



Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE
PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI
BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010”**

AUTORES:

BELTRAN LEON LEANDRO HUMBERTO

CAICEDO BENITEZ JAMID MANUEL

TUTOR:

MSc. ING. LEONARDO JAVIER ECHEVERRIA FABRE

GUAYAQUIL-ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes/egresados HUMBERTO LEANDRO BELTRÁN LEÓN y JAMID MAUEL CAICEDO BENÍTEZ, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

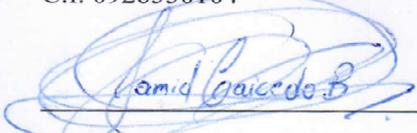
Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010” .

Autores:



HUMBERTO LEANDRO BELTRÁN LEÓN

C.I. 0926550104



JAMID MANUEL CAICEDO BENÍTEZ

C.I. 1206122135

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010”, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010”, presentado por los estudiantes HUMBERTO LEANDRO BELTRÁN LEÓN y JAMID MAUEL CAICEDO BENÍTEZ como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



MSc. ING. LEONARDO JAVIER ECHEVERRIA FABRE
TUTOR

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A mis padres, Jorge y Rebeca, ya que con su apoyo incondicional y sus sabios consejos siempre se han hecho presentes. A mis hermano, Eduardo, Javier y José Luis, ya que por ser mayores siempre me han sabido aconsejar y dar ánimos a lo largo de toda mi vida. A mi compañero y amigo de tesis Leandro Beltrán, por el empeño y apoyo durante este proceso de titulación. A mis compañeros y amigos que han servido de ejemplo y de apoyo a lo largo de esta etapa universitaria, en especial a Miguel Gomero, Carlos Apolinario, Jaime Baquerizo. A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Atte.

Jamid Manuel Caicedo Benítez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la vida, el camino y las enseñanzas.

A mi madre, por enseñarme el valor de los sacrificios de la vida.

A mi padre, el aprender a no subestimar.

A mi hermano Andrés, aunque no estés con nosotros no he dejado de sentir tu apoyo a diario.

A mis hermanas Jacqueline, Maria Auxiliadora y Jennifer, por las experiencias vividas en familia.

A mis amigos Miguel, Carlos y Jamid, compañeros de universidad y futuros compañeros de trabajo, la ayuda y el apoyo brindado.

A mi compañero de tesis, el esfuerzo y trabajo plasmados en este trabajo.

A nuestro tutor, por los conocimientos y los consejos.

A las personas que me han brindado su apoyo directa o indirectamente...

Gracias.

Beltrán León Humberto Leandro

DEDICATORIA

El presente va dedicado a Dios por bendecirme y permitirme llegar hasta este momento. A mis padres, Jorge y Rebeca, por ser ese ejemplo y motivación a lo largo de toda mi vida. A mis hermanos, Eduardo, Javier y José Luis. A mis amigos que han estado a lo largo de esta etapa estudiantil. A mi abuelita Marthita Villares, quien fue un ser maravilloso y que por su ejemplar vida de amor, entrega a su familia y lucha, me ha inspirado y la llevare por el resto de mi vida. A “FIMA 61” de la Promoción 61 del Colegio San José “La Salle”. A Barcelona S. C. que quedo campeón en dos ocasiones y varios momentos que me llenaron de alegría y motivación a lo largo de esta etapa universitaria

Atte.

Jamid Manuel Caicedo Benítez

DEDICATORIA

Dedico el presente a mi padre, nada en mi vida tiene sentido sin él.

A mi madre Sylvia, las enseñanzas y esfuerzo han dado sus frutos.

A mi familia, mis hermanas, mi hermano, mi padre, por compartir a lo largo de mi vida y ser parte de ella.

A mis amigos y compañeros, por que la fuerza para lograr nuestros objetivos reside en cada uno de nosotros.

El esfuerzo no desampara a nadie.

Beltrán León Humberto Leandro

Tabla de contenido

INDICE DE ILUSTRACIONES	ix
INDICE DE TABLAS	xi
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. TEMA	3
1.2. ANTECEDENTES	3
1.2.1. Puentes en el Ecuador	3
1.2.2. Diseño asistido por computadora	4
1.2.3. Programas de diseño en el Ecuador.....	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.5. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.6. OBJETIVOS.....	8
1.6.1. Objetivo General.....	8
1.6.2. Objetivos Específicos	8
1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.8. DELIMITACIÓN O ALCANCE DEL PROYECTO.....	10
1.9. HIPÓTESIS DEL PROYECTO	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. DISEÑO DE PUENTES CON EL MÉTODO AASHTO LRFD 2010.....	13
2.1.1. Definición de puente.....	13
2.1.2. Partes principales de un puente:	13
2.1.3. Clasificación de los Puentes:.....	16
2.2. CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE PUENTES.....	17
2.2.1. Estudios Principales.....	17
2.3. GEOMETRÍA Y DEFINICIONES	18
2.3.1. Sección transversal	18
2.3.2. Ancho de vía (ancho de calzada).....	18
2.3.3. Aceras	18
2.3.4. Barandas.....	18

2.3.5.	Baranda de tráfico vehicular o Barrera de concreto	19
2.3.6.	Pavimento.....	19
2.3.7.	Losas de transición	19
2.3.8.	Drenaje.....	20
2.3.9.	Juntas de dilatación.....	21
2.4.	CARGAS DE DISEÑO	22
2.4.1.	Cargas permanentes (DC, DW y EV).....	22
2.4.2.	Sobrecargas vivas (LL).....	23
2.4.3.	Presencia de Múltiples Sobrecargas	25
2.4.4.	Incremento por Carga Dinámica: IM.....	25
2.4.5.	Fuerzas centrífugas (CE).....	26
2.4.6.	Fuerza de frenado (BR).....	26
2.4.7.	Cargas hidráulicas (WA).....	26
2.4.8.	Carga de viento (WL y WS).....	27
2.4.9.	Efectos sísmicos (EQ).....	29
2.5.	FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGAS.....	30
2.6.	CRITERIOS DE DISEÑO DEL MÉTODO LRFD SEGÚN NORMA AASHTO LRFD	31
2.6.1.	Estados límites de diseño	31
2.7.	DENOMINACIÓN DE LAS CARGAS	34
2.7.1.	Cargas Permanentes:.....	34
2.7.2.	Cargas Transitorias:.....	35
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO		36
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.3.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	38
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.5.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	40
	Encuesta dirigida al Ingeniero Civil de la Ciudad de Guayaquil.....	40
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL ALGORITMO		51

4.1.	NOTACION Y TERMINOLOGIA.....	51
4.2.	ALGORÍTMO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA	54
4.2.1.	Viga metálica del puente.....	54
4.2.2.	Losa de hormigón armado del puente.....	73
4.3.	ALGORITMO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA.....	80
4.3.1.	Estribos de hormigón armado	80
4.3.2.	Muro de ala de hormigón armado.....	96
4.4.	DETALLES ESTRUCTURALES.....	110
4.4.1.	Barandas.....	110
4.4.2.	Elementos de apoyo.....	113
4.4.3.	Juntas de dilatación.....	117
4.4.4.	Losa de Aproximación.....	119
4.4.5.	Arriostramiento.....	123
4.4.6.	Elementos de sujeción	131
	CONCLUSIONES.....	133
	RECOMENDACIONES	134
	BIBLIOGRAFÍA	135
	ANEXO 1: PRESENTACIÓN DEL ALGORITMO “BELCAI BRIDGE”, FUNCIONES Y MANUAL DE USUARIO.....	136
	Acerca del Manual.	137
	Propósito.....	137
	Conocimientos necesarios.	138
	Introducción.....	138
	Visión global.....	139
	Especificaciones.....	139
	Ambiente de desarrollo	139
	Compatibilidad.....	139
	Requerimientos básicos.....	139
	Recomendaciones.....	140
	Descripción de funcionalidad	140
	Conceptos generales.....	142

Acceso.....	143
Crear Archivo Nuevo.....	146
Preliminares.....	146
Diseño de la Losa.....	150
Diseño de Viga.....	153
Diseño de Arriestrado.....	154
Diseño del Estribo.....	155
Diseño del Muro de Ala.....	157
ANEXO 2: PLANOS ESTRUCTURALES.....	160

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Planta de un puente apoyado sobre pilas</i>	14
<i>Ilustración 2 Sección Longitudinal del puente apoyado sobre pilas</i>	15
<i>Ilustración 3 Sección Transversal</i>	15
<i>Ilustración 4 Sección Transversal Puente Vehicular</i>	18
<i>Ilustración 5 Losa de Aproximación</i>	20
<i>Ilustración 6 Drenaje de la losa</i>	21
<i>Ilustración 7 Junta de Dilatación Transflex</i>	21
<i>Ilustración 8 Camión de diseño</i>	23
<i>Ilustración 9 Tándem de diseño</i>	24
<i>Ilustración 10 Idealización de las cargas de un camión de diseño longitudinal</i>	24
<i>Ilustración 11 Camión de diseño HL93</i>	55
<i>Ilustración 12 Tándem de diseño</i>	55
<i>Ilustración 13 Carril de diseño</i>	56
<i>Ilustración 14 Tabla de factor distribución g para momento en vigas interiores</i>	58
<i>Ilustración 15 Tabla de factor distribución g para momento en vigas exteriores</i>	58
<i>Ilustración 16 Tabla de factor distribución g para cortante en vigas interiores</i>	59
<i>Ilustración 17 Tabla de factor distribución g para cortante en vigas exteriores</i>	59
<i>Ilustración 18 Conectores de corte</i>	68
<i>Ilustración 19 Soldadura</i>	69
<i>Ilustración 20 Valores de Dimensionamiento en Sección de Viga</i>	70
<i>Ilustración 21 Sección del tablero de losa</i>	79
<i>Ilustración 22 Gráfico esquemático del Seccionamiento del Estribo</i>	82
<i>Ilustración 23 Sección del Estribo</i>	92
<i>Ilustración 24 Sección de Acero del Estribo</i>	94
<i>Ilustración 25 Armadura del Estribo</i>	95
<i>Ilustración 26 Sección del Muro de Ala</i>	106
<i>Ilustración 27 Sección de Acero del Estribo</i>	107
<i>Ilustración 28 Armadura del Muro de Ala</i>	109
<i>Ilustración 29 Vista Transversal Baranda Hormigón Armado</i>	111
<i>Ilustración 30 Detalles Adicionales Baranda Metálica</i>	112
<i>Ilustración 31 Detalle de Junta de Dilatación</i>	118
<i>Ilustración 32 Sección del tablero de losa</i>	122
<i>Ilustración 33 Planta Arriostramiento Inferior</i>	130
<i>Ilustración 34 Alzado Diafragmas</i>	130
<i>Ilustración 35 Elementos de sujeción</i>	132
<i>Ilustración 36 Desarrollo del Programa en Visual Studio</i>	141
<i>Ilustración 37 Desarrollo del Menú de BelCai</i>	141
<i>Ilustración 38 Desarrollo de BelCai en Visual Studio</i>	142
<i>Ilustración 39 Icono del software</i>	143
<i>Ilustración 40 Ventana de Inicio</i>	143
<i>Ilustración 41 Ventana Principal</i>	144
<i>Ilustración 42 Abrir archivo</i>	145
<i>Ilustración 43 Biblioteca</i>	146

<i>Ilustración 44 Pantalla Preliminares I</i>	147
<i>Ilustración 45 Guardar como</i>	148
<i>Ilustración 46 Pantalla Preliminares II</i>	149
<i>Ilustración 47 Pantalla Losa I</i>	150
<i>Ilustración 48 Pantalla Losa II</i>	151
<i>Ilustración 49 Revisar Diseño</i>	151
<i>Ilustración 50 Representación condición "Satisface"</i>	152
<i>Ilustración 51 Representación condición "No satisface"</i>	152
<i>Ilustración 52 Pantalla Vigas</i>	153
<i>Ilustración 53 Pantalla Arriostramientos</i>	154
<i>Ilustración 54 Pantalla Estribo I</i>	155
<i>Ilustración 55 Pantalla Estribo II</i>	156
<i>Ilustración 56 Pantalla Muro de ala I</i>	157
<i>Ilustración 57 Pantalla Muro de ala II</i>	158
<i>Ilustración 58 Pantalla Muro de ala II</i>	159
<i>Ilustración 59 Generador de memorias de diseño</i>	159
<i>Plano 1 CIM-01</i>	161
<i>Plano 2 CIM-02</i>	162
<i>Plano 3 CIM-03</i>	163
<i>Plano 4 CIM-04</i>	164
<i>Plano 5 SUP-01</i>	165
<i>Plano 6 SUP-02</i>	166
<i>Plano 7 SUP-03</i>	167
<i>Plano 8 SUP-04</i>	168
<i>Plano 9 SUP-05</i>	169
<i>Plano 10 SUP-06</i>	170
<i>Plano 11 SUPVL-01</i>	171
<i>Plano 12 SUPVL-02</i>	172

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Densidades de materiales</i>	22
<i>Tabla 2 Factor de presencia Múltiple (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).</i>	25
<i>Tabla 3 Incremento por Carga Dinámica, IM (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).</i>	25
<i>Tabla 4 Valores de V_o y Z_o (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)</i>	28
<i>Tabla 5 Presiones básicas PB correspondientes a $V_B = 160$ Km/h (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)</i>	28
<i>Tabla 6 Zonas Sísmicas NEC 15</i>	29
<i>Tabla 7 Tabla de perfiles de suelos NEC 15.</i>	30
<i>Tabla 8 Combinaciones y Factores de carga para los estados limites (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)</i>	33
<i>Tabla 9 Máximos y mínimos factores de Carga (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).</i>	34
<i>Tabla 10 Tabla de variables.</i>	39
<i>Tabla 11 Variables del diseño de la viga.</i>	54
<i>Tabla 12 Variables de cálculo para dimensionamiento de la Viga.</i>	70
<i>Tabla 13 Procesos de cálculos de la Viga</i>	72
<i>Tabla 14 Verificaciones de la Viga.</i>	72
<i>Tabla 15 Variables del diseño de la losa</i>	73
<i>Tabla 16 Variable de Dimensionamiento de la losa.</i>	76
<i>Tabla 17 Variables de diseño de la losa</i>	77
<i>Tabla 18 Variables de Acero de la losa</i>	77
<i>Tabla 19 Variables de cálculo del Estribo.</i>	80
<i>Tabla 20 Variables de la Pantalla 1 del estribo.</i>	91
<i>Tabla 21 Variables de Pantalla 2 del Estribo</i>	93
<i>Tabla 22 Datos finales del Estribo</i>	95
<i>Tabla 23 Variables de cálculo del Estribo.</i>	96
<i>Tabla 24 Variables de la Pantalla 1 del Muro de Ala</i>	105
<i>Tabla 25 Variables de Pantalla 2 del Muro de Ala</i>	107
<i>Tabla 26 Datos finales del Estribo</i>	108
<i>Tabla 27 Sección transversal Acera-Baranda Metálica.</i>	112
<i>Tabla 28 Variables para el diseño de Junta</i>	116
<i>Tabla 29 Resultados a mostrar Dispositivo de apoyo</i>	116
<i>Tabla 31 Variables para el diseño de Junta</i>	117
<i>Tabla 32 Tipos de Juntas</i>	118
<i>Tabla 33 Variables de cálculo de Arriostrado.</i>	123
<i>Tabla 34 Variables del Arriostramiento</i>	128
<i>Tabla 35 Datos finales del Arriostramiento.</i>	129

RESUMEN

Con la creación de este algoritmo se desea ayudar al sector de ingenieros civiles estructurales, para que tengan una novedosa herramienta de cálculo que les permita diseñar puentes de una manera más rápida, sencilla y ahorrándole mucho tiempo y dinero; ya que la elaboración de estos proyectos es muy costosa y requieren de gran demanda de tiempo. De esta manera se logra conectar los pueblos dándoles un fácil y rápido acceso para realizar las actividades diarias y así se mejora la calidad de vida de nuestras poblaciones.

Para la elaboración de este proyecto, luego de hacer un análisis y darnos cuenta que en la actualidad no existe ninguna herramienta parecida en el país, nos hemos visto en la necesidad de desarrollar este proyecto ya que será de gran utilidad para el ingeniero civil.

La elaboración de este diseñador estructural será para puentes simplemente apoyados de un solo tramo, desde dos hasta cuatro carriles, pasarelas laterales, con un ancho de tablero de entre 9.75 hasta 34.60 metros y con una luz entre estribos de hasta 50 metros. La cimentación del puente será de hormigón armado y su superestructura (vigas) de acero estructural.

PREFACIO

El proyecto “*Análisis Y Diseño de un Algoritmo Estructural para el Diseño de Puentes de Infraestructura Mixta (Acero-Hormigón) “BelCai Bridge” considerando la Normativa AASHTO LRFD 2010*”(*AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS. 2010*) tiene como enfoque principal la creación de una herramienta digital para el diseño estructural, conceptualizando el diseño de puentes basados en los criterios del método LRFD, el cual considera factores de distribución para las cargas actuantes en el puente y plasmándolos en un algoritmo.

El algoritmo estructural permitirá al usuario visualizar las etapas del diseño de manera sucesiva, ayudándolo a comprender sobre el desarrollo y la finalidad de los cálculos que se solicitan para la obtención de los resultados. La herramienta digital dará pautas a lo largo del procedimiento a fin de evitar que se generen errores y a su vez indicaran criterios sobre el diseño estructural de puentes.

Se presentará el análisis para un puente de vigas de acero estructural y losa de hormigón, simplemente apoyado en estribos de hormigón armado y con una luz máxima de 50 metros, proponiéndolo de esa manera ya que está enfocado para su uso en el diseño de puentes donde los obstáculos a salvarse sean considerablemente pequeños.

La finalidad de la ejecución de este proyecto converge en la necesidad de la agilización de los diseños integrales de puentes de estas características, disminuyendo su plazo de ejecución y otorgando comodidad al diseñador al tener una herramienta que compile todos los procesos de diseño en un solo sitio, de manera esquematizada y organizada.

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010. (*AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*, 2010)

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Puentes en el Ecuador

Los puentes son considerados como correcciones que el hombre hace a los trayectos que nos proporciona la naturaleza, principalmente para salvar un río o un abismo que impide la libre comunicación entre los pueblos.

En el Ecuador, se han vuelto un hito para el desarrollo integral del país, al permitir la interacción comercial entre ciudades, brindando facilidades de transportación, dando continuidad al tránsito peatonal o vehicular y siendo en muchos casos motivo de orgullos para los ciudadanos.

Durante la época republicana, en el periodo presidencial de García Moreno se ejecutaron proyectos de diseño y construcción de puentes como el Puente Internacional de Rumichaca (1920), que fueron considerados icónicos en su momento, debido a los beneficios que traerían para el futuro del país.

Puentes como el Puente Las Juntas sobre el río Chambo (1960), Puente de la Unidad Nacional (1970), Puente Cornelio Dávalos (1971), Puente sobre el Río Aguarico (1985).

1.2.2. Diseño asistido por computadora

Por el año 1955 se desarrolló el primer sistema gráfico. Este procesaba los datos de los radares de la Fuerza Aérea Norteamericana mostrándolos a través de la pantalla.

En 1962 se desarrolla el sistema Sketchpad, basado en la tesis doctoral de Iván Sutherland. Se establecen las bases que hoy en día se conocen sobre los gráficos interactivos por ordenador. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para interactuar directamente con la imagen que se mostraba en pantalla.

En 1963 se genera un gran giro en el diseño asistido por computadora cuando el Sistema Sketchpad realizó una demostración de que el computador era capaz de calcular cuales líneas eran definidas como la parte visible en la pantalla mientras a su vez borraba de la pantalla el resto. Las líneas ocultas eran almacenadas para luego volver a ser utilizadas por el programa cuando el objeto en cuestión cambiara su posición en función del observador.

En 1975 se fundó la compañía Computers and Structures Inc. CSI, por el Ingeniero Estructural Ashraf Habibullah de la Universidad de Berkeley, co creando el primer programa de ingeniería estructural para computadora

1.2.3. Programas de diseño en el Ecuador

Actualmente en el entorno de la Ingeniería Civil de nuestro país no existe un proyecto que se acerque a nuestro algoritmo estructural. Por eso nos hemos visto en la necesidad de desarrollar este proyecto que facilite y agilite el trabajo al ingeniero civil de Ecuador.

En otros países hemos encontrado algunos programas que tienen algunas cualidades y funciones del proyecto que queremos plasmar, tenemos en consideración estos programas: CSI Bridge, SAP 2000, ACOBRI vs5.01, LEAP Bridge Steel, RSTAB, entre otros.

Estos programas permiten modelar estructuras de puentes de manera muy detallada, dan carta abierta a la manipulación de todas las variables que se presentan

en el cálculo, permitiendo una gran versatilidad al momento de modelar una estructura.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La versatilidad de los programas de diseño estructurales actuales permite modelar estructuras únicas, sin embargo, la interpretación de todas las variables que intervienen en el cálculo lleva al diseñador a ahondar en la manera en la que el programa analiza los datos y como los interpreta. Aprender a manejarlo correctamente.

Si bien es cierto, que esta comprensión del diseñador hacia el programa no es imposible de realizar, ese proceso lleva consigo una gran demanda de tiempo, ya que los programas son elaborados por extranjeros.

Los términos y nombres que se dan a los distintos componentes o elementos en la ingeniería de puentes están establecidos en las normas que se utilizan tanto en el extranjero como en el país. Para el Ecuador la Norma AASHTO está habilitada para su uso en la elaboración de diseño de puentes por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, pero en algunos casos los programas no poseen una traducción al idioma español, o si existe, no está adaptada correctamente a los términos utilizados en Latinoamérica, mucho menos específicamente para Ecuador.

Los programas de análisis estructurales son creados para que el usuario pueda editar las variables del diseño, dando total libertad a la manipulación por parte del diseñador, pero no simplifican y/o automatizan procesos monótonos que se encuentran en el proceso de cálculo, acortando la obtención de los resultados finales.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La elaboración de los diseños estructurales en la actualidad es realizada, en su mayoría mediante el uso de herramientas informáticas debido a la cantidad de cálculos que conforman el proceso de diseño; la ejecución manual de dicho procedimiento tomaría más tiempo en comparación si se lo realiza con un software especializado.

Hoy en día se realizan con mayor frecuencia softwares de análisis estructurales, una parte, por la optimización en tiempo, y otra parte para evitar los errores humanos que se pueden gestar debido a cantidad de fórmulas y criterios que se requieren a lo largo del planteamiento matemático.

Sin embargo, aun cuando los cálculos los realicen la computadora, sigue latente el error humano, por lo que se requiere de una revisión de estos resultados aun después de ser computados por el programa informático, con la finalidad que los diseños requeridos sean los que verdaderamente se necesiten.

Entonces, ¿Cómo podríamos obtener los resultados de una manera rápida?: Simplificando procesos de cálculos, automatizando la decisión de criterios y disminuyendo los errores en la elaboración de diseños estructurales de un puente.

1.5. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- *¿Cuál sería el beneficio para los consultores si realizan los diseños estructurales de un puente en un menor tiempo?*

Al terminar los trabajos de ejecución de los diseños emplearán más tiempo en la revisión de los mismos, fortaleciendo la calidad de los productos entregados y evitando costos por rediseños por errores de forma o fondo.

- *¿Cómo influiría esa optimización de tiempo en el desarrollo de los estudios para los distintos proyectos viales en el país?*

El algoritmo se convertiría en un facilitador en el diseño, al entregar en corto tiempo los diseños estructurales de los viaductos o intercambiadores que se propongan en el diseño vial, permitiendo utilizar el tiempo ganado en el diseño de los demás productos entregables.

- *¿De qué manera el uso de un algoritmo de diseño estructural automático influye en los costos de los proyectos viales en Ecuador?*

El diseñador que utilice el algoritmo podría competir en el concurso de méritos para un contrato de diseños viales, proponiendo una mejor oferta que los próximos competidores, de esa forma el estado y los contribuyentes invertirán menos, permitiendo utilizar esos fondos para inversión en otros proyectos.

- *¿Podría un algoritmo automatizado de diseño descartar parcial o completamente la intervención humana en la ejecución de diseños estructurales?*

Con todos los avances tecnológicos que hemos conseguido como civilización aun no podemos automatizar todas las etapas de los diseños en la ingeniería civil. Los programas son elaborados para que sean utilizados por los profesionales afines y ayudar en los procesos de cálculo que son largos y muchas veces repetitivos, sin embargo, no son el reemplazo del ingeniero diseñador.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Proponer el desarrollo de un algoritmo estructural para puentes simplemente apoyados, de un solo tramo, con infraestructura de hormigón armado y una superestructura de acero estructural bajo la normativa AASHTO LRFD 2010 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

1.6.2. Objetivos Específicos

- ✚ Elaborar la interfaz para el ingreso de datos de diseño requeridos para cada uno de los elementos del puente.
- ✚ Formular procesos de cálculos automatizados que definan las secciones y medidas óptimas de diseño.
- ✚ Generar detalles de dibujo que muestren el armado, distribución y sección de los elementos estructurales.
- ✚ Dejar asentadas los criterios de diseño estructurales para puentes simplemente apoyados.
- ✚ Sistematizar por etapas el proceso de diseño de puentes vehiculares.

1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento constante de las poblaciones de nuestro país nos obliga a desarrollarnos constructivamente para beneficio de nuestra sociedad. La forma como actualmente se realizan diseños y estudios de puentes en el país requiere de mucho tiempo.

Analizando esta problemática nos vemos en la necesidad de crear esta herramienta para beneficio de nuestra comunidad en general, ya que por medio de esta herramienta los diseños estructurales de un puente se emitirán en plazo de tiempo menor.

Esta herramienta permitirá el rápido acceso al conocimiento de las dimensiones y elementos estructurales que requiera el puente para su futura construcción.

1.8. DELIMITACIÓN O ALCANCE DEL PROYECTO

Dentro de los procesos de diseño estructural presentes en el algoritmo estarán los criterios expresados en la norma AAHTO LRFD 2010 para diseños de puentes con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

✚ TIPOS DE PUENTES: Puentes de uso vehicular.

Se podrá analizar puentes para uso vehicular en función de los criterios plasmados por AASHTO (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010) para el Camión de diseño, preestablecido por el usuario del algoritmo. Se permitirá añadir aceras para el acceso peatonal a través del puente.

✚ ANGULO DE CURVATURA y ESVIAJE: Puentes Rectos.

Como consideración especial solo se podrá hacer diseños estructurales para puentes cuyo ángulo de curvatura sea 0° . Tampoco se consideran las solicitaciones de diseño que exige la norma para puentes con ángulo de esviaje definido.

✚ DESNIVELES: Puentes Rectos.

El algoritmo no analiza el comportamiento estructural cuando existan diferencias de cotas entre el estribo inicial y el estribo final, solo se considera para el desarrollo de diseño puentes cuya diferencia de nivel entre sus dos puntos sea +/- 0.00.

✚ DISPOSICION DE VIGAS: Simplemente apoyado

Los cálculos del análisis estático y dinámico son criterios aplicados para vigas simplemente apoyadas. Para la conceptualización uno de los extremos de la viga estará fijo al estribo mediante un anclaje y el otro extremo será móvil.

✚ LONGITUD DEL PUENTE: Longitud máxima de 50 metros.

El algoritmo considera analizar distintas longitudes de puentes, según las solicitaciones del usuario, sin existir un límite establecido en su base matemática. Sin embargo, por las experiencias y criterios se determina que la máxima longitud para un efectivo trabajo de vigas de acero estructural es de 50 metros.

CARACTERISTICAS FISICAS

✚ INFRAESTRUCTURA: Cimentación Superficial (Hormigón Armado)

La cimentación permitida en el diseño es del tipo, cuyo terreno de fundación sea capaz de resistir los esfuerzos que generan los elementos sobre ella. Para un puente simplemente apoyado se requerirá de estribos en sus extremos que eleven la superestructura.

✚ SUPERESTRUCTURA:

➤ **BARANDAS: Barandas Tipo (Acero Estructural y Hormigón Armado)**

Para las barandas del puente se ha diseñado previamente dos barandas: una de hormigón armado y otra de acero estructural, ambas según las solicitaciones que exige la norma (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010). El usuario podrá elegir entre ellas, cual se adapta más a las necesidades de su proyecto.

