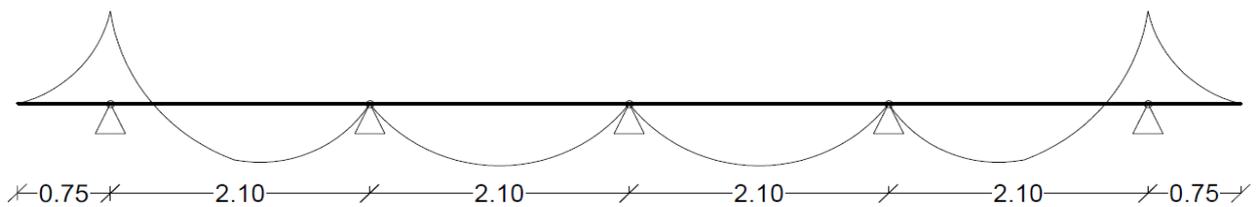
3.5.6 Cortantes y momentos de la losa

A lo ancho de la losa se optó por considerar solamente momentos positivos para un diseño más conservadores. Sin embargo, con relación a los bordillos que se comportan como voladizo, se consideraron los momentos negativos requeridos.

Para calcular los momentos, se realizan cortes para sacar las ecuaciones de cortante y momento flector del sistema. Adicional, se toma en cuenta que la losa se encuentra simplemente apoyada y cuenta con un total de 5 apoyos.

Figura 3.28

Losa simplemente apoyada

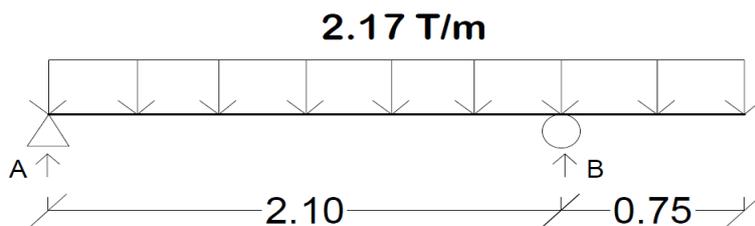


Nota. Luces entre los apoyos de la losa

Se dividirá en dos tramos distintos para el cálculo de las respectivas reacciones y las ecuaciones tanto para cortantes como para momentos.

Figura 3.29

Tramo 1



Nota. Medidas dadas en metros.

Se procede a calcular las respectivas reacciones:

$$\sum M_A = 0 \cup$$

$$B = 4.2 \text{ Ton}$$

(3.54)

$$\sum F_y = 0$$

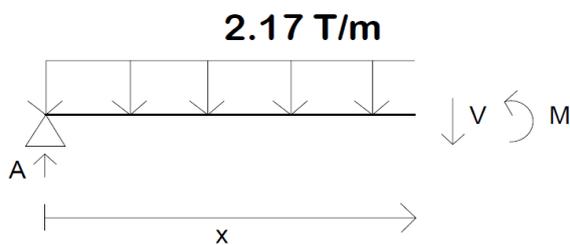
$$A = 1.98 \text{ Ton}$$

(3.55)

Luego se calculan las ecuaciones, estando el primer tramo de x entre los dos apoyos y el segundo tramo pasando el segundo apoyo.

Figura 3.30

x1 para tramo 1



Nota. Primer corte.

$$\sum F_y = 0$$

$$V = 1.98 - 2.17x \text{ [Ton]}$$

(3.56)

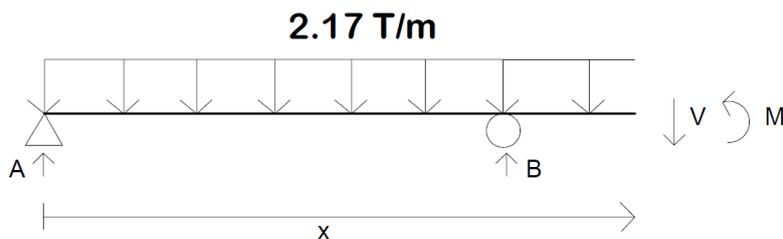
$$\sum M_o = 0 \cup$$

$$M = 1.98x - 1.085x^2 \text{ [Ton.m]}$$

(3.57)

Figura 3.31

x2 para tramo 1



Nota. Segundo corte.

$$\sum F_y = 0$$

$$V = 1.52 - 2.17x \text{ [Ton]}$$

(3.58)

$$\sum M_o = 0 \cup$$

$$M = -0.62 + 1.62x - 1.085x^2 \text{ [Ton.m]}$$

(3.59)

Figura 3.32

Tramo 2



Nota. Medidas dadas en metros.

Se procede a calcular las respectivas reacciones:

$$\sum F_y = 0$$

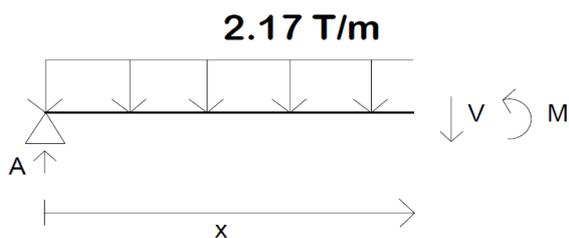
$$A = B = 2.28 \text{ Ton}$$

(3.60)

Luego se calculan las ecuaciones, estando el primer tramo de x entre los dos apoyos y el segundo tramo pasando el segundo apoyo.

Figura 3.33

x1 para tramo 2



Nota. Primer corte.

$$\sum F_y = 0$$

$$V = 2.28 - 2.17x \text{ [Ton]}$$

(3.61)

$$\sum M_o = 0 \cup$$

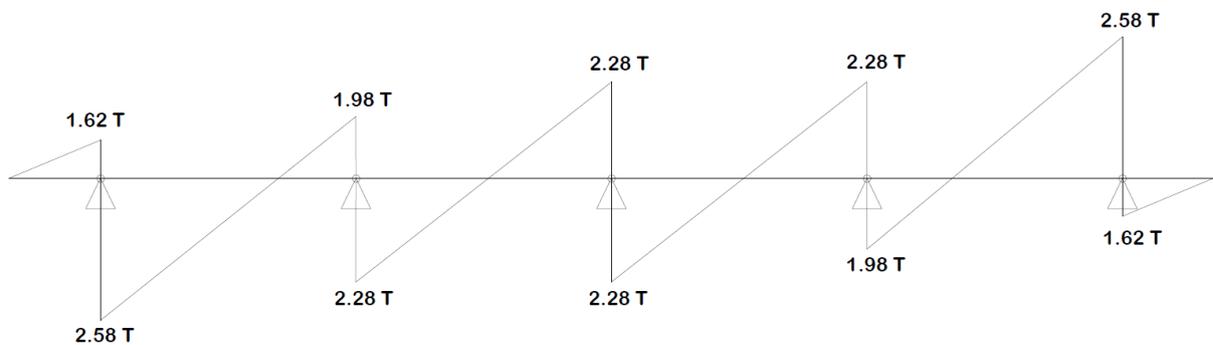
$$M = 2.28x - 1.085x^2 \text{ [Ton.m]}$$

(3.62)

Finalmente, se obtiene la gráfica de cortante y momento.

Figura 3.34

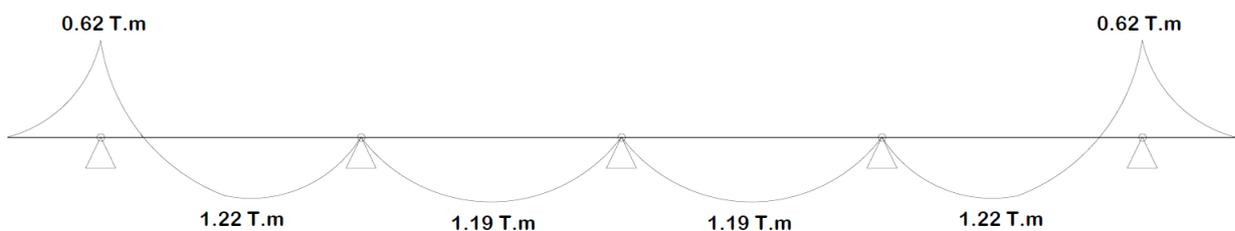
Gráfica de cortante



Nota. El cortante máximo es de 2.58 [Ton]

Figura 3.35

Gráfica de momento



Nota. El momento máximo es de 1.22 [Ton.m]

3.5.7 Resistencia nominal

La resistencia nominal nos ayuda a verificar que el diseño cumpla por momento en cualquier punto.

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} = 5.95 \text{ cm} \quad (3.63)$$

$$\phi Mn = \phi * As * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 2.96 \text{ T.m} \quad (3.64)$$

Donde:

a: distancia que tendrá el bloque de compresión [cm]

As: área de la placa de acero, 9.03 cm².

fy: fluencia del acero, 2550 kg/cm².

f'c: fluencia del hormigón, 280 kg/cm².

d: altura efectiva, 17.25 cm.

∅: factor de reducción, 0.9.

Mn: resistencia nominal [T.m]

$$\phi Mn \geq Mmáx$$

$$2.96 \text{ T.m} \geq 1.22 \text{ T.m} \quad (3.65)$$

Por lo tanto, verificamos que resistencia nominal es mayor y podemos afirmar que el diseño cumple por resistencia.

3.5.8 Cortante

Es necesario revisar el diseño por cortante para evitar deformaciones en la losa.

$$\phi Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d = 5.47 \text{ T} \quad (3.66)$$

Donde:

V_c : Cortante [T]

ϕ : factor de reducción, 0.75.

f'_c : fluencia del hormigón, $280 \frac{kg}{cm^2}$.

b_w : ancho unitario, 100 cm.

d : altura efectiva, 17.25 cm.

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$5.74 T \geq 2.58 T$$

(3.67)

Por lo tanto, verificamos que cumple por cortante.

3.5.9 Acero por retracción

Para el cálculo del área del acero requerido por retracción, se hace el uso de la siguiente fórmula:

$$A_{s,ret} = 0.0018 * b * h * \left(\frac{4200}{f_y} \right)$$

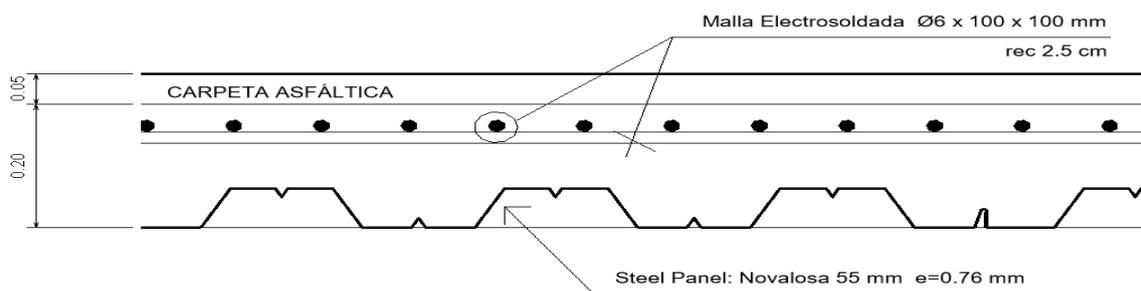
$$A_{s,ret} = 2.61 \text{ cm}^2$$

(3.68)

Haciendo el uso del catálogo de Novacero, se requiere el acero tipo R-283 por retracción para la losa central, siendo una malla electrosoldada de $\phi 6$ mm con una apertura de 10x10 cm.

Figura 3.36

Losa compuesta



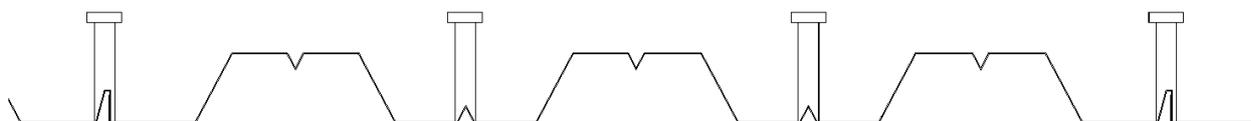
Nota. Unidades en metros en caso de que no esté especificado.

3.5.10 Conector de corte

Los conectores de corte que se soldarán a las vigas metálicas serán pernos tipo Stud. Irán colocados a lo largo de toda la viga metálica longitudinal. El perno Stud es de $\varnothing 7/8'' \times 3.5''$ y se posicionarán en cada valle de la placa

Figura 3.37

Conector de corte



Nota. Imagen referencial de cómo se ubicarán los pernos Stud.

3.6 Protección lateral

3.6.1 Diseño de tubo de protección

Se propone en este caso un modelo de barrera metálica de protección vehicular.

3.6.1.1 Especificaciones del material para protección peatonal. El material seleccionado es Acero de grado A36 según la Norma ASTM [28]

Tabla 3.34

Especificaciones del material del tubo de acero

Parámetro	Cantidad	Unidad
Densidad	7860	kg/m ³
fy (fluencia)	250	MPa
fr (rotura)	410	MPa

Nota. Tomado de la ASTM (28)

3.6.1.2 Cargas y solicitaciones. Se utilizará las siguientes cargas y especificaciones para nuestro diseño de protección vehicular el cual se tienen la siguiente tabla

Tabla 3.35*Cargas usadas en la protección lateral*

Parámetro	Cantidad	Unidad
w (Carga viva vehicular)	50	lb/ft
L (espaciamiento entre postes)	5.48	ft
WL (carga puntual aplicada al poste)	273.95	lb

Nota. Cargas y dimensiones para cálculos del tubo de protección

3.6.1.3 Momento de la sección resistente. Para el prediseño se tendrá en cuenta una viga continua de tres tramos es con los tramos.

$$M = \frac{W * L^2}{10} * 12$$

$$M = 1801.168 \text{ lb-in}$$

(3.69)

3.6.1.4 Prediseño de la sección. Para ello utilizaremos la cuantía máxima la cual es la siguiente formula.

$$\rho_{max} = \frac{M}{S}$$

(3.70)

El esfuerzo máximo es igual al esfuerzo admisible del acero para la flexión que es el 60% del esfuerzo de fluencia del acero.

$$\rho_{adm} = 0.66F_y$$

$$\rho_{adm} = 21600 \frac{lb}{in^2}$$

(3.71)

Con esto se determina el módulo resistente que debe tener la sección del tubo circular que se utiliza en el pasamano para el momento aplicado.

$$S = \frac{M}{\rho_{adm}}$$

$$S = 0.0834 \text{ in}^3$$

(3.72)

Con este valor de módulo resistente se busca la sección más adecuada que se ajuste a dicho valor en las tablas Dimension and Properties de la American Institute of Steel Construction.