➤ **LOSA: de fundición in situ (Hormigón Armado)**

La losa del puente será maciza, apoyada directamente sobre las vigas. Las características y armado deberán ser definidas por el usuario.

➤ **VIGAS EXTERIORES E INTERIORES: Vigas Tipo I (Acero Estructural)**

El algoritmo presenta un esquema para el pre-dimensionado de la viga metálica y brinda la capacidad de cambiar características necesarias para el diseño de la misma.

➤ **DIAFRAGMAS Y ARRIOSTRAMIENTOS: Perfilera (Acero Estructural)**

De la misma forma que en el caso de la viga, se presenta un esquema de pre-dimensionado de los elementos arriostrantes.

➤ **CONEXIONES: Juntas, Apoyos de Neopreno, Anclajes**

Para el caso de la junta el algoritmo permite usar juntas tipo Transflex para la restricción de las deformaciones entre el tablero y los estribos. La junta es calculada y determinada automáticamente por el algoritmo.

Los apoyos de neopreno están conformados por placas de neopreno cuya dureza deberá ser detallada por el usuario, y placas de refuerzo de acero conformando un dispositivo de apoyo en forma de “sanduche”.

El anclaje de la viga ha sido diseñado previamente según los requerimientos que indica la norma (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010). Considerando el modelo más desfavorable que genere los mayores esfuerzos.

1.9. HIPÓTESIS DEL PROYECTO

Un diseñador estructural propondría en un plazo corto de tiempo el armado y secciones de los componentes estructurales, permitiendo así que la entrega de los diseños integrales del puente se la realice en menos tiempo, agilizando su proceso para llegar en menor tiempo a la etapa de la construcción, y de esta manera se beneficia el ingeniero civil ya que le facilita el trabajo, ahorro de tiempo y dinero y mejoras en el estilo de vida de los habitantes de nuestro país al realizarse las obras.

La elaboración de este tipo de programas incentivaría a las siguientes generaciones de profesionales de la ingeniería a incursionar en esta rama de la ciencia muy poco explotada en nuestro país.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. DISEÑO DE PUENTES CON EL MÉTODO AASHTO LRFD 2010

2.1.1. Definición de puente

Se define como puente a toda obra que es construida con la finalidad de franquear obstáculos, y lograr dar una prolongación de esta manera a una carretera. Por lo general es más común que sustente a una carretera, un camino o una vía de ferrocarril, también existen casos en los cuales transporta tuberías y líneas de distribución de energía.

Se consideran como acueductos a los puentes que resisten canales o conductos de agua. Aquellos que atraviesan vías férreas y autopistas son los pasos elevados y los puentes que están cimentados sobre un valle o en un terreno seco se los consideran como viaductos.

2.1.2. Partes principales de un puente:

a) SUPERESTRUCTURA. - Está compuesta por: vigas, losa o tablero que es la que resiste y está en contacto directo con las cargas; armaduras, bóvedas, cables, vigas y arcos; estos son los que cumplen la función de transmitir las cargas entre el tablero y los apoyos.

b) INFRAESTRUCTURA. - Formada por: estribos o pilas. Estructuras cuya finalidad es la de resistir las cargas provenientes de la superestructura y transmitirlas hacia el suelo de fundación del proyecto

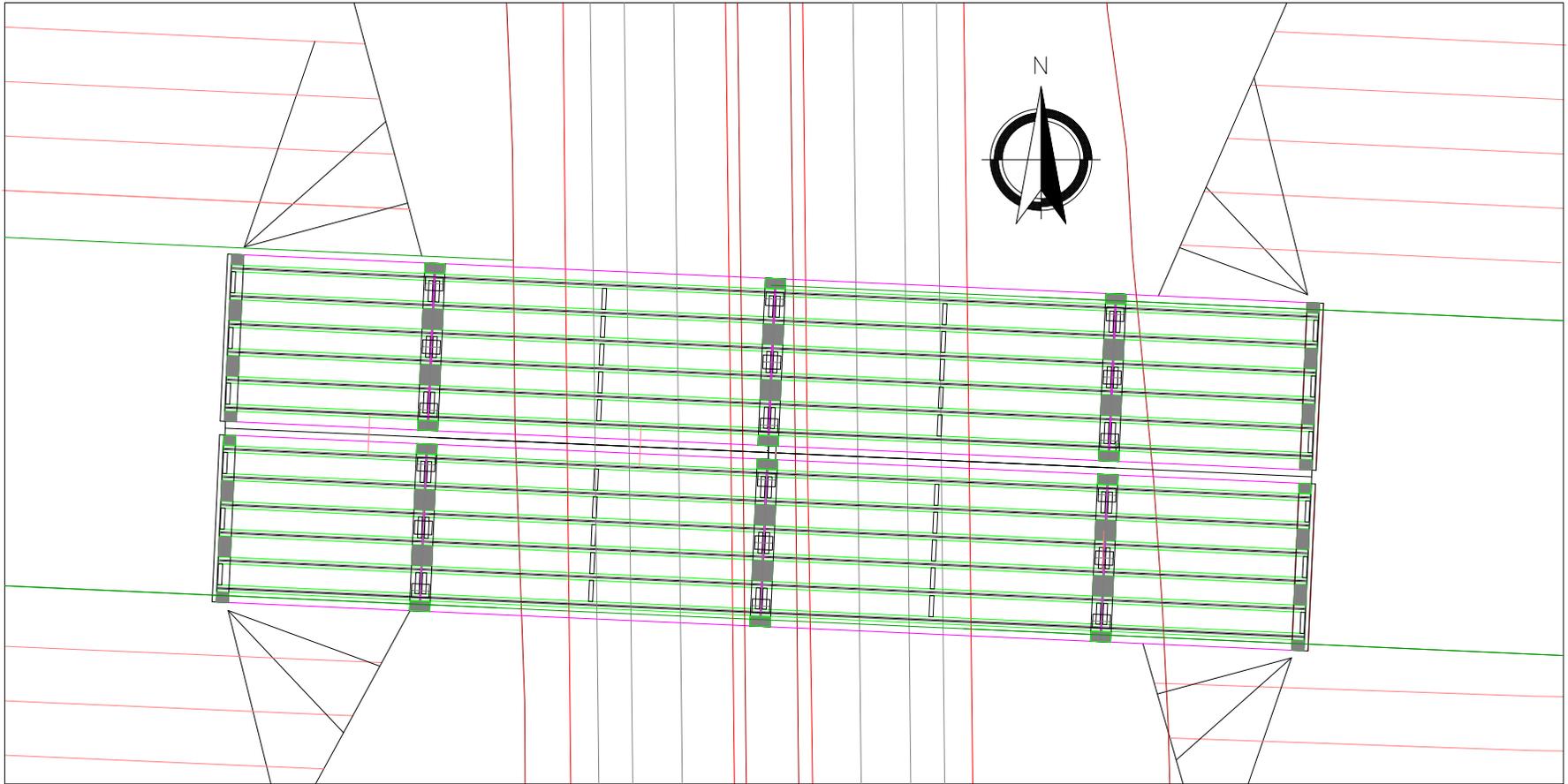


Ilustración 1 Planta de un puente apoyado sobre pilas

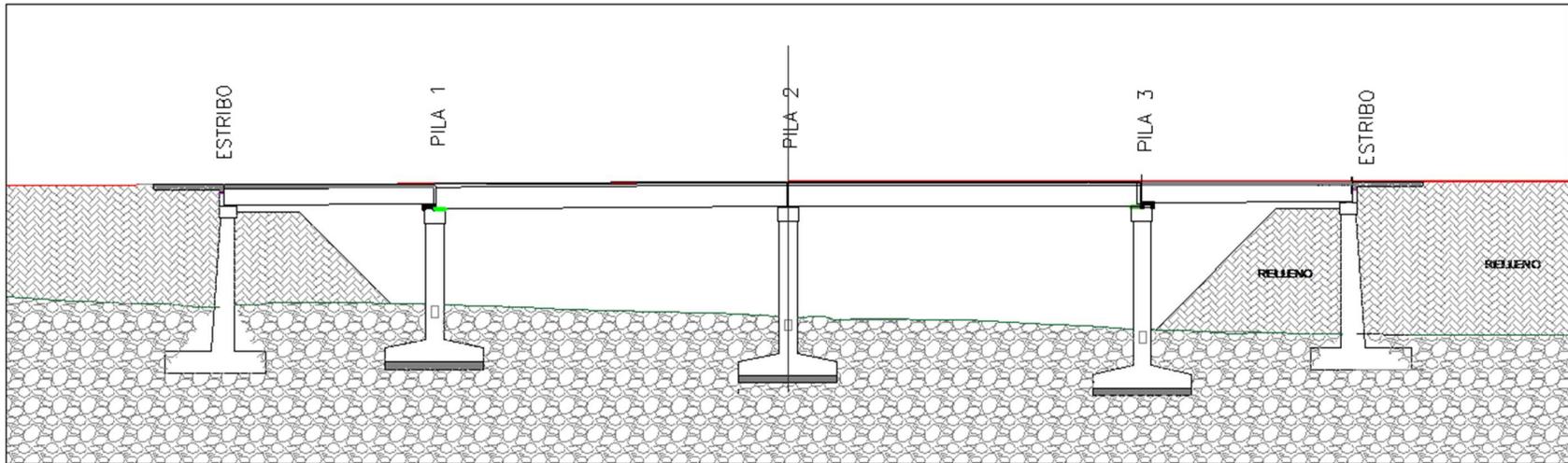


Ilustración 2 Sección Longitudinal del puente apoyado sobre pilas

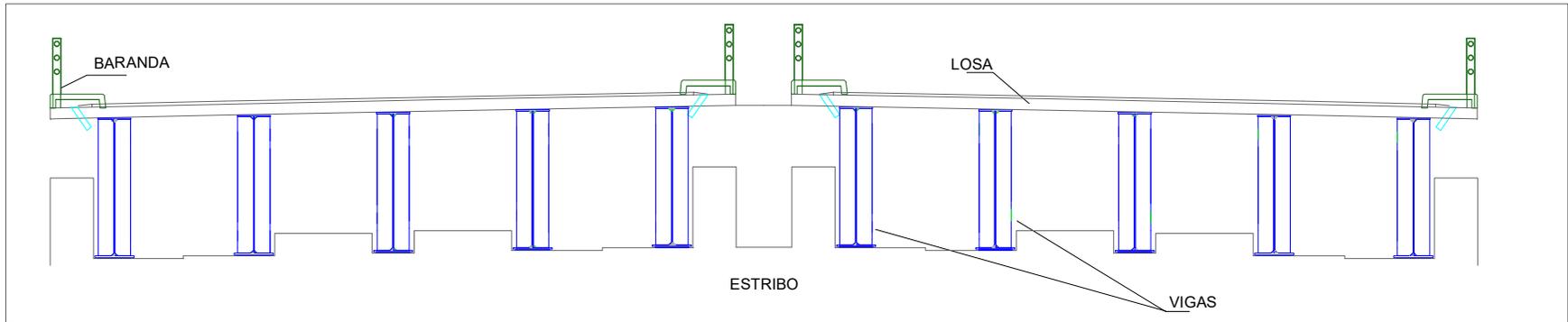


Ilustración 3 Sección Transversal

2.1.3. Clasificación de los Puentes:

a) Por el tipo de estructura

- En Arco
- Cantiléver (brazos de voladizos)
- Simplemente apoyados
- Continuos
- Atirantado
- Colgantes
- Levadizos (basculantes)
- Pontones (puentes flotantes permanentes)
- Simples de tramos múltiples

b) Por su funcionalidad:

- Ferroviarios
- Peatonales
- Vehiculares

c) Por materiales de construcción

- Concreto Armado
- Sección Compuesta
- Concreto Pre-esforzado
- Acero Estructural
- Mampostería
- Madera

2.2. CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE PUENTES

2.2.1. Estudios Principales

- Estudios topográficos. - definen exactamente la ubicación y los dimensionamientos de los componentes estructurales.
- Estudios hidráulicos e hidrológicos. - estos determinan los factores hidráulicos que implican a una concreta visualización y análisis de la conducta hidráulica del río.
- Por otra parte, también se obtendrán las condiciones hidrológicas de los regímenes de avenidas máximas y extraordinarias.
- Estudios geotécnicos y geológicos. - Obtendremos las propiedades de las formaciones geológicas, donde también identificaremos su clasificación como sus características geotécnicas.
- Estudios de riesgo sísmico. - Conocer las reacciones que generan un evento sísmico hacia la estructura y tomar medidas para mitigar los impactos.
- Estudios de impacto ambiental. - Identifica y evalúa los problemas ambientales, para de esta manera construir con conciencia y precaución, con el fin de mitigar la mayor cantidad de impactos ambientales
- Estudios de tráfico. - En algún momento la dimensión de la obra necesitará realizar análisis de tráfico de clasificación y volumen de tránsito, en tramos definidos, para obtener las cualidades de la superestructura del puente y la infraestructura vial.

2.3. GEOMETRÍA Y DEFINICIONES

2.3.1. Sección transversal

Como condición, el ancho de la sección transversal del puente no debe ser menor que el ancho de la entrada o acceso, esta estará conformada por: vías de seguridad o bermas, vías de tráfico, veredas, barreras y barandas, ciclovías, drenaje y sus elementos.

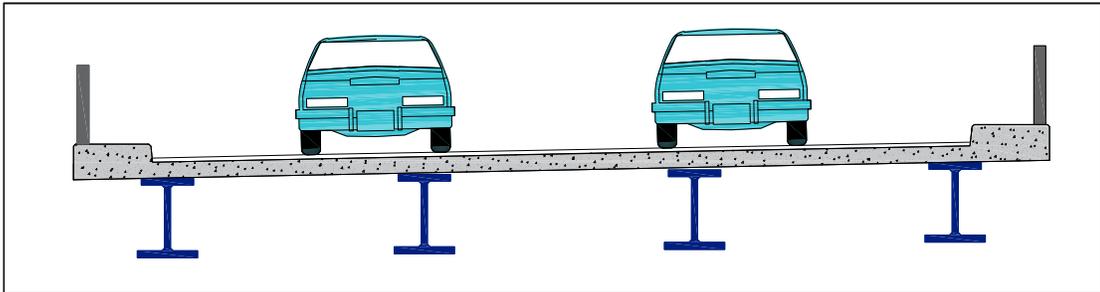


Ilustración 4 Sección Transversal Puente Vehicular

2.3.2. Ancho de vía (ancho de calzada)

Por lo general, los puentes se deben construir de manera que podamos ajustar el carril de diseño estándar y las bermas necesarias. Con la relación (W/3.6) se podrá obtener el número de carriles tomando en cuenta que (W) será el ancho libre de calzada en metros.

2.3.3. Aceras

Son específicamente utilizadas para uso peatonal, o para algún mantenimiento en general. Están separadas de la vía adyacente por medio de un cordón barrera, una barrera (la cual es una baranda para tráfico vehicular) o también una baranda combinada. Se recomienda 0.75 m como ancho mínimo para veredas.

2.3.4. Barandas

Estas se colocan en el borde, en el sentido de la luz del puente cuando se requiere pase para peatones, o en puentes peatonales, con la función de proteger a los usuarios.

Se recomienda que la altura mínima de las barandas será de 1.10 m. En ciclovías la altura mínima será de 1.40 m.

Una baranda puede cumplir varias funciones, en especial para proteger al peatón y resistir un impacto con o sin la acera. Cabe recalcar que su uso se debe limitar a carreteras donde se permita como velocidad máxima 70 km/h. Se debe

usar barreras de concreto en carreteras donde la velocidad es mayor o iguales a 80 km/h.

2.3.5. Baranda de tráfico vehicular o Barrera de concreto

Tiene como función principal la de proteger y corregir la trayectoria de los vehículos que se llegan a desviar y que deben soportar el impacto. También cumplen la función de dar seguridad y protección a peatones, deportistas, ciclistas e infraestructuras situadas en las carreteras y áreas debajo de la superestructura.

Se deben colocar a una distancia recomendable del borde del puente. En puentes que son de dos vías puede utilizarse una baranda intermedia con el objeto de dividir las dos vías.

No se recomienda utilizar barandas peatonales, solo si estas barandas están diseñadas para ambos usos. La principal diferencia está en que las barandas ayudan a que los peatones no caigan del puente, mientras que las barreras protegen el tránsito vehicular y resisten impactos en accidentes.

2.3.6. Pavimento

Hay de dos tipos, rígido y flexible. Se coloca a lo largo de la parte superior del puente. El espesor del pavimento es determinado en base al tráfico y uso destinado para la vía.

2.3.7. Losas de transición

Son afirmadas en el terraplén de acceso de la vía o carretera. Se recomienda como espesor mínimo de 0.20 m.

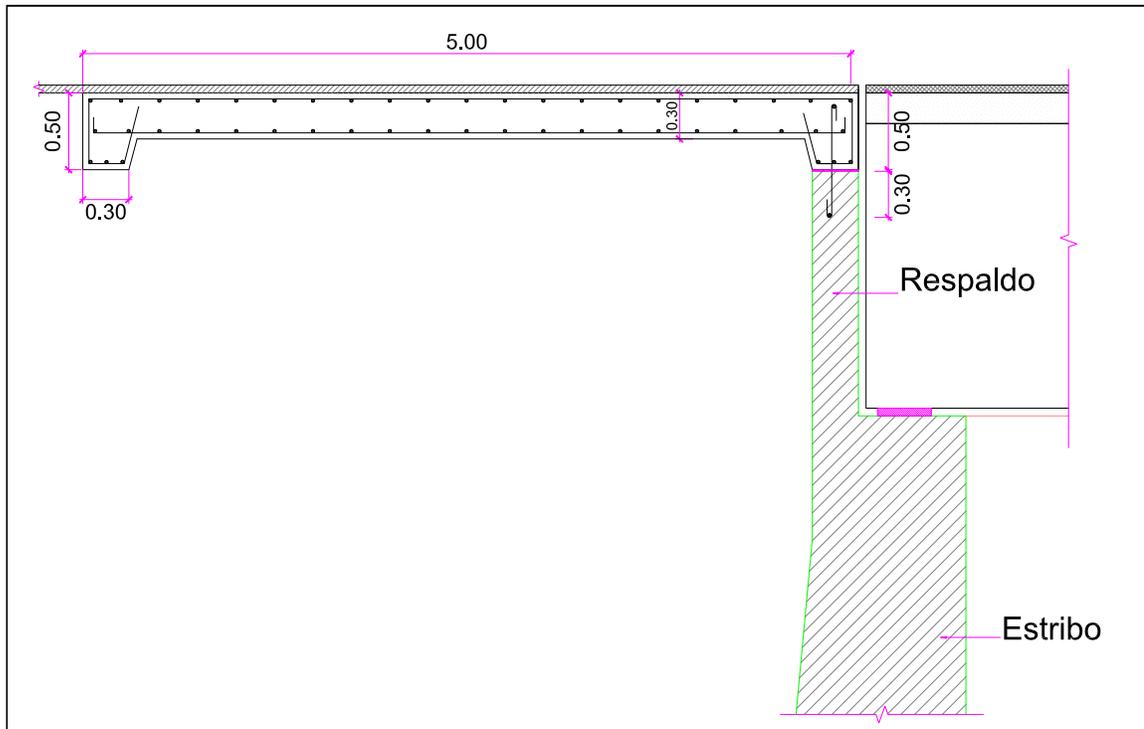


Ilustración 5 Losa de Aproximación

2.3.8. Drenaje

Su función principal es la de desalojar aguas lluvias en base a pendientes. Se recomienda manejar las máximas pendientes al momento de analizar los desfogues de aguas lluvias.

En superficies de rodadura la pendiente de drenaje transversal se recomienda como mínima de 2%.

Para la rasante horizontal se recomienda utilizar sumideros. Lo más común es utilizar drenes de materiales anticorrosivos con un diámetro de $\varnothing 0.10$ m cada 0.40 m, y como mínimo sobresalen debajo de la placa 0.05 m, se debe tomar en cuenta que en las partes de la estructura no debe caer el agua drenada.

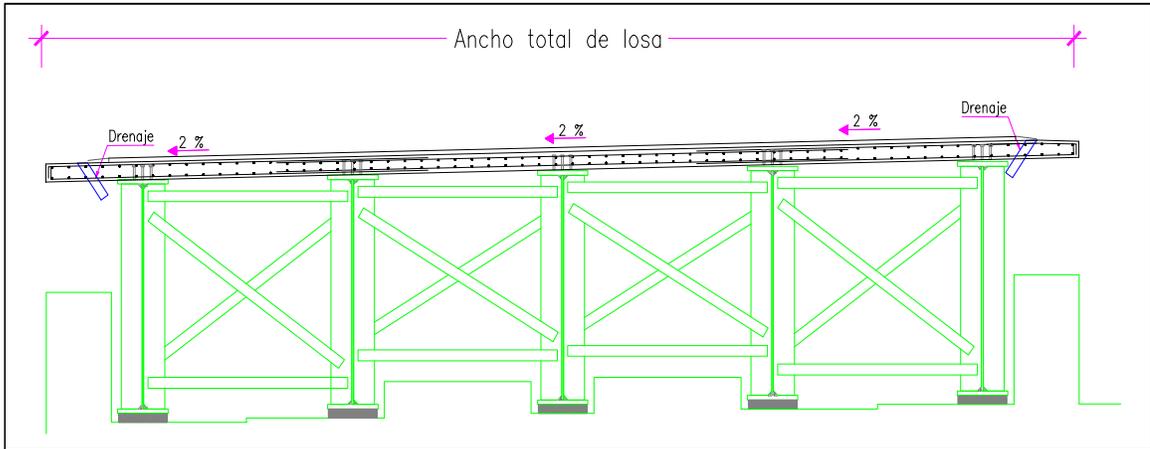


Ilustración 6 Drenaje de la losa

2.3.9. Juntas de dilatación

Su función es la de permitir la dilatación y contracción de una estructura por efectos de cambios de temperatura, son colocadas en los extremos y en otras secciones intermedias en las que se necesiten. Las juntas se requieren sellar por medio de materiales impermeables y flexibles, que sean capaces de comportarse de buena manera cuando exista dilatación y contracción.

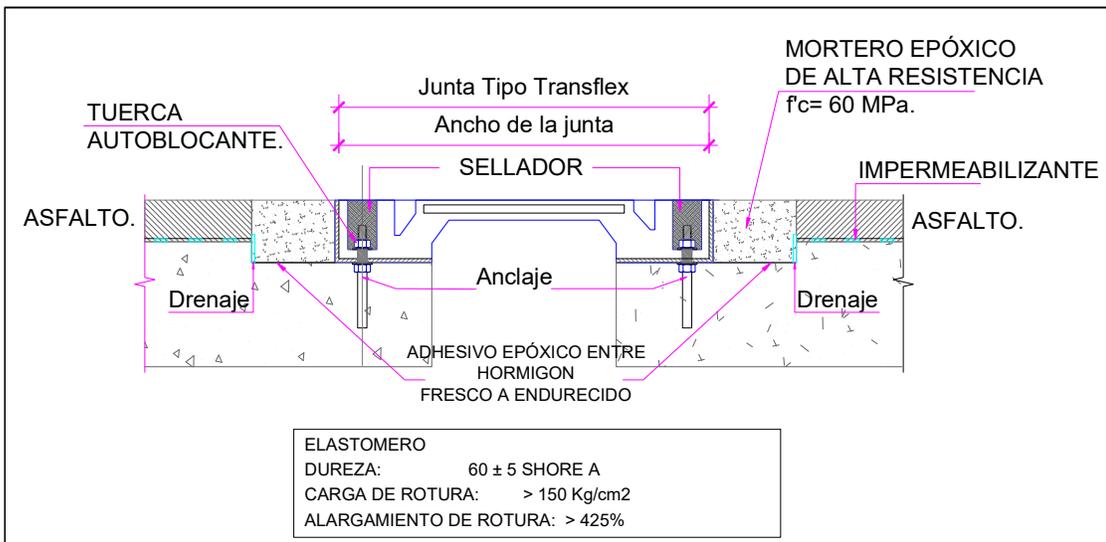


Ilustración 7 Junta de Dilatación Transflex

2.4. CARGAS DE DISEÑO

2.4.1. Cargas permanentes (DC, DW y EV)

Las cargas permanentes corresponden a las cargas generadas por el peso propio de los elementos estructurales y no estructurales (DC), el peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones de servicios (DW) y la presión vertical del peso propio del suelo de relleno (EV), para el caso de los estribos.

Material	Densidad (kg/m ³)
Concreto	
Agregados de baja densidad y arena	1925
Normal, con $f'c \leq 357 \text{ Kg/cm}^2$	2320
Normal, con $357 < f'c \leq 1071 \text{ Kg/cm}^2$	$2240 + 2.29 f'c$
Armado	Densidad Concreto Simple + 72 Kg/m^3
Superficies de rodamiento bituminosas	2250
Acero	7850
Hierro Fundido	7200
Aleaciones de aluminio	2800
Arena, limo o arcilla compactados	1925
Arena, limo o grava sueltos	1600
Arcilla blanca	1600
Grava, macadan o balasto compactado a rodillo	2250
Madera dura	960
Madera blanda	800
Rieles para tránsito, durmientes y fijados por vía	300 kg/m

Tabla 1.- Densidades de materiales

2.4.2. Sobrecargas vivas (LL)

Para el análisis de la carga viva (LL) en el diseño de puentes vehiculares se lo realiza usando el camión de diseño, tándem de diseño y la carga de carril de diseño.

Para camión de diseño puede ser utilizado el modelo HL-93, cuyas cargas van repartidas en tres ejes. Para efectos de análisis se debe considerar la distancia entre ejes que genere los mayores esfuerzos.

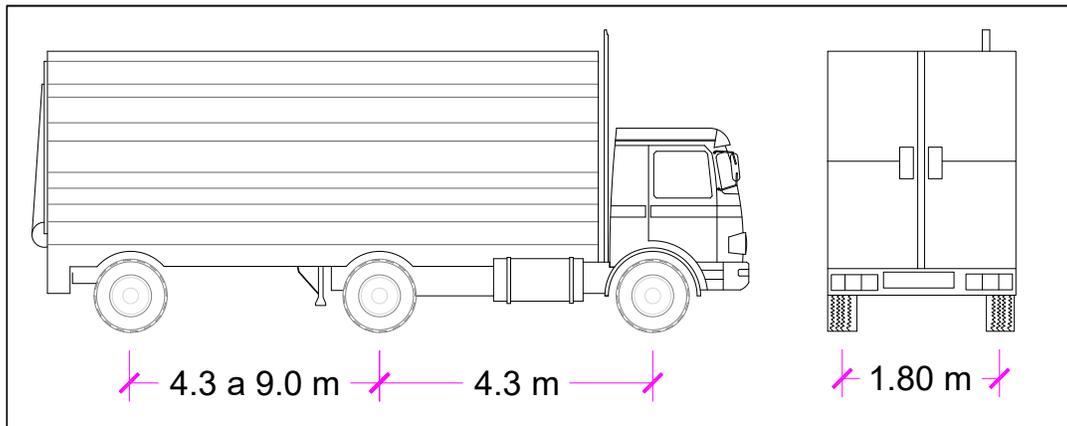


Ilustración 8 Camión de diseño

Para el tándem de diseño, se debe utilizar uno de dos ejes con una distancia entre ejes de 1.20 metros (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

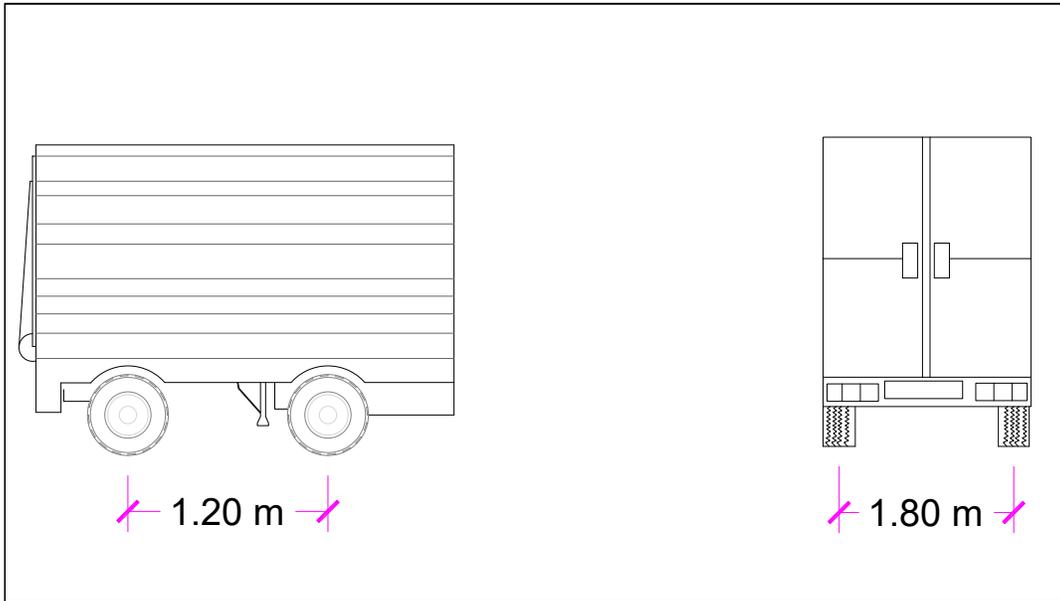


Ilustración 9 Tándem de diseño

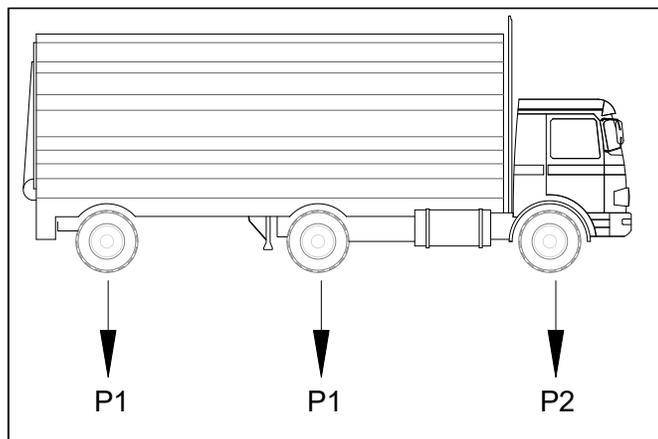


Ilustración 10 Idealización de las cargas de un camión de diseño longitudinal

En el diseño de vigas se consideró, el factor de distribución de cargas vivas, con lo cual se absorbe la posibilidad de que debido a las diferentes posiciones que puede tener un vehículo sobre el tablero, cualesquiera de las vigas pueden estar sometidas a mayores esfuerzos que las otras.

Para determinar la sobrecarga viva se analiza combinar las reacciones generadas por el camión de diseño o el tándem de diseño junto con la carga de carril de diseño.

2.4.3. Presencia de Múltiples Sobrecargas

En función del número de carriles cargados en el puente se debe determinar el factor de incremento por presencia múltiple detallado en el cuadro a continuación:

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

Tabla 2 Factor de presencia Múltiple (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

En el estado límite de fatiga no aplica este factor.

2.4.4. Incremento por Carga Dinámica: IM

En el análisis de los efectos generados por las cargas vivas de diseño se debe considerar el incremento por su carga dinámica a los esfuerzos que estos generan, detallados a continuación:

Componente	IM
Todos los demás componentes	
Estado Límite de fatiga y fractura	0,15
Todos los demás Estados Límites	0,33

Tabla 3 Incremento por Carga Dinámica, IM (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

2.4.5. Fuerzas centrífugas (CE)

Se determina realizando la multiplicación entre los pesos de cada eje del camión o tándem de diseño por el factor C detallado a continuación:

$$C = 0,0105 \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 1 Factor C

Siendo:

V = velocidad de diseño de la carretera (km/h)

R = radio de curvatura del carril de circulación (m) (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Las fuerzas centrífugas se deberán aplicar de manera horizontal y a una distancia de 1.80 m sobre la capa de rodadura, también se deben considerar en el análisis los factores de presencia múltiple. Para puentes cuyo ángulo de curvatura es 0 o también llamados puente recto no se considera este análisis.

2.4.6. Fuerza de frenado (BR)

Para calcular la componente de la fuerza de frenado (BR) se la puede tomar como el mayor valor entre:

- 25% de cada peso por eje del camión o del tándem de diseño
- 5 % del camión de diseño o tándem de diseño adicionando la carga de carril de diseño (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

La fuerza de frenado actúa de manera horizontal a una distancia de 1.80 m sobre la superficie de rodadura y se debe analizar en todos los carriles de diseño en los que transiten vehículos o estén cargados.

2.4.7. Cargas hidráulicas (WA)

➤ Presión Hidrostática

Fuerza perpendicular a la superficie del terreno. Se lo determina multiplicando la altura de la columna de agua por la densidad del agua y por la gravedad.

➤ Flotabilidad

Fuerza de empuje con sentido hacia la atmósfera sobre la cimentación de la estructura, generado por el nivel freático existente en el sitio de implantación del proyecto.

➤ Socavación

Reducción del volumen de tierra bajo la cimentación de la estructura debido a los efectos que se generan de la reacción de la combinación del agua y las características físicas del material de la cimentación

2.4.8. Carga de viento (WL y WS)

2.4.8.1. Presión Horizontal del Viento

$$V_{DZ} = 2.5V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right)$$

Ecuación 2 Velocidad de viento de diseño (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

V_{DZ} = velocidad del viento (km/h)

V_o = velocidad friccional (km/h)

V_{10} = velocidad del viento a 10 m sobre el nivel del terreno o agua de diseño (km/h) (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

En ausencia de datos

$$V_{10} = V_B = 160 \text{ km/h}$$

Ecuación 3 Velocidad de viento a 10 m (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

V_B = velocidad básica del viento igual a 160 km/h a una altura de 10 m

Z_o = longitud de fricción del fetch o campo de viento aguas arriba (m)

Z = altura de la estructura > 10 m

CONDICIÓN	TERRENO	ÁREA	ÁREA
	ABIERTO	SUBURBANA	URBANA
V_o (km/h)	13.2	17.6	19.3
Z_o (m)	0.07	1.00	2.50

Tabla 4 Valores de V_o y Z_o (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

2.4.8.2. Presión de Viento sobre las Estructuras: WS

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = P_B \left(\frac{V_{DZ}^2}{25600} \right)$$

Ecuación 4 Presión de viento de diseño (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

P_D = presión del viento de diseño

P_B = presión básica del viento

COMPONENTE DE LA SUPERESTRUCTURA	CARGA A	CARGA A
	BARLOVENTO O (kg/m ²)	SOTAVENTO (kg/m ²)
Reticulados, columnas y arcos	245	122
Vigas	245	No Aplicable
Grandes superficiales planas	194	No Aplicable

Tabla 5 Presiones básicas P_B correspondientes a $V_B = 160$ Km/h (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

2.4.9. Efectos sísmicos (EQ)

Para los puentes de un solo tramo, sin diferenciar la zona sísmica en la que se encuentre, no se requiere de un análisis sísmico para los elementos del puente (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Art. 4.7.4.2).

La conexión entre la superestructura del puente y los estribos deberá ser diseñada para los requerimientos mínimos (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Art. 3.10.9).

2.4.9.1. Coeficiente de Aceleración

Para determinar el coeficiente Z se debe revisar los mapas de zonas sísmicas que se encuentran en la normativa ecuatoriana vigente (NEC-15).

2.4.9.2. Zonas de Comportamiento Sísmico

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Categorización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 6 Zonas Sísmicas NEC 15

2.4.9.3. Tipos de perfiles de Suelos para el diseño sísmico

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0 \quad Su \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > Su \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $Su < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Tabla 7 Tabla de perfiles de suelos

FUENTE : Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda NEC 15

2.5. FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGAS

$$Q = \sum n_i \gamma_i Q_i$$

Ecuación 5 *Solicitud Mayorada*

n_i = modificador de las cargas

Q_i = solicitud

γ_i = factor de carga

2.6. CRITERIOS DE DISEÑO DEL MÉTODO LRFD SEGÚN NORMA AASHTO LRFD

2.6.1. Estados límites de diseño

- RESISTENCIA I – Uso normal del puente, cargas vehiculares normales, sin viento.
- RESISTENCIA II – Camión de diseño especial o particular para el puente, sitios con velocidad de viento menor a 90 km/h.
- RESISTENCIA III – Puente expuesto a velocidades mayores a 90 km/h.
- RESISTENCIA IV – Puentes cuyas cargas permanentes son más elevadas que las sobrecargas aplicadas.
- RESISTENCIA V – Uso normal del puente, cargas vehiculares normales, velocidad de viento mayor a 90 km/h.
- EVENTO EXTREMO I – Considera sismo.
- EVENTO EXTREMO II – Considera impacto de vehículos o embarcaciones directamente a la estructura.
- SERVICIO I – Considera el servicio normal del puente en sitios con demanda de vientos con velocidad de 90 km/h.
- SERVICIO II – Controlar la fluencia de las estructuras de acero.
- SERVICIO III – Control de fisuración en elementos de hormigón pretensado en la superestructura.
- SERVICIO IV – Control de fisuración en elementos de hormigón pretensado en la subestructura.
- FATIGA – Análisis de las cargas gravitatorias ocasionadas por un único camión de diseño.

2.6.1.1. Ductilidad

El diseño estructural del puente debe contemplar los requerimientos mínimos para que la estructura desarrolle las deformaciones que se generen en cada caso de los estados límites.

2.6.1.2. Redundancia

Se deben diseñar estructuras continuas, cuyos elementos y componentes, en el que cuya falla, generen el colapso de la estructura del puente, y por tal razón se deben diseñar como elementos de falla crítica. Esto se considera analizar en el sistema asociado como un sistema no redundante.

2.6.1.3. Importancia de uso

Según las necesidades a las que están planteadas para el uso del puente se debe considerar que a lo largo de su vida útil el puente estará a merced de eventos extremos, los mismos se deben considerar como parte del diseño.

Combinación de Carga	DC														
	DD	LL													
	DW	IM													
	EH	CE													
	EV	BR									TU				
	ES	PL									CR				
Estado Límite	EL	LS	WA	WS	WL	FR	SH	TG	SE	EQ	IC	CT	CV		
RESISTENCIA I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_P	1,75	1,00	-		1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}						
RESISTENCIA II	γ_P	1,35	1,00			1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}						
RESISTENCIA III	γ_P		1,00	1,4		1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}			-			
RESISTENCIA IV - Sólo EH, EV, ES, DW, DC	γ_P 1,35	-	1,00			1	0,50/1,20		-						
RESISTENCIA V	γ_P		1,00	0,4	1	1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}						
EVENTO EXTREMO I	γ_P	-	1,00			1				1,00					
EVENTO EXTREMO II	γ_P	0,50	1,00			1					1,00	1,00	1,00		
SERVICIO I	1,00	1,00	1,00	0,3	1	1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}						
SERVICIO II	1,00	1,30	1,00			1	0,50/1,20		-						
SERVICIO III	1,00	0,80	1,00			1	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}						
SERVICIO IV	1,00	-	1,00	0,7		1	0,50/1,20		1,00						
FATIGA - Sólo LL, IM y CE	-	0,75													

Tabla 8 Combinaciones y Factores de carga para los estados límites (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

Tipo de Carga	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Elemento y accesorios	1,25	0,90
DC: Sólo Resistencia IV	1,50	0,90
DD: Fricción negativa (Down drag):		
Pilotes, método Tomlinson α	1,40	0,25
Pilotes, método λ	1,05	0,30
Ejes perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1,25	0,35
DW: Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65
EH: Empuje horizontal del suelo		
* Activo	1,50	0,90
* En Reposo	1,35	0,90
EL: Tensiones residuales de montaje	1,00	1,00
EV: Empuje vertical del suelo		
* Estabilidad global	1,00	N/A
* Muros de sostenimiento y estribos	1,35	1,00
* Estructura rígida enterrada	1,30	0,90
* Marcos rígidos	1,35	0,90
* Estructurales flexibles enterradas u otras, excepto	1,95	0,90
* Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles	1,50	0,90
ES: Sobrecarga de suelo	1,50	0,75

Tabla 9 Máximos y mínimos factores de Carga (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

2.7. DENOMINACIÓN DE LAS CARGAS

2.7.1. Cargas Permanentes:

- ✚ DD = fricción negativa (Down drag)
- ✚ DC = peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales
- ✚ DW= peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos
- ✚ EH = empuje horizontal del suelo

- ✚ EL = tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo las fuerzas secundarias del postensado
- ✚ ES = sobrecarga de suelo
- ✚ EV = presión vertical del peso propio del suelo de relleno

2.7.2. Cargas Transitorias:

- ✚ BR = fuerza de frenado de los vehículos
- ✚ CE = fuerza centrífuga de los vehículos
- ✚ CR = fluencia lenta
- ✚ CT = fuerza de colisión de un vehículo
- ✚ CV = fuerza de colisión de una embarcación
- ✚ EQ = sismo
- ✚ FR = fricción
- ✚ IC = carga de hielo
- ✚ IM = incremento por carga vehicular dinámica
- ✚ LL = sobrecarga vehicular
- ✚ LS = sobrecarga de la carga viva
- ✚ PL = sobrecarga peatonal
- ✚ SE = asentamiento
- ✚ SH = contracción
- ✚ TG = gradiente de temperatura
- ✚ TU = temperatura uniforme
- ✚ WA = carga hidráulica y presión del flujo de agua
- ✚ WL = viento sobre la sobrecarga
- ✚ WS = viento sobre la estructura

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se ha determinado los tipos de investigación en la que encaja el tema de la presente tesis:

- ✚ Investigación Exploratoria: El desarrollo del algoritmo de análisis estructural para puentes es un campo que no ha sido suficientemente estudiado. En el campo de la ingeniería civil es posible encontrar programas de análisis estructural, sin embargo, en el país no existe un precedente sobre el cual hacerse pie y continuar una investigación.

- ✚ Investigación Cuantitativa: Se utilizará la encuesta como técnica de investigación, con la finalidad de obtener características determinadas de la población a la cual se realizará el estudio.

- ✚ Investigación Documental: Para el desarrollo del algoritmo de análisis estructural debemos consultar la norma (*AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*, 2010) como libro base para la estructuración del proceso de cálculo. Además, se investigará en otros libros de diseño para complementar los conocimientos abarcando una mayor cantidad de criterios.

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente análisis se considera un análisis mixto, en donde prevalecerá el enfoque cuantitativo sobre el enfoque cualitativo.

El enfoque cualitativo se basa en el análisis de las reacciones de la población frente a determinado evento, tratando de enfocarse más en el por qué y el cómo de la situación.

Al realizar una investigación basada en valores definidos, tal como se lo plantea en el enfoque cuantitativo, tendremos una mejor visión del alcance que tendrá nuestro proyecto, a su vez nos permitirá valorar de manera exacta los datos recibidos.

La encuesta se presenta como una serie de pregunta objetivas, de respuesta sencilla y directa. El desarrollo de la encuesta nos permitirá conocer la manera en la que el público percibe nuestra problemática.

A su vez, podremos saber qué piensan sobre nuestra propuesta y así validar el trabajo del siguiente proyecto de tesis.

3.3. *TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN*

La investigación cuantitativa nos dictamina el uso de la encuesta como medio de obtención de datos de la población que para nuestro tema podría hacer uso del algoritmo propuesto.

Se utilizó una herramienta de la compañía Google como es Google Formularios el cual permite realizar un formulario en una aplicación web y enviarlo vía correo electrónico.

Las respuestas serán tabuladas y formuladas para demostrar los resultados con la finalidad de analizar los resultados y confirmar la aceptación de nuestro proyecto usando la escala de Likert, proponiendo una afirmación y así conocer el grado de conformidad y medir las actitudes o preferencias de los encuestados.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la población de análisis se ha considerado el sector de la construcción, específicamente a los profesionales de la Ingeniería Civil de la filial del Guayas (C.I.C.G Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas) en el que se encuentran registrados 5401 afiliados.

Utilizando el criterio de la escala de Likert se han realizado la base de preguntas a realizar en la encuesta. Las preguntas se enfocan a conocer directamente las actitudes del encuestado y a su vez el grado de conformidad del mismo al tema tratado.

Tomando esta población se analizó la muestra en función de la fórmula de la población finita:

Descripción	Var	Valor
Tamaño de la muestra	n	
Tamaño de la población	N	5401
Desviación estándar de la población	σ	0.5
Nivel de Confianza	Z	95%
Error aceptable	e	9%

Tabla 10 *Tabla de variables*

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{(e)^2(N - 1) + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Ecuación 6 *Población de muestra*

$$n = \frac{1.96^2 \times (0.5)^2 \times 5401}{(0.1)^2(5401 - 1) + 1.96^2 \times (0.5)^2}$$

$$n = 116.04$$

$$n = 116$$

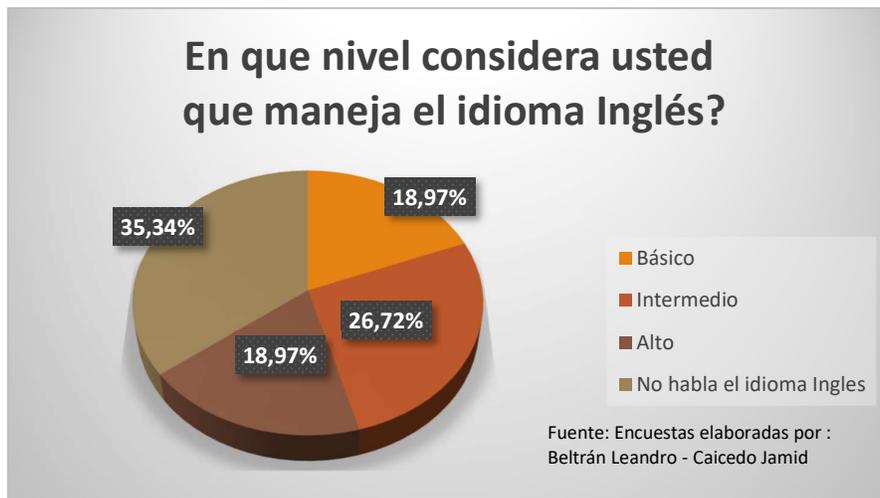
3.5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Encuesta dirigida al Ingeniero Civil de la Ciudad de Guayaquil

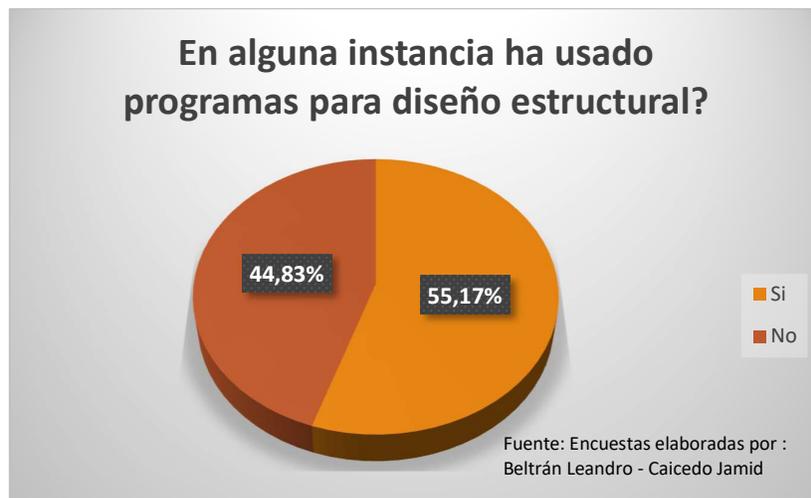
<i>¿Maneja usted algún otro idioma, como por ejemplo el inglés?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	75	64.66%
No	41	35.34%
Total	116	100.00%



<i>¿En qué nivel considera usted que maneja el idioma inglés?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Básico	22	18.97%
Intermedio	31	26.72%
Alto	22	18.97%
No habla el idioma Ingles	41	35.34%
Total	116	100.00%



<i>¿En alguna instancia ha usado programas para diseño estructural?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Sí	64	55.17%
No	52	44.83%
Total	116	100.00%



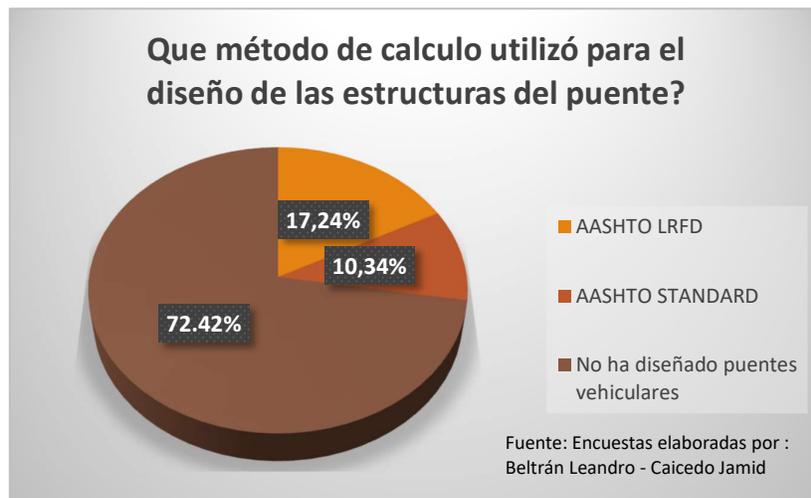
<i>¿Ha usado usted programas de diseño estructural de Puentes Vehiculares?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	7	6.03%
No	109	93.97%
Total	116	100.00%



<i>¿Ha realizado diseños estructurales de puentes vehiculares?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	32	27.59%
No	84	72.41%
Total	116	100.00%



<i>¿Qué método de cálculo utilizó para el diseño de las estructuras del puente?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
AASHTO 2010 (<i>AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010</i>).	20	17.24%
AASHTO STANDARD	12	10.34%
No ha diseñado puentes vehiculares	84	72.42%
Total	116	100.00%



<i>¿Si decide realizar un diseño de las estructuras del puente de forma manual, que tiempo cree usted que le tomaría hacerlo?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
1 semana a 4 semanas	37	31.90%
5 semanas a 8 semanas	37	31.90%
más de 8 semanas	42	36.20%
Total	116	100.00%



<i>Según su criterio, ¿en qué tiempo se deberían entregar los diseños integrales de un puente vehicular?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
2 meses	40	34.48%
3 meses	40	34.48%
4 meses	36	31.04%
Total	116	100.00%



<i>¿Cree usted que la creación de un programa de diseño estructural de puentes es necesaria?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	105	90.52%
No	11	9.48%
Total	116	100.00%



<i>¿Consideraría usted usar un programa de diseño estructural de puentes vehiculares en español?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	105	90.52%
No	11	9.48%
Total	116	100.00%



<i>Usando un programa de diseño estructural, ¿cree usted que el tiempo de entrega de los diseños definitivos se acortaría?</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Si	105	90.52%
No	11	9.48%
Total	116	100.00%



CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL ALGORITMO

4.1. NOTACION Y TERMINOLOGIA

- A= Área
- ADT0= Volumen de Tráfico
- ADT20= Volumen de Tráfico(20 años)
- ADTT= N.ADT
- ADTT0= ADTT actual, dado sobre un solo carril de tráfico
- ADTT20= ADTT proyectado a 20 años, dado sobre un solo carril de tráfico
- ADTT75= Cantidad de tráfico de camión en una dirección del puente en 75 años
- As= Área de acero
- b= Ancho de faja para el análisis del armado de losa
- B = Ancho total del puente
- ba = Ancho de aceras
- bc = Ancho de calzada
- bf= Ancho de ala de viga
- BR= Fuerza de frenado
- C.V.= Carga viva MOP(Carga de rueda trasera)
- Cb= Modificador de gradiente de momento
- D= Altura de alma de viga
- DC= Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales
- DD= Distribución direccional dado sobre un solo carril de tráfico
- de = Long. de volado al centro de viga
- DW= Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos
- E= Módulo de elasticidad del acero
- Ec= Módulo de elasticidad del concreto
- eg= Distancia entre los centros de gravedad de la viga y la losa
- EH= Presión lateral del suelo
- EQ= Efecto sísmico sobre la estructura
- fbu= Esfuerzo del ala debido a las cargas verticales incrementadas
- fc = Resistencia a la compresión del hormigón
- Fcr= Estrés de pandeo crítico para placas
- Fcrw= Resistencia nominal de flexión y pandeo
- Esfuerzo de flexión lateral del ala debido al soporte del encofrado y a efectos de inclinación de la losa respecto al eje del puente. Este término por lo general se considera igual a cero para cargas constructivas.
- Fnc= Resistencia nominal a la flexión del ala a compresión
- Fnc(FLB)= Resistencia a flexión de pandeo local de ala de compresión nominal
- Fnc(LTB)= Resistencia a flexión por torsión lateral de ala de compresión nominal
- fy = Esfuerzo de fluencia del acero estructural
- Fyc= Resistencia a la fluencia del ala a compresión
- Fyf= Resistencia a la fluencia del ala
- H = Altura de viga

h_{asf} = Altura de Carpeta asfáltica
 h_{los} = Altura de losa de tablero
 I = Inercia del elemento
 I_o = Inercia de la sección o parte del elemento
 I_z = Momento de inercia sobre el eje z
 k = Factor de longitud efectiva
 L = Longitud del puente
 L_b = Long. de viga sin arriostrado
 $LL+IM$ = Carga viva más impacto
 L_n = Longitud del neopreno
 L_p = Limitante de la longitud sin arriostramiento para lograr la resistencia a la flexión nominal
Limitante de la longitud sin arriostramiento para lograr el inicio del rendimiento nominal en
 L_r = cualquiera de las alas bajo flexión uniforme con consideración de los efectos de la tensión residual del ala de compresión
 LS = Sobrecarga por carga viva en el terreno
 M = Momento
 $M(II+im)$ = Momento por carga viva más factor de impacto
 M_{dc} = Momento por carga muerta dc
 M_{dw} = Momento por carga muerta dw
 M_{hu} = Momento estabilizador por cargas horizontales
 M_u = Momento ultimo
 M_{vu} = Momento estabilizador por cargas verticales
 n = Fracción de camiones
 n = Fracción de camión de tráfico; ver Tabla C3.6.1.4.2-1
 N_b = Número de Vigas de apoyo
 ϕ_f = Factor de resistencia para flexión, igual a 1.0 según S6.5.4.2.
 p = Porcentaje de tráfico de camión para un carril en una dirección; ver Tabla 3.6.1.4.2-1:
 P_c = Fuerza en el ala superior con la sección completamente plástica
 P_{rb} = Fuerza en refuerzo inferior en sección completamente plástica
 P_{rt} = Fuerza en el refuerzo superior con la sección completamente plástica
 P_s = Fuerza en la losa con la sección completamente plástica
 P_t = Fuerza en el ala inferior con la sección completamente plástica
 P_w = Fuerza en el alma con la sección completamente plástica
 R_b = Factor de carga de lastre especificado en S6.10.1.10.2. Igual a 1.0 cuando se verifica etapa constructiva.
 R_h = Factor para vigas híbridas, S6.10.1.10.1, igual a 1.0 para secciones no híbridas.
 r_t = Radio efectivo de giro para pandeo lateral torsional
 S = Espaciamiento entre vigas
 S_{nc} = Módulo de la sección no compuesta
 t_f = Espesor de patín de viga
 t_s = Espesor de losa
 t_w = Espesor de alma de viga
 V = Cortante
 $V(II+im)$ = Cortante por carga viva más factor de impacto
 V_{dc} = Cortante por carga muerta dc
 V_{dw} = Cortante por carga muerta dw

- W_{dc} = Carga repartida por carga muerta dc
- W_{dw} = Carga repartida por carga muerta dw
- X_a = Distancia del punto de giro en la base del estribo hasta el centro de gravedad en sentido X de la región del estribo analizada
- Y = Distancia desde la base de una forma hasta su centro de gravedad
- Y_a = Distancia del punto de giro en la base del estribo hasta el centro de gravedad en sentido Y de la región del estribo analizada
- α = Coeficiente de expansión térmica
- ΔS = Deformación de corte total máxima del elastómero de las combinaciones de carga de servicio aplicables
- λ_f = Relación de esbeltez para el ala de compresión
- λ_{pf} = Limitante de relación de esbeltez para el ala compacta
- λ_{rf} = Limitante de relación de esbeltez para el ala no compacta
- σ_s = Esfuerzo de compresión promedio debido a la carga total de las combinaciones de carga de servicio aplicables

4.2. ALGORÍTMO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA

4.2.1. Viga metálica del puente

4.2.1.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de la viga

Para el diseño de la viga tendremos las siguientes variables de cálculos:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Dimensionamiento:		
Altura del alma	h	cm
Ancho de ala superior	bf1	cm
Ancho de ala inferior	bf2	cm
Ancho de rigidizadores	ast	m
Espesor de ala superior	tf1	mm
	tf2	mm
Espesor de ala inferior		
Espesor del alma	tw	mm
Espesor de rigidizador	st	mm
Anclajes:		
Diámetro de conector de corte		mm
Apoyos:		
Módulo de corte G (Neopreno)	G	kg/cm ²
Fy Placas de Refuerzo	Fy	kg/cm ²
Soldadura:		
Resistencia a la tracción		MPa

Tabla 11 Variables del diseño de la viga

Estas variables deben ser llenadas obligatoriamente en su totalidad en el algoritmo por el usuario o Ingeniero diseñador. Ya que si no son llenados todos los datos el algoritmo no calculará el diseño y no permitirá pasar al siguiente cálculo.