El cual por tabla circular de 1 ½ “, el cual tiene un s de 0.092 in^3 y un área de 0.266 in^2

3.6.1.5 Comprobación. Para ello comprobaremos con la cuantía máxima con el momento y el s de la sección escogida.

$$\rho_{max} = \frac{M}{S}$$

$$\rho_{max} = 18762.17 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

(3.73)

3.6.1.6 Análisis de corte. Para ello utilizaremos la fuerza de corte a la que está sometida el pasamano en el tramo apoyado entre los postes es:

$$V = Ra = Rb = \frac{WL}{2}$$

$$V = 45.66 \text{ lb}$$

(3.74)

El esfuerzo de trabajo al corte de la sección debe ser menor al esfuerzo admisible al corte del acero (F_v) que para este caso es $0.33 F_y$.

$$f_v = \frac{V}{A}$$

$$f_v = 171.65 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

(3.75)

$$fv = 0.33 * fy$$

$$fv = 11880 \frac{lb}{in^2}$$

(3.76)

Como el esfuerzo admisible de corte del acero es mayor al esfuerzo de trabajo del corte de la sección es correcto el perfil seleccionado.

3.6.2 Diseño de poste de protección

3.6.2.1 Especificaciones del material para protección peatonal. El material seleccionado es cago rectangular de acero.

Tabla 3.36

Especificaciones del material del tubo de acero

Parámetro	Cantidad	Unidad
Densidad	7860	kg/m ³
fy (Fluencia)	250	Mpa
Fr (Rotura)	410	MPa

Nota. Tomado de la ASTM (28)

3.6.2.2 Cargas y solicitaciones. Se debe determinar la sección resistente preliminar para soportar los esfuerzos producidos por las solicitaciones, en este caso para los postes utilizamos perfil w.

Tabla 3.37

Cargas para poste de protección

Parámetro	Cantidad	Unidad
w (Carga viva vehicular)	50	lb/ft
H (Altura)	3.28	ft
WL (carga puntual aplicada al poste)	273.95	lb

Nota. Cargas y dimensiones para cálculos del poste de protección

3.6.2.3 Momento de la sección resistente. Para el prediseño se tendrá en cuenta una viga continua de tres tramos es con los tramos.

$$M = WL * H$$

$$M=10785.44 \text{ lb-in}$$

(3.77)

3.6.2.4 Prediseño de la sección. Con el momento ejercido en el poste determinamos el Módulo resistente de la sección para soportar este momento.

$$S = \frac{M}{\rho_{adm}}$$

$$S = 0.50 \text{ in}^3$$

(3.78)

Con este valor de módulo resistente se busca la sección más adecuada que se ajuste a dicho valor en las tablas Dimension and Properties de la American Institute of Steel Construction.

El perfil seleccionado será el de 200 x 100 cm y que tiene un s de 1.01 in³.

3.6.2.5 Comprobación. Para ello comprobaremos con la cuantía máxima con e momento y el s de la sección escogida.

$$\rho_{max} = \frac{M}{S}$$

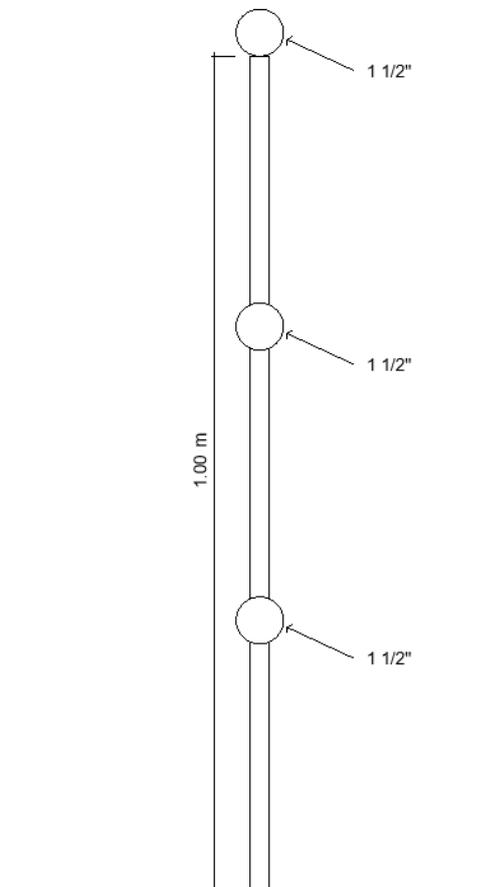
$$\rho_{max} = 10678.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

(3.79)

Como el esfuerzo admisible de corte del acero es mayor al esfuerzo de trabajo del corte de la sección es correcto el perfil seleccionado.

Figura 3.38

Baranda metálica



Nota. Dimensiones de la baranda metálica del proyecto

3.7 Señalización vial

En la implementación de las señalizaciones en la vía del puente se hará el uso del reglamento RTE INEN 004.

3.7.1 Señalización vertical

Las señaléticas verticales se deben encontrar como mínimo a 600 mm del borde de vía o espaldón. La altura libre de la señal no puede ser menor a 1.5 m; pero debido a que es una vía con alto tránsito camión, la altura libre será de 2 m. (RTE INEN 004-1, 2011)

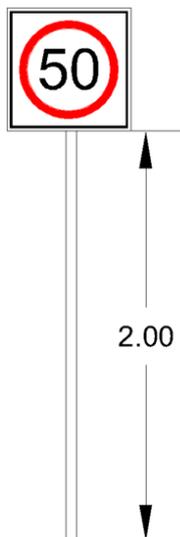
Las señalizaciones verticales que se implementaron en el proyecto fueron las siguientes:

3.7.1.1.1 Límite máximo de velocidad (R4-1A). Es una señal de tipo regulatoria que nos indica la velocidad máxima en la que un vehículo le es permitido circular en la vía. El límite máximo es de 50 Km/h (*RTE INEN 004-1, 2011*). Contará con las siguientes especificaciones:

- Dimensiones: 750x750 mm
- Símbolo y orla negra
- Círculo rojo retrorreflectivo
- Fondo blanco retrorreflectivo

Figura 3.39

Límite máximo de velocidad



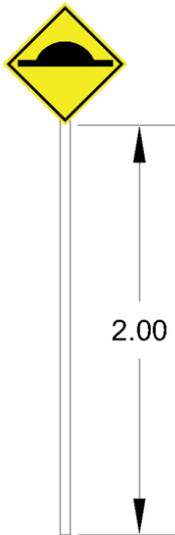
Nota. Dimensiones en metros

3.7.1.1.2 Reductor de velocidad (P6-2A). Es una señal de tipo preventiva que se utiliza para advertir que existe o se aproxima a un reductor de velocidad (*RTE INEN 004-1, 2011*). Contará con las siguientes especificaciones:

- Dimensiones: 750x750 mm
- Símbolo y orla negros
- Fondo amarillo retrorreflectivo

Figura 3.40

Reductor de velocidad



Nota. Dimensiones en metros.

3.7.2 Señalización horizontal

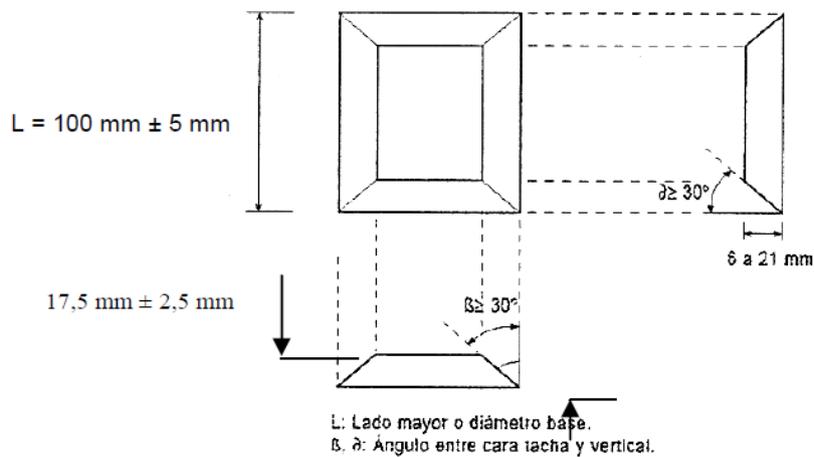
Las señales horizontales deben ser visibles y legibles, además de llamar la atención haciendo el uso de colores llamativos por medio de pintura retrorreflectiva. Para zonas rurales, el espesor de la pintura debe tener un mínimo de 250 micras en seco (RTE INEN 004-2, 2011).

Las señalizaciones horizontales que se implementaron fueron las siguientes:

3.7.2.1 Demarcadores (tachas). Son dispositivos de señalización complementaria. Están elaborados de plásticos de alta densidad de material retrorreflectivo. Las tachas unidireccionales se colocarán en los extremos y centro de la vía con una separación de un metro, y además serán de color amarillo (RTE INEN 004-2, 2011).

Figura 3.41

Dimensiones de los demarcadores



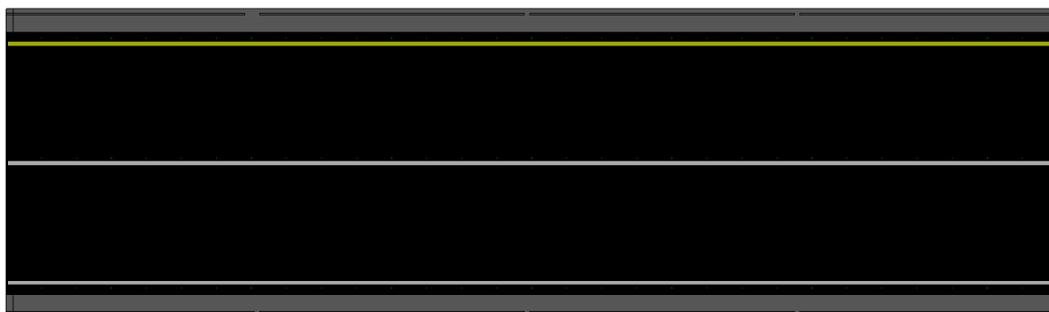
Nota. Tomado de RTE-INEN-004-2 (2011).

3.7.2.2 Líneas longitudinales. Ayuda para la delimitación de la calzada y los carriles (RTE INEN 004-2, 2011). Las líneas longitudinales contarán con las siguientes características:

- Líneas continuas
- Colores: lateral izquierda, amarilla retroreflectiva; central y lateral derecha, blanca retroreflectiva, lateral de bordillo, amarilla retroreflectiva.
- Ancho: 150 mm

Figura 3.42

Líneas longitudinales



Nota. Líneas continuas central para evitar rebase

3.7.2.3 Chevrone. Señala la dirección del tránsito, si diverge o converge. Se encontrarán ubicadas antes de entrar y al salir del puente (**RTE INEN 004-2, 2011**). Tendrán las siguientes indicaciones:

- Ángulo: 45°
- Ancho: 600 mm
- Espaciamiento: 1200 mm (2 veces el ancho)
- Línea de contorno: 100 mm

Figura 3.43

Tránsito solo por derecha



Nota. Tomado de RTE-INEN-004-2

Capítulo 4

4. Estudio de impacto ambiental

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto de rediseñar el puente “Gemelo” aguas abajo es un escenario que tiene como oportunidad abordar los problemas de seguridad vial y riesgo vehicular. El diseño planteado se basa en la reconstrucción de la losa estructural en los accesos y la sección central del puente, no solo centra en renovar la infraestructura vial, sino también, en disminuir de manera considerable el impacto ambiental que crea. Es importante, implementar una evaluación de los efectos negativos hacia en el entorno, desde la fase inicial hasta la implementación final del proyecto.

En cuestión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el proyecto se vincula con la ODS 8 “Trabajo decente y crecimiento económico”, teniendo en cuenta que la reconstrucción del tablero del puente no solo ayudará en la movilidad y seguridad, sino también impulsará la economía local, incrementando las plazas de empleo y creando un entorno favorable para el crecimiento económico.

De igual manera, la ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, nos habla sobre los vínculos entre zonas urbanas y rurales. El puente al ser un punto de conexión vital con alto potencial mejorará la accesibilidad y fomentará la integración tanto social como económica entre las comunidades.

Figura 4.1

ODS que participan en el proyecto



Nota. Tomada de las Naciones Unidas (s.f.)

4.2 Línea base ambiental

Se debe tener en consideración los aspectos ambientales actuales de la zona para poder llevar a cabo un nuevo proyecto. Lo ideal, es realizar un inventario ambiental, el cual es una forma que ayuda a identificar los posibles impactos que pueden llegar a provocar las actividades del futuro proyecto.

Se tomará en cuenta las características del clima y precipitación, así igual manera, la temperatura, la hidrología y las posibles fuentes de contaminación.

4.2.1 Tipo de clima

La temperatura promedio anual es de 24°C con un clima cálido y lluvioso., sin embargo, por la corriente de Humboldt, se tiene un clima más frío por las noches. Adicional, se tiene una temperatura máxima de 30°C desde los meses de enero hasta mayo y temperaturas bajas de 18°C hasta los 20°C en los meses de junio a diciembre (Alcaldía ciudadana de Babahoyo, s.f.).

4.2.2 Precipitación

Los registros de precipitaciones anuales que están dados por la estación meteorológica en M051 Babahoyo UTB, presenta datos de las lluvias en donde existen varios acumulados desde el periodo de 1983 hasta el 2012, en donde también se puede observar los fenómenos del niño ocurridos en el país. La región Costa del país cuenta con una época húmeda y seca, por los meses de diciembre a mayo se tiene intensas lluvias, y luego seca desde junio a diciembre.

Los datos de las lluvias de las estaciones meteorológicas referenciales se obtuvieron calculando las isoyetas a partir de estaciones y de otras que se encontraban dentro del entorno de la cuenca de estudio. (GAD Municipal del Cantón Simón Bolívar)

4.2.3 Hidrología

Por el cantón Babahoyo, fluye la cuenca del río Guayas, abarcando 32.455 km² desde las estribaciones de la Cordillera Occidental. El proyecto está ubicado en la vía principal E25, entre las parroquias Rosa María y La Reforma, en una zona conocida por extensos cultivos de arroz y

procesamiento de caña. La principal fuente de irrigación es el río Babahoyo, que fluye aguas abajo hacia el río Guayas, tal como se ve en la imagen siguiente.

Figura 4.2

Río Babahoyo



Nota. Tomada por Noticias ANDES (2017)

Se observa en la *Figura 4.2* el área del proyecto del puente Gemelo sobre el Río Babahoyo, cuyo cauce natural ha experimentado leves cambios debido a pequeñas construcciones aledañas.

La implementación del tablero para la parte central y los accesos se realizarán sobre una vía preexistente, sin representar algún impacto directo en la hidrología del lugar. Sin embargo, la ejecución del proyecto podría causar ligera contaminación en el ambiente o cambios de concentraciones en el efluente.

Debido a que el río Babahoyo es el cuerpo principal de agua cercano al proyecto, se ha definido que las principales fuentes de contaminación se tratan de las descargas ilícita en la red de alcantarillado pluvia, por lo cual, es importante considerar el cuerpo de agua para los posibles impactos ambientales.

4.3 Actividades del proyecto

Para el proyecto, se identifican las actividades necesarias para su implementación y se evalúa el impacto que cada una de ellas generará. A continuación, se detallan tanto las acciones involucradas como sus actividades:

A. Etapa de diseño:

- Estudios de factibilidad: comprenden la evaluación integral de un proyecto, abordando aspectos como análisis de costos, estimaciones de tiempo de ejecución, selección de materiales y consideraciones de impacto ambiental. Estos análisis garantizan la toma de decisiones más idóneas para la implementación de un proyecto exitoso.