4.2.1.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Debemos tener en cuenta que las variables presentadas en el punto 2.2.1.1 estarán en función de los siguientes procesos de cálculos:

Factor de presencia múltiple:

Este valor se calcula automáticamente y está en función del número de carriles del puente a diseñar.

Envolvente de Momento y Corte:

Para obtener la envolvente de momentos y corte, se debe realizar el diagrama de momentos y cortante respectivamente para las cargas de tránsito y combinaciones (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

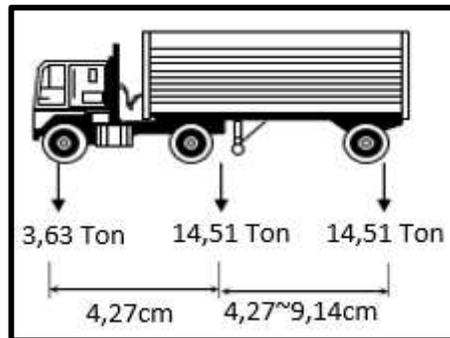


Ilustración 11 Camión de diseño HL93

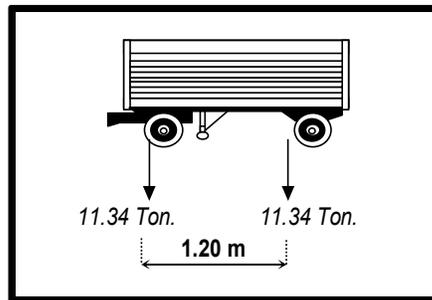


Ilustración 12 Tándem de diseño

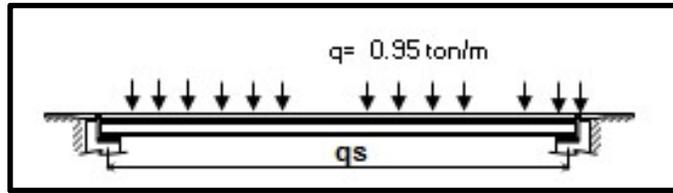


Ilustración 13 Carril de diseño

- * Camión de diseño
- * Tándem de diseño
- * Carril de diseño

Donde la máxima solicitación será dada por el mayor valor entre los siguientes casos:

- * Tándem de diseño + Carril de diseño (Caso 1)
- * Camión de diseño + Carril de diseño (Caso 2)
- * Camión de diseño con el eje trasero a una distancia de 9.00 m (FATIGA) + Carril de diseño (Caso 3)

Momento Máximo de diseño

Debemos de tener en cuenta de que vamos a analizar una viga simplemente apoyada y empotrada en el sentido de las x y en el sentido y es flotante.

El camión tiene 3 cargas, en la llanta delantera, en la llanta de en medio y en la llanta trasera.

Para una carga puntual el momento mayor será igual a $ql/4$

Caso 1.- debemos encontrar el momento máximo para el Tándem de diseño + Carril de diseño.

Caso 2.- debemos encontrar el momento máximo para el Camión de diseño + Carril de diseño.

Caso 3.- debemos encontrar el momento máximo para el Camión de diseño con el eje trasero a una distancia de 9.00 m (FATIGA) + Carril de diseño.

A cada momento se le debe sumar su factor de incremento de impacto (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Caso combo Momento máximo

Teniendo el valor de cada momento multiplicado por IM, se lo suma para el momento máximo del carril de diseño. Esto se repite en los 3 casos y así obtenemos el momento máximo de cada caso

Cortante Máximo de diseño

Caso 1.- encontraremos el cortante máximo para el Tándem de diseño + Carril de diseño.

Caso 2.- debemos encontrar el cortante máximo para el Camión de diseño + Carril de diseño.

Caso 3.- calculamos el cortante máximo para el Camión de diseño con el eje trasero a una distancia de 9.00 m (FATIGA) + Carril de diseño.

Caso combo cortante máximo

Una vez obtenido el valor de cada Cortante Máximo IM, se lo suma para el cortante máximo del carril de diseño. Esto se repite en los 3 casos y así obtenemos el cortante máximo de cada caso respectivamente.

Propiedades de la sección propuesta

Se analiza cada sección de la viga propuesta: ala inferior, alma, ala superior y la losa (para el caso de la sección compuesta) y determinamos el peso propio de la sección, el área (A) en cm^2 , la Inercia Total (I) y la distancia entre los centros de gravedad de la viga y la losa (eg). Con este último calcularemos luego el valor (Kg).

Total Sección Simple. - Se suman todas las secciones propuestas sin considerar a la losa.

Total Sección Compuesto. - Se suman todas las secciones propuestas.

Factores de distribución:

Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Un carril de diseño cargado:	$1100 \leq S \leq 4900$ $110 \leq t_s \leq 300$ $6000 \leq L \leq 73.000$ $N_b \geq 4$ $4 \times 10^9 \leq K_g \leq 3 \times 10^{12}$
		$0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \left(\frac{K_g}{Lt_s^3}\right)^{0,1}$	
		Dos o más carriles de diseño cargados:	
		$0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \left(\frac{K_g}{Lt_s^3}\right)^{0,1}$	
		Usar el valor obtenido de la ecuación anterior con $N_b = 3$ o la ley de momentos, cualquiera sea el que resulte menor	$N_b = 3$

Ilustración 14 Tabla de factor distribución g para momento en vigas interiores

Debemos multiplicar el valor g o factor de distribución para:

Un carril de diseño

Dos o más carriles de diseño

Ley de momentos

Se calcula Fd Momento Interior

Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Ley de momentos	$g = e g_{interior}$	$-300 \leq d_e \leq 1700$
			$e = 0,77 + \frac{d_e}{2800}$	
			Utilizar el valor obtenido de la ecuación anterior con $N_b = 3$ o la ley de momentos, cualquiera sea el que resulte menor	$N_b = 3$

Ilustración 15 Tabla de factor distribución g para momento en vigas exteriores

Con esta tabla calculamos el Fd Momento Exterior

Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	$0,36 + \frac{S}{7600}$	$0,2 + \frac{S}{3600} - \left(\frac{S}{10700}\right)^{2,0}$	1100 ≤ S ≤ 4900 6000 ≤ L ≤ 73.000 110 ≤ t _s ≤ 300 N _b ≥ 4
		Ley de momentos	Ley de momentos	N _b = 3

Ilustración 16 Tabla de factor distribución g para cortante en vigas interiores

Con esta tabla calculamos el Fd Cortante Interior

Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Ley de momentos	$g = e g_{interior}$ $e = 0,6 + \frac{d_e}{3000}$	-300 ≤ d _e ≤ 1700
			Ley de momentos	N _b = 3

Ilustración 17 Tabla de factor distribución g para cortante en vigas exteriores

Con esta tabla calculamos el Fd Cortante Exterior

Esfuerzo para sobrecarga vehicular en Vigas interiores y exteriores

Teniendo los factores de distribución para cada momento y cortante de viga exterior y de viga interior se lo multiplica para cada momento y cortante de: Tándem + faja, Camión + faja, Camión (fatiga) + faja

Factor de presencia múltiple. - Teniendo el factor de presencia múltiple se lo multiplica para cada momento y cortante en viga interior y viga exterior de: Tándem + faja, Camión + faja, Camión (fatiga) + faja

Esfuerzo para Cargas Muertas en Vigas interiores y exteriores

Realizamos un análisis en el cual tenemos los componentes del puente y le colocamos su peso propio:

En DC:

Viga 7,85 ton/m³

Losa 2,40 ton/m³

Baranda

En DW:

Carpeta asfáltica 2,24 ton/m³

Acera 2,40 ton/m³

Luego calculamos el área tributaria para viga exterior y viga interior de cada componente del cuerpo en m².

También calculamos la carga repartida para viga exterior y viga interior de cada componente del cuerpo en Ton/m.

Finalmente calculamos el (Wdc), (Wdw), Momento dc, Momento (dw), Cortante dc y cortante (dw) tanto para viga exterior como para viga inferior.

Estados límites de diseño

Resistencia I: Sección 3.4

$$M_u = n[1.25 M_{dc} + 1.50 M_{dw} + 1.75 M_{(u+im)}]$$

$$V_u = n[1.25 V_{dc} + 1.50 V_{dw} + 1.75 V_{(u+im)}]$$

Constructibilidad Resistencia I: Sección 3.4 - 3.2.2.1

$$M_u = n[1.25 M_{dc} Const + 1.75 M_{(u+im)} Const]$$

$$V_u = n[1.25 V_{dc} Const + 1.75 V_{(u+im)} Const]$$

Fatiga I

$$M_u = n[1.50 M_{(u+im)} + 1.50 CE]$$

Fatiga II

$$M_u = n[0.75 M_{(u+im)} + 0.75 CE]$$

Verificación de Límites de proporción de la sección

Sección 6.10.2

Verificación de proporciones del alma

Alma sin rigidizador longitudinal $D/t_w \leq 150 =$

Alma con rigidizador longitudinal $D/t_w \leq 300 =$

Verificación de proporciones de las alas

$$b_f / 2t_f = \begin{array}{l} \text{Superior} \\ \text{Inferior} \end{array} \quad b_f / 2t_f \leq 12$$

$$b_f = \begin{array}{l} \text{Superior} \\ \text{Inferior} \end{array} \quad b_f \geq D/6$$

$$t_f = \begin{array}{l} \text{Superior} \\ \text{Inferior} \end{array} \quad t_f \geq 1.1t_w$$

Verificación Constructiva Sección 6.10.3

Verificación de la resistencia de fluencia contra los esfuerzos aplicados en la viga:

$$1) \quad f_{bu} + f_l \leq \phi_f R_h F_{yc}$$

f_{bu} = Esfuerzo del ala debido a las cargas verticales incrementadas (MPa)

f_l = Esfuerzo de flexión lateral del ala (MPa) debido al soporte del encofrado y a efectos de inclinación de la losa respecto al eje del puente. Este término por lo general se considera igual a cero para cargas constructivas.

ϕ_f = Factor de resistencia para flexión, igual a 1.0 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Sección 6.5.4.2)

R_h = Factor para vigas híbridas, igual a 1.0 para secciones no híbridas (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Sección 6.10.1.10.1).

R_b = factor de carga de lastre especificado Igual a 1.0 cuando se verifica etapa constructiva (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Sección 6.10.1.10.2).

F_{yc} = Resistencia a la fluencia del ala a compresión (MPa).

$$f_{bu} = \frac{M_{const} RESIST 1}{S_{nc}}$$

S_{nc} = Modulo de la sección no compuesta.

$$2) \quad f_{bu} + \frac{1}{3} f_l \leq \phi_f F_{nc}$$

F_{nc} es calculado del menor valor entre F_{nc} (flb) y F_{nc} (ltb)

$$\text{Si } \lambda_f \leq \lambda_{pf}, \text{ entonces } F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad \text{Sino: } F_{nc} = \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] R_b R_h F_{yc}$$

$$\lambda_f = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}} =$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} =$$

$$\lambda_{rf} = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} =$$

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}\right)}} \quad L_p = 1.0 r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad L_r = \pi r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}}$$

Cálculo de C_b

$$\text{Si } \frac{f_{mid}}{f_2} > 1 \text{ ó } f_2 = 0$$

$$\text{Sino, } C_b = 1.75 - 1.05 \frac{f_1}{f_2} + 0.3 \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 \leq 2.3$$

F_{cr}

$$F_{cr} = \frac{C_b R_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$\text{Si } L_b \leq L_p \rightarrow F_{nc} = R_b R_h F_{yc}$$

$$\text{Si } L_p < L_b \leq L_r \rightarrow F_{nc} = C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}}\right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc}$$

$$f_{bu} + \frac{1}{3} f_l \leq \phi_f F_{nc}$$

$$3) \quad f_{bu} \leq \phi_f F_{crw} \quad k = \frac{9}{\left(\frac{D_c}{D}\right)^2} =$$

$$F_{crw} = \frac{0.9 E k}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2}$$

Verificación del ala a tensión con soporte discontinuo

$$f_{bu} + f_l = \leq \phi_f R_h F_{yt}$$

Verificación del Cortante

V const < V resist I

Verificación para Estado Límite de Servicio.

Sección 6.10.4

Verificación de deformaciones permanentes

El ala superior debe satisfacer

$$f_l \leq 0.95R_h F_{yf}$$

MDC1=MDL viga + MDL losa

MDC2=MDL misc + MDL parapeto

$$f_l = \leq 0.95R_h F_{yf}$$

El ala inferior debe satisfacer

$$f_f + \frac{f_l}{2} \leq 0.95R_h F_{yf}$$

$$f_f + \frac{f_l}{2} = \leq 0.95R_h F_{yf}$$

Verificación de Estado límite de Fractura y Fatiga

Sección 6.10.5

Determinar (ADTT) SL y el Estado Límite Apropriado:

$$ADTT_{75,SL} = p * ADTT_{75}$$

P= Porcentaje de tráfico de camión para un carril en una dirección; ver Tabla 3.6.1.4.2-1.

n= Fracción de camión de tráfico; ver Tabla C3.6.1.4.2-1

ADTT75= es la cantidad de tráfico de camión en una dirección del puente en 75 años.

Usualmente reportes de tipo, tamaño y localización proporcionan información del ADTT para el presente y para una proyección de 20 años. El ADTT a los 75 años puede ser extrapolado, asumiendo que los datos de ADTT crecen en la misma proporción; esto es, siguiendo una línea recta se usa la siguiente fórmula de extrapolación:

$$ADTT_{75} = \left([ADTT_{20} - ADTT_0] \left[\frac{75}{20} \right] + ADTT_0 \right) (DD)$$

ADTT20= ADTT proyectado a 20 años, dado sobre un solo carril de tráfico

ADTT0= ADTT actual, dado sobre un solo carril de tráfico

ADTT= n.ADT

DD= Distribución direccional dado sobre un solo carril de tráfico.

De la Tabla 6.6.1.2.3-1, use la Categoría de Detalle A para verificar el metal base del ala inferior en el rango de fatiga máxima; use la Categoría de C para verificar el metal base en el ala superior en el rango de fatiga máxima; y use la Categoría de Detalle C' para verificar el metal base en los puntos de soporte.

Determinar Rango de Esfuerzos para Comparar con rango de Esfuerzos Admisibles:
Independiente del estado límite, la sección total debe satisfacer:

$$\gamma(\Delta f) \leq (\Delta f)_n$$

$$\gamma(\Delta f) = \frac{M_{Fatiga}}{S_{n_0}} + f_i$$

Para el Estado Límite de Fatiga I:

$$(\Delta f)_n = (\Delta f)_{th}$$

Es el rango del umbral de esfuerzos (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla 6.6.1.2.3-1 o 6.6.1.2.5-3)

Para el Estado Límite de Fatiga II:

A = Constante (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tablas 6.6.1.2.3-1 o 6.6.1.2.5-1).

Verificación de Estado Límite de Resistencia a la Flexión

Para secciones de vigas pintadas roladas y ensambladas:

- * Usar Categoría A para Fatiga en regiones de momentos positivos
- * Usar Categoría A para Fatiga en regiones de momentos negativos para considerar el efecto de los conectores (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla 6.6.1.2.3-1).

Para secciones de vigas roladas y ensambladas fabricadas con acero resistente a la intemperie:

- * Usar Categoría B para Fatiga en regiones de momentos positivos
- * Usar Categoría C para Fatiga en regiones de momentos negativos para considerar el efecto de los conectores (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla 6.6.1.2.3-1).

Para vigas ensambladas con placas, los puntos de soporte lateral también serán revisados para Categoría C' (Ver descripción 4.1).

$$N = \left(\frac{365 \text{ dias}}{\text{año}}\right) (75 \text{ años}) \left(\frac{n \text{ ciclos}}{\text{camión}}\right) \left(\frac{ADTT \ 37.5 \ SL}{\text{dia}}\right)$$

n = número de ciclos de esfuerzo por paso de camiones. (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla 6.6.1.2.5-2)

(ADTT) 37.5, SL = ADTT en 37.5 años para un carril. Esta es calculada de la misma manera que la (ADTT) 75, SL

Verificación de Estado Límite de Resistencia a la Flexión

Verificación de compacidad:

1.- El puente es recto o equivalente a recto (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, S4.6.1.2.4b)

2.- F_y viga ≤ 482 MPa

3.- Se deben satisfacer los requerimientos límites del alma en la sección transversal

$$4.- \frac{2D_{cp}}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$$

P_s = fuerza en la losa con la sección completamente plástica (KN)

P_{rt} = fuerza en el refuerzo superior con la sección completamente plástica (KN)

P_{rb} = fuerza en refuerzo inferior en sección completamente plástica (KN)

P_c = fuerza en el ala superior con la sección completamente plástica (KN)

P_w = fuerza en el alma con la sección completamente plástica (KN)

P_t = fuerza en el ala inferior con la sección completamente plástica (KN)

La fuerza en la viga de acero totalmente plastificada es: $P_t + P_w + P_c$

La fuerza (última) en la losa totalmente plastificada es: $P_s + P_{rb} + P_{rt}$

Si $P_t + P_w + P_c \geq P_s + P_{rb} + P_{rt}$ el eje neutro plástico se encuentra en el ala superior, caso contrario el eje neutro se encuentra en la losa de concreto y $(D_{cp}) = 0$ (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla D6.1.1).

$$P_t + P_w + P_c > P_s + P_{rb} + P_{rt}$$

Debido a que (D_p) y (\hat{Y}) son usados en cálculos posteriores, estos serán calculados

Verificando el CASO III de la Tabla D6.1-1:

$$P_t + P_w + P_c$$

$$(C_{rb}/t_s) * P_s + P_{rb} + P_{rt}$$

Para

$$P_t + P_w + P_c \geq P_s + P_{rb} + P_{rt}$$

\hat{Y} = medido desde la fibra superior del ala superior

Verificación de la resistencia a la flexión

Sección 6.10.7

$$M_u + \frac{1}{3} f_l S_{xt} \leq \phi_f M_n$$

$$S_{xt} = \frac{M_{yt}}{F_{yt}}$$

$$M_{yt} = 1.25M_{dc1} + 1.25M_{dc2} + 1.5M_{dw} + \left(F_{yt} - \frac{M_{dc1}}{S_{bnc}} - \frac{M_{dc2} + M_{dw}}{S_{b3n}} \right) S_{bn}$$

$$\text{Si } D_p \leq 0.1D_t \quad , \text{ Sino } M_n = M_p \left(1.07 - 0.7 \frac{D_p}{D_t} \right)$$

$$M_n = M_p$$

De la Tabla D6.1-1, para el CASO IV Mp se calcula:

$$M_p = \frac{P_c}{2t_c} [Y + (t_c - Y)^2] + [P_s d_s + P_n d_n + P_{rb} d_{rb} + P_w d_w + P_t d_t]$$

Dt = altura total de la sección compuesta (mm)

Mp = capacidad del momento plástico de la sección compuesta, calculada usando el procedimiento dado en el artículo D6.1

ds = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del bloque de concreto (mm)

drt = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del refuerzo superior (mm)

drtb = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del refuerzo inferior (mm)

dc = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del ala superior (mm)

dw = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del alma (mm)

dt = distancia desde el eje neutro plástico al centroide del ala de tensión (mm)

Verificando Requisitos de Ductilidad

$$D_p \leq 0.42D_t$$

Verificación de Estado Límite de Resistencia al Cortante

$$V_u \leq \phi_v V_n \quad V_n = V_{cr} = CV_p \quad V_p = 0.58F_{yw}Dt_w$$

$$\frac{D}{t_w} \leq 1.12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}}$$

$$1.12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} < \frac{D}{t_w} \leq 1.40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}}$$

$$C = \frac{1.12}{\frac{D}{t_w}} \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}}$$

$$\frac{D}{t_w} > 1.40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}}$$

$$C = \frac{1.57}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \left(\frac{Ek}{F_{yw}}\right)$$

Diseño de Rigidizadores

Rigidizadores en los extremos:

Esfuerzo de compresión admisible $\lambda < Cc \rightarrow Fa = \frac{Fy}{FS} \left[1 - \frac{(Kh/r)^2 Fy}{4\pi^2 E} \right]$

Radio de giro $r = \sqrt{\frac{\sum Ixg}{\sum A}}$

$\lambda = 0.75 \frac{h}{r}$ $Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}}$

Rigidizadores intermedios:

Sección mínima de rigidizadores: $k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$

$\frac{F_{yw}}{F_{yst}} \left[0.15 D h t_w (1 - C) \frac{V_u}{\phi V_n} - 18 t_w^2 \right]$ $\frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}} : C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / F_{yw}}}{h / t_w}$

Fyw = Fluencia del acero de la viga

Fyst = Fluencia del acero del rigidizador

D = (1) para rigidizadores en pares

Cv = Coeficiente de cortante

Vn = Resistencia al corte del elemento

Vu = Cortante de diseño

(Brockenbrough & Merritt, 2013)

$\frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}} : C_v = \frac{1.51 k_v E}{(h/t_w)^2 F_{yw}}$

Diseño de conectores de Corte

$\frac{h_{perno}}{\phi_{perno}} =$

$p \leq \frac{nZ_r}{V_{sr}}$

$V_{sr} = \frac{V_f Q}{I}$

$p \leq \frac{nZ_r I}{V_f Q}$

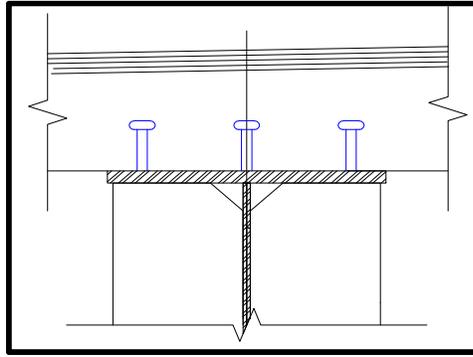


Ilustración 18 Conectores de corte

$$Q_r = \phi_{sc} Q_n$$

Q_n = resistencia nominal al corte de un conector de corte individual (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Art. 6.10.10.4.3).

ϕ_{sc} = factor de resistencia para conectores de corte (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Art 6.5.4.2)

$$n = \frac{P}{Q_r}$$

Q_r = resistencia al corte mayorada de un conector (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, ecuación 6.10.10.4.1-1)

P = Fuerza de corte nominal total (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Art. 6.10.10.4.2).

$$P_{1p} = 0.85f'_c b_s t_s$$

$$P_{2p} = F_{yw} D t_w + F_{yt} b_{ft} t_{ft} + F_{yb} b_{fb} t_{fb}$$

$$Q_n = 0.5A_{sc} \sqrt{f'_c E} \leq A_{sc} F_u$$

Diseño de Soldadura

Unión entre el alma y el rigidizador

$$R_r = 0.6\phi_{e2}F_{exx}$$

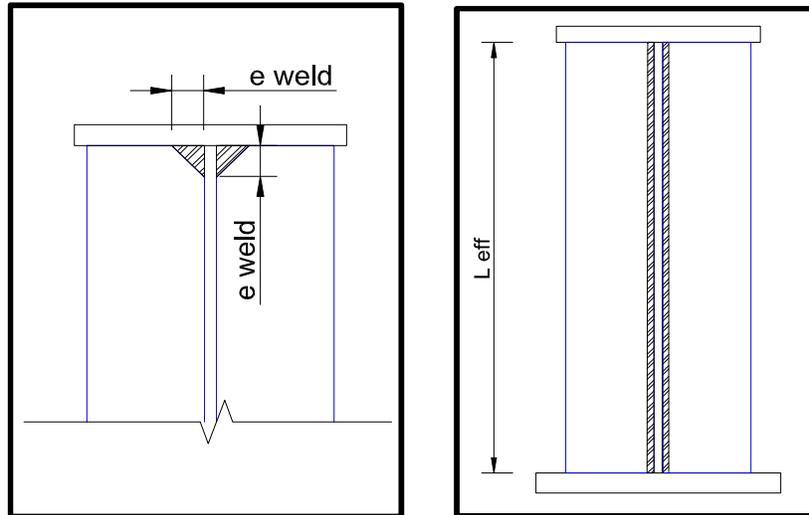


Ilustración 19 Soldadura

Unión entre el alma y las alas

Análisis de Corte Horizontal = $q = \frac{V * Q}{I}$

4.2.1.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

En nuestro algoritmo el usuario o Ingeniero Diseñador debe agregar datos, los cuales están en función de nuestro modelo de cálculo, se debe tomar en cuenta la unidad métrica en la que el algoritmo está trabajando, ya que si se lo pone en otras unidades el cálculo será erróneo. A continuación, tendremos una breve descripción.

Inicialmente, en nuestro cálculo de viga el algoritmo solicitará datos de dimensionamiento, tales como:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Dimensionamiento:		
Altura del alma • $L / 0,2$	h	cm
Ancho de ala superior • $tf*1,03$	bf1	cm
Ancho de ala inferior • $tf*1,03$	bf2	cm
Ancho de rigidizadores	ast	m
Espesor de ala superior • $h*\sqrt{(0.0078fy)/7.27}$	tf1	mm
Espesor de ala inferior • $h*\sqrt{(0.0078fy)/7.28}$	tf2	mm
Espesor del alma • $h/1,65$	tw	mm
Espesor de rigidizador	st	mm

Tabla 12 Variables de cálculo para dimensionamiento de la Viga

Estos valores aparecerán en nuestra sección de viga la cual le permitirá al usuario del algoritmo una mejor visualización.

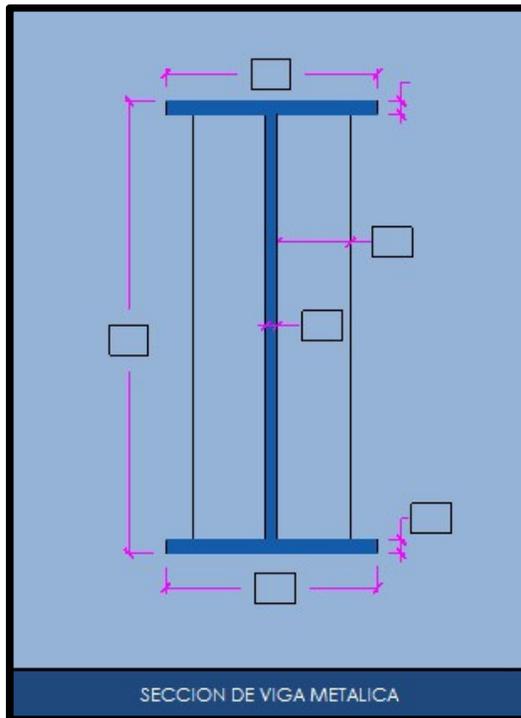


Ilustración 20 Valores de Dimensionamiento en Sección de Viga

En la parte de Anclajes de la viga, el algoritmo solicita el diámetro de conector de corte, el cual debe estar en milímetros (mm) como unidad métrica.

En los Apoyos de la viga se requiere el Módulo de corte G (correspondiente al Neopreno) que tiene como nomenclatura “G” y el cual debe ser ingresado en kg/cm^2 como unidad métrica. También se requiere el valor de (F_y) de las placas de refuerzo el cual también debe estar en unidad métrica kg/cm^2 .

Finalmente, para la soldadura se requiere el dato en MPa de la Resistencia a la tracción.

Una vez ingresados estos valores correctamente se habilitará la opción del botón siguiente con el cual se podrá continuar con el siguiente diseño.

4.2.1.4. Presentación de datos finales de cálculo

Luego de haber ingresado los datos solicitados por nuestro algoritmo, al final tendremos como resultado la opción de un archivo en formato “PDF” el cual en la parte de nuestro Cálculo de Viga arrojará los siguientes datos.

Inicialmente presentará las propiedades de nuestra viga.

En el proceso de cálculo encontraremos los siguientes resultados:

Procesos de Cálculos

Factor de presencia múltiple
Envolvente de Momento y Corte
Momento Máximo de diseño
Cortante Máximo de diseño
Propiedades de la sección propuesta
Factores de distribución
Esfuerzo para sobrecarga vehiculares en Vigas interiores y exteriores
Esfuerzo para Cargas Muertas en Vigas interiores y exteriores
Estado límite de diseño (Resistencia I, Constructibilidad Resistencia I, Fatiga I, Fatiga II)
Diseño de rigidizadores
Diseño de conectores de corte
Diseño de soldadura

Tabla 13 Procesos de cálculos de la Viga

En el proceso de cálculo también se deben cumplir las siguientes condiciones:

Verificación por:

Proporción de la sección
Etapa Constructiva
Estado Límite de Servicio
Estado Límite de Fractura y Fatiga
Estado Límite de Resistencia a la Flexión
Estado Límite de Resistencia al Cortante

Tabla 14 Verificaciones de la Viga

4.2.2. Losa de hormigón armado del puente

4.2.2.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de la losa

Para nuestro cálculo de diseño de losa tendremos las siguientes variables:

Descripción	Unidad
Acero Principal:	
Diámetro	mm
Separación	cm
Acero Fibra Inferior	
Diámetro	mm
Separación	cm
Acero Fibra Superior:	
Diámetro	mm
Separación	cm

Tabla 15 Variables del diseño de la losa

Debemos dejar en claro que el Ingeniero diseñador debe ingresar en el algoritmo los valores de estas variables, de no ser así no se podrá continuar con el diseño.

4.2.2.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Para iniciar con el cálculo de la losa debemos tener en cuenta el criterio aplicado para que esta deba soportar unas cargas del camión de diseño, se analizó para ver cuál es el máximo esfuerzo en el carril y en base a esto se determina un área de acero mínimo.

Espaciamiento entre las vigas

Lo podemos calcular con la ayuda de la sección ASSHTO LRFD 9.7.2.3

$$S = S_n + 1/2 bf$$

Peralte mínimo de la losa

Entonces, sabiendo esto calculamos el peralte mínimo de la losa (h_{min}), el cual lo podemos hacer con la ayuda de la sección ASSHTO LRFD 2.5.2.6.3.

Momento por Carga muerta

Debemos empezar por encontrar el peso de la losa en el cual multiplicamos el peralte mínimo de la losa por la densidad específica del hormigón (2,4) y todo esto lo dividimos para 100, quedando un valor en Tonf/m.

Luego encontramos la carga del asfalto en el cual dividimos el espesor para la densidad específica del hormigón (2,4) multiplicado por 100, quedando un valor en Tonf/m.

Luego encontramos el momento por carga muerta, (MDC y MDW), MDC corresponde a la carga muerta de la losa y la baranda. La carga de la baranda fue encontrada anteriormente dependiendo del diseño que escogió el diseñador (hormigón armado o metálico). Para encontrar MDC sumamos las cargas de la losa más baranda, luego lo multiplicamos para el espaciamiento entre vigas dividido para 100 y elevado al cuadrado, todo este total dividido para 10, finalmente tendremos un valor en Tonf/m.

Para (MDW) sumamos las cargas del asfalto más acera (encontrada en el diseño de baranda), luego lo multiplicamos para el espaciamiento entre vigas dividido para 100 y elevado al cuadrado, todo este total dividido para 10, finalmente tendremos un valor en Tonf/m.

Momento por carga viva

Determinamos el momento por carga viva (MLL) y lo realizamos dividiendo el Momento transversal con el momento negativo.

$$\text{Momento transversal (sección A- LRFD 4.6.2.1.8)} \quad M_{trans.} = 1290 D^{0.197} L^{0.459} C$$

$$\text{Momento negativo (sección A- LRFD 4.6.2.1.8).} \quad -M = 1220 + 0.25S$$

Determinar Momento por carga viva + Impacto

Al momento por carga viva (MLL) le sumamos el factor de impacto I, el cual es el 33% más del momento de carga viva (sección A- LRFD 3.6.2).

Determinación del momento último

Debemos de encontrar los momentos a continuación presentados:

$$\text{(Sección A- LRFD - 3.4.1)} \quad \mu_u = n[1.25 M_{dc} + 1.50M_{dw} + 1.75 M_{(u+im)}]$$

$$\text{(Sección A- LRFD - 5.7.3.2)} \quad \phi M_n > 1.2 M_{cr} = 1.2 f_{cr} S = 1.2 * [2 * (f'c^{0.5})][i/c]$$

Entonces comparamos ambos momentos y el valor mayor será el momento último (M_u) en $\text{Ton} \cdot \text{m}$

Determinación del Acero Principal

As es igual al Momento último dividido para 3,4 multiplicado por h_{\min} , valor en cm^2 .

Φ varilla ingresado por el usuario, valor en mm.

área de varilla = $(3,1416/4) * (\Phi \text{ varilla} / 10)^2$, valor en cm^2 .

varillas dividimos As para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que inicialmente ingresó el diseñador, valor en cm^2 .

Sección de acero real As es igual a $(100 / \text{Separación adoptada}) * \text{área de varilla}$, valor en cm^2 .

Cuantía es igual a $\text{Sección de acero real As} / (100 * (h_{\min} - 2))$

$a = \text{Sección de acero real As} f_y / (0.85 f'_c b)$, valor en cm^2 .

$\Phi M_n = 0.9 \text{ Sección de acero real As} f_y (d - a/2)$, valor en $\text{Ton} \cdot \text{m}$

Al final se verifica si el (ΦM_n) es mayor al (M_u), si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar Refuerzo.

Determinación del Acero de Distribución

(Sección A - LRFD - 9.7.3.2) $\% = 3840 / (s^{0.5})$ este % no debe ser mayor al 67%; donde s es el espaciamiento entre vigas.

Acero de distribución va a ser igual a $\% * \text{As} / 100$, valor en cm^2

Φ varilla valor en mm ingresado por el Ingeniero diseñador, teniendo como resultado un valor en mm.

área de varilla = $(3,1416/4) * (\Phi \text{ varilla} / 10)^2$, valor en cm^2 .

varillas dividimos As para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que inicialmente ingresó el diseñador, valor en cm^2 .

Sección de acero real es igual a $(100 / \text{Separación adoptada}) * \text{área de varilla}$, valor en cm^2 .

AL final se verifica si el acero real es mayor al acero de distribución, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Determinación del Acero de temperatura

Acero por temperatura = $0.0018 b \times h_{min}$, valor en cm^2

Φ varilla valor en mm ingresado por el usuario, valor en mm.

área de varilla = $(3,1416/4) * (\Phi \text{ varilla} /10)^2$, valor en cm^2 .

varillas dividimos A_s para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que en un inicio el Ingeniero diseñador ingresó, valor en cm^2 .

Sección de acero real es igual a $(100/ \text{Separación adoptada}) * \text{área de varilla}$, valor en cm^2 .

Se procede con una verificación en donde existe la condición de que, si el acero real es mayor al acero por temperatura, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

4.2.2.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

Para nuestro cálculo de la losa, al usuario le aparecerán en el algoritmo dos pantallas a continuación detalladas:

Losa Parte 1

En la primera pantalla se deberán ingresar los datos de dimensionamiento de la losa los cuales deben estar en las unidades especificadas en la siguiente tabla:

Descripción	Unidad
Dimensionamiento:	
Espesor de losa	m
Espesor de Asfalto	m
Ancho total del tablero	m
Ancho total de calzada	m
Separación entre vigas	m

Tabla 16 Variable de Dimensionamiento de la losa

También, en la parte inferior de la pantalla aparecerá un gráfico de la sección transversal de la losa con los valores de las dimensiones ingresadas, esto permitirá al ingeniero diseñador una mejor visualización hacia el cálculo.

Losa Parte 2

En esta pantalla el Ingeniero diseñador deberá ingresar datos de diseño a continuación detallados en la siguiente tabla:

Descripción	Unidad
Diseño:	
Área de acero principal requerida	cm ²
Área de acero fibra inferior requerida	cm ²
Área de acero fibra superior requerida	cm ²

Tabla 17 Variables de diseño de la losa

Luego se deberán ingresar los valores para el cálculo de los siguientes Aceros:

Descripción	Unidad
Acero Principal:	
Diámetro	mm
Separación	cm
Acero Fibra Inferior	
Diámetro	mm
Separación	cm
Acero Fibra Superior:	
Diámetro	mm
Separación	cm

Tabla 18 Variables de Acero de la losa

Finalmente, en la parte inferior de la pantalla aparecerá el gráfico de la sección de diseño de la losa, en donde aparecerán los aceros respectivos de nuestro cálculo de diseño.

4.2.2.4. Presentación de datos finales de cálculo

En nuestro cálculo de la losa podremos determinar los siguientes datos finales:

Momento por carga Muerta

Momento por Carga Viva

Momento por carga Viva + impacto

Momento Último

Una vez determinados los momentos se presentan en nuestros diseños la determinación del acero principal, por distribución y por temperatura en los cuales se verifica que cumplan algunos requerimientos de la siguiente manera:

Verificación del Acero Principal

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el ΦM_n es mayor al (μ) , si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm como acero principal perpendicular al tráfico.

Verificación del acero de distribución

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el acero real es mayor al Acero de distribución, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm en fibra inferior de losa.

Verificación del Acero de temperatura

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el acero real es mayor al Acero por temperatura, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm en fibra superior de losa.

Finalmente aparecerá la sección de tablero de la losa con los aceros correspondientes a nuestro cálculo de diseño.

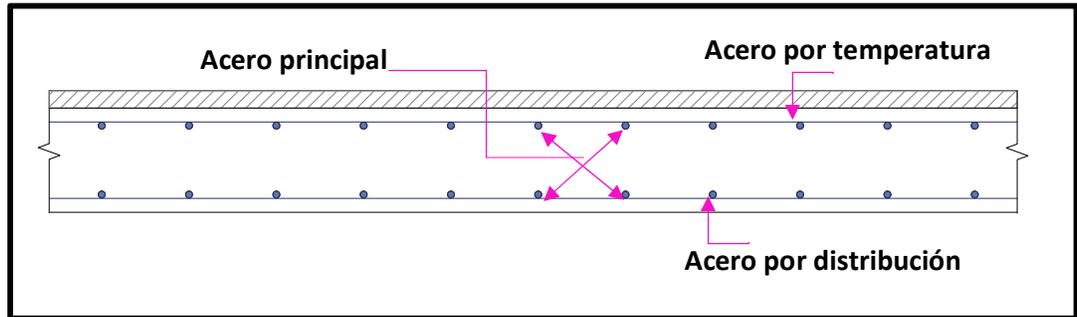


Ilustración 21 Sección del tablero de losa

4.3. ALGORITMO ESTRUCTURAL DE LA INFRAESTRUCTURA

4.3.1. Estribos de hormigón armado

4.3.1.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño del estribo

En nuestro diseño de estribo tendremos variables de cálculos detalladas a continuación en la siguiente tabla:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Fundación:		
Tipo de suelo		ton/m
Peso unitario del suelo		
Capacidad admisible	Yt	
Ángulo de fricción interna	Lpunta	
Coefficiente sísmico de aceleración horizontal (NEC)	qadm	
Coefficiente de empuje activo del suelo	Øf	
Espesor superior de pantalla	A	
Coefficiente de presión activa sísmica	Kae	
Cohesión del suelo	c	
Resistencia Pasiva del Suelo	Rp	
Predimensionamiento:		
Altura • 1/2H - 2/3 H	H	m
Ancho de Zapata • 0.1 H	B	m
Altura de Zapata • B/3	D	m
Zarpa Delantera	Lpunta	m
Zarpa trasera	Ltalón	m
Espesor inferior de pantalla	tinf	m
Espesor superior de pantalla	tsup	m
Ancho asiento	N	mm
Ancho de Parapeto	aparap	m
Altura de Parapeto	Alparap	m
Altura entre asiento y quiebre		m
Altura de quiebre		m
Ancho de quiebre		m
Solicitaciones:		
Altura de relleno de zarpa delantera		m
Nivel Freático		m
Pantalla		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm
Zapata		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm

Tabla 19 Variables de cálculo del Estribo

4.3.1.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

En nuestro algoritmo tendremos en cuenta que las variables presentadas en el punto 2.4.1.1 los debe ingresar obligatoriamente el diseñador al momento de empezar a diseñar su puente, estos valores estarán en función de los siguientes procesos de cálculos:

Seccionamiento del Estribo:

Para iniciar tenemos una sección de un modelo de estribo de concreto armado, el cual lo hemos fraccionado hasta tener figuras geométricas básicas como triángulos, rectángulos y cuadrados, de esta forma se logra encontrar el área total de la sección del estribo de una manera más simple.

Cálculo de Cargas verticales mediante el seccionamiento de Estribo:

Peso Propio de estribo de concreto armado (DC)

En base al esquema del seccionamiento del estribo, iniciamos sacando cada área en la que dividimos la sección del estribo y a cada resultado lo multiplicamos por 1 m (consideramos esta franja de longitud de estribo) dándonos como resultados los volúmenes estribo (en m^3). Luego para encontrar las cargas en DC (en Ton/m), multiplicamos cada volumen por 2,4 que es la densidad del concreto. Seguimos con el análisis y (X_a) es la distancia (en m) desde el punto más distante del estribo (Punto A) hasta el centro de gravedad de cada área fraccionada en nuestro estribo en el eje de las x. (Y_a) es la distancia (en m) desde el punto más distante del estribo (Punto A) hasta el centro de gravedad de cada área fraccionada en nuestro estribo en el eje de las Y. En el ($M_a - x$ o $X_a * DC$) (Ton-m/m) multiplicamos cada valor de (X_a) por cada valor de (DC). Y para finalizar nuestro cálculo en la tabla en el ($M_a - x$ o $Y_a * DC$) (Ton-m/m) multiplicamos cada valor de (Y_a) por cada valor de (DC).

Para hallar el valor total de (DC) (en Ton/m) hacemos la sumatoria de cada valor de (DC) que anteriormente ya habíamos encontrado en cada área de nuestra sección de estribo.

El Valor de (X_a), es el sumatorio total de los centros de gravedad de las áreas en el eje de las x hasta el (punto A), dividido para la sumatoria de (DC).

(Y_a), es el sumatorio total de los centros de gravedad de las áreas en el eje de las (Y) hasta el (punto A), dividido para la sumatoria de (DC).

Peso del terreno EV: se vuelve a repetir el mismo proceso anterior; pero tomando en cuenta las secciones que corresponden al terreno.

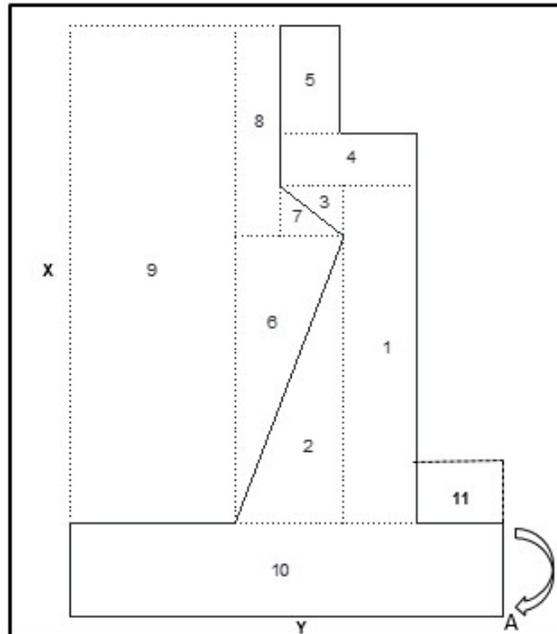


Ilustración 22 Gráfico esquemático del Seccionamiento del Estribo

Superestructura:

Este proceso consiste en multiplicar las cargas (DC, DW y LL) (reacción por ml) por (X_a) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje X.

Sobrecarga Por Carga Viva:

Multiplicamos la carga (LS) (reacción por ml) por (X_a) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje X.

Flotación:

La flotación debe considerarse en las partes de la infraestructura que estén sumergida.

Para obtenerlo multiplicamos la carga (NF) de nivel freático (reacción por ml) por Y_a que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Calculo de Cargas Horizontales

Sobrecarga Por Carga Viva:

Multiplicamos la carga (LS) (reacción por ml) por (Ya) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Presión lateral del terreno

Multiplicamos la carga (EH) (reacción por ml) por (YA) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Efecto combinado de (PAE) y (PIR)

Multiplicamos la carga (EQ) del terreno y la carga $0,5PIR$ (reacción por ml) por (Ya) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Carga Sísmica por Superestructura

Multiplicamos la carga (P eq) (reacción por ml) por Ya que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Fuerza de Frenado

Multiplicamos la carga (BR) (reacción por ml) por Ya que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

La fuerza longitudinal o de frenado es una fuerza horizontal, originada por la fricción y la parada brusca de los vehículos.

Como es improbable la detención simultanea de todo el tren de vehículos, las normas siempre especifican un porcentaje bajo del tren de cargas, como fuerza longitudinal o fuerza de frenado.

La fuerza longitudinal es igual al 5% de la carga viva considerada en todas las líneas de transito que puedan llegar a tener tránsito. El centro de gravedad de esta fuerza se localiza a 1.83m., sobre la calzada y se transmite a la infraestructura, a través de la superestructura (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Estados Limites Aplicables y combinaciones de Carga

En este paso tenemos que calcularlos por dos métodos:

-Estribo con Puente

Cargas Verticales (V_u)

Tomamos en cuenta las cargas verticales y en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (Pdc) por 0,90; (DW) por 0,65; (EV) por 1; (PLL+IM) por 0,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (Pdc) por 1,25; (DW) por 1,50; EV por 1,35; (PLL+IM) por 1,75; (NF) por 1,00 y LS por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (Pdc) por 0,90; (DW) por 0,65; (EV) por 1,00; (PLL+IM) por 0,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (Pdc) por 1,25; (DW) por 1,50; (EV) por 1,35; (PLL+IM) por 0,50; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (DC) es multiplicado por 1,00; (Pdc) por 1,00; (DW) por 1,00; (EV) por 1,00; (PLL+IM) por 1,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Momento Estabilizador por cargas Verticales (M_{vu})

Debemos tener en cuenta las cargas verticales y en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (Pdc) por 0,90; (DW) por 0,65; (EV) por 1; (PLL+IM) por 0,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (Pdc) por 1,25; (DW) por 1,50; (EV) por 1,35; (PLL+IM) por 1,75; (NF) por 1,00 y (LS) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (Pdc) por 0,90; (DW) por 0,65; (EV) por 1,00; (PLL+IM) por 0,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo IB; en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (Pdc) por 1,25; (DW) por 1,50; (EV) por 1,35; (PLL+IM) por 0,50; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (DC) es multiplicado por 1,00; (Pdc) por 1,00; (DW) por 1,00; (EV) por 1,00; (PLL+IM) por 1,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Cargas Horizontales (Hu)

Tomamos en cuenta las cargas Horizontales actuantes, en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (LS) es multiplicado por 1,75; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (LS) es multiplicado por 1,75; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (LS) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00; (Peq) por 1,00; y (BR) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (LS) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00; (Peq) por 1,00; y (BR) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (LS) es multiplicado por 1,00; (EH) por 1,00; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,0. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Momento al Vuelco por Cargas Horizontales (MHu)

Se tomarán en cuenta las cargas Horizontales actuantes, en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (LS) es multiplicado por 1,75; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (LS) es multiplicado por 1,75; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (LS) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00; (Peq) por 1,00; y (BR) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (LS) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00; (Peq) por 1,00; y (BR) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (LS) es multiplicado por 1,00; (EH) por 1,00; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,0. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Chequeo de Estabilidad y Esfuerzos

Vuelco alrededor de punto "A"

$$X_o = \frac{M_{vu} - M_{hv}}{V_u}$$

Estado Límite de Resistencia

$$e = \frac{B}{2} - X_o$$

DISEÑO DE PANTALLA

Tomamos en cuenta las cargas actuantes (LS, EH, EQterr, 0,5Pir, Peq y BR) colocamos las cargas distribuidas en ton/m, luego colocamos cada una de sus cargas en Ton. Hallamos la distancia (Yp) en m y finalmente sacamos el momento en ton-m, lo hacemos multiplicando la carga por (Yp).

Acero por Flexión

Resistencia I

$$M_u = n[1.75M_{LS} + 1.50 M_{EH} + 1.75M_{BR}]$$

Evento Extremo I

$$M_u = n[0.50 M_{LS} + 1.50 M_{EH} + 1.00 M_{EQ} + 0.50 M_{BR}]$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad A_s = \frac{M_u}{\phi_f f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Acero Mínimo

$$1) M_{cr} = 1.10 f_r S$$

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

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

$$2) 1.33 M_u$$

Acero por temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 bh}{2(b+h)} \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_{s \text{ temp}} \leq 12.70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$S_{max} = 3b$$

Revisión de fisuración por distribución de armadura principal

Estado Límite de Servicio I

$$M_s = 1 * \text{Momento (LS)} + 1 * \text{Momento (EH)} + 1 * \text{Momento (BR)}$$

Ancho Tributario

Valor ingresado anteriormente por el Ingeniero diseñador o usuario.

Momento (Ms) para el ancho tributario

$$M_s = M_s * (\text{Ancho tributario}/100)$$

Ubicación del eje neutro

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_{st} = n * A_s$$

Despejar y calculando momentos con respecto al eje neutro

$$A_t y * (y/2) = A_{st} * (d - y)$$

Esfuerzo del acero principal bajo cargas de servicio

$$jd = d - \frac{y}{3}$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{jd * A_s} \leq 0.6F_y$$

Separación máxima de la armadura

$$Y_e = \begin{cases} 1.00 & \text{para condición de exposición Clase 1} \\ 0.75 & \text{para condición de exposición Clase 2} \end{cases}$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h - d_c)}$$

$$S_{max} = \frac{125000\gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$$

Revisión por corte

Resistencia 1

$$V_u = n[1.75V_{LS} + 1.50V_{EH} + 1.75V_{BR}]$$

Evento Extremo I

$$V_u = n[0.50V_{LS} + 1.50V_{EH} + 1.00V_{EQ} + 0.50V_{BR}]$$

Cortante Resistente

$$V_r = \phi V_n \quad \phi = 1.0$$

Siendo V_n el menor de:

$$V_n = V_c + V_s + V_p$$

$$V_n = 0.25f'_c b b_v d_v + V_p$$

$$d_v = d_e - \frac{a}{2}$$

Siendo (d_v) no menor que el mayor valor de

$$\begin{cases} 0.90d_e \\ 0.72h \end{cases}$$

DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Acero parte superior de zapata

$$M_u = n[1.25M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS}]$$

Acero Mínimo

$$M_{cr} = (1.1 * (2.01 * RAIZ(f_y)) * (100 * ((\text{Altura de Zapata} * 100)^2) / 6)) * 0,00001$$

$$1.33 M_u = 1,33 * \text{Momento último}$$

Acero de temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 bh}{2(b + h)} \text{ cm}^2 / m$$

$$S_{max} = 3b$$

Revisión del talón por corte

$$V_u = n[1.25V_{DC} + 1.35V_{EV} + 1.75V_{LS}]$$

Acero parte inferior de zapata

Para el diseño estructural del cimiento cargado excéntricamente se considera una distribución de esfuerzos

$$q_u = \frac{V_u}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad M_u = \frac{L^2}{6} (q_{3u} + 2q_{1u})$$

Acero Mínimo

$$1) M_{cr} = 1.10 f_r S$$

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

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

$$2) 1.33 M_u$$

Revisión de la punta por corte

$$V_u = 0.5(q_{1u} + q_{4u}) * (L_{punta} - d_v)$$

DISEÑO DE PARAPETO

Tomamos en cuenta las cargas actuantes (LS, EH, EQterr, 0,5Pir, Peq y BR) colocamos las cargas distribuidas en ton/m, luego colocamos cada una de sus cargas en Ton. Hallamos la distancia (Yp) en m y finalmente sacamos el momento en ton-m, lo hacemos multiplicando la carga por (Yp).

Acero por Flexión

Evento Extremo I

$$M_u = n[0.50 M_{LS} + 1.50 M_{EH} + 1.00 M_{EQ} + 0.50 M_{BR}]$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad A_s = \frac{M_u}{\phi_f f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Acero Mínimo

$$1) M_{cr} = 1.10 f_r S$$

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

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

$$2) 1.33 M_u$$

Acero por temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 bh}{2(b+h)} \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_{s \text{ temp}} \leq 12.70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$S_{max} = 3b$$

4.3.1.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

Para nuestro diseño de estribo fue necesario dividir en dos partes y es necesario que el usuario ingrese los valores a continuación explicados:

Pantalla Estribo parte 1:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Fundación:		
Tipo de suelo		ton/m
Peso unitario del suelo		
Capacidad admisible	Yt	
Ángulo de fricción interna	Lpunta	
Coefficiente sísmico de aceleración horizontal (NEC)	qadm	
Coefficiente de empuje activo del suelo	Øf	
Espesor superior de pantalla	A	
Coefficiente de presión activa sísmica	Kae	
Cohesión del suelo	c	
Resistencia Pasiva del Suelo	Rp	
Predimensionamiento:		
Altura • 1/2H - 2/3 H	H	m
Ancho de Zapata • 0.1 H	B	m
Altura de Zapata • B/3	D	m
Zarpa Delantera	Lpunta	m
Zarpa trasera	Ltalon	m
Espesor inferior de pantalla	tinf	m
Espesor superior de pantalla	tsup	m
Ancho asiento	N	mm
Ancho de Parapeto	aparap	m
Altura de Parapeto	Alparap	m
Altura entre asiento y quiebre		m
Altura de quiebre		m
Ancho de quiebre		m
Solicitaciones:		
Altura de relleno de zarpa delantera		m
Nivel Freático		m

Tabla 20 Variables de la Pantalla 1 del estribo

En la parte derecha de la pantalla tenemos un gráfico de la sección del Estribo en donde automáticamente aparecen los valores que el usuario ingresó en la pantalla detallado en la tabla 20.