B. Etapa constructiva:

- Derrocamiento del tablero estructural: La generación de escombros durante la demolición generan residuos que se depositan en vertederos que contaminan el suelo. Además, al derrocar estructuras, existe el riesgo de que múltiples escombros caigan en el cuerpo de agua ubicado sobre el puente provocando alteraciones.
- Reciclaje del material: Es posible la identificación de materiales que tengan potencial de reciclaje como la reutilización placa de acero para la losa colaborante.
- Armado estructural: la estructura requerirá puntos de soldadura, los cuales generan residuos que pueden contaminar el aire, necesitando de personal altamente calificado. Esto garantizará que la soldadura se realice con la menor contaminación posible y una reducida generación de gases nocivos.
- Fundición de losa: El proceso de hormigonado conlleva la emisión de gases contaminantes al ambiente, además de las maquinarias que se necesitan para poder realizar esta acción.
- Carpeta asfáltica: Es una mezcla de compuestos orgánicos que alteran la calidad del aire.

C. Etapa de operación y mantenimiento:

- Movilidad: Una vez que el puente esté disponible, aumentará el empleo gracias al desarrollo comercial del cantón y la expansión de la red de transporte, ayudando en la creación de vínculos entre diversas zonas productivas.
- Mantenimiento: Se usan maquinarias que generan contaminación visual y auditiva, además, de la contaminación del aire al realizar los procesos; no obstante, este mantenimiento constante asegurará que el tablero se mantenga en condiciones óptimas a lo largo de su vida útil

D. Etapa Final:

- Desmantelamiento: Al llegar al final de su vida útil, el puente requerirá el uso de maquinaria pesada para su desmantelamiento, generando considerables cantidades de residuos.

Tabla 4.1

Fases del proyecto

Fase	Labor	Acción
Diseño	Estudio de factibilidad	Viabilidad del proyecto para su realización
	Derrocamiento	Contaminación de los suelos por la generación de residuos
Construcción	Reciclaje	Reutilización de material
	Armado estructural	Contaminación al aire
	Fundición de la losa	Generación de ruido, escombros y contaminaciones
	Colocación de carpeta asfáltica	Generación de gases tóxicos
Operación	Movilidad	Crecimiento laboral
	Mantenimiento	Preservación de la estructura
Fin	Desmantelamiento	Generación de residuos

Nota. Actividades con las que contará el proyecto.

4.4 Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.2

Componentes de la matriz de Leopold

Componentes	Factores Ambientales	
	Tierra	Materiales de construcción
Características físicas y químicas	Agua	Calidad de agua
	Atmósfera	Calidad de aire
	Procesos	Compactación y asentamientos
Condiciones biológicas	Flora	Plantas acuáticas
	Fauna	Peces y moluscos
Factores culturales	Interés estético y humano	Calidad de espacio abierto
	Aspectos culturales	Salud y seguridad
		Empleo
	Facilidades y actividades humanas	Estructuras
		Red de transporte
Manejo de residuos		

Nota. Componentes que intervienen en el proyecto, brindado por Leopold (1971).

4.5 Valoración de impactos ambientales

Se hizo el uso de la Matriz de Leopold para evaluar de manera detallada los impactos ambientales en todas las fases del proyecto. Este enfoque nos ha permitido identificar efectos positivos y negativos en aspectos como la biodiversidad, calidad del aire y agua. La matriz proporciona bases para la toma de decisiones en la construcción y pautas para promover la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Por consiguiente, se evaluó cada acción dependiendo de su importancia y magnitud sea positiva o negativa que tendrá frente a cada factor.

Tabla 4.3*Calificaciones según la magnitud y la importancia*

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Permanente	Nacional	10

Nota. Dado por Leopold (1971)

Finalmente se obtiene el impacto agregado de cada parámetro ambiental por medio de la siguiente ecuación:

“La sumatoria del producto entre la magnitud e importancia de cada actividad del proyecto”

$$\sum_{i=1}^n (Magnitud * Importancia)$$

(4.1)

Figura 4.3

Matriz de Leopold

Acciones		Diseño	Construcción					Operación y mantenimiento		Fin	Afectaciones		Total	Impacto agregado
			Estudios de factibilidad	Derrocaión del tablero estructural	Reciclaje de material	Armado estructural	Fundición de losa de hormigón	Carpeta asfáltica	Movilidad		Mantenimiento	Desmantelamiento		
Tierra	Materiales de construcción	-3 2		5 5	-4 3	-4 4	-4 4		-4 2		1	5	6	-33
Agua	Calidad del agua	-1 1	-4 1	5 3							1	2	3	10
Atmósfera	Calidad de aire	-1 1	-1 2	5 3	-1 1	-6 2	-6 2	-1 2	-4 1	-3 1	1	7	8	-19
Procesos	Compactación y asentamiento	-1 2	-1 1		-1 1	-3 2	-1 2	-1 2		4 2	0	6	6	-14
Flora	Plantas acuáticas	-1 2	-1 2	2 2							1	2	3	0
Fauna	Peces y moluscos	-1 2	-4 2	3 3				-1 1	-1 1		1	4	5	-3
Interés estético y humano	Calidad de espacio abierto	2 1	-1 2					4 2	-1 1	6 3	2	2	4	7
Aspectos culturales	Salud y seguridad	-3 1	-6 2		-2 2	-2 2	-1 1	2 5	2 5	-2 2	2	5	7	-4
	Empleo	4 1	5 3	3 2	5 5	4 5	4 5	7 6	3 3	-4 2	8	0	8	141
Facilidades y actividades humanas	Estructuras	5 2		1 1	8 6			3 1	4 3	-5 3	5	0	5	74
	Red de transporte	5 1		1 1				6 6	5 3	-7 5	4	0	4	57
	Manejo de residuos	2 1	-3 2	5 4	-1 1	-1 1	-1 1		3 2	3 5	3	4	7	19

Nota. Matriz de Leopold, considerando los factores que interviene en las actividades del proyecto

Además, cada impacto ambiental se clasifica en función del valor de su impacto agregado, siguiendo los parámetros establecidos a continuación:

- ✓ (>50) Muy importante
- ✓ (25 a 50) Importante
- ✓ (0 a 25) Poco importante
- ✓ (-25 a 0) Irrelevante
- ✓ (-50 a -25) Moderado
- ✓ (-75 a -50) Severos
- ✓ (>-75) Críticos

Tabla 4.4

Impacto agregado

Parámetros	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Impacto agregado	Calificación
Materiales de construcción	1	5	-33	Moderado
Calidad de agua	1	2	10	Poco importante
Calidad de aire	1	7	-19	Irrelevante
Compactación y asentamientos	0	6	-14	Irrelevante
Plantas acuáticas	1	2	0	Irrelevante
Peces y moluscos	1	4	-3	Irrelevante
Calidad de espacio abierto	2	2	7	Poco importante
Salud y seguridad	2	5	-4	Irrelevante
Empleo	8	0	141	Muy importante
Estructuras	5	0	74	Muy importante
Red de transporte	4	0	57	Muy importante
Manejo de residuos	3	4	19	Poco importante

Nota. Calificación de cada parámetro evaluado en el proyecto dependiendo de su impacto agregado.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Con el estudio de la matriz de Leopold, se obtuvo que el parámetro que tendrá más impacto ambiental negativo será los materiales de construcción. Se tomarán medidas preventivas desde la fase de diseño del proyecto y se la llevará a cabo en la fase de construcción.

El plan de manejo ambiental que se planteó fue el siguiente:

- Elegir o priorizar materiales con certificados ambientales y menor huella de CO₂.
- Rehusar el mayor material posible que se obtendrá en la derroca de la losa estructural para la creación de la nueva, como la placa de acero.
- Implementar sistemas de reciclaje durante la etapa de derroca y desmantelamiento, colaborando con empresas especializadas
- Escoger los proveedores más cercanos a la zona de construcción para reducir emisiones asociadas al transporte de materiales.
- Llevar un control exhaustivo sobre la cantidad de material que se usará para evitar desperdicios.
- Contratar un técnico especializado en las prácticas sostenibles para supervisión e implementación de las buenas prácticas ambientales.

A largo plazo, estas medidas no solo ayudarán a preservar el entorno, sino que también se tendrá un alto rendimiento ambiental y económico. Para esto, se debe contrarrestar los impactos ambientales negativos siguiendo un plan de manejo ambiental.

Capítulo 5

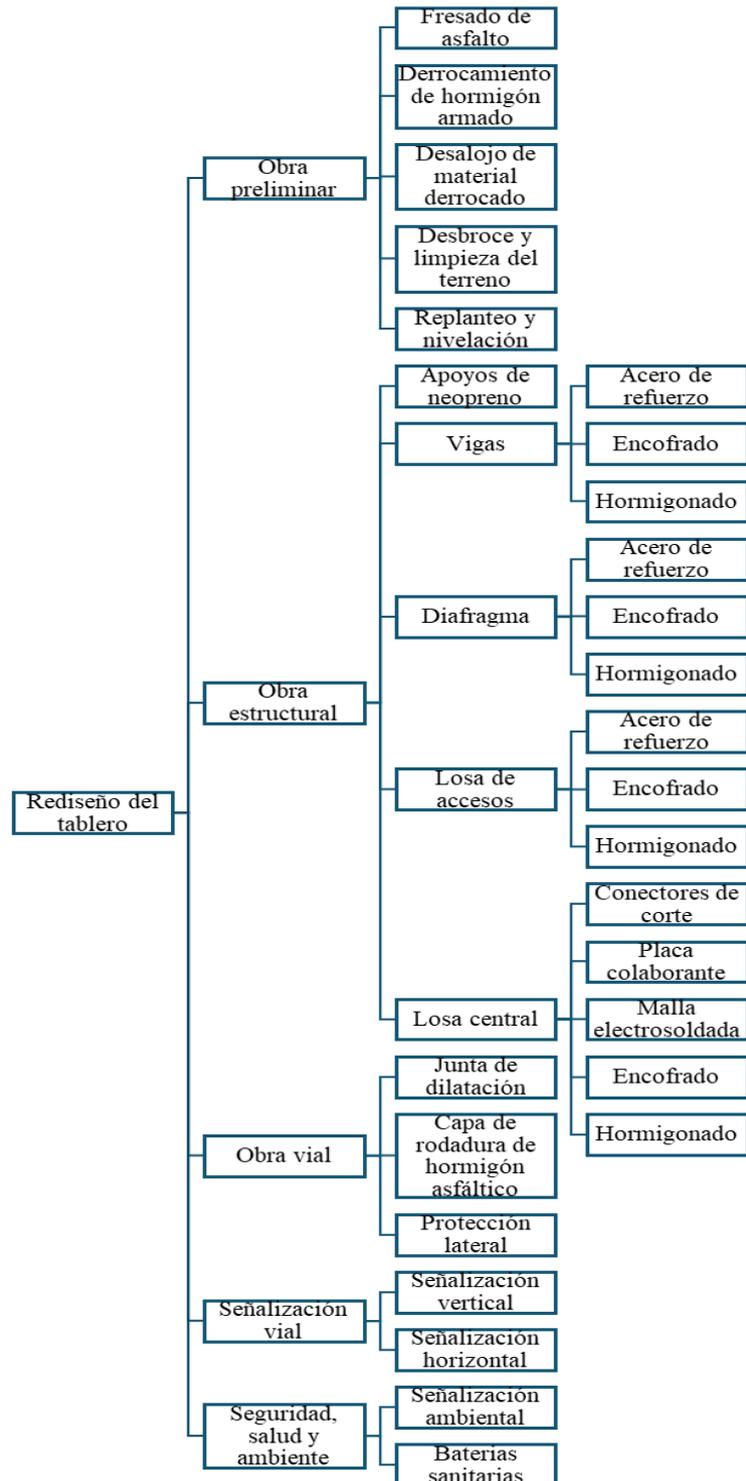
5. Presupuesto

5.1 Estructura desglosada de trabajo

“Reconstrucción de tablero del puente agua abajo sobre el río Babahoyo”

Figura 5.1

Estructura desglosada de trabajo



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

5.2.1 Rubro

5.2.1.1 Obras Preliminares

- I. Fresado de la carpeta asfáltica: Retiro de la capa de rodadura existente en el puente con fresadora y otros equipos.
- II. Derrocamiento: Este rubro trata del desmantelamiento de las estructuras de hormigón armado del puente para deshacer las estructuras de hormigón con maquinaria pesada, equipos y herramientas.
- III. Desalojo de material derrocado: Para ello se recogerá los restos de los elementos derrocados y serán trasladados en vehículos pesados.
- IV. Desbroce y limpieza de terreno: Se procederá a limpiar las zonas con malezas con ayuda de equipos y herramientas menores.
- V. Replanteo y nivelación: Se tomará con ayuda de equipo topográfico la nivelación del terreno para empezar la obra gris a cargo del topógrafo y su equipo.

5.2.1.2 Obra Estructural

- a. Apoyos de Neopreno
Se colocará los apoyos con ayuda de herramientas y equipos a cargo del albañil y un peón.
- b. Viga
 - I. Hormigón en vigas: Este rubro es para de la fundición del elemento mediante el uso de la concretadora y el vibrador el cual servirá para la mezcla del cemento, arena y grava, que será maniobrado por los albañiles y peones.

- II. Acero de refuerzo para viga: Se colocará el acero de refuerzo y se trata de tener amarrados las varillas con los estribos a parte para luego solo colocarlo en el encofrado y así optimizar el tiempo.
 - III. Encofrado para viga: Se debe tener en cuenta las dimensiones solicitadas del elemento teniendo en cuenta que resista el vertido del hormigón.
- c. Diafragma
- I. Hormigón para diafragmas: En este rubro para la fundición, se deberá verificar los requerimientos previos, con el hormigón elaborado en obra, se procederá a poner una cantidad de espesor que facilitará el vibrado y compactación del hormigón.
 - II. Acero de refuerzo de diafragma: Se deberá mantener en cuenta el amarre de los estribos y la distribución correcta de las varillas a lo largo de su luz.
 - III. Encofrado para diafragma: Se tendrá las distintas para para lograr un buen encofrado, para que así no exista absorción de agua.
- d. Losa
- I. Hormigón de losa: Se colocará trazos y quizá que permitan una fácil determinación de los niveles y cotas que deber cumplirse.
 - II. Acero de refuerzo para losa: Se debe amarrar correctamente las varillas, para así no tener fallas en la estructura
 - III. Acero de refuerzo para losa colaborante: Se deberá tener en cuenta las operaciones de cortar y soldar de acuerdo con lo que se requiere en la conformación del elemento y a su vez colocar los pernos correspondientes para la conexión con los perfiles metálicos.

IV. Encofrado para losa: Se debe revisar el diseño previo de las secciones a utilizar y determinar la distribución de el apuntalamiento y los tableros, conforme los planos de ubicación de las vigas.

e. Losa central

- I. Placa colaborante: se colocará una placa de espesor de 0.76 mm para el tramo de la losa central, con ayuda de mi cuadrilla de trabajo el cual tendrá los equipos necesarios para ello.
- II. Malla electrosoldada: mediante se vaya avanzando con la colocación de placa colaborante se podrá ir colocando la malla de varilla de 6 mm de 10 x 10 cm.
- III. Encofrado: se debe revisar que este colocado correctamente para que no se pierda el material y que resista la cantidad de hormigón a la hora de fundir en sitio.