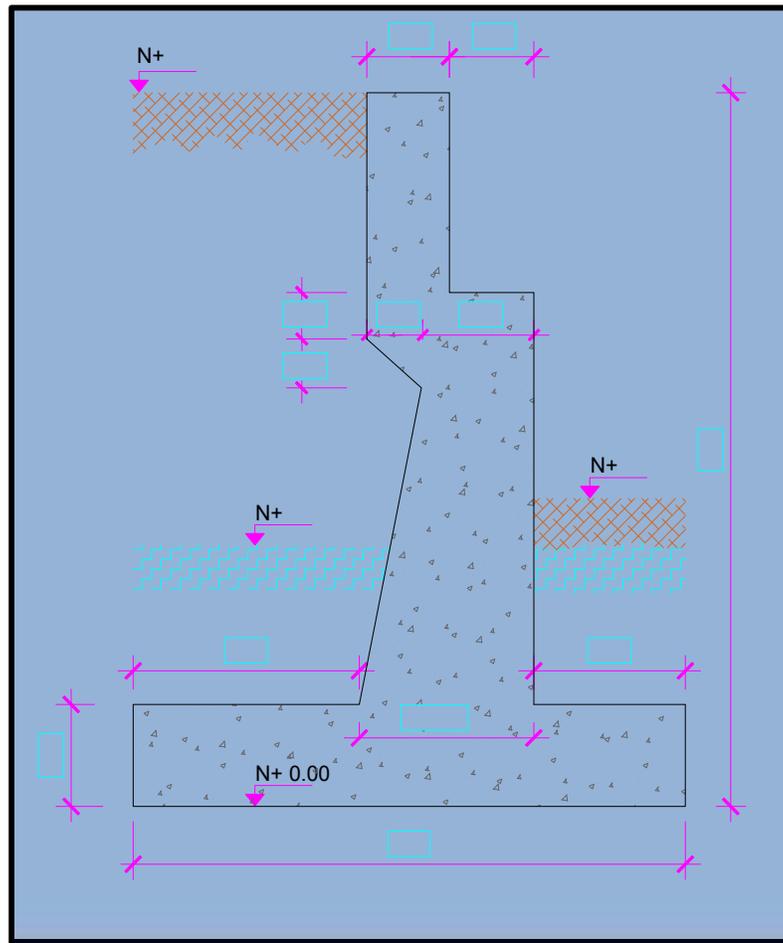


Ilustración 23 Sección del Estribo

Por otra parte, al teclear revisar diseño y si cumplen las verificaciones se activará el botón de siguiente, entonces aquí es donde aparece:

Pantalla del Estribo parte 2

Descripción	Unidades
Parapeto	
Principal	mm
Separación	cm
Temperatura	mm
Separación	cm
Pantalla	
Principal	mm
Separación	cm
Temperatura	mm
Separación	cm
Zapata	
Principal	mm
Separación	cm
Temperatura	mm
Separación	cm

Tabla 21 Variables de Pantalla 2 del Estribo

En la parte derecha de la pantalla tenemos un gráfico de la sección de acero del Estribo en donde automáticamente aparecerá el diseño con los respectivos aceros por medio de los datos que el usuario ingreso en la pantalla detallado en la tabla 21

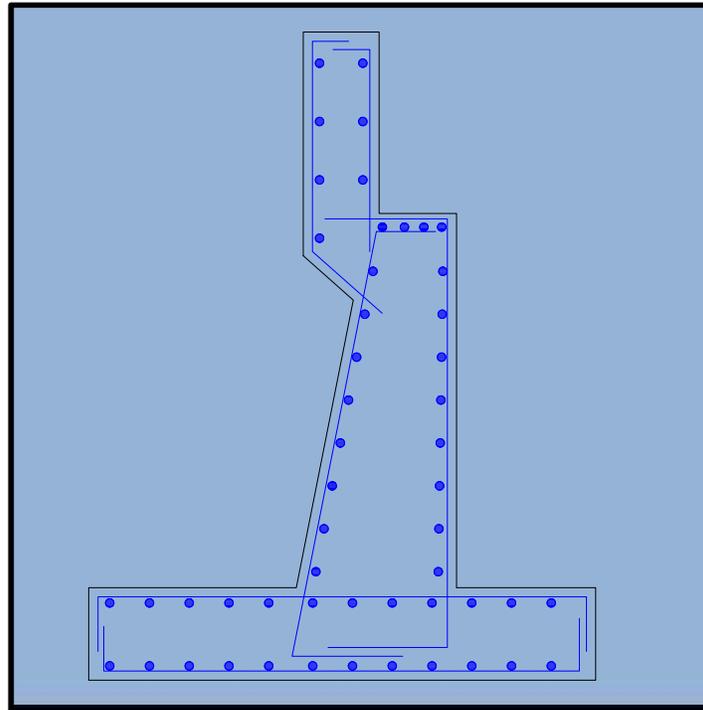


Ilustración 24 Sección de Acero del Estribo

4.3.1.4. Presentación de datos finales de cálculo

El algoritmo al final del cálculo da la facilidad al usuario de presentarle todo el proceso del diseño del estribo, el cual da los siguientes resultados:

Automáticamente el algoritmo genera un gráfico de la sección del estribo con los datos ingresados por el usuario

También tendremos los siguientes cálculos detallados en la siguiente tabla:

Descripción
Reacciones de la Superestructura
Cargas Verticales
Cargas Horizontales
Proceso de Cálculos y Verificaciones
Estribo con Puente
Vuelco
Deslizamiento en la base del estribo
Presiones actuantes en la base del estribo
Estribo sin Puente
Vuelco
Deslizamiento en la base del estribo
Presiones actuantes en la base del estribo
Diseño y Verificaciones de Acero
Parapeto Ø Principal
Parapeto Ø Temperatura
Pantalla Ø Principal
Pantalla Ø Temperatura
Zapata Ø Superior
Zapata Ø Inferior
Zapata Ø Temperatura
Corte Pantalla
Corte Talón
Corte Punta

Tabla 22 Datos finales del Estribo

Para finalizar el proceso se presenta la sección del estribo con su respectiva armadura de aceros principales, temperatura, superior e inferior, etc.

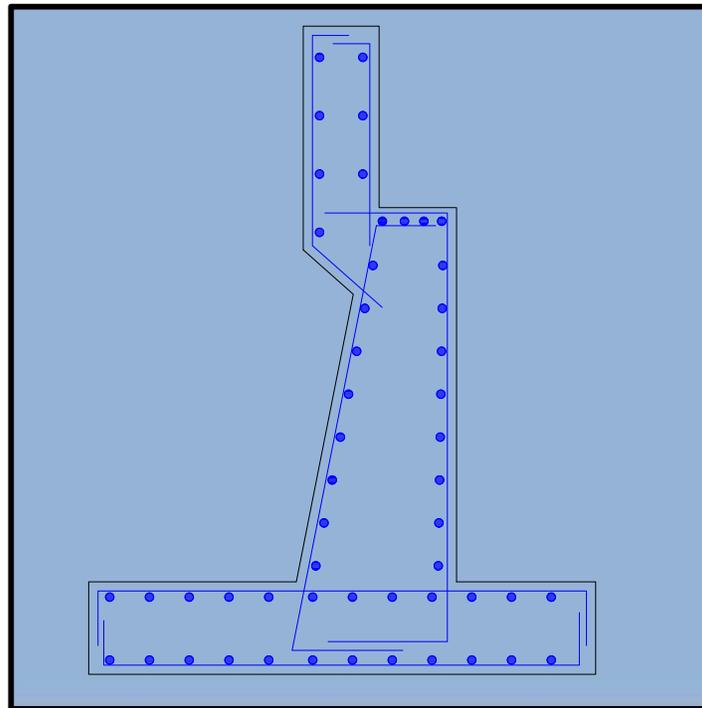


Ilustración 25 Armadura del Estribo

4.3.2. Muro de ala de hormigón armado

4.3.2.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de Muro de Ala

En nuestro diseño de Muro de Ala tendremos variables de cálculos detalladas a continuación en la siguiente tabla:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Fundación:		
Tipo de suelo		ton/m
Peso unitario del suelo		
Capacidad admisible	Yt	
Ángulo de fricción interna	Lpunta	
Coefficiente sísmico de aceleración horizontal (NEC)	qadm	
Coefficiente de empuje activo del suelo	Øf	
Espesor superior de pantalla	A	
Coefficiente de presión activa sísmica	Kae	
Cohesión del suelo	c	
Resistencia Pasiva del Suelo	Rp	
Predimensionamiento:		
Altura • $1/2H - 2/3 H$	H	m
Ancho de Zapata • $0.1 H$	B	m
Altura de Zapata • $B/3$	D	m
Zarpa Delantera	Lpunta	m
Zarpa trasera	Ltalón	m
Espesor inferior de pantalla	tinf	m
Espesor superior de pantalla	tsup	m
Solicitaciones:		
Altura de relleno de zarpa delantera		m
Nivel Freático		m
Pantalla		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm
Zapata		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm

Tabla 23 Variables de cálculo del Estribo

4.3.2.2. Modelado matemático del cálculo del muro de Ala

En nuestro algoritmo tendremos en cuenta que las variables presentadas en el punto 2.4.2.1 los debe ingresar obligatoriamente el Ingeniero diseñador al momento de empezar a diseñar su puente, estos valores estarán en función de los siguientes procesos de cálculos:

Seccionamiento del Muro de Ala:

Para iniciar tenemos una sección de un modelo de estribo de concreto armado, el cual lo hemos fraccionado hasta tener figuras geométricas básicas como triángulos, rectángulos y cuadrados, para de esta forma simplificar el hallar el área total de la sección de nuestro estribo.

Cálculo de Cargas verticales mediante el seccionamiento del Muro de Ala:

Peso Propio del Muro de Ala (DC)

En base al esquema del seccionamiento del estribo, iniciamos sacando cada área en la que dividimos la sección del muro de ala y a cada resultado lo multiplicamos por 1 m (consideramos esta franja de longitud de muro de ala) dándonos como resultados los volúmenes del muro de ala (en m^3). Luego para encontrar las cargas en (DC) (en Ton/m), multiplicamos cada volumen por 2,4 que es la densidad del concreto. Seguimos con el análisis y (X_a) es la distancia (en m) desde el punto más distante del muro de ala (Punto A) hasta el centro de gravedad de cada área fraccionada en nuestro muro de ala en el eje de las x. (Y_a) es la distancia (en m) desde el punto más distante del muro de ala (Punto A) hasta el centro de gravedad de cada área fraccionada en nuestro muro de ala en el eje de las Y. En el ($M_a - x$ o $X_a * DC$) (Ton-m/m) multiplicamos cada valor de (X_a) por cada valor de (DC). Y para finalizar nuestro calculo en la tabla en el ($M_a - x$ o $Y_a * DC$) (Ton-m/m) multiplicamos cada valor de (Y_a) por cada valor de (DC).

Para hallar el valor total de (DC) (en Ton/m) hacemos la sumatoria de cada valor de (DC) que anteriormente ya habíamos encontrado en cada área de nuestra sección del muro de ala.

El Valor de (XA), es la suma de los centros de gravedad de las áreas en el eje de las x hasta el punto A, dividido para la sumatoria de (DC).

YA, es la suma de los centros de gravedad de las áreas en el eje de las Y hasta el punto A, dividido para la sumatoria de (DC).

Peso del terreno (EV): se vuelve a repetir el mismo proceso anterior; pero tomando en cuenta las secciones que corresponden al terreno.

Flotación:

La flotación debe considerarse en las partes de la infraestructura que estén sumergida.

Para obtenerlo multiplicamos la carga NF de nivel freático (reacción por ml) por Ya que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del muro de ala (Punto A) en el sentido del eje Y.

Cálculo de Cargas Horizontales

Presión lateral del terreno

Multiplicamos la carga (EH) (reacción por ml) por Ya que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y.

Efecto combinado de (PAE y PIR)

Multiplicamos la carga (EQ) del terreno y la carga 0,5PIR (reacción por ml) por (YA) que es la distancia desde el centro de gravedad de cada carga respectiva hasta el punto más alejado del estribo (Punto A) en el sentido del eje Y para cada carga respectivamente.

Estados Límites Aplicables y combinaciones de Carga

Cargas Verticales (Vu)

Tomamos en cuenta las cargas verticales y en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (EV) por 1; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (EV) por 1,35; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (EV) por 1,00; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (EV) por 1,35; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (DC) es multiplicado por 1,00; (EV) por 1,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Momento Estabilizador por cargas Verticales (Mvu)

Debemos tener en cuenta las cargas verticales y en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (EV) por 1; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (EV) por 1,35; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (DC) es multiplicado por 0,90; (EV) por 1,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 0,50. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (DC) es multiplicado por 1,25; (EV) por 1,35; (NF) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (DC) es multiplicado por 1,00; (Pdc) por 1,00; (DW) por 1,00; (EV) por 1,00; (PLL+IM) por 1,00; (NF) por 1,00 y (LS) por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Cargas Horizontales (Hu)

Tomamos en cuenta las cargas Horizontales actuantes, en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (EH) es multiplicado por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (EH) es multiplicado por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (EH) es multiplicado por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (LS) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (EH) es multiplicado por 1,00; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Momento al Vuelco por Cargas Horizontales (MHu)

Se tomarán en cuenta las cargas Horizontales actuantes, en las cuales las multiplicamos por las siguientes reacciones de los estados límites:

Resistencia (IA); en donde (EH) es multiplicado por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Resistencia (IB); en donde (EH) es multiplicado por 1,75; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00; (Peq) por 0,00; y (BR) por 1,75. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IA); en donde (EH) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Ev. Extremo (IB); en donde (EH) es multiplicado por 0,50; (EH) por 1,50; (EQ terr) por 1,00; 0,5PIr por 1,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Servicio I; en donde (EH) es multiplicado por 1,00; (EH) por 1,00; (EQ terr) por 0,00; 0,5PIr por 0,00. Al final hacemos la sumatoria de estas operaciones.

Chequeo de Estabilidad y Esfuerzos

Vuelco alrededor de punto “A”

$$X_o = \frac{M_{vu} - M_{hv}}{V_u}$$

Estado Límite de Resistencia

$$e = \frac{B}{2} - X_o$$

Deslizamiento en base del estribo Sección 10.6.3.4

Presiones actuantes en la base del estribo

$$q_R = \phi_b * q_n$$

ϕ_b = Factor de resistencia de suelo (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010, Tabla 11.5.7-1.) igual a 0.55 para muros semi-gravitacionales (Resistencia).

Q_n = Resistencia nominal del suelo

FS = 3

Estado límite de Resistencia

$$X_o = \frac{M_{vu} - M_{hv}}{V_u}$$

Estado límite de Evento extremo

$$e = \frac{B}{2} - X_o$$

Estado límite de Servicio

$$q = \frac{V_u}{B - 2e}$$

DISEÑO DE PANTALLA

Tomamos en cuenta las cargas actuantes (LS, EH, EQterr, 0,5Pir, Peq y BR) colocamos las cargas distribuidas en ton/m, luego colocamos cada una de sus cargas en Ton. Hallamos la distancia (Yp) en m y finalmente sacamos el momento en ton-m, lo hacemos multiplicando la carga por (Yp).

Acero por Flexión

Resistencia I

$$M_u = n[1.75M_{LS} + 1.50 M_{EH} + 1.75M_{BR}]$$

Evento Extremo I

$$M_u = n[0.50 M_{LS} + 1.50 M_{EH} + 1.00 M_{EQ} + 0.50 M_{BR}]$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad A_s = \frac{M_u}{\phi_f f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Acero Mínimo

$$1) M_{cr} = 1.10 f_r S$$

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

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

$$2) 1.33 M_u$$

Acero por temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 bh}{2(b+h)} \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2.33 \text{ cm}^2/\text{m} \leq A_{s \text{ temp}} \leq 12.70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$S_{max} = 3b$$

Revisi3n de fisuraci3n por distribuci3n de armadura principal

Estado Límite de Servicio I

$M_s = 1 * \text{Momento LS} + 1 * \text{Momento EH} + 1 * \text{Momento (BR)}$

Ancho Tributario

Valor ingresado anteriormente por el Ingeniero diseñador o usuario.

Momento M_s para el ancho tributario

$M_s = M_s * (\text{Ancho tributario}/100)$

Ubicaci3n del eje neutro

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_{st} = n * A_s$$

Despejar y calculando momentos con respecto al eje neutro

$$A_t y * \left(\frac{y}{2}\right) = A_{st} * (d - y)$$

Esfuerzo del acero principal bajo cargas de servicio

$$jd = d - \frac{y}{3}$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{jd * A_s} \leq 0.6F_y$$

Separación máxima de la armadura

$$Ye = \begin{cases} 1.00 & \text{para condición de exposición Clase 1} \\ 0.75 & \text{para condición de exposición Clase 2} \end{cases}$$

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h - d_c)}$$

$$S_{max} = \frac{125000\gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$$

Revisión por corte

Resistencia 1

$$V_u = n[1.75V_{LS} + 1.50V_{EH} + 1.75V_{BR}]$$

Evento Extremo I

$$V_u = n[0.50V_{LS} + 1.50V_{EH} + 1.00V_{EQ} + 0.50V_{BR}]$$

Cortante Resistente

$$V_r = \phi V_n \quad \phi = 1.0$$

Siendo V_n el menor de:

$$\begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25f'_c b d_v + V_p \end{cases}$$

$$d_v = d_e - \frac{a}{2}$$

Siendo d_v no menor que el mayor valor de

$$0.90d_e$$

$$0.72h$$

DISEÑO DE CIMENTACION

Acero parte superior de zapata

$$M_u = n[1.25M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS}]$$

Acero Mínimo

$$M_{cr} = (1.1 * (2.01 * RAIZ(f_y)) * (100 * ((\text{Altura de Zapata} * 100)^2) / 6)) * 0.00001$$

$$1.33 M_u = 1.33 * \text{Momento ultimo}$$

Acero de temperatura

$$A_{s \text{ temp}} = \frac{0.18 bh}{2(b + h)} \text{ cm}^2 / m$$

$$S_{max} = 3b$$

Revisión del talón por corte

$$V_u = n[1.25V_{DC} + 1.35V_{EV} + 1.75V_{LS}]$$

Acero Parte Inferior de zapata

Para el diseño estructural del cimiento cargado excéntricamente se considera una distribución de esfuerzos

$$q_u = \frac{V_u}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad M_u = \frac{L^2}{6} (q_{3u} + 2q_{1u})$$

Acero Mínimo

$$1) M_{cr} = 1.10 f_r S$$

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

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

$$2) 1.33 M_u$$

Revisión de la punta por corte

$$V_u = 0.5(q_{1u} + q_{4u}) * (L_{punta} - d_v)$$

4.3.2.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

Para nuestro diseño de estribo fue necesario dividir en dos partes y es necesario que el usuario ingrese los valores a continuación explicados:

Pantalla Estribo parte 1:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Fundación:		
Tipo de suelo		ton/m
Peso unitario del suelo		
Capacidad admisible	Yt	
Ángulo de fricción interna	Lpunta	
Coefficiente sísmico de aceleración horizontal (NEC)	qadm	
Coefficiente de empuje activo del suelo	Øf	
Espesor superior de pantalla	A	
Coefficiente de presión activa sísmica	Kae	
Cohesión del suelo	c	
Resistencia Pasiva del Suelo	Rp	
Predimensionamiento:		
Altura • 1/2H - 2/3 H	H	m
Ancho de Zapata • 0.1 H	B	m
Altura de Zapata • B/3	D	m
Zarpa Delantera	Lpunta	m
Zarpa trasera	Ltalón	m
Espesor inferior de pantalla	tinf	m
Espesor superior de pantalla	tsup	m
Solicitaciones:		
Altura de relleno de zarpa delantera		m
Nivel Freático		m

Tabla 24 Variables de la Pantalla 1 del Muro de Ala

En la parte derecha de la pantalla tenemos un gráfico de la sección del Estribo en donde automáticamente aparecen los valores que el usuario ingresó en la pantalla.

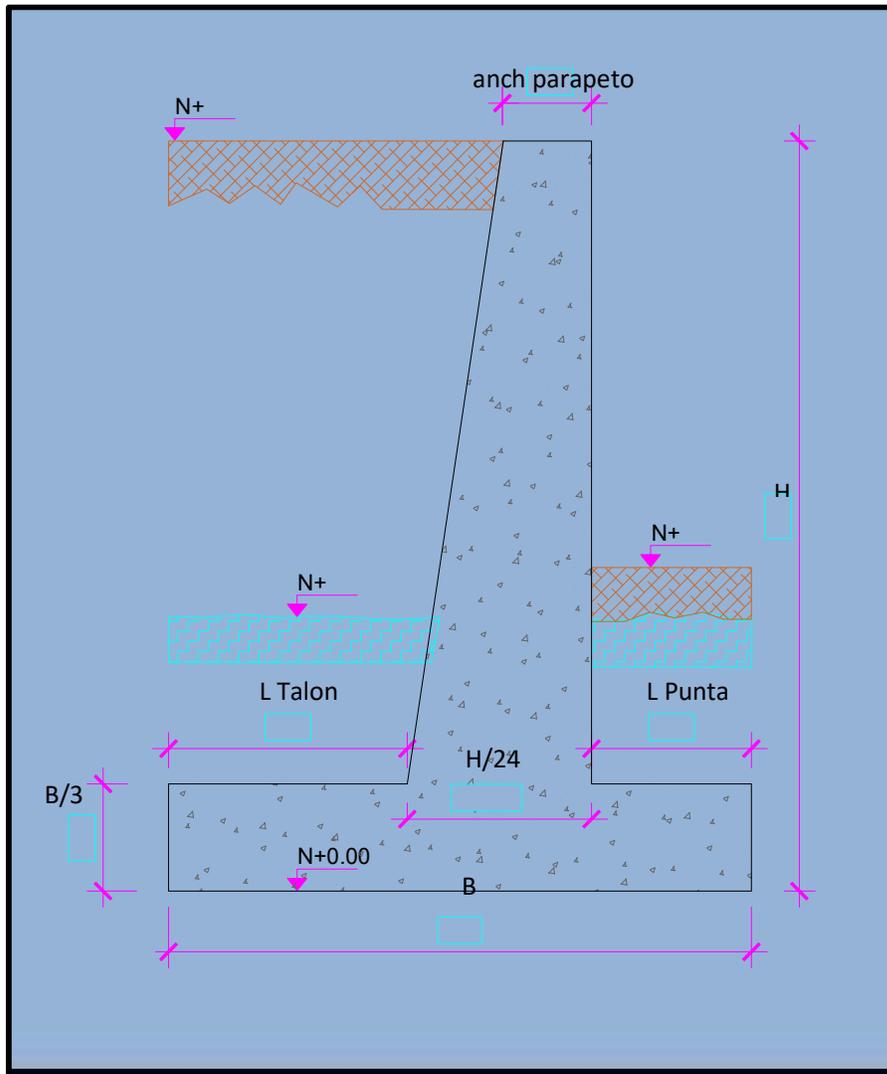


Ilustración 26 Sección del Muro de Ala

Por otra parte, al teclear revisar diseño y si cumplen las verificaciones se activará el botón de siguiente, entonces aquí donde aparece:

Pantalla del Estribo parte 2

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Pantalla		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm
Zapata		
Principal		mm
Separación		cm
Temperatura		mm
Separación		cm

Tabla 25 Variables de Pantalla 2 del Muro de Ala

En la parte derecha de la pantalla tenemos un gráfico de la sección de acero del Muro de Ala en donde automáticamente aparecerá el diseño con los respectivos aceros por medio de los datos que el usuario ingresó en la pantalla detallado en la tabla.

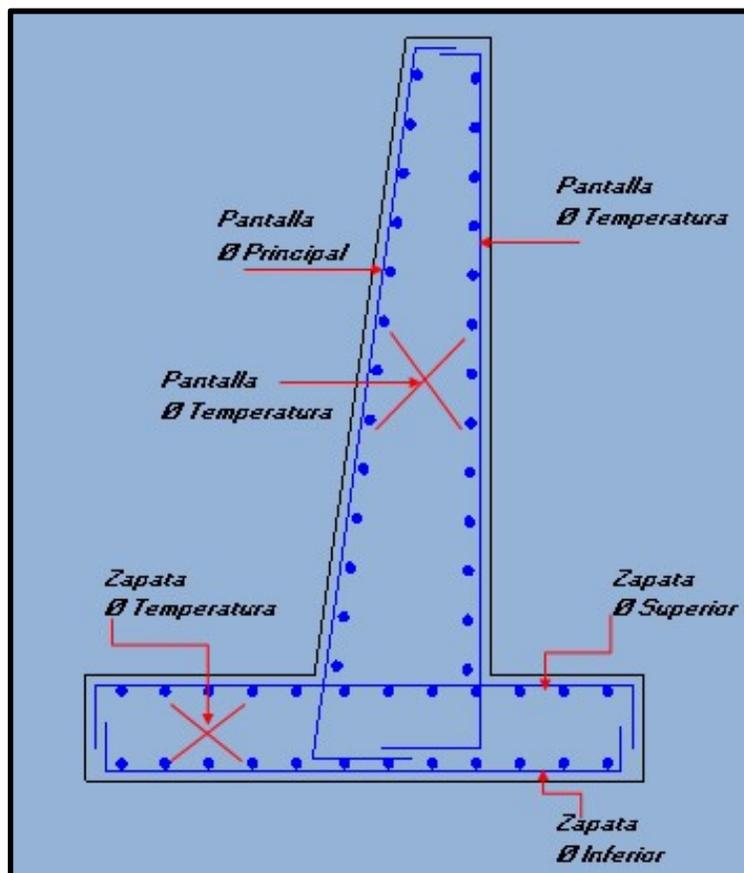


Ilustración 27 Sección de Acero del Estribo

4.3.2.4. Presentación de datos finales de cálculo

El algoritmo al final del cálculo da la facilidad al usuario de presentarle todo el proceso del diseño del muro de ala, el cual da los siguientes resultados:

Automáticamente el algoritmo genera un gráfico de la sección del estribo con los datos ingresados por el usuario

También tendremos los siguientes cálculos detallados en la siguiente tabla:

Descripción
Reacciones de la Superestructura
Cargas Verticales
Cargas Horizontales
Proceso de Cálculos y Verificaciones
Vuelco
Deslizamiento en la base del estribo
Presiones actuantes en la base del estribo
Diseño y Verificaciones de Acero
Pantalla Ø Principal
Pantalla Ø Temperatura
Zapata Ø Superior
Zapata Ø Inferior
Zapata Ø Temperatura
Corte Pantalla
Corte Talón
Corte Punta

Tabla 26 Datos finales del Estribo

Para finalizar el proceso se presenta la sección del muro de ala con su respectiva armadura de aceros principales, temperatura, superior e inferior, etc.

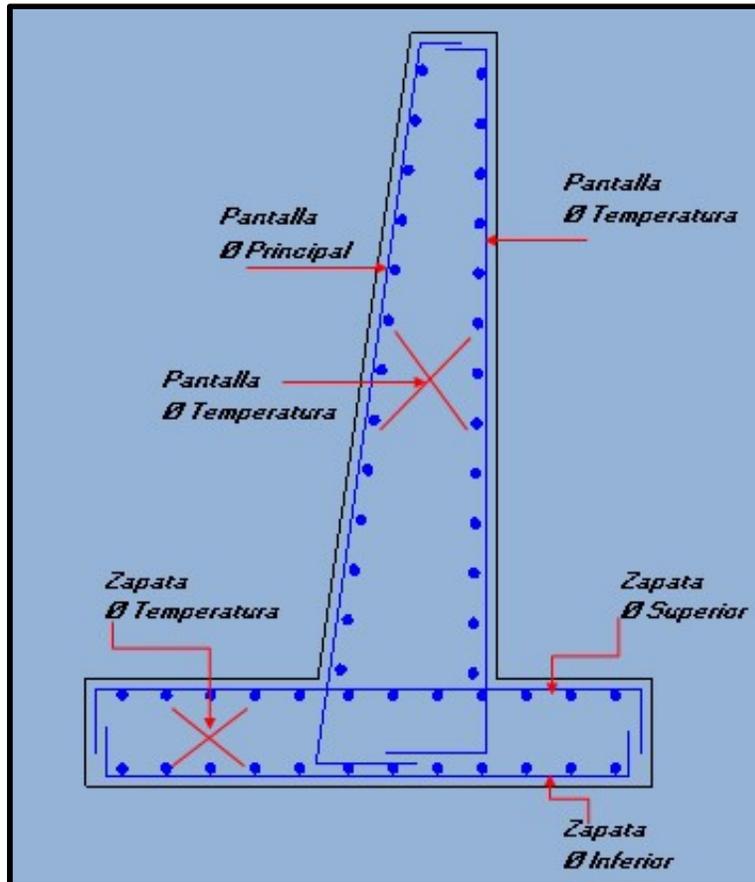


Ilustración 28 Armadura del Muro de Ala

4.4. DETALLES ESTRUCTURALES

4.4.1. Barandas

4.4.1.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de las barandas

Tipo de baranda: Hormigón Armado o Metálica

Peso por Metro lineal (Ton/m)

4.4.1.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Existen varios tipos de barandas; pero para nuestro algoritmo estamos proponiendo dos tipos: Baranda de Hormigón Armado y Baranda de Acero. En base a información y a distintos diseños realizados por el MTOP (Ministerio de Obras Públicas) hemos podido analizar y llegar a la conclusión de que estos dos diseños que estamos presentando son los más utilizados en estos dos años (2016-2017) y cumplen con las especificaciones de la normativa ASHTO LRFD.

Debemos aclarar que no estamos imponiendo que se usen solo estos dos diseños, ya que, si el Ingeniero Diseñador considera que requiere otro tipo, puede realizar su propio diseño de baranda dependiendo de su criterio y necesidades.

A continuación, presentaremos los dos tipos de diseños que incluimos en nuestro algoritmo:

Baranda de Hormigón Armado

Sección de la acera es igual al ancho de la acera (seleccionado por el diseñador) por 0,20m, peso específico es igual a 2,40 Ton/m³, peso por metro lineal de baranda damos la opción de que las personas ingresen este valor o que quede por defecto, peso por metro lineal de la acera es igual a la multiplicación del peso específico por la sección de la acera.

Baranda Metálica

Sección de la acera es igual al ancho de la acera (seleccionado por el diseñador) por 0,20m, peso específico es igual a 2,40 Ton/m³, peso por metro lineal de baranda damos la opción de que las personas ingresen este valor o que quede por defecto, peso por metro lineal de la acera es igual a la multiplicación del peso específico por la sección de la acera.

4.4.1.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

Los datos de la baranda deben ser llenados por el ingeniero diseñador en la pantalla de Preliminares 2, en la cual debe elegir entre nuestras dos barandas propuestas (Hormigón Jersey o metálica), también tendrá que elegir si coloca el peso por metro lineal en Ton/m o lo deja por defecto; si lo deja seleccionado por defecto no se habilitará la casilla de Peso por metro lineal.

4.4.1.4. Presentación de datos finales de cálculo

A continuación, una ilustración con los datos finales del diseño de hormigón armado:

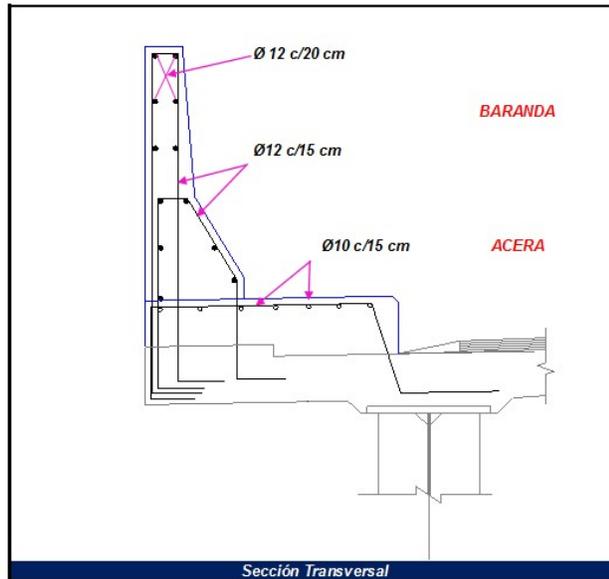


Ilustración 29 Vista Transversal Baranda Hormigón Armado

A continuación, presentamos ilustraciones con detalles de nuestra baranda metálica:

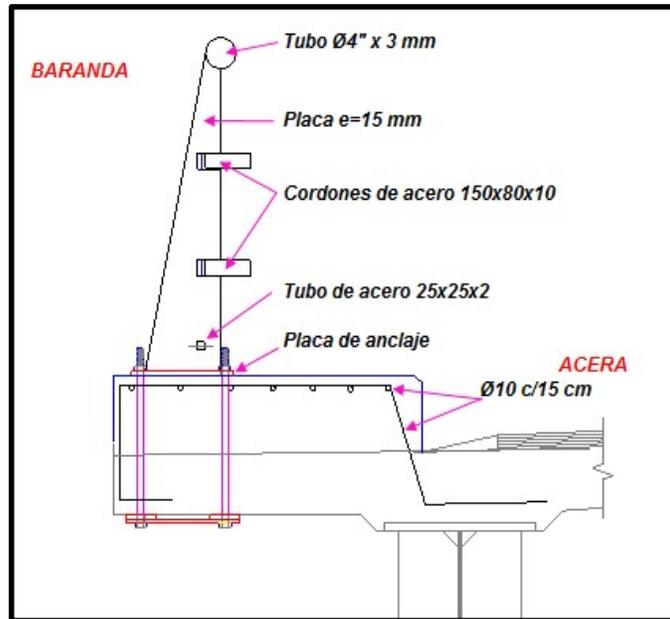


Tabla 27 Sección transversal Acera-Baranda Metálica

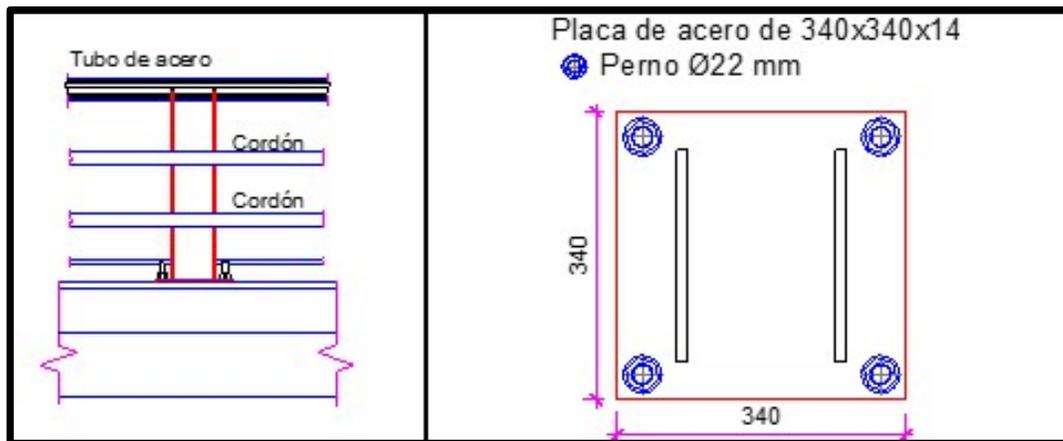


Ilustración 30 Detalles Adicionales Baranda Metálica

En ambos diseños al final se presentarán los siguientes datos:

Sección de acera (m²)

Peso específico (m³)

Peso por metro lineal baranda

Peso por metro lineal acera

4.4.2. Elementos de apoyo

4.4.2.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de apoyo

En nuestro diseño de neoprenos tendremos las siguientes variables de cálculos:

Temperatura mínima de la zona (°C)

Temperatura aproximada durante instalación (°C)

4.4.2.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Teniendo en cuenta que para iniciar con nuestro diseño debemos tener nuestro valor de ancho de viga (en m), módulo de corte G (en kg/cm²), placas de refuerzo fy (en kg/cm³) y la longitud del puente (en cm)

Iniciamos sacando el Área del Elastómero, la que encontramos teniendo carga muerta Pd (kgf) y la carga Viva PL (kgf), estos dos valores los sumamos dándonos la carga total PT (kgf). Luego la Carga Total Pt la dividimos para σ_s este debe ser menor o igual a 87,9kg/cm², dándonos como resultado el Área requerida (cm²) (Serquén, 2016). Luego debemos tener en cuenta que el ancho de la viga será el ancho del neopreno, sabiendo esto determinamos el valor del largo del neopreno, esto es la división del área requerida para nuestro ancho de viga, arrojándonos un valor en cm.

Máxima deformación por corte en el dispositivo

Esta estará en función de la variación de temperatura máxima y mínima que se genere en el sitio donde va a estar implantado el proyecto, estos valores son colocados por el usuario del algoritmo o Ingeniero diseñador, entonces $\Delta_{temp} = L * \alpha * \Delta_t$ en donde

L= longitud del puente

α = deformación máxima para el acero igual a 10,8 dividido para 1000000

Δ_t = variación de temperatura (Serquén, 2016).

Luego debemos encontrar la deformación máxima por corte $\Delta_s = 1.2 * \Delta_{temp}$, dándonos un valor en cm.

Espesor requerido por el elastómero

Debe ser mayor o igual a 2 por el Δ_s , valor en cm.

Factor de forma S mínimo

$$\sigma_s = \frac{P_t}{A}$$

En donde P_t es la sumatoria de carga viva y carga muerta y se lo divide para A que es el área requerida. Luego calculamos el valor de S_i debe ser mayor o igual a σ_s dividido para la multiplicación de 1,25 por el módulo de corte G

Grosor de una capa interior de elastómero

$$h_{ri} \leq \frac{LW}{2S_i(L + W)}$$

H_{ri} debe ser igual a la longitud del elastómero por la longitud de la viga, y todo esto dividido para 2 por S_i por la suma de la longitud del elastómero, más la longitud de la viga, dándonos un valor en cm.

Grosor de una capa exterior de elastómero

Esto no es más que la multiplicación de 0,7 por (h_{ri}), dándonos un valor en cm.

Número de capas interiores

$$n = (h_{rt} - 2h_{re})/h_{ri}$$

En donde (h_{rt}) es espesor requerido por el elastómero, el (h_{ri}) es el grosor de una capa interior de elastómero y (h_{re}) es el grosor de una capa exterior de elastómero. Luego comprobamos si nuestro valor de (n) satisface la condición o solicita rediseño.

Espesor total de Elastómero

$$h_{rt} = nh_{ri} + 2h_{re}$$

En donde n es el número de capas interiores, (h_{ri}) es el grosor de una capa interior de elastómero y (h_{re}) es el grosor de una capa exterior de elastómero.

Espesor total de placas de refuerzo

En este punto analizamos nuestro espesor total de placas de refuerzo por:

Estado Límite de Servicio

$$h_s \geq \frac{3h_{max}\sigma_s}{F_y}$$

Hs es igual a 3 por (hri) por σ_s y todo esto dividido para el fy de placas de refuerzo.

Estado Límite de Fatiga

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A}$$

σ_L es igual a la carga viva (PI) dividido para la multiplicación del ancho de viga por 100 y por la longitud del elastómero. Luego tenemos el valor de (ΔF_{th}) que es igual a 1687,00 kgf/cm².

$$h_s \geq \frac{2h_{max}\sigma_L}{\Delta F_{th}}$$

Calculamos (Hs) que es igual a 2 por (hri) por σ_L y todo esto lo multiplicamos por ΔF_{th} . Dándonos un valor en cm

Finalmente calculamos (hs) que es la comparación de los Hs eligiendo el valor máximo entre los dos.

Espesor total del dispositivo

H = (hrt) por la multiplicación de la suma de n más 1 por (Hs)

H = (hrt + (n+1) * Hs)

Estabilidad del dispositivo

$$H \leq \frac{L_n}{3}; H \leq \frac{W}{3}$$

Finalmente analizamos por estabilidad y determinamos si nuestro dispositivo satisface la condición o necesita de rediseño. En donde (L_n) es igual a la longitud del neopreno y (W) es el ancho del neopreno.

4.4.2.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

En nuestro Diseño de Neoprenos el Ingeniero diseñador deberá ingresar ciertos valores los cuales son indispensables de llenar.

En la pantalla de Preliminares en la sección de “OTRAS SOLICITACIONES” requieren ingresar los siguientes datos con las unidades señaladas a continuación:

<i>OTRAS SOLICITACIONES:</i>	
Presión del Viento	kg/m ²
Temperatura mínima de la zona	°C
Temperatura aproximada durante instalación	°C

Tabla 28 Variables para el diseño de Junta

4.4.2.4. Presentación de datos finales de cálculo

Para nuestro cálculo de diseño de Neopreno nos dará como resultados finales

Cálculos y Verificaciones:
Área del elastómero
Máxima deformación por corte en el dispositivo
Espesor requerido por el elastómero
Factor de forma S mínimo
Grosor de una capa interior de elastómero
Grosor de una capa exterior de elastómero
Numero de capas interiores
Espesor total de elastómero
Espesor total de placas de refuerzo
Espesor total del dispositivo
Estabilidad del dispositivo

Tabla 29 Resultados a mostrar Dispositivo de apoyo

4.4.3. Juntas de dilatación

4.4.3.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de juntas

En nuestro diseño de juntas tendremos las siguientes variables de cálculos:

Temperatura mínima de la zona (°C)

Temperatura aproximada durante instalación (°C)

4.4.3.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Debemos tener en cuenta que nuestra junta de dilatación es tipo TRANSFLEX

Este cálculo se lo realiza en base a la deformación máxima requerida la cual la analizaremos en los siguientes pasos:

Máxima deformación

$\Delta_{temp} = L * \alpha * \Delta_t$; En donde L es la longitud del puente, α es la deformación máxima para el acero igual a 10,8 dividido para 1000000, y Δ_t es la variación de temperatura en mm. Luego debemos encontrar la deformación máxima por corte $\Delta_s = 1.2 * \Delta_{temp}$, dándonos un valor en mm.

4.4.3.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

A continuación, se presentarán los datos que el Ingeniero Diseñador debe ingresar en el algoritmo para la determinación del tipo de junta.

En la pantalla de Preliminares en la sección de “OTRAS SOLICITACIONES” es indispensable que llene los siguientes datos con las unidades señaladas a continuación:

<i>OTRAS SOLICITACIONES:</i>	
Presión del Viento	kg/m ²
Temperatura mínima de la zona	°C
Temperatura aproximada durante instalación	°C

Tabla 30 Variables para el diseño de Junta

4.4.3.4. Presentación de datos finales de cálculo

Para nuestro Cálculo de diseño de la Junta de dilatación tendremos los siguientes resultados:

Tendremos la presentación de nuestra junta tipo TRANSFLEX

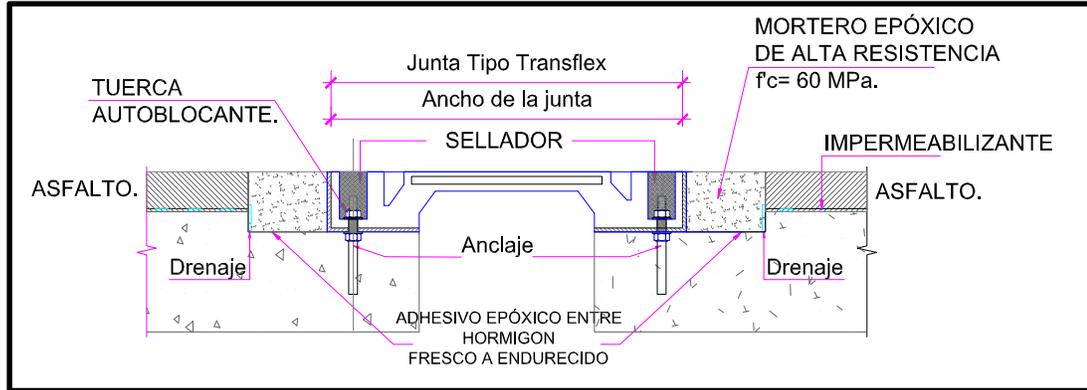


Ilustración 31 Detalle de Junta de Dilatación

También estará detallado el proceso para encontrar la máxima deformación y a su vez por medio del análisis anteriormente realizado da como resultado final la recomendación de qué tipo de Junta TRANSFLEX se deben utilizar por medio de esta tabla:

Modelo de Junta	Capacidad de movimiento (mm)	Ancho de la Junta (mm)	Ancho mínimo del parapeto (mm)
150	38	240	270
200	50	274	300
250	66	356	350
300	80	432	380

Tabla 31 Tipos de Juntas

4.4.4. Losa de Aproximación

4.4.4.1. Modelado matemático del cálculo del diseño

Iniciamos el proceso de cálculo de la siguiente manera:

Carga Muerta

Realizamos el cálculo para hallar nuestro peso propio en Kgf/m^2 , luego encontramos el peso del asfalto, la sumatoria de estos dos valores nos dará como resultado la carga muerta.

Carga Viva

Se toma en consideración a la carga de Camión y la carga de carril

1. Ancho de faja equivalente

Para 1 Carril; $W_1 = 9000$

Para 2 o mas carriles; $W_1 = 18000$

$$E = 250 + 0.42\sqrt{L_1 W_1}$$

$$E = 2100 + 0.12\sqrt{L_1 W_1} \leq \frac{W}{N_L}$$

Donde L_1 es igual a longitud de losa.

Entonces se compara entre los dos valores de E y se elige el valor mayor.

Factor de Distribución

$$F_d = 1/E$$

Para encontrar el valor del factor de distribución es igual a 1 dividido para el valor anteriormente encontrado del ancho de faja equivalente.

Determinación del Acero Principal

Inicialmente debemos encontrar el momento muerto el cual lo encontramos de la siguiente manera $\text{Carga Muerta total} / 1000 * (\text{longitud de la losa}^2) / 8$.

Proseguimos con el momento del carril, que es igual a $\text{Carga del carril} * (\text{longitud de la losa}^2) / 8$.

Luego debemos encontrar el momento de camión que es igual a la $(\text{Carga de camión} * \text{longitud de la losa}) / 4$.

Momento de carga viva

$$M_{viva} = (M_{carril} + 1.33 M_{camión}) * F_d$$

Momento último

$$M_u = 1.25D + 1.75L$$

Donde D es el momento de carga muerta y L es el momento de carga viva.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\phi 0.85 f'_c * b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

Φ varilla valor en mm ingresado por el usuario, valor en mm.

área de varilla = $(3,1416/4) * (\Phi \text{ varilla} / 10)^2$, valor en cm^2 .

varillas dividimos A_s para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que inicialmente ingresó el Ingeniero diseñador, valor en cm^2 .

Sección de acero real A_s es igual a $(100 / \text{Separación adoptada}) * \text{área de varilla}$, valor en cm^2 .

Cuantía es igual a $\text{Sección de acero real } A_s / (100 * (h_{\text{min}} - 2))$

$a = \text{Sección de acero real } A_s f_y / (0.85 f'_c b)$, valor en cm^2 .

$\Phi M_n = 0.9 \text{ Sección de acero real } A_s f_y (d - a/2)$, valor en $\text{Ton} \cdot \text{m}$

AL final se verifica si el ΦM_n es mayor al M_u , si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Determinación del Acero de Distribución

(Sección A - LRFD - 9.7.3.2) $\% = 3840 / (s^{0.5})$ este % no debe ser mayor al 67%; donde s es el espaciamiento entre vigas.

Acero de distribución va a ser igual a $\% * A_s / 100$, valor en cm^2

Φ varilla valor en mm ingresado por el Ingeniero diseñador, teniendo como resultado un valor en mm.

área de varilla = $(3,1416/4) * (\Phi \text{ varilla} / 10)^2$, valor en cm^2 .

varillas dividimos A_s para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que inicialmente ingresó el Ingeniero diseñador, valor en cm².

Sección de acero real es igual a (100/ Separación adoptada) * área de varilla, valor en cm².

AL final se verifica si el acero real es mayor al Acero de distribución, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Determinación del Acero de temperatura

Acero por temperatura = 0.0018 b x hmin, valor en cm²

Φ varilla valor en mm ingresado por el usuario, valor en mm.

área de varilla = (3,1416/4) * (Φ varilla /10) ^2, valor en cm².

varillas dividimos As para el área de varilla.

Separación dividimos 100 para el # varillas, valor en cm.

Separación adoptada, es la que en un inicio el Ingeniero diseñador ingresó, valor en cm².

Sección de acero real es igual a (100/ Separación adoptada) * área de varilla, valor en cm².

Se procede con una verificación en donde existe la condición de que, si el acero real es mayor al acero por temperatura, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

4.4.4.2. Presentación de datos finales de cálculo

En nuestro cálculo de la losa podremos determinar los siguientes datos finales:

Momento por carga Muerta

Momento por Carga Viva

Momento por carga Viva + impacto

Momento Último

Una vez determinados los momentos se presentan en nuestros diseños la determinación del acero principal, por distribución y por temperatura en los cuales se verifica que cumplan algunos requerimientos de la siguiente manera:

Verificación del Acero Principal

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el ΦM_n es mayor al M_u , si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm como acero principal perpendicular al tráfico.

Verificación del acero de distribución

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el acero real es mayor al Acero de distribución, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm en fibra inferior de losa.

Verificación del Acero de temperatura

Una vez realizado el cálculo el algoritmo verifica si el acero real es mayor al Acero por temperatura, si cumple esta condición satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá aumentar Refuerzo.

Y cumpliendo esta condición el algoritmo recomendará usar diámetro en mm y separación en cm en fibra superior de losa.

Finalmente aparecerá la sección de tablero de la losa con los aceros correspondientes a nuestro cálculo de diseño.

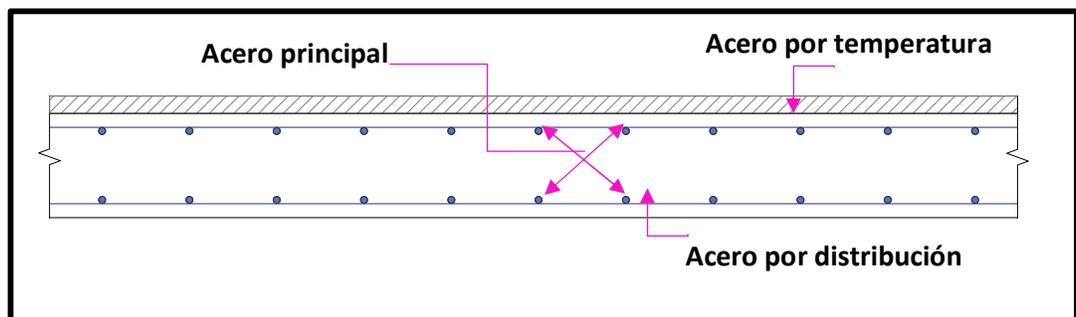


Ilustración 32 Sección del tablero de losa

4.4.5. Arriostramiento

4.4.5.1. Identificación de variables en el cálculo para el diseño de Arriostramiento

En nuestro diseño de Arriostrado tendremos las siguientes variables de cálculos:

ARRIOSTRAMIENTO:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Arriostramiento inferior:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm
Diafragmas:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm
Diagonales:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm

Tabla 32 Variables de cálculo de Arriostrado

4.4.5.2. Modelado matemático del cálculo del diseño

Para iniciar nuestro diseño de arriostramiento debemos tener claro que es la verificación del esfuerzo que genera el empuje del viento a la estructura. También debemos conocer los valores de la Presión adoptada del viento (P_v), Distancia desde el patín inferior hasta CG (C_{ab}), Longitud total de viga (L), Esfuerzo de Fluencia del acero (f_y).

Se presentan los pasos de nuestro cálculo:

DISEÑO DE ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR

Se deberá asumir que la carga de viento sobre la mitad inferior de la viga exterior se aplica lateralmente al ala inferior mientras que en su parte superior es conducida a los apoyos por medio del tablero que actúa como un diafragma lateral

Área actuante. - es el área donde se distribuye el empuje generado por el viento, el cual va desde el eje de la inercia de la viga hasta la base de la viga. En otras palabras, se multiplica Distancia desde el patín inferior hasta C.G. por la Longitud Total de viga, dándonos un valor en m^2 .

Fuerza actuante. - es igual a la multiplicación del área actuante por la presión de viento adoptada por 0,009, dándonos un valor en Kn. Esta fuerza se descompone generando las siguientes dos reacciones:

Reacción en Apoyo. - es la división de la fuerza actuante para 2, generando un valor en KN.

Reacción diagonal en Apoyo (T). - a la fuerza actuante la dividimos para el SENO del ángulo 45, teniendo como resultado un valor en KN.

Perfil seleccionado. - Este perfil lo generamos automáticamente con los valores agregados por el Ingeniero diseñador mencionados en el punto 2.5.3.1.

Área del arriostamiento inferior. - la calculamos de la siguiente manera, el alto (mm) más la diferencia entre el largo (mm) menos el espesor (mm) y lo todo este resultado lo multiplicamos para el espesor (mm). Generándonos un valor en mm^2 .

Longitud del perfil (l). - Este valor es la longitud real del perfil. La manera de calcularlo es $\text{Raíz}((\text{separación de rigidizadores})^2 + (\text{separación entre vigas})^2) * 1000$

k (perfil soldado). - en nuestro caso el perfil es empotrado móvil y por criterio y en base a factores móviles de ACI, hemos considerado que $K=0,75$

Verificación a tracción

Tracción máxima.- es igual a 240 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

Tracción mínima. - Dividimos la longitud del perfil para el radio de giro

Luego procedemos a verificar la condición en donde la tracción máxima debe ser mayor a la tracción admisible. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación a compresión.

Compresión máxima.- igual a 140 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Compresión mínima. - Multiplicamos nuestro perfil soldado (k) por longitud del perfil y este resultado lo dividimos para el radio de giro.

Luego procedemos a verificar la condición en donde la compresión máxima debe ser mayor a la compresión admisible. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación por esfuerzo

Área neta. - es igual al área por 0,85, valor en mm^2 .

Esfuerzo real. - es igual a la Reacción diagonal en Apoyo (T) dividido para el área neta por 1000

Esfuerzo admisible. - es igual a 0,50 por Esfuerzo de fluencia del acero (f_y).

Luego verificamos si satisface la condición en donde el Esfuerzo admisible debe ser mayor al esfuerzo real, de lo contrario el algoritmo pedirá cambiar de perfil.

DISEÑO DE DIAFRAGMAS

CORDONES

Perfil seleccionado. - Este perfil lo generamos automáticamente con los valores agregados por el usuario o Ingeniero diseñador mencionados en el punto 2.5.3.1.

En donde tenemos alto x largo x espesor

Área de cordones. - la calculamos de la siguiente manera, el alto (mm) más la diferencia entre el largo (mm) menos el espesor (mm) y todo este resultado lo multiplicamos para el espesor (mm). Generándonos un valor en mm^2 .

Longitud del perfil (l). - Este valor es la longitud real del perfil. La manera de calcularlo es separación entre vigas *1000

k (perfil soldado). - en nuestro caso el perfil es empotrado móvil y por criterio y en base a factores móviles de ACI, hemos considerado que $K=0,75$

Verificación a tracción

Tracción máxima.- igual a 240 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010)

Tracción admisible. - Dividimos la longitud del perfil para el radio de giro

Luego procedemos a verificar la condición en donde la tracción máxima debe ser mayor a la tracción mínima. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación a compresión.

Compresión máxima.- igual a 140 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Compresión admisible. - Multiplicamos nuestro perfil soldado (k) por longitud del perfil y este resultado lo dividimos para el radio de giro.

Luego procedemos a verificar la condición en donde la compresión máxima debe ser mayor a la compresión admisible. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación por esfuerzo

Área neta. - es igual al área por 0,85, valor en mm^2 .

Esfuerzo real. - es igual a la Reacción diagonal en Apoyo (T) dividido para el área neta por 1000

Esfuerzo admisible. - es igual a 0,50 por Esfuerzo de fluencia del acero (f_y).

Luego verificamos si satisface la condición en donde el Esfuerzo admisible debe ser mayor al esfuerzo real, de lo contrario el algoritmo pedirá cambiar de perfil.

DIAGONALES

Perfil seleccionado. - Este perfil lo generamos automáticamente con los valores agregados por el usuario o Ingeniero diseñador, mencionados en el punto 2.5.3.1.

En donde tenemos alto x largo x espesor

Área de cordones. - la calculamos de la siguiente manera, el alto (mm) más la diferencia entre el largo (mm) menos el espesor (mm) y lo todo este resultado lo multiplicamos para el espesor (mm). Generándonos un valor en mm^2 .

Longitud del perfil (l). - Este valor es la longitud real del perfil. La manera de calcularlo es separación entre vigas * 1000

k (perfil soldado). - en nuestro caso el perfil es empotrado móvil y por criterio y en base a factores móviles de ACI, hemos considerado que $K=0,75$

Verificación a tracción

Tracción máxima.- igual a 240 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Tracción admisible. - Dividimos la longitud del perfil para el radio de giro

Luego procedemos a verificar la condición en donde la tracción máxima debe ser mayor a la tracción mínima. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación a compresión.