5.2.1.3 Obra vial

- I. Juntas de dilatación: Se las colocara por metro líneas y estas ayudaran al movimiento de la estructura.
- II. Capa de rodadura: Se implementará con un espesor de 5 cm de pavimento flexible el cual servirá para un mejor movimiento vehicular del proyecto.
- III. Instalación de implementos de protección lateral: Se instalarán las barandas para así contener y redireccionar el tráfico en caso de algún siniestro en el tramo del cruce.

5.2.1.4 Señalización Vial

- I. Marcas sobre el pavimento: Se implementarán a lo largo de la vía por unidades cada 1 m, estas ayudaras a regular la circulación y guiar a los usuarios durante el tramo de la vía.
- II. Pintura de señalización horizontal: Se procederá a pintas los tramos de la vía según el ancho mínimo para la calzada.
- III. Señales a lado de la carretera: Se tiene dos señales dispuestas para el proyecto una reguladora la cual dará a entender al usuario que disminuya su velocidad al cruzar por el tramo del puente.

5.2.1.5 Seguridad, Salud y Ambiente

- I. Señalización ambiental: Se colocaras una a la entrada y salida del proyecto para así advertir a los usuarios que existe una construcción y que avancen con precaución.
- II. Provisión y mantenimiento de baterías sanitarias: Para el uso de todos los trabajadores del proyecto, con el fin de cuidar el medio ambiente.

5.2.2 *Análisis de precios unitarios.*

Para el análisis de los APUS se toma en cuenta los precios que se encuentran hoy en día en el mercado, y a su vez lo disponibles cerca de la zona en la cual se realizará la obra civil.

Como en el siguiente ejemplo.

Tabla 5.1

Análisis de Precio Unitario

Rubro: 1.2**Unidad:** m3**Detalle:** Derrocamiento de estructura existente hormigón armado**Rendimiento****(H/u):** 0.06

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.04
Martillo neumático con compresor	4	20	80	4.8
Retroexcavadora	1	30	30	1.8
Subtotal de Equipo				6.64
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	D=A*B
Subtotal de Materiales				0.00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Peón	2	4.14	8.28	0.50
Maestro	0.1	4.19	0.419	0.03
Operador de maquinaria pesada	1	4.19	4.19	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.77
Costos Directo Total				7.41
Costos Indirectos (16.61%)				1.23
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				8.64

Nota. El costo del rubro 1.2 es de ocho dólares con sesenta y cuatro centavos.

5.3 Descripción de cantidades de obra (revisar)

La obtención de los rubros se los obtuvo por medio de la cuantificación de los elementos estructurales, que se presentan en el proyecto para ello se presenta la siguiente tabla que representar como se calcularon las cantidades de materiales según su uso.

Tabla 5.2

Cantidades de elementos del proyecto

Elementos	Cantidad
Viga 0.7 x 2 m	8
Diafragma 0.25 x 1.85 m	6
Losa 9.9 x 30 m	2
Losa 9.9 x 100 m	1
Señalizaciones	2

Tabla 5.3

Cantidades de fresado de pavimento asfáltico

Elemento	largo	ancho	altura	# elementos	Volumen
Losa Central	100	8.4	0.05	1.00	42.00
Losa accesos	30	8.4	0.05	2.00	25.20

Nota. Total de 67.20 m³. Unidades en metros.

Tabla 5.4

Cantidades de derrocamiento y desalojo de estructura de hormigón armado

Elemento	largo	ancho	altura	# elementos	Volumen
Losa central	100	9.9	0.2	1.00	198.00
Losa accesos	30	9.9	0.2	2.00	118.80
Viga	30	0.7	1.85	6.00	233.10
Diafragma	9.9	0.25	1.65	6.00	24.50

Nota. Total: 574.4 m³. Unidades en metros.

Tabla 5.5*Cantidades de desbroce y limpieza*

Descripción	Ancho	Largo	Área m2
Entrada del Puente	15	30	450
Salida del Puente	15	30	450

Nota. Cantidad total de 900 m2. Unidades en metros.

Tabla 5.6*Cantidades de replanteo y nivelación*

Elemento	largo	ancho	# elementos	área
Losa Central	100	9.9	1.00	990
Losa accesos	30	9.9	2.00	594

Nota. Total de 1584.00 m2

Tabla 5.7*Cantidades de encofrado de los elementos estructurales*

Encofrados						
Parámetro	ancho	largo	Caras	Elementos	Área m2	Área Total m2
Viga	0.7	30	1	8	168	1150.40
	2	30	2	8	960	
	0.7	2	2	8	22.4	
Diafragma	1.85	9.9	2	6	219.78	240.18
	0.25	9.9	1	6	14.85	
	0.25	1.85	2	6	5.55	
Losa de acceso	0.2	30	2	1	12	609.96
	9.9	30	2	1	594	
	0.2	9.9	2	1	3.96	
Losa central	0.2	9.9	2	1	3.96	43.96
	0.2	100	2	1	40	

Nota. Valores en metros.

Tabla 5.8*Cantidades de hormigonado de elementos estructurales*

Hormigón					
Elemento	largo	ancho	profundidad	# elementos	Volumen m3
Losa central	100	9.9	0.2	1.00	198.00
Losa accesos	30	9.9	0.2	2.00	118.80
Viga	30	0.7	2	8.00	336.00
Diafragma	9.9	0.25	1.85	6.00	27.47

Nota. Valores en metros.

Tabla 5.9*Armado de la losa central del puente*

Parámetros	ancho	largo	área m2
Placa Colaborante	9.9	100	990
Malla Electrosoldada	9.9	100	990
Capa de rodadura	8.4	160	1344

Nota. Cantidades para la placa colaborante.

Tabla 5.10*Pintura de señalización horizontal*

ancho	largo	tramos	área m2
0.15	160	3	72
15	0.1	2	3
2.5	0.6	6	9

Nota. Área total de 84 m2. Valores en metros.

Tabla 5.11*Señalización vertical y juntas*

Parámetro	Cantidad
Apoyo de neopreno	16
Juntas de dilatación	4
Tachas	480
Baterías sanitarias	2
Señalización ambiental	2
Señales alado de la carretera	2

Tabla 5.12*Cantidades de acero de refuerzo de los elementos estructurales de los accesos del puente*

varillas	peso (kg/m)	L (m)	Peso (kg)	Peso total (kg)	# varillas	Peso de varilla por longitud	Peso total (kg)	unidades	Total (kg)
Viga									
28	4.834	24	116.016	145.02	34	4930.68	7474	8	59789.28
		6	29.004						
25	3.853	24	92.472	115.59	22	2542.98			
		6	23.118						
Losa									
16	1.578	9.9	15.6222	15.6222	336	5249.0592	7206	1	7206.0492
10	0.617	24	14.808	18.51	29	536.79			
		6	3.702						
16	1.578	24	37.872	47.34	30	1420.2			
		6	9.468						
Diafragma									
12	0.888	9.9	8.7912	8.7912	10	87.912	879.12	6	5274.72

Nota. Unidades especificadas. Metro y kilogramo.

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

Tabla 5.13

Valoración integral del costo del proyecto

Proyecto	Reconstrucción del tablero del puente "Gemelo" aguas abajo	Fecha:	12/ 01 /2024
Ubicación	Paso lateral Babahoyo		

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1.0	PREELIMINARES				
1.1	Fresado de pavimento asfáltico	m3	67.2	10.31	692.83
1.2	Derrocamiento de estructura de hormigón armado	m3	567.36	8.64	4'901.99
1.3	Desalojo de material derrocado	m3	567.36	7.56	4'289.24
1.4	Desbroce y limpieza de terreno	m2	900.00	0.76	684.00
1.5	Replanteo y nivelación	m2	1584.00	0.66	1'045.44
2.0	OBRA ESTRUCTURAL				
2.1	Apoyos de neopreno	u	16.00	121.68	1'946.88
2.2	Acero de refuerzo para vigas principales fy=4200 kg/cm2	kg	59789.28	2.05	122'568.02
2.3	Acero de refuerzo para diafragma fy=4200 kg/cm2	kg	5274.72	2.05	10'813.18
2.4	Acero de refuerzo para losa fy=4200 kg/cm2	kg	7206.05	2.05	14'772.40
2.5	Encofrado y desencofrado metálico de viga principal	m2	1150.40	3.19	3'669.78
2.6	Encofrado y desencofrado metálico de diafragmas	m2	240.18	3.19	766.17
2.7	Encofrado y desencofrado metálico de losa de accesos del puente	m2	609.96	3.19	1'945.77
2.8	Hormigón para vigas fundidas en sitio f'c=280 kg/cm2	m3	336.00	150.92	50'709.12
2.9	Hormigón para diafragmas fundidos en sitio f'c=280 kg/cm2	m3	27.47	150.92	4'146.15
2.10	Hormigón para losa de accesos del puente fundidas en sitio f'c=280 kg/cm2	m3	118.80	150.92	17'929.30
2.11	Placa colaborante	m2	990.00	62.90	62'271.00
2.12	Malla Electro soldada Ø6 mm 10x10 cm	m2	990.00	27.02	26'749.80
2.13	Encofrado y desencofrado metálico de losa central del puente	m2	43.96	3.19	140.23
2.14	Hormigón para losa de central del puente fundidas en sitio f'c=280 kg/cm2	m3	198.00	150.92	29'882.16
3.0	OBRA VIAL				
3.1	Juntas de dilatación	ml	33.6	156.24	5'249.66
3.2	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 5 cm. de espesor	m2	1344.00	12.91	17'351.04
3.3	Instalación de implementos de protección lateral	ml	320.00	19.12	6'118.40
4.0	SEÑALIZACION VIAL				
4.1	Marcas sobre el pavimento. Tachas reflectivas bidireccional incluido adhesivo y colocación.	u	480	3.95	1896.00
4.2	Pintura de señalización horizontal	m2	84.00	3.80	319.20
4.3	Señales al lado de la carretera. Regulatorias 75 x 75 cm	u	1.00	174.24	174.24
4.4	Señales al lado de la carretera. Preventivas 75 x 75 cm	u	1.00	174.24	174.24
5.0	SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE				
5.1	Señalización ambiental (2.40 x 1.20 m)	u	2.00	281.53	563.06
5.2	Provisión y mantenimiento de baterías sanitarias	u/mes	4.00	534.61	2'138.44
	Subtotal 1				\$ 393'907.75
	IVA			12%	\$ 47'268.93
	TOTAL				\$ 441'176.68

Nota. El proyecto tiene un costo de cuatrocientos cuarenta y un mil ciento setenta y seis dólares con sesenta y ocho centavos.

5.5 Cronograma de obra

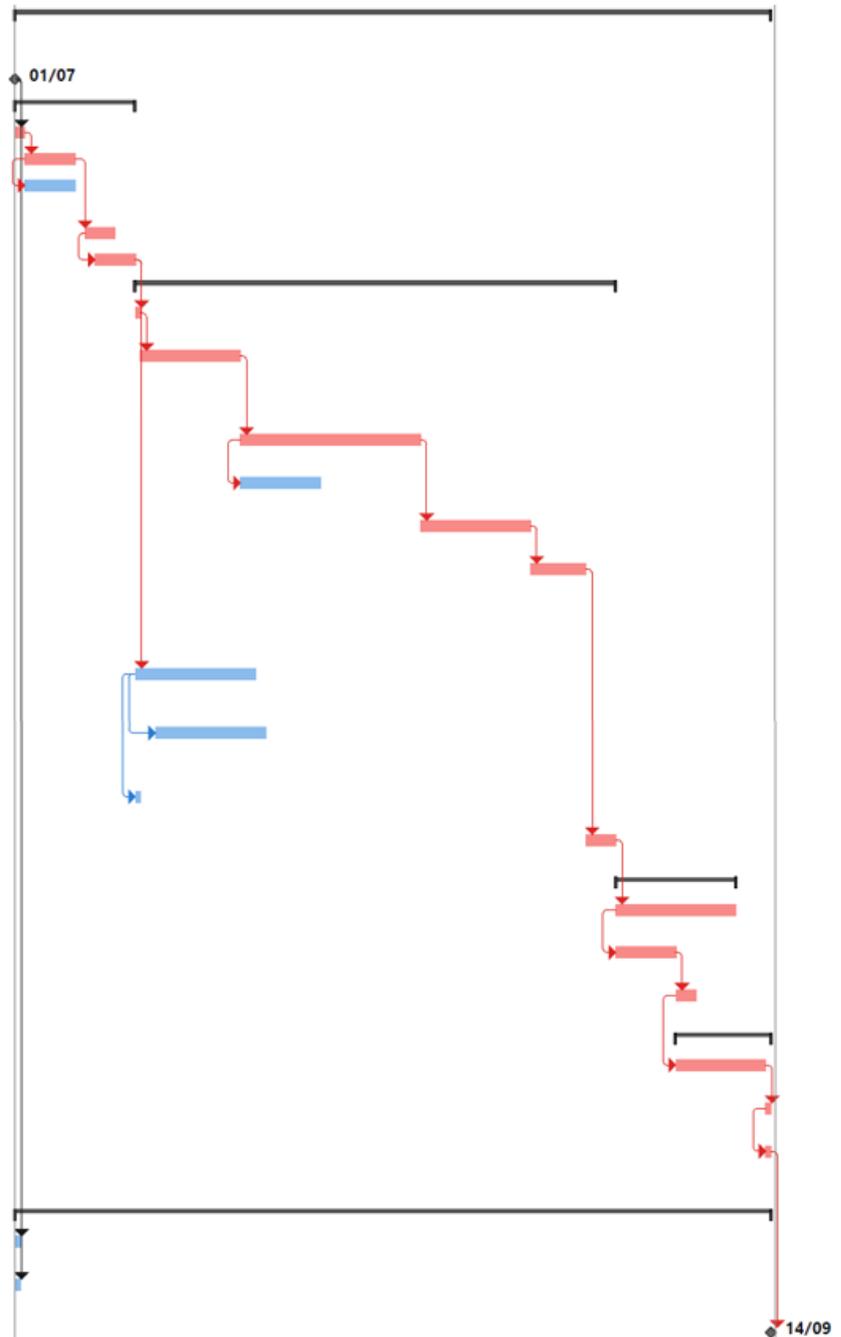
La herramienta que usó fue Microsoft Project, siendo un software en donde se pueden realizar cronogramas y a su vez proporciona el Diagrama de Gantt para mejor entendimiento.

El proyecto tendrá una duración de 65 días laborables, siendo 2.5 meses calendario.

Figura 5.2

Cronograma

RECONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DEL PUENTE "GEMELO" AGUAS ABAJO	64.5 días
INICIO	0 días
Obras Preliminares	11 días
Fresado	1 día
Derrocamiento	5 días
Desalojo y acarreo de material	5 días
Limpieza del terreno	3 días
Replanteo y nivelación	4 días
Obra Estructural	40 días
Colocación de apoyos de neopreno	0.5 días
Encofrado de los elementos estructurales del acceso del puente: vigas principales, diafragma y losa	8 días
Armado de vigas principales de los accesos	15 días
Armado de refuerzo de diafragma de los accesos	7 días
Armado de refuerzo de losa de los accesos	9 días
Fundición de los elementos estructurales de los accesos con concretera: vigas principales, diafragma y losa	4.5 días
Colocación de placa colaborante en la parte central	10 días
Colocación de malla electrosoldada en la parte central	10 días
Encofrado de losa de la parte central	0.5 días
Fundición de losa de la parte central con concretera	3 días
Obra vial	10 días
Instalación de protección lateral	10 días
Colocación de la capa de rodadura	5 días
Instalación de juntas de dilatación	2 días
Señalización	8.5 días
Pintado de señalizaciones horizontales	8 días
Marcas sobre el pavimento. Tachas reflectivas	0.5 días
Instalación de señales verticales: regulatoria y preventiva	0.5 días
Rubros ambientales	64.5 días
Instalación de señalización ambiental	0.5 días
Provisión y mantenimiento de baterías sanitarias	0.5 días
FIN	0 días



Nota. Cronograma con Diagrama de Gantt mediante el software de Microsoft Project

Capítulo 6

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Debido a la necesidad de la reconstrucción del tablero del puente “Gemelo” aguas abajo, se realizó un nuevo diseño tomando en cuenta los aspectos estructurales, viales, socioeconómicos y ambientales, dado que es un punto esencial de conexión para la movilidad y comercio local. La alternativa más idónea para este proyecto es el diseño losa-viga para los accesos y un sistema compuesto de placa colaborante de acero para la parte central del puente.

El diseño de losa-viga sigue el método de la AASHTO LRFD tomando en cuenta los momentos negativos y positivos proporcionados por un software estructural para los cálculos pertinentes; y la correcta ubicación de la carga móvil, en otras palabras, colocar en posiciones críticas las cargas que posee el puente por medio de las líneas de influencia. El diseño de la losa central del puente, se la idealizó como una losa nervada en una dirección, considerando la normativa de la ACI; además, solo se consideraron los momentos positivos para una mejor conservación en el diseño. Y el diseño del pavimento flexible sigue los estándares de la AASHTO93.

Para el proyecto fue vital realizar estudios de campo por la falta de datos como topográficos y de tráfico vehicular, para el análisis de cargas y el tiempo de vida útil de la estructura.

Fue necesario implementar señalizaciones viales, tanto horizontales como verticales, para mejorar la seguridad vial siguiendo la normativa INEN.

Finalmente, se realizaron los planos pertinentes del diseño y el cálculo del presupuesto con un total de \$ 426'019.79 para la presentación completa del proyecto al cliente.

6.2 Recomendaciones

- De ser posible, rehusar la mayor cantidad de los elementos derrocados, como el panel de acero de la losa central y los conectores de corte.
- Usar encofrado metálico para reducir los desperdicios de material.
- Dar mantenimiento al arco metálico del puente.
- Revisar las cargas máximas permisibles de la subestructura del puente para evitar daños en la estructura y catástrofes a su vez.
- Realizar un estudio de manejo ambiental antes del empezar el proyecto.
- Vender el material derrocado o realizar un convenio con alguna recicladora.
- Contratar personal del sector o cercano, al igual que la compra de los materiales de construcción.

REFERENCIAS

- AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges*. (1983). AASHTO.
- AASHTO93. (1993). Diseño de pavimentos.
- Alcaldia ciudadana de Babahoyo*. (n.d.). <https://babahoyo.gob.ec/historia>
- Becosan*. (n.d.). <https://www.becosan.com/es/hormigon-pretensado/>
- Carrillo, J. (2021, Noviembre 18). *Ingeniería Civil y Administrativa*. Puente tipo losa de concreto armado: <https://ingenieriaconsultoria.com/puente-tipo-losa-de-concreto-armado/>
- Castro, J. G. (2013). *DISEÑO Y ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DEL PROYECTO PARA EL PUENTE SOBRE EL RIO SADE UBICADO EN VALLE DEL SADE, PROVINCIA DE ESMERALDA*. Quito: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- GAD Municipal del Cantón Simón Bolívar. (n.d.). *Estudio Tecnico Hidrológico e Hidráulico*.
- Google. (2023, 11 13). *Google Earth Pro*. <https://earth.google.com/static/multi-threaded/versions/10.41.2.1/index.html?>
- INEC. (2001). *Canton Babahoyo*. Babahoyo: Fondo de poblacon de las naciones unidas.
- Mendez & Torres, H. A. (2017). *DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA Y SUBESTRUCTURA DEL PUENTE LA VAINILLA POR EL METODO AASHTO LRFD 2010 CON LAS CARGAS HS20-44+25%*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
- NEC_SE_CG*. (2015). Ecuador.
- Nuñez, M. A. (2013). *EVALUACIÓN DEL PUENTE “EL QUILO” UBICADO EN EL km 17+200 DE LA VIA PUYO - BAÑOS POR EL METODO AASHT- LRFD Y SU INCIDENCIA EN LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y VIAL*. AMBATO: UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO.
- Rodriguez, A. (2014). *Puentes - AASHTO LRFD 7th edition*. AASHTO.
- Rodriguez, A. (2020). *Puentes- AASHTO LRFD 9th Edition*. AASHTO.
- RTE INEN 004-1. (2011). Señalización vial. Parte 1. Señalización vertical.
- RTE INEN 004-2. (2011). Señalización vial. Parte 2. Señalización horizontal.
- Saguay, K. S. (2015). *Diseño comparativo de superestructuras para puentes de hormigon armado con el uso de las especificaciones AASHTO: metodo ASD y LRFD*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Wikipedia. (2023, Agosto 23). *Río Babahoyo*. https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Babahoyo

PLANOS Y ANEXOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 1.1

Unidad: m3

Detalle: Fresado de pavimento asfáltico

Rendimiento (H/u): 0.05

EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.05
Volqueta 8 m3 (210 HP)	1	19.59	19.59	0.9795
Escoba autopropulsada	1	21.91	21.91	1.0955
Fresadora de pavimento asfáltico	1	103.07	103.07	5.1535
Subtotal de Equipo				7.28

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	D=A*B
Puntas de tungsteno	unidad	0.042	8.87	0.37
Bases de puntas (portapuntas)	unidad	0.012	18.21	0.22
Subtotal de Materiales				0.59

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Chofer volqueta	1	6.08	6.08	0.30
Operador fresadora	1	4.65	4.65	0.23
Ayudante de maquinaria	1	4.25	4.25	0.21
Operador barredora	1	4.43	4.43	0.22
Subtotal de mano de Obra				0.97

Costos Directo Total	8.84
Costos Indirectos (16.61%)	1.47
Otros indirectos	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	10.31

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 1.2

Unidad: m3

Detalle: Derrocamiento de estructura existente de
hormigón armado

Rendimiento (H/u): 0.06

EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.04
Martillo neumático con compresor	4	20	80	4.8
Retroexcavadora	1	30	30	1.8
Subtotal de Equipo				6.64

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	D=A*B
Subtotal de Materiales				0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Peón	2	4.14	8.28	0.50
Maestro	0.1	4.19	0.419	0.03
Operador de maquinaria pesada	1	4.19	4.19	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.77

Costos Directo Total	7.41
Costos Indirectos (16.61%)	1.23
Otros indirectos	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	8.64

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 1.3

Unidad: m3

Detalle: Desalojo y acarreo de material

Rendimiento (H/u): 0.06

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.03
Excavadora	1	77.2	77.2	4.63
Volqueta 8 m3	1	19.59	19.59	1.18
Subtotal de Equipo				5.84
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Subtotal de Materiales				0.00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Operador de maquinaria pesada	1	4.65	4.65	0.28
Chofer profesional lincencia E	1	6.08	6.08	0.36
Subtotal de mano de Obra				0.64
Costos Directo Total				6.48
Costos Indirectos (16.61%)				1.08
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				7.56

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 1.4

Detalle: Desbroce y limpieza del terreno

Unidad: m2

Rendimiento (H/u): 0.02

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.02
Motosierra	3	5	15	0.3
Subtotal de Equipo				0.32
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Subtotal de Materiales				0.00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Peón	4	4.14	16.56	0.33
Subtotal de mano de Obra				0.33
Costos Directo Total				0.65
Costos Indirectos (16.61%)				0.11
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.76

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 1.5

Detalle: Replanteo y nivelación

Unidad: m2

Rendimiento (H/u): 0.02

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.01
Herramienta menor	1	0.4	0.4	0.01
Equipo topografico	1	0.77	0.77	0.02
Cinta	1	0.05	0.05	0.00
Subtotal de Equipo				0.03
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Estacas	unidad	0.4	0.4	0.16
Mojones	unidad	0.2	0.25	0.05
Pintura	gl	0.01	14	0.14
Piola	m	0.01	0.12	0.00
Subtotal de Materiales				0.35
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Cadenero Cat D2	1	4.19	4.19	0.08
Topógrafo	1	4.65	4.65	0.09
Peón	0.1	4.14	0.414	0.01
Subtotal de mano de Obra				0.19
Costos Directo Total				0.57
Costos Indirectos (16.61%)				0.09
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.66

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.1

Detalle: Apoyos de neopreno

Unidad: u

Rendimiento (H/u): 0.5

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.21
Subtotal de Equipo				0.21
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Placa de neopreno	unidad	1	100	100.00
Subtotal de Materiales				100.00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Peón	1	4.14	4.14	2.07
Albañil	1	4.14	4.14	2.07
Subtotal de mano de Obra				4.14
Costos Directo Total				104.35
Costos Indirectos (16.61%)				17.33
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				121.68

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.2

Detalle: Acero de refuerzo para vigas principales fy=4200 kg/cm2

Unidad: kg

Rendimiento (H/u): 0.002

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M) Cortadora/Dobladora	15	0.51	7.65	0.08 0.0153
Subtotal de Equipo				0.10
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Alambre de amarre #18	kg	0.03	1.56	0.05
Acero de refuerzo corrugado fy=4200 kg/cm2	kg	1.05	1.15	1.21
Subtotal de Materiales				1.25
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	2	4.65	9.30	0.02
Fierrero	20	4.19	83.80	0.17
Peón	25	4.14	103.50	0.21
Subtotal de mano de Obra				0.40
Costos Directo Total				1.75
Costos Indirectos (16.61%)				0.29
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.05

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.3

Unidad: kg

Detalle: Acero de refuerzo para diafragma fy=4200 kg/cm2

Rendimiento (H/u): 0.01

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M) Cortadora/Dobladora	4	0.51	2.04	0.08 0.0204
Subtotal de Equipo				0.10
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Alambre de amarre #18	kg	0.03	1.56	0.05
Acero de refuerzo corrugado fy=4200 kg/cm2	kg	1.05	1.15	1.21
Subtotal de Materiales				1.25
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.5	4.65	2.33	0.02
Fierrero	4	4.19	16.76	0.17
Peón	5	4.14	20.70	0.21
Subtotal de mano de Obra				0.40
Costos Directo Total				1.76
Costos Indirectos (16.61%)				0.29
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.05

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.4

Unidad: kg

Detalle: Acero de refuerzo para losa de $f_y=4200$ kg/cm²

Rendimiento (H/u): 0.01

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Herramienta manual (5% M.O + 5% M) Cortadora/Dobladora	4	0.51	2.04	0.08 0.0204
Subtotal de Equipo				0.10
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	$D=A*B$
Alambre de amarre #18	kg	0.03	1.56	0.05
Acero de refuerzo corrugado $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1.05	1.15	1.21
Subtotal de Materiales				1.25
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.5	4.65	2.33	0.02
Fierrero	4	4.19	16.76	0.17
Peón	5	4.14	20.70	0.21
Subtotal de mano de Obra				0.40
Costos Directo Total				1.76
Costos Indirectos (16.61%)				0.29
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.05

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.5

Unidad: m2

Detalle: Encofrado y desencofrado metálico de viga principal

Rendimiento (H/u): 0.03

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.03
Subtotal de Equipo				0.03
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Puntal 2X (1.98-3.35) Encofrado metalico losa	unidad	3.75	0.02	0.08
Tapon superior puntal, encofrado metalico	unidad	3.75	0.01	0.04
Viga 2.50 rm encofrado metalico	unidad	3.75	0.02	0.08
Molde 1.5x0.6 encofrado metalico	unidad	16.65	0.12	2.00
Subtotal de Materiales				2.19
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.2	4.65	0.93	0.03
Albañil	2	4.19	8.38	0.25
Peón	2	4.14	8.28	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.53
Costos Directo Total				2.74
Costos Indirectos (16.61%)				0.46
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.19

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.6

Unidad: m2

Detalle: Encofrado y desencofrado metálico de diafragmas

Rendimiento (H/u): 0.03

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.03
Subtotal de Equipo				0.03
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Puntal 2X (1.98-3.35) Encofrado metalico losa	unidad	3.75	0.02	0.08
Tapon superior puntal, encofrado metalico	unidad	3.75	0.01	0.04
Viga 2.50 rm encofrado metalico	unidad	3.75	0.02	0.08
Molde 1.5x0.6 encofrado metalico	unidad	16.65	0.12	2.00
Subtotal de Materiales				2.19
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.2	4.65	0.93	0.03
Albañil	2	4.19	8.38	0.25
Peón	2	4.14	8.28	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.53
Costos Directo Total				2.74
Costos Indirectos (16.61%)				0.46
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.19

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.7

Unidad: m2

Detalle: Encofrado y desencofrado metálico de accesos
de la losa

Rendimiento (H/u): 0.03

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.03
Subtotal de Equipo				0.03
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Puntal 2X (1.98-3.35) Encofrado metalico losa	unidad	3.75	0.02	0.08
Tapon superior puntal, encofrado metalico	unidad	3.75	0.01	0.04
Viga 2.50 rm encofrado metalico	unidad	3.75	0.02	0.08
Molde 1.5x0.6 encofrado metalico	unidad	16.65	0.12	2.00
Subtotal de Materiales				2.19
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.2	4.65	0.93	0.03
Albañil	2	4.19	8.38	0.25
Peón	2	4.14	8.28	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.53
Costos Directo Total				2.74
Costos Indirectos (16.61%)				0.46
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.19

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.8

Unidad: m3

Detalle: Hormigón para vigas fundidas en sitio f'c=280 kg/cm2

Rendimiento (H/u): 0.07

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				6.11
Concretera	2	4.55	9.1	0.64
Vibrado	2	3.5	7	0.49
Subtotal de Equipo				7.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Agua	m3	0.189	0.75	0.14
Cemento HOLCIM fuerte tipo G	saco 50 kg	13.34	7.48	99.78
Arena fina de río	m3	0.45	18.61	8.37
Grava #3/4 fino	m3	0.51	12.90	6.58
Subtotal de Materiales				114.88
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.33
Albañil	8	4.19	33.52	2.35
Peón	16	4.14	66.24	4.64
Subtotal de mano de Obra				7.31
Costos Directo Total				129.42
Costos Indirectos (16.61%)				21.50
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				150.92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.9

Unidad: m3

Detalle: Hormigón para diafragmas fundidos en sitio

Rendimiento (H/u): 0.07

$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				6.11
Concretera	2	4.55	9.1	0.64
Vibrado	2	3.5	7	0.49
Subtotal de Equipo				7.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	$D=A*B$
Agua	m3	0.189	0.75	0.14
Cemento HOLCIM fuerte tipo G	saco 50 kg	13.34	7.48	99.78
Arena fina de río	m3	0.45	18.61	8.37
Grava #3/4 fino	m3	0.51	12.90	6.58
Subtotal de Materiales				114.88
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.33
Albañil	8	4.19	33.52	2.35
Peón	16	4.14	66.24	4.64
Subtotal de mano de Obra				7.31
Costos Directo Total				129.42
Costos Indirectos (16.61%)				21.50
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				150.92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.10

Unidad: m3

Detalle: Hormigón para losa de accesos del puente fundidas
en sitio $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Rendimiento (H/u): 0.07

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				6.11
Concretera	2	4.55	9.1	0.64
Vibrado	2	3.5	7	0.49
Subtotal de Equipo				7.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	$D=A*B$
Agua	m3	0.189	0.75	0.14
Cemento HOLCIM fuerte tipo G	saco 50 kg	13.34	7.48	99.78
Arena fina de río	m3	0.45	18.61	8.37
Grava #3/4 fino	m3	0.51	12.90	6.58
Subtotal de Materiales				114.88
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	$C=A*B$	$D=C*R$
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.33
Albañil	8	4.19	33.52	2.35
Peón	16	4.14	66.24	4.64
Subtotal de mano de Obra				7.31
Costos Directo Total				129.42
Costos Indirectos (16.61%)				21.50
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				150.92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.11

Unidad: m2

Detalle: Placa colaborante

Rendimiento (H/u): 0.08

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				2.24
Equipo y elementos auxiliares para soldadura de conectores.	4	21.3	85.2	6.82
Subtotal de Equipo				9.06
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Perfil de lámina de acero galvanizado con forma acanalada, de 0,76 mm	m2	1.05	36.53	38.36
Pieza angular de lámina de acero galvanizado, para remates perimetrales y de voladizos.	m	0.04	33.6	1.34
Tornillo autotaladrante rosca-metal, para fijación de láminas.	unidad	6	0.42	2.52
Subtotal de Materiales				42.22
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Montador de estructura metálica.	4	4.17	16.68	1.33
Ayudante montador de estructura metálica.	2	4.14	8.28	0.66
Peón	2	4.14	8.28	0.66
Fierrero	2	4.19	8.38	0.67
Subtotal de mano de Obra				2.66
Costos Directo Total				53.94
Costos Indirectos (16.61%)				8.96
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				62.90

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.12

Detalle: Malla electrosoldada Ø 6 mm 10 x 10 cm

Unidad: m2

Rendimiento (H/u): 0.08

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M) equipo y elementos auxiliares para soldadura de conectores.	0.5	21.3	10.65	1.06 0.85
Subtotal de Equipo				1.91
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Malla Armex R-196 (6.25x2.40) 6.0mm 10 x 10 Conector Nelson Stud Ø7/8" x 3.5"	m2 unidad	0.07 10	64.14 1.62	4.49 16.20
Subtotal de Materiales				20.69
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Albañil	0.8	4.19	3.35	0.27
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.8	4.65	3.72	0.30
Peón	0.01	4.14	0.04	0.00
Subtotal de mano de Obra				0.57
Costos Directo Total				23.17
Costos Indirectos (16.61%)				3.85
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				27.02

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.13

Unidad: m2

Detalle: Encofrado y desencofrado metálico de losa central
del puente

Rendimiento (H/u): 0.03

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.03
Subtotal de Equipo				0.03
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Puntal 2X (1.98-3.35) Encofrado metalico losa	unidad	3.75	0.02	0.08
Tapon superior puntal, encofrado metalico	unidad	3.75	0.01	0.04
Viga 2.50 rm encofrado metalico	unidad	3.75	0.02	0.08
Molde 1.5x0.6 encofrado metalico	unidad	16.65	0.12	2.00
Subtotal de Materiales				2.19
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.2	4.65	0.93	0.03
Albañil	2	4.19	8.38	0.25
Peón	2	4.14	8.28	0.25
Subtotal de mano de Obra				0.53
Costos Directo Total				2.74
Costos Indirectos (16.61%)				0.46
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.19

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 2.14

Unidad: m3

Detalle: Hormigón para losa central del puente fundidas
en sitio f'c=280 kg/cm2

Rendimiento (H/u): 0.07

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				6.11
Concretera	2	4.55	9.1	0.64
Vibrado	2	3.5	7	0.49
Subtotal de Equipo				7.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Agua	m3	0.189	0.75	0.14
Cemento HOLCIM fuerte tipo G	saco 50 kg	13.34	7.48	99.78
Arena fina de río	m3	0.45	18.61	8.37
Grava #3/4 fino	m3	0.51	12.90	6.58
Subtotal de Materiales				114.88
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.33
Albañil	8	4.19	33.52	2.35
Peón	16	4.14	66.24	4.64
Subtotal de mano de obra				7.31
Costos Directo Total				129.42
Costos Indirectos (16.61%)				21.50
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				150.92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 3.1

Unidad: ml

Detalle: Juntas de dilatación

Rendimiento (H/u): 0.5

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				0.43
Taladro	1	75	75	37.50
Subtotal de Equipo				37.93
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Junta de dilatacion	mL	1	87.5	87.50
Subtotal de Materiales				87.50
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Peon	2	4.14	8.28	4.14
Albañil	1	4.19	4.19	2.10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	2.33
Subtotal de mano de Obra				8.56
Costos Directo Total				133.99
Costos Indirectos (16.61%)				22.26
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				156.24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 3.2

Unidad: m2

Detalle: Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado
en planta de 5 cm. de espesor

Rendimiento (H/u): 0.004

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				0.21
Planta asfáltica CEDARAPIS 120 TON.	1	164.62	164.62	0.66
Planta eléctrica de 175 Kva (260 HP)	1	32.95	32.95	0.13
Terminadora de asfalto Barber-Greene BG-210 de 107 HP	1	100.24	100.24	0.40
Rodillo vibratorio liso CS-431 de 107 HP	1	32.86	32.86	0.13
Rodillo neumático PS-100 de 77 HP	1	40.27	40.27	0.16
Cargadora frontal Cat 926E de 110 HP	1	28.51	28.51	0.11
Subtotal de Equipo				1.81
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Asfalto (Esmeraldas)	lt	7.200	0.28	2.02
Material para carpeta	m3	0.050	9.21	0.46
Diesel	lt	1.500	0.76	1.14
Aditivo de adherencia	lt	0.068	4.97	0.34
Subtotal de Materiales				3.95
TRANSPORTE				
	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL	
	A	B	D=A*B	
Materias para carpeta "8 m3" (Esmeraldas)	1	5		5.000
Subtotal de Transporte				5.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Acabadora pavimento Asfáltico	1	4.43	4.43	0.02
Planta asfáltica	1	4.43	4.43	0.02
Cargadora frontal (payloader sobre ruedas u orugas)	1	4.65	4.65	0.02
Rodillo autopropulsado	2	4.43	8.85	0.04
Ayudante de maquinaria	2	4.25	8.50	0.03
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.02
Peón	10	4.14	41.40	0.17
Subtotal de mano de Obra				0.31
Costos Directo Total				11.07
Costos Indirectos (16.61%)				1.84
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				12.91

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 3.3

Detalle: Instalación de implementos de protección lateral

Unidad: mL

Rendimiento (H/u): 0.24

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O + 5% M)				0.78
Subtotal de Equipo				0.78
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Fleje de acero estructural 120x100x8 mm	ml	0.12	4.71	0.57
Fleje de acero estructural circular 1 1/2"	ml	3	2.75	8.25
Pintura acrílica	Galón	1	4.25	4.25
Subtotal de Materiales				13.07
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.5	4.65	2.33	0.56
Peón	1	4.14	4.14	0.99
Soldador	1	4.17	4.17	1.00
Subtotal de mano de Obra				2.55
Costos Directo Total				16.40
Costos Indirectos (16.61%)				2.72
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				19.12

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 4.1

Unidad: u

Detalle: Marcas sobre el pavimento

Rendimiento (H/u): 0.005

Tachas reflectivas bidireccional incluido adhesivo y colocación.

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.00
Camioneta	1	9.2	9.2	0.05
Subtotal de Equipo				0.05
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Tachas(Ceramicos Reflectivos) Unidireccionales	u	1	2.59	2.59
Pegamento para tachas	kg	0.03	21.78	0.65
Subtotal de Materiales				3.24
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Instalador en general	1	4.19	4.19	0.02
Chofer lic. Tipo C	1	6.08	6.08	0.03
Peón	2	4.14	8.28	0.04
Subtotal de mano de Obra				0.09
Costos Directo Total				3.39
Costos Indirectos (16.61%)				0.56
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.95

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 4.2

Detalle: Pintura de tráfico

Unidad: m2

Rendimiento (H/u): 0.9

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.11
Subtotal de Equipo				0.11
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Pintura de trafico	galón	0.06	15	0.90
Subtotal de Materiales				0.90
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Pintor	0.3	4.19	1.257	1.13
Peón	0.3	4.14	1.242	1.12
Subtotal de mano de Obra				2.25
Costos Directo Total				3.26
Costos Indirectos (16.61%)				0.54
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 4.3

Detalle: Señales al lado de la carretera. Regulatorias 75 x 75 cm

Unidad: u

Rendimiento (H/u): 0.0084

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.01
Cortadora dobladora manual	1	3.22	3.22	0.03
Equipo aplicador	1	3.22	3.22	0.03
Mesa de trabajo	1	1.61	1.61	0.01
Volqueta	1	19.59	19.59	0.16
Subtotal de Equipo				0.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Electrocorte (sobrelaminación y pictogramas)	m2	0.56	33.18	18.58
Placa de aluminio anonizado 2mm (2.44 x 1.22)	m2	0.56	33.62	18.83
Tubo galvanizado poste 2" x 6 m (postes) ASTM	m	3.50	17.34	60.69
Pernos inoxidables	unidad	2.00	0.26	0.52
Diamante cubo DG3 fluorescente	m2	0.56	56.03	31.38
Varios (señales de tránsito)	set	1.00	2.59	2.59
Ángulo 30 x 3 mm	m	3.00	1.49	4.47
Platina 30 x 3 mm	m	0.60	1.10	0.66
Hormigón simple clase B f'c = 210 kg/cm2	m3	0.07	160.99	11.27
Subtotal de Materiales				148.98
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.04
Albañil	1	4.19	4.19	0.04
Peón	1	4.14	4.14	0.03
Soldador	1	4.65	4.65	0.04
Chofer volqueta	1	6.08	6.08	0.05
Subtotal de mano de obra				0.20
Costos Directo Total				149.43
Costos Indirectos (16.61%)				24.82
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				174.24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 4.4

Detalle: Señales al lado de la carretera. Preventivas 75 x 75 cm

Unidad: u

Rendimiento (H/u): 0.0084

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.01
Cortadora dobladora manual	1	3.22	3.22	0.03
Equipo aplicador	1	3.22	3.22	0.03
Mesa de trabajo	1	1.61	1.61	0.01
Volqueta	1	19.59	19.59	0.16
Subtotal de Equipo				0.24
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Electrocorte (sobrelaminación y pictogramas)	m2	0.56	33.18	18.58
Placa de aluminio anonizado 2mm (2.44 x 1.22)	m2	0.56	33.62	18.83
Tubo galvanizado poste 2" x 6 m (postes) ASTM	m	3.50	17.34	60.69
Pernos inoxidables	unidad	2.00	0.26	0.52
Diamante cubo DG3 fluorescente	m2	0.56	56.03	31.38
Varios (señales de tránsito)	set	1.00	2.59	2.59
Ángulo 30 x 3 mm	m	3.00	1.49	4.47
Platina 30 x 3 mm	m	0.60	1.10	0.66
Hormigón simple clase B f'c = 210 kg/cm2	m3	0.07	160.99	11.27
Subtotal de Materiales				148.98
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.04
Albañil	1	4.19	4.19	0.04
Peón	1	4.14	4.14	0.03
Soldador	1	4.65	4.65	0.04
Chofer volqueta	1	6.08	6.08	0.05
Subtotal de mano de Obra				0.20
Costos Directo Total				149.43
Costos Indirectos (16.61%)				24.82
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				174.24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 5.1

Detalle: Señalización ambiental (2.40 x 1.20 m)

Unidad: u

Rendimiento (H/u): 0.004

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.00
Cortadora dobladora manual	1	3.22	3.22	0.01
Equipo aplicador	1	3.22	3.22	0.01
Mesa de trabajo	1	1.61	1.61	0.01
Volqueta	1	19.59	19.59	0.08
Subtotal de Equipo				0.12
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Electrocorte (sobrelaminación y pictogramas)	m2	0.71	33.18	23.56
Placa de aluminio anonizado 2mm (2.44 x 1.22)	m2	0.71	33.62	23.87
Tubo galvanizado poste 2" x 6 m (postes) ASTM	m	7.00	17.34	121.38
Pernos inoxidables	unidad	4.00	0.26	1.04
Diamante cubo DG3 fluorescente	m2	0.71	56.03	39.78
Varios (señales de tránsito)	set	1.00	2.59	2.59
Ángulo 30 x 3 mm	m	3.60	1.49	5.36
Platina 30 x 3 mm	m	1.00	1.10	1.10
Hormigón simple clase B f'c = 210 kg/cm2	m3	0.14	160.99	22.54
Subtotal de Materiales				241.22
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.65	4.65	0.02
Albañil	1	4.19	4.19	0.02
Peón	1	4.14	4.14	0.02
Soldador	1	4.65	4.65	0.02
Chofer volqueta	1	6.08	6.08	0.02
Subtotal de mano de obra				0.09
Costos Directo Total				241.43
Costos Indirectos (16.61%)				40.10
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				281.53

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: 5.2

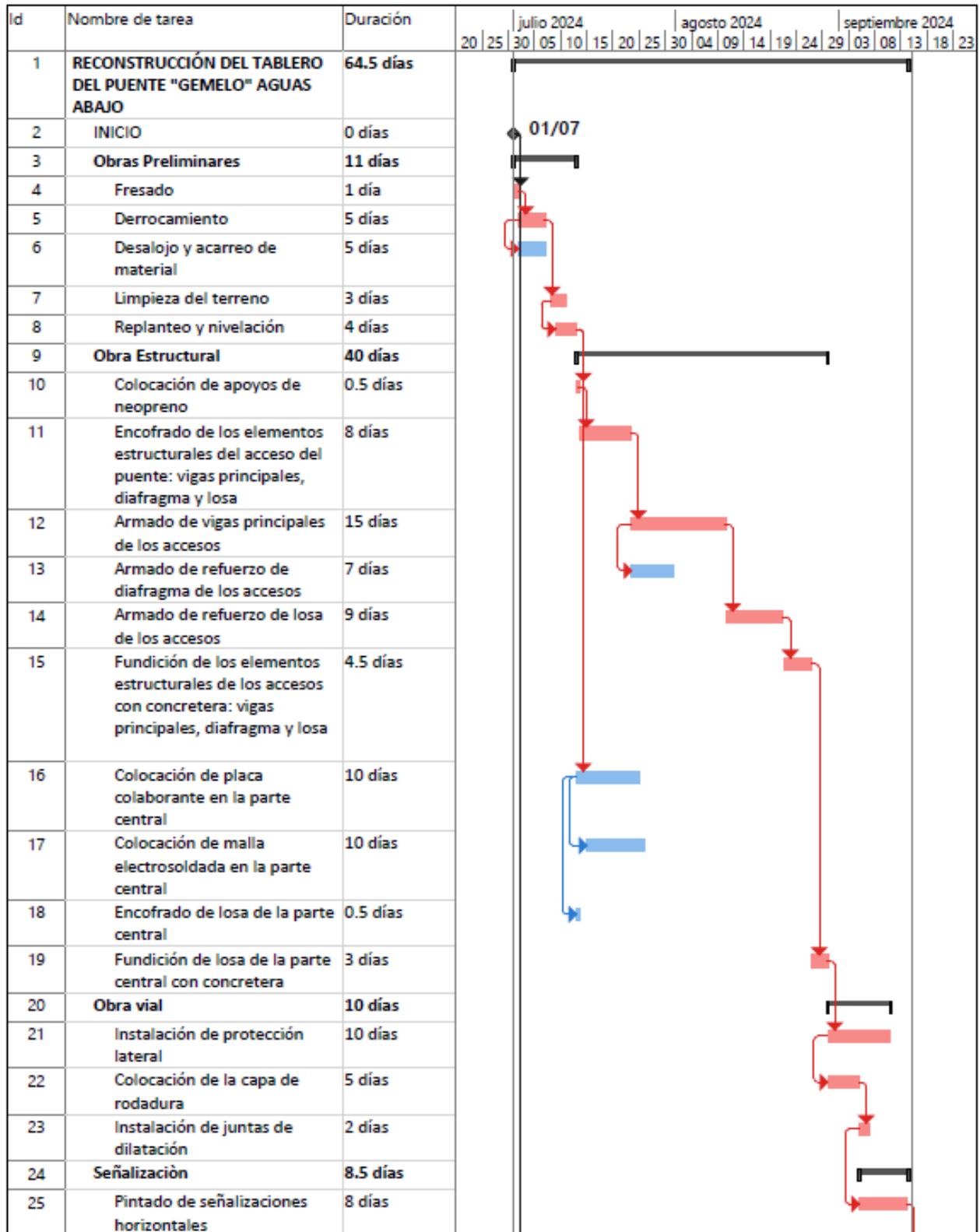
Detalle: Baterías sanitarias

Unidad: u

Rendimiento (H/u): 1

EQUIPO Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O)				0.44
Subtotal de Equipo				0.44
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO TOTAL
		B	C	D=A*B
Batería sanitaria portátil sencilla	unidad/mes	2	224.64	449.28
Subtotal de Materiales				449.28
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Subtotal de Transporte				0.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO	COSTO TOTAL
	A	B	C=A*B	D=C*R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.1	4.64	0.464	0.46
Peón	2	4.14	8.28	8.28
Subtotal de mano de Obra				8.74
Costos Directo Total				458.46
Costos Indirectos (16.61%)				76.15
Otros indirectos				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				534.61

CRONOGRAMA



Proyecto: Proyecto1
 Fecha: vie 26/01/24

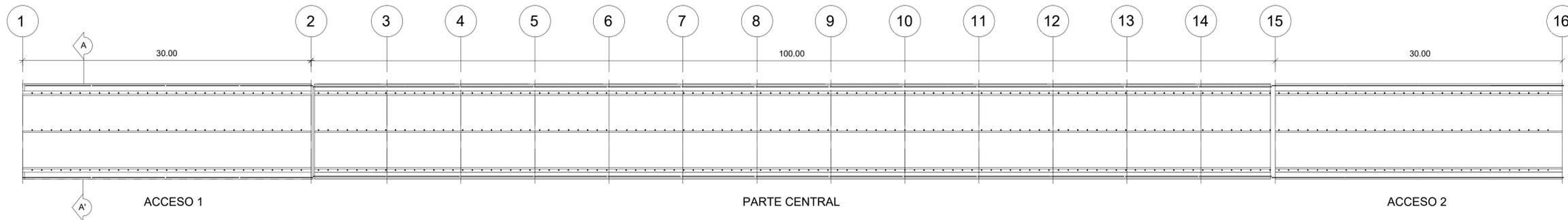
- Tarea Resumen
- División Resumen del proyecto
- Hito Tareas críticas

CRONOGRAMA

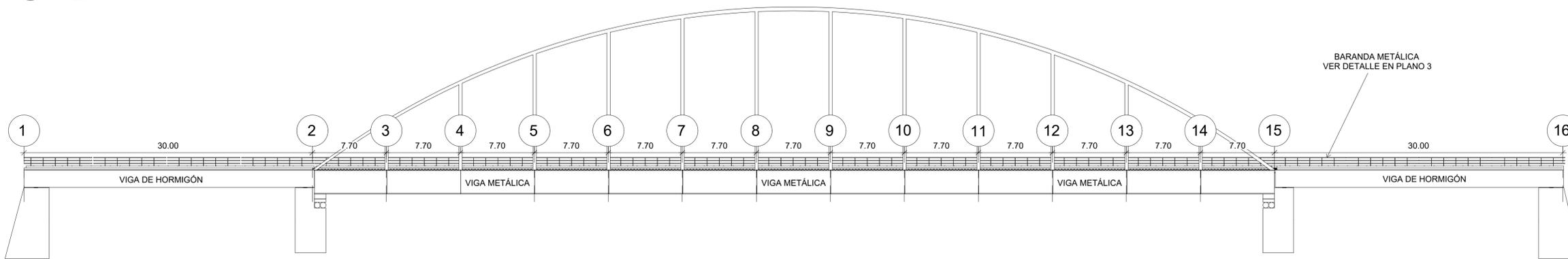
Id	Nombre de tarea	Duración	julio 2024							agosto 2024					septiembre 2024						
			20	25	30	05	10	15	20	25	30	04	09	14	19	24	29	03	08	13	18	23
26	Marcas sobre el pavimento. Tachas reflectivas	0.5 días																			
27	Instalación de señales verticales: regulatoria y preventiva	0.5 días																			
28	Rubros ambientales	64.5 días																			
29	Instalación de señalización ambiental	0.5 días																			
30	Provisión y mantenimiento de baterías sanitarias	0.5 días																			
31	FIN	0 días																			



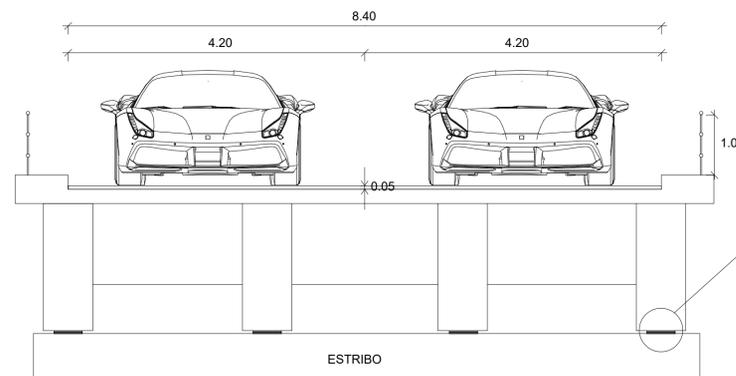
Proyecto: Proyecto1 Fecha: vie 26/01/24	Tarea		Resumen	
	División		Resumen del proyecto	
	Hito		Tareas críticas	



1 VISTA EN PLANTA DE LA CALZADA DEL PUENTE
1 : 250

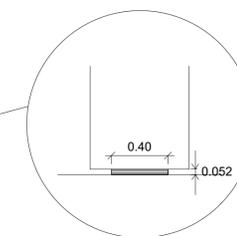


2 VISTA LATERAL DE LA CALZADA DEL PUENTE
1 : 250

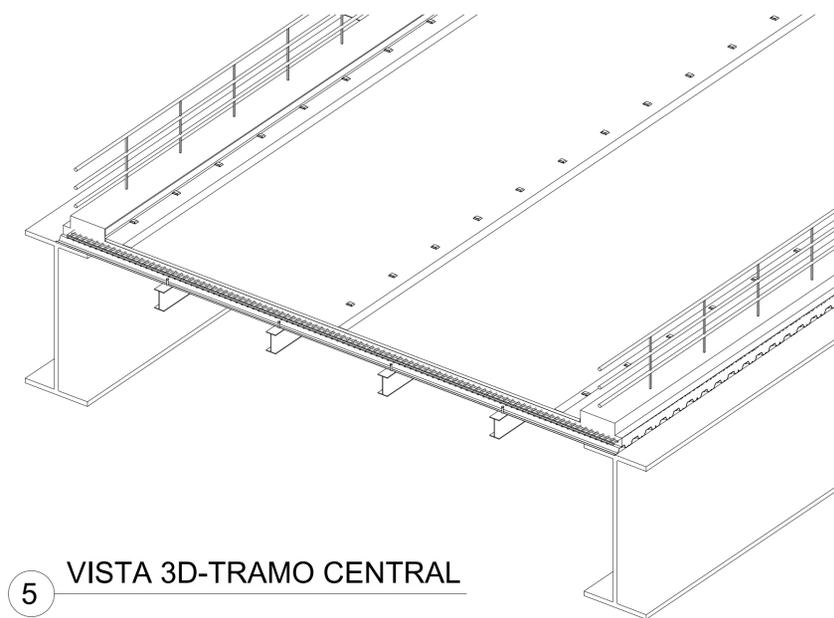


3 CORTE A - A'
1 : 50

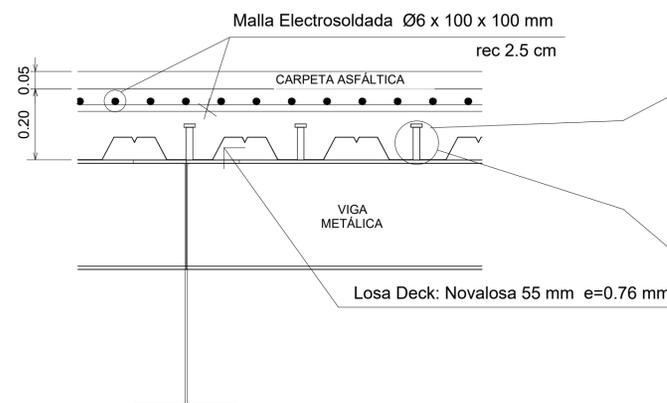
4 JUNTAS DE NEOPRENO
1 : 25



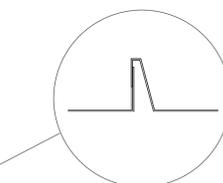
Traslape longitudinal: tipo gancho
Traslape transversal: 10 cm



5 VISTA 3D-TRAMO CENTRAL

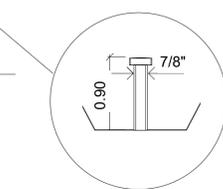


6 ARMADO DE LOSA
1 : 10



7 TRASLAPE
1 : 2

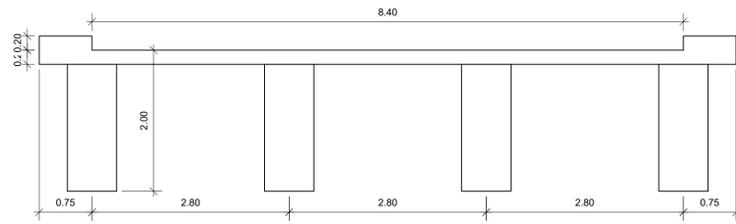
Pernos Stud c/onda Ø7/8" x 3.5"



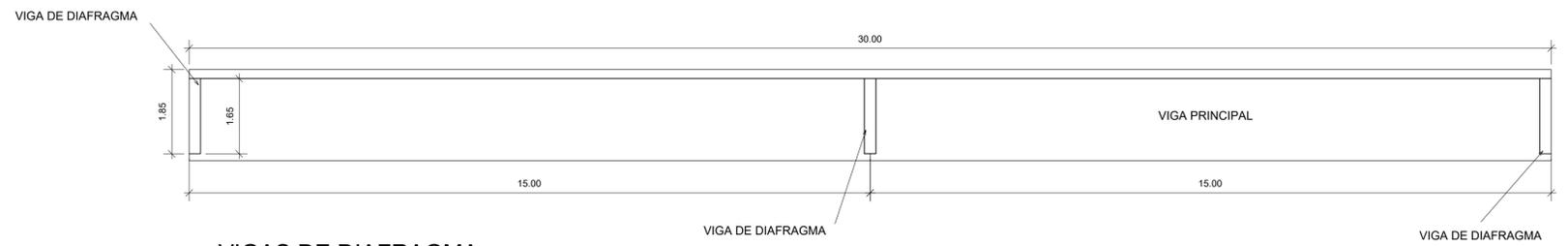
8 DETALLE PERNOS STUD
1 : 5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
DESCRIPCIÓN	
Puente - AASHTO LRFD 9th Edition, 2020 Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI, 2018 Hormigón de los elementos estructurales de puente ($f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$)	
JUNTAS DE NEOPRENO	
400 x 400 mm 3 capas de elastómero de 100 mm de espesor 2 capas semielásticas externas de 5 mm de espesor contiene 4 zunchos metálicos de 33 mm de espesor espesor total de 52 mm	
LOSA DECK	
Galvanizado G90 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$	
UNIDADES	
Todas las unidades están dadas en metros, salvo otra indicación.	

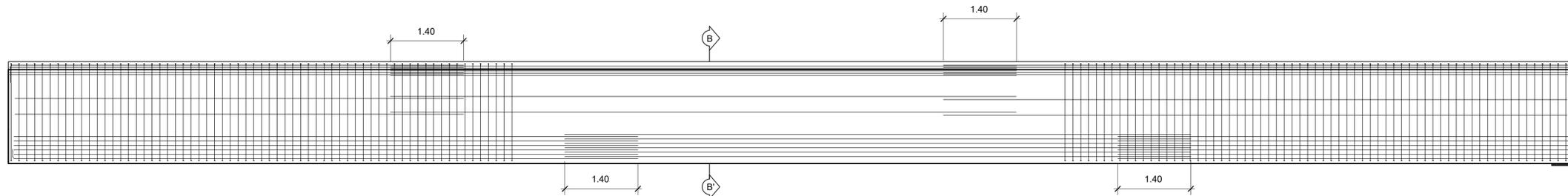
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño estructural con la señalización horizontal y vertical del tablero del puente "Gemelo" sobre el río Babahoyo			
CONTENIDO: Vistas generales del puente - Armado de losa de la parte central del puente			
Tutor de proyecto: M. Sc. Walter Hurtares Orrala	Cliente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Presentado por: - Roy Centeno Andino	Fecha de emisión: 2024/01/26
Profesor de proyecto: M. Sc. Danilo Dávila Guamán	Ubicación del proyecto: Paso lateral Babahoyo	- Paula Villao Bustamante	Lámina: 1
			Escala: Como se indica



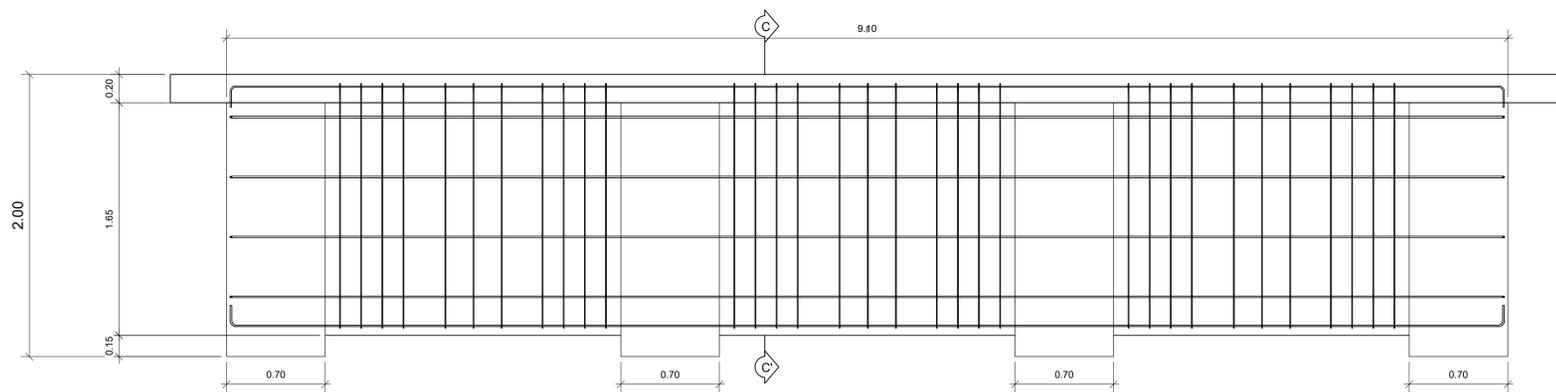
1 CORTE TÍPICO - DIMENSIONES
1 : 50



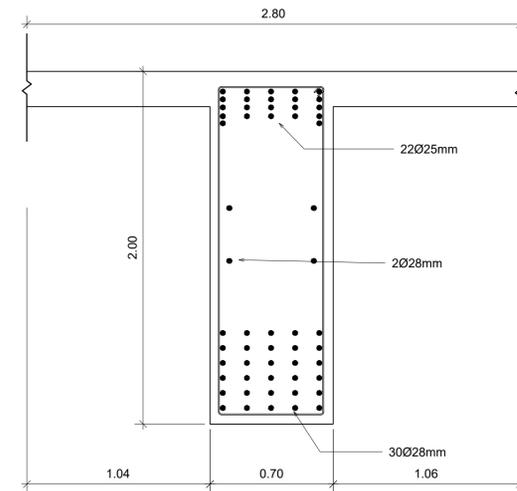
2 VIGAS DE DIAFRAGMA
1 : 75



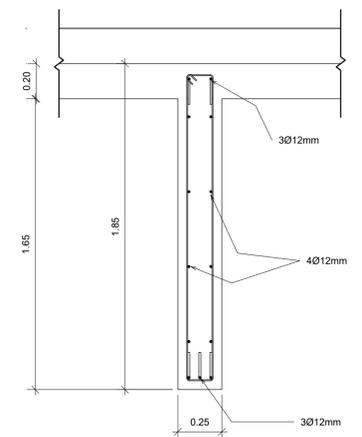
3 ARMADO DE VIGA PRINCIPAL - ELEVACIÓN LATERAL
1 : 50



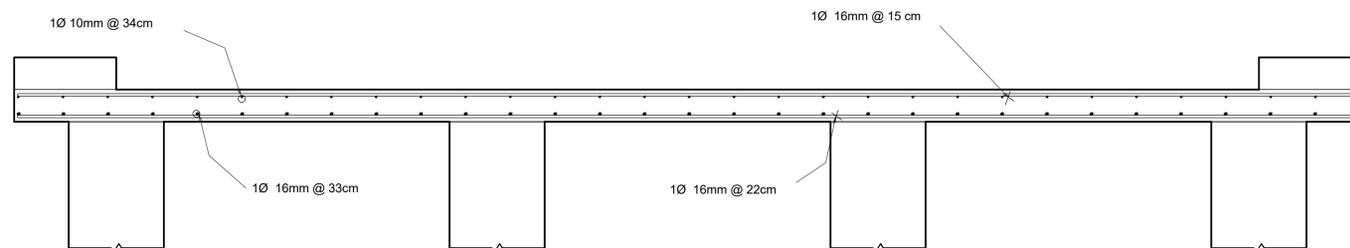
4 ARMADO DE DIAFRAGMA - ELEVACIÓN LATERAL
1 : 25



5 CORTE B-B' ARMADO DE VIGA PRINCIPAL
1 : 20



6 CORTE C-C' ARMADO DE DIAFRAGMA
1 : 20



10 ARMADO DE LOSA DE ACCESO
1 : 25

INSTRUCCIONES DE DOBLECES PARA TODO EL ARMADO DEL PUENTE

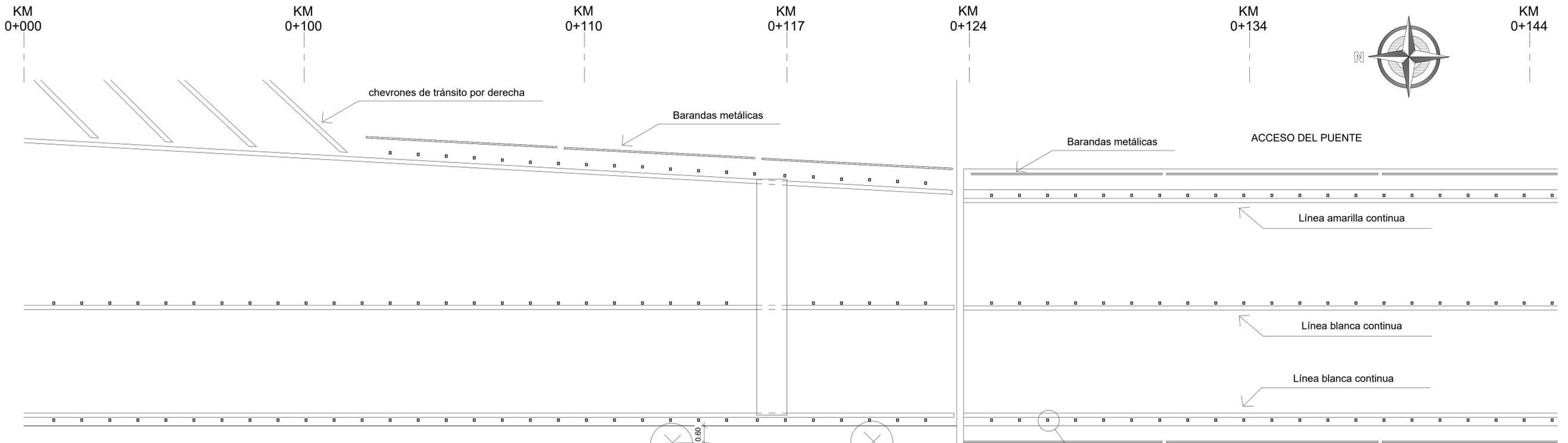
50 veces el D_b

TRASLAPE PARA VARILLAS

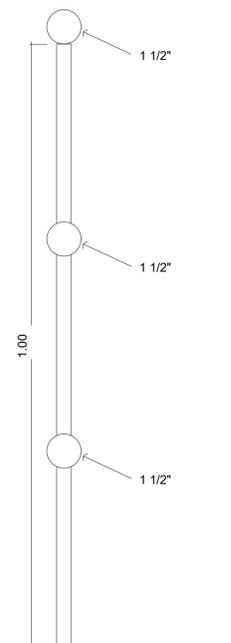
GANCHOS A 90°

GANCHOS EN ESTRIBO

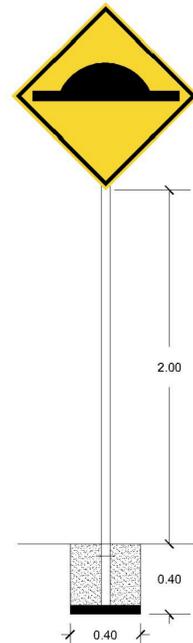
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: Diseño estructural con la señalización horizontal y vertical del tablero del puente "Gemelo" sobre el río Babahoyo			
CONTENIDO: Armado de viga principal - Armado de viga de diáfragma - Armado de losa de acceso			
Tutor de proyecto: M. Sc. Walter Hurtares Orrala	Cliente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Presentado por: - Roy Centeno Andino	Fecha de emisión: 2024/01/26
Profesor de proyecto: M. Sc. Danilo Dávila Guamán	Ubicación del proyecto: Paso lateral Babahoyo	- Paula Villao Bustamante	Lámina: 2
			Escala: Como se indica



1 SEÑALIZACIONES
1 : 75

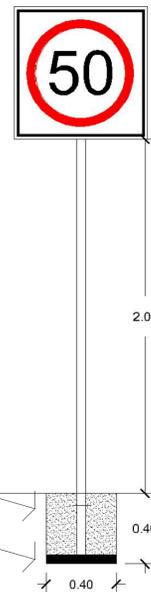


3 BARANDA METÁLICA
1 : 5



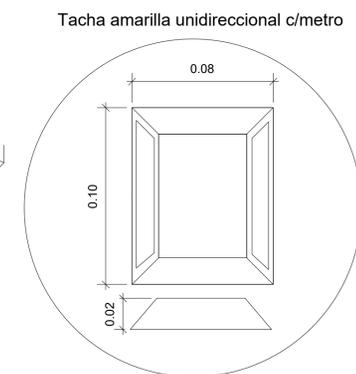
4 REDUCTOR DE VELOCIDAD
1 : 20

Especificaciones (RTE INEN 004):
Símbolo y orla negra
Fondo amarillo retrorreflectivo
dimensiones: 750 x 750 mm



5 LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
1 : 20

Especificaciones (RTE INEN 004):
Símbolo y orla negra
Círculo rojo retrorreflectivo
Fondo blanco retrorreflectivo
dimensiones: 750 x 750 mm



2 TACHA AMARILLA UNIDIRECCIONAL
1 : 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CAPA DE RODADURA
Mezcla asfáltica
espesor = 5 cm
bombeo = 2%

SEÑALIZACIÓN VERTICAL
lubo galvanizado
Hormigón $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

BARANDA METÁLICA
Soldada a placa metálica que irá
empernada al suelo

UNIDADES
Todas las unidades están dadas en metros, salvo otra
indicación.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño estructural con la señalización horizontal y vertical del tablero del puente
"Gemelo" sobre el río Babahoyo

CONTENIDO:
Señalización Horizontal - Señalización Vertical - Protección Lateral

Tutor de proyecto: M. Sc. Walter Hurtares Orrala	Cliente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Presentado por: - Roy Centeno Andino	Fecha de emisión: 2024/01/26
Profesor de proyecto: M. Sc. Danilo Dávila Guamán	Ubicación del proyecto: Paso lateral Babahoyo	- Paula Villao Bustamante	Lámina: 3
			Escala: Como se indica

Diseño estructural con la señalización horizontal y vertical del tablero del puente "Gemelo" sobre el río Babahoyo

PROBLEMA

En la actualidad el puente se encuentra en **estado crítico**, viéndose huecos de gran magnitud en la losa estructural



El puente es esencial para la movilidad y flujo económico del cantón Babahoyo y sus alrededores.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar la nueva estructura del tablero del puente "Gemelo", mediante la evaluación de datos in situ para el desarrollo del sector productivo del cantón Babahoyo y se asocia a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible #8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico)** y **#11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles)**.

PROPUESTA

Trabajo en campo realizado

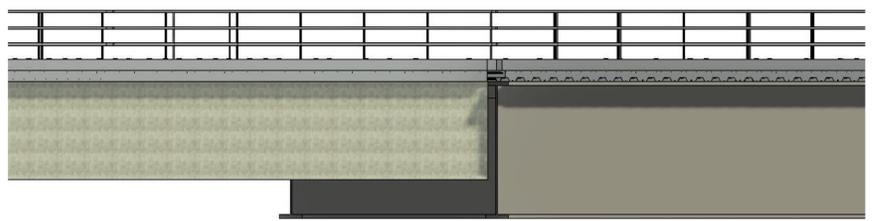
Topografía y conteo vehicular



Diseño

Nueva losa-viga (accesos)

Nueva losa de hormigón con placa colaborante (parte central del puente)



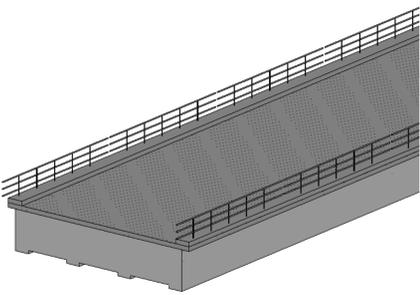
Liviano y rápida construcción

RESULTADOS

Accesos del puente

AASHTO LRFD

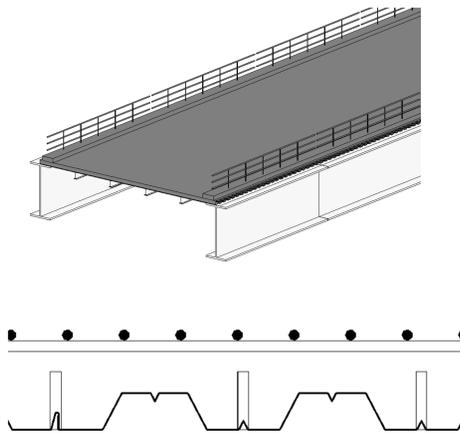
Losa maciza: Longitud: 30 m, Ancho: 9.9 m, Espesor: 0.2 m
Viga principal: longitud: 30 m, Base: 0.7, Altura: 2 m
Diafragma: Longitud: 9.9 m, Base: 0.25 m, Altura: 1.85 m



Parte central del puente

ACI

Losa compuesta: Longitud: 100 m, Ancho: 9.9 m, Espesor: 0.2 m



Señalización vial

INEN

Horizontal: Líneas longitudinales, Tachas, Chevrones, Reductor de velocidad
Vertical: Límite máximo de velocidad, Reductor de velocidad



Elementos extra: Capa asfáltica de 5 cm (bombeo 2%), apoyos de neopreno, juntas de dilatación, barandas metálicas.

CONCLUSIONES

- Para el diseño se siguieron las normativas pertinentes para calcular dimensiones y armado estructural.
- El software estructural fue vital para la precisión en los cálculos.
- Se implementaron señalizaciones viales para evitar los siniestros y mejorar la seguridad vial.
- Presupuesto del proyecto, siendo un total de \$427'110.05.