Compresión máxima. - igual a 140 (AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010).

Compresión admisible. - Multiplicamos nuestro perfil soldado (k) por longitud del perfil y este resultado lo dividimos para el radio de giro.

Luego procedemos a verificar la condición en donde la compresión máxima debe ser mayor a la compresión admisible. Cuando se cumple esta condición significa que nuestro perfil satisface, de lo contrario el algoritmo pedirá que cambie el perfil.

Verificación por esfuerzo

Área neta. - es igual al área por 0,85, valor en mm^2 .

Esfuerzo real. - es igual a la Reacción diagonal en Apoyo (T) dividido para el área neta por 1000

Esfuerzo admisible. - es igual a 0,50 por Esfuerzo de fluencia del acero (f_y).

Luego verificamos si satisface la condición en donde el Esfuerzo admisible debe ser mayor al esfuerzo real, de lo contrario el algoritmo pedirá cambiar de perfil.

4.4.5.3. Elaboración de interfaz para el ingreso de datos

Para nuestro diseño de Arriostrado es necesario que el Ingeniero diseñador ingrese los datos detallados a continuación:

Descripción	Nomenclatura	Unidades
Arriostramiento inferior:		
Cordón:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm
Diafragmas:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm
Diagonales:		
Alto = h (mm)	h	mm
Largo = l (mm)	l	mm
Espesor = e (mm)	e	mm
Radio de giro = r (mm)	r	mm

Tabla 33 Variables del Arriostramiento

4.4.5.4. Presentación de datos finales de cálculo

En nuestro diseño del Arriostramiento presentaremos como datos finales lo detallado en la siguiente tabla incluidas las verificaciones:

Cálculos y Verificaciones:

DISEÑO DE ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
Superficie de influencia y Fuerza
Verificación a tracción
Verificación a compresión
Verificación por esfuerzo

DISEÑO DE DIAFRAGMAS
CORDONES
Verificación a tracción
Verificación a compresión
Verificación por esfuerzo

DIAGONALES
Verificación a tracción
Verificación a compresión
Verificación por esfuerzo

Tabla 34 Datos finales del Arriostramiento

Finalmente se presentan detalles finales de Arrostramiento inferior y de los diafragmas con sus respectivos datos arrojados por el proceso de cálculo.

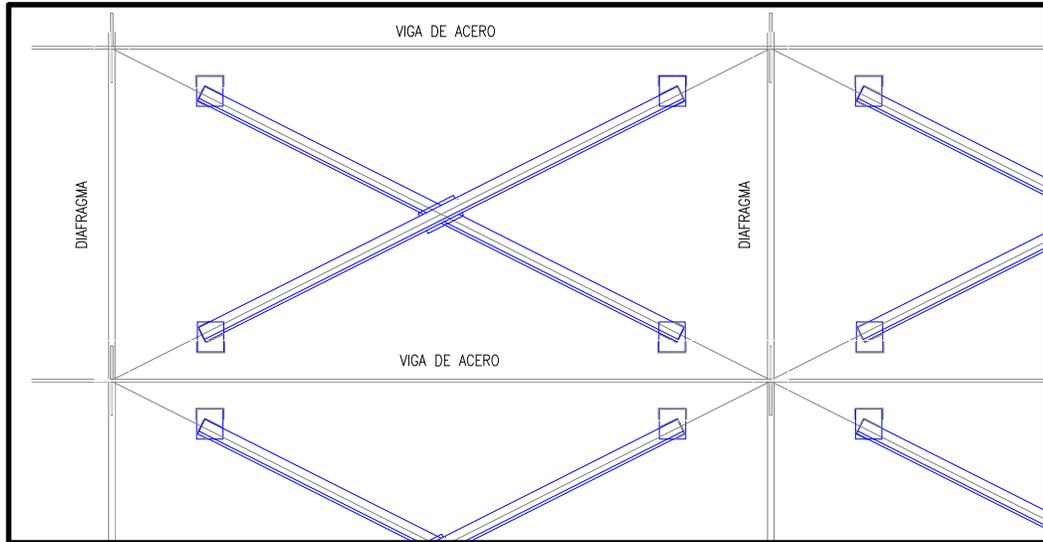


Ilustración 33 Planta Arriostramiento Inferior

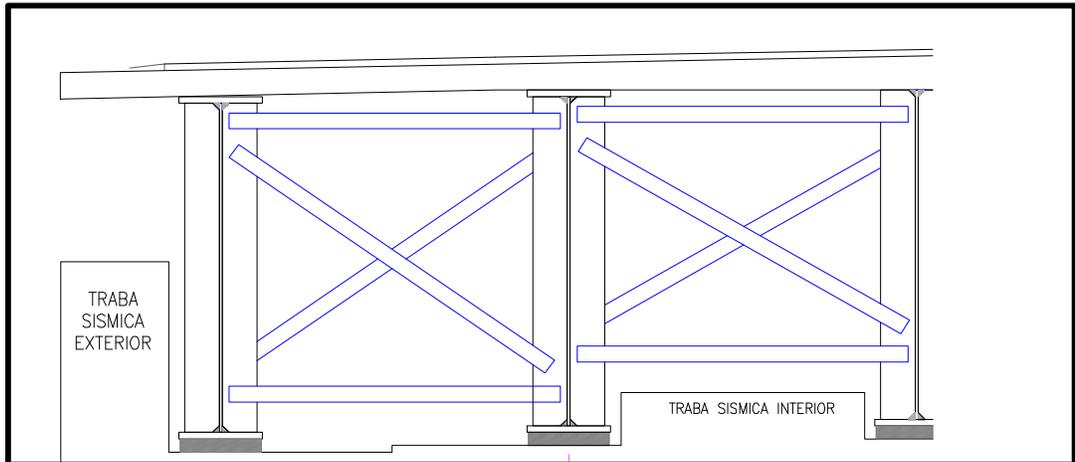


Ilustración 34 Alzado Diafragmas

4.4.6. Elementos de sujeción

En el diseño de las vigas de puentes se consideran elementos que brinden soporte o den cabida a las solicitaciones y demandas que requieren las deformaciones que se generan por las cargas vivas que actúan sobre las mismas.

Para este efecto se diseñan elementos de apoyo y seguridades en el estribo que controlen los movimientos generados en los extremos de las vigas; sin embargo, para el caso de diseños de vigas para puentes, se requiere anclar uno de los extremos, esto permitirá que las fuerzas internas generadas puedan ser disipadas en el extremo opuesto sin que golpeen el parapeto del estribo.

El perno de anclaje soportará la fuerza ejercida por el frenado del camión de diseño haciéndolo trabajar a tracción, sin considerar la reducción de la aplicabilidad de esta fuerza con respecto a la inercia de los elementos del tablero.

Se considera, por lo tanto, el primer caso aplicado al camión de diseño, ya que este genera la fuerza más desfavorable.

La fuerza de frenado debe considerarse en todos los carriles cargados y que transporten las cargas en la misma dirección.

Para este cálculo se consideran los pesos por eje del camión HL-93, y que el número máximo de carriles se encuentra cargado (4 carriles)

$$F_{BR} = 0.25 (\text{pesos por eje}) \times N^{\circ} \text{Carriles}$$

$$F_{BR} = 0.25 (32.70 \text{ ton}) \times 4 \text{ carriles}$$

$$F_{BR} = 32.70 \text{ ton}$$

La tracción axial que resistirá el perno se determina mediante la siguiente fórmula:

$$R_{nt} = \phi F_t A_b$$

R_{nt} = Tracción axial

F_t = Fuerza de tracción nominal (acero A325 = 6330 kg/cm²)

A_b = Área del perno $\phi = 36 \text{ mm}$ (10.18 cm²)

$\phi = 0.75$

$$R_{nt} = 48329.55 \text{ kg}$$

$$R_{nt} = 48.33 \text{ ton}$$

DETALLE DE ANCLAJE DE LA VIGA AL ESTRIBO

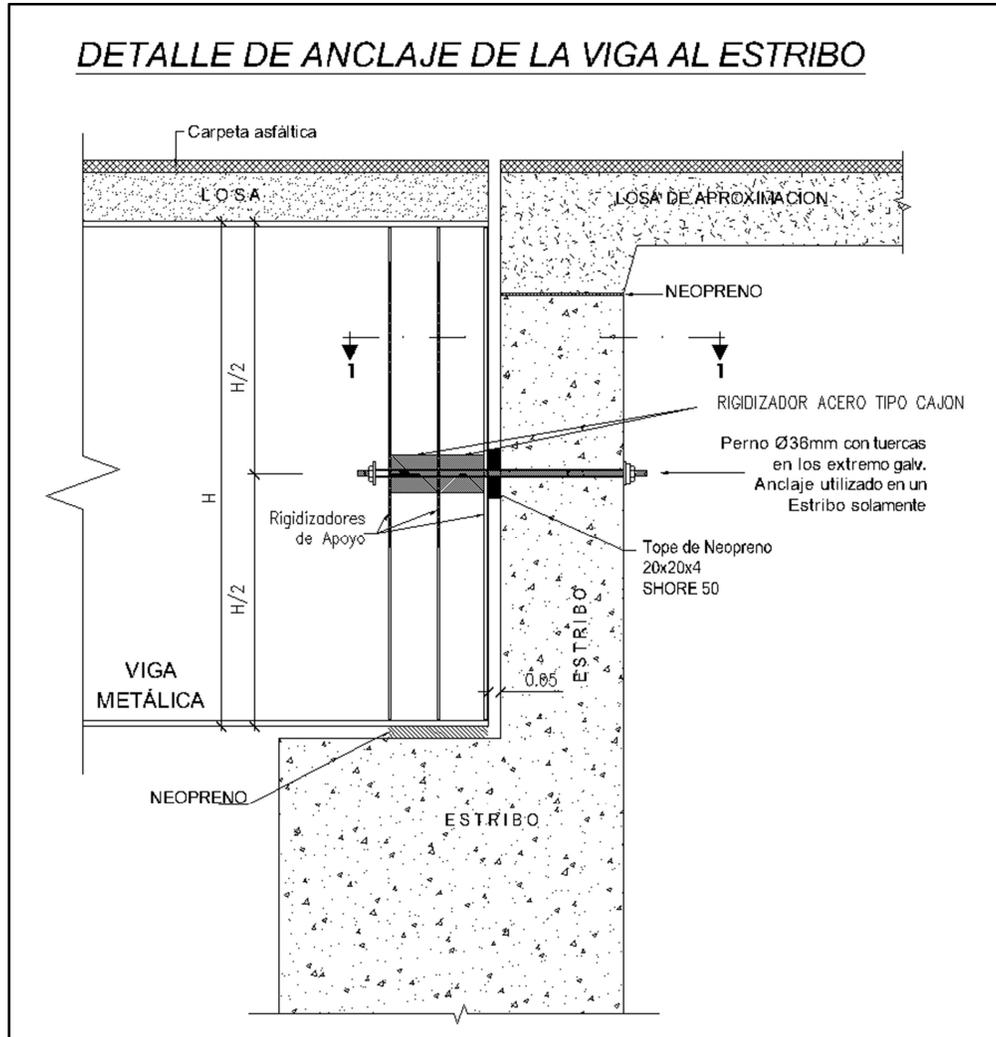


Ilustración 35 Elementos de sujeción

CONCLUSIONES

“BelCai Bridge” propone analizar un puente de un solo tramo, de una luz de hasta 50m simplemente apoyado bajo la normativa AASHTO LRFD, ACI Y MTOP. Lo cual representará una gran herramienta de ayuda para el Ingeniero Civil Ecuatoriano

En el software “BelCai Bridge”, debemos de tener en cuenta que se propone como análisis de cálculo a un proceso concatenado, en el cual, un análisis de un elemento dependerá de otro valor analizado en un proceso anterior de cálculo. Esto se realizó para tener un orden en el proceso de análisis de cada elemento compuesto por el puente.

Además del algoritmo estructural, tratando de dar un plus, se elaboró una interfaz gráfica para el diseño Estructural de Puentes, en la cual, ingresando una serie de datos por el usuario por cada elemento que constituye el puente. “BelCai Bridge” propone como resultado final la memoria de cálculo con todo el proceso del diseño de puente y también incluimos generar los planos de cada elemento analizado con su diseño estructural.

RECOMENDACIONES

El programa está abierto a cambios y modificaciones, se recomienda que a largo plazo los compañeros de la carrera de ingeniería civil puedan agregarle más solicitudes y que lo hagan de varios tramos y con pilas intermedias, que realice estudios de suelo, pilotes entre otros estudios que se pueden considerar para hacer el programa más completo.

También proyectándolo a futuro, pensando muy ambiciosamente que al programa se le incorpore la determinación presupuesto para cada diseño estructural, esto haría aún más atractivo el software.

Analizando la parte estructural y de presupuesto del puente, será más factible el agregarle la opción de que arroje un análisis de tiempo y programación a modo de cronograma valorado.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS. (2010). *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*. Estados Unidos.
- Beltrán , L., & Caicedo, J. (2015). *Apuntes de Ingenieria Universidad Laica*. Guayaquil, Ecuador.
- Brockenbrough, R. L., & Merritt, F. S. (2013). *Manual de diseño de estructuras de acero*. Colombia: Mc Graw Hill.
- Serquén, A. R. (2016). *Puentes con AASHTO LFRD 2014*. Perú.
- Transportation, M. D. (n.d.). Retrieved from Minnesota Department of Transportation: www.dot.state.mn.us/bridge/pdf/lrfdmanual/lrfdbridgedesignmanual.pdf

ANEXO 1: PRESENTACIÓN DEL ALGORITMO “BELCAI BRIDGE”,
FUNCIONES Y MANUAL DE USUARIO



BELCAI BRIDGE

MANUAL DE USUARIO

Acerca del Manual.

Propósito.

Este manual de usuario tiene como objetivo principal el ser una guía básica para la operación del software “BelCai Bridge”. Esto permitirá al usuario adquirir los conocimientos fundamentales para el manejo adecuado y eficaz del algoritmo, y que también lo use de guía informativa para que realice consultas cuando el usuario lo requiera.

Se desea dar una visualización más detallada de la capacidad, cualidades y limitaciones del sistema, por medio del cual, de forma inmediata, permitirá una atención al usuario mediante la utilización de los procesos involucrados en el diseño de cálculo.

Para cualquier sugerencia, comentario o consulta referente al software, se pone a disposición los correos electrónicos hlbl.cb@gmail.com jamid.caicedo2017@gmail.com; en los cuales con mucho agrado se recibirán para resolverlas en el menor tiempo posible.

Conocimientos necesarios.

- Ser Ingeniero Civil de preferencia especializado en Estructuras.
- Tener conocimientos del Diseño Estructural de Puentes
- El sistema operativo o sistema básico con el cual se ejecuta el Software BelCai Bridge.
- Los principios básicos de la utilidad de las normativas AASHTO

Introducción.

El software “BelCai Bridge” fue creado con la finalidad de ser una herramienta para el Ingeniero Civil, dirigido al sector de la construcción.

Con la creación de este algoritmo se desea ayudar al sector de ingenieros civiles estructurales, para que tengan una novedosa herramienta constructiva que les permita diseñar puentes de una manera más rápida, sencilla y ahorrándole mucho tiempo y dinero; ya que la elaboración de estos proyectos es muy costosa y requieren de gran demanda de tiempo. De esta manera se logra conectar los pueblos dándoles un fácil y rápido acceso para realizar las actividades diarias y así se mejora la calidad de vida de nuestras poblaciones.

Visión global.

Especificaciones.

Los requisitos básicos del sistema son:

-  Sistema Operativo Windows XP en adelante
-  Procesador Intel i5 o superior
-  Resolución de Pantalla mínima 1280x768
-  Office 2010 en adelante

Ambiente de desarrollo

La solución fue desarrollada en Microsoft Visual Studio 2013, en lenguaje C#. Framework 3.5 para que así sea compatible con varias versiones de Windows.

Compatibilidad

La aplicación es compatible con las siguientes versiones de Windows:

-  Vista
-  7
-  8
-  8.1
-  10

Requerimientos básicos

Las pc o laptop para la correcta ejecución del programa deben tener instaladas las siguientes aplicaciones.

-  Microsoft Excel 2007 +adelante
-  Adobe Reader (PDF)
-  Framework 3.5 (ya incluido en las versiones de Windows)

Recomendaciones

El sistema se visualiza mejor en pantallas de alta resolución, se recomienda pantallas con resoluciones superior o igual a 1280 x 960

Descripción de funcionalidad

El sistema es una interfaz visual amigable, didáctica, que te muestra la información del proyecto que uno seleccione.

Toda la información y cálculos de los diferentes proyectos o casos, se encuentran documentada en una hoja de Excel (que llamaremos plantilla), a la que se conecta el sistema. La plantilla de Excel es la base de conocimiento o información que utiliza el programa.

Se encuentran carpetas con imágenes y archivos PDF relacionados a los diferentes casos descritos en la plantilla. El programa también toma de esas carpetas las imágenes a mostrar y los pdf.

El sistema al ingresar presenta un menú con 3 botones que brindan información del programa.

Al dar clic en el botón de nuevo se enlaza, generando una copia temporal sobre la cual trabajar

Cada vez que se avanza entre los paneles, el sistema va al Excel donde graba y consulta información.

Imágenes del desarrollo

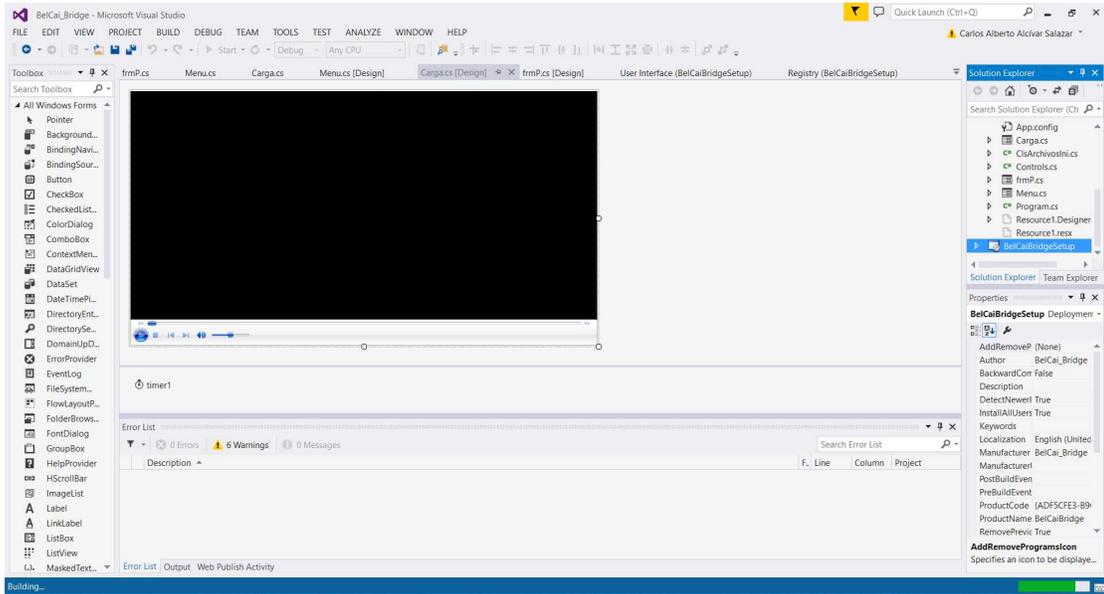


Ilustración 36 Desarrollo del Programa en Visual Studio

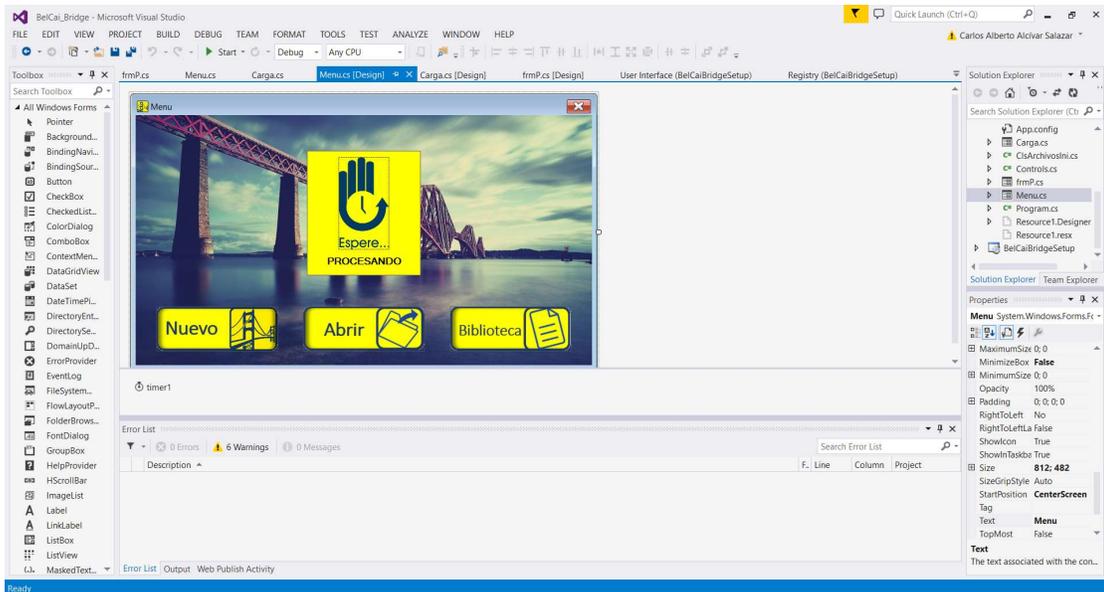


Ilustración 37 Desarrollo del Menú de BelCai

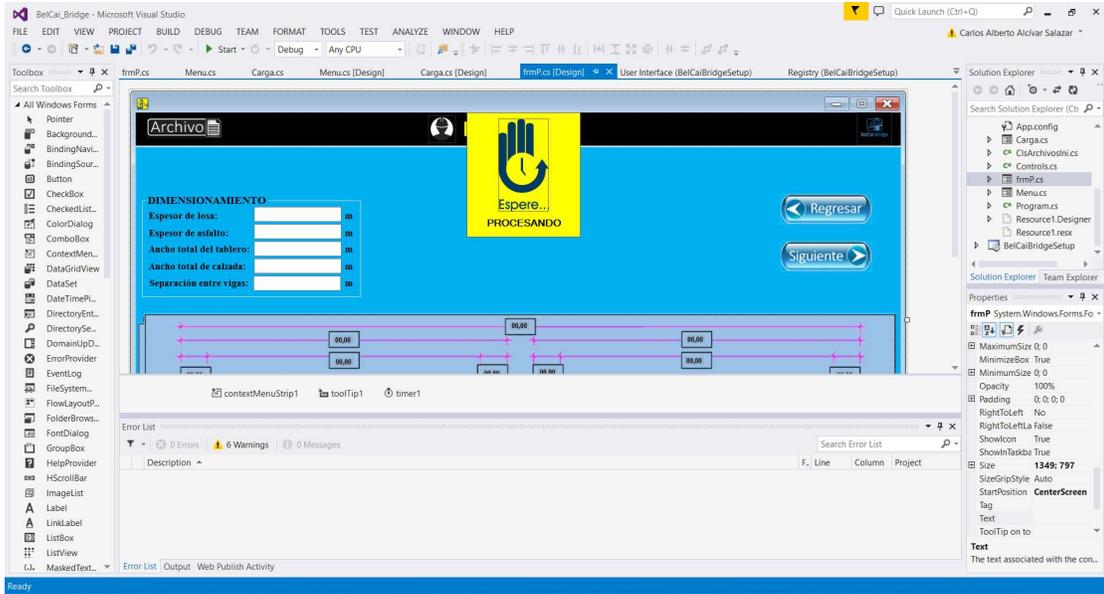
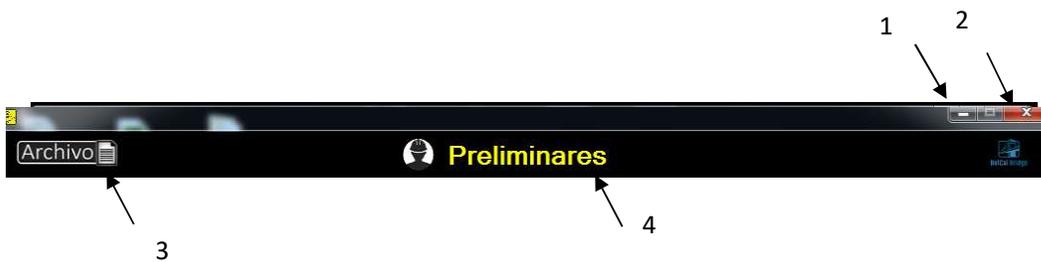


Ilustración 38 Desarrollo de BelCai en Visual Studio

Conceptos generales.



1 y 2 son los botones de minimizar y salida de una pantalla respectivamente, y el botón 3 de archivo que permitirá guardar el archivo.

4 es la barra informativa con las diferentes secciones del puente.

Acceso.



BELCAI BRIDGE

Ilustración 39 Icono del software

El acceso al sistema se lo realiza dando doble clic en el icono del programa, lo cual permitirá el ingreso directo del usuario al sistema en su pantalla de inicio, en dónde aparecerá una presentación de bienvenida mientras el software se carga para empezar a diseñar.



Ilustración 40 Ventana de Inicio

Una vez que el programa cargue en un tiempo aproximado de 12 segundos aparecerá la pantalla inicial del menú en donde empezaremos a trabajar.



Ilustración 41 Ventana Principal

El botón SALIR o  abandonan el sistema de inmediato finalizando su utilización.



El botón Nuevo al dar clic nos permitirá crea un archivo en blanco o nuevo.



EL botón Abrir, al darle clic aparecerá una carpeta en donde buscaremos archivos anteriormente guardados, en donde podremos editar o revisar el archivo abierto.

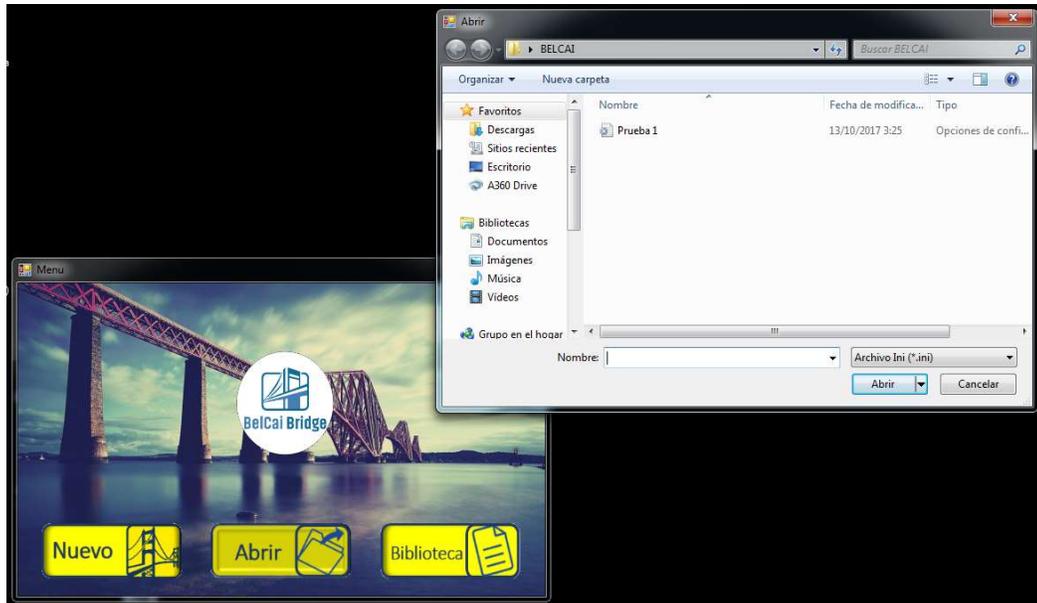


Ilustración 42 Abrir archivo



El botón Biblioteca es un botón de información para el usuario, en donde al dar clic aparecerá una carpeta que contiene dos archivos en formato PDF, uno es el manual de usuario del Programa BELCAI BRIDGE, y el otro es la NORMATIVA AASHTO.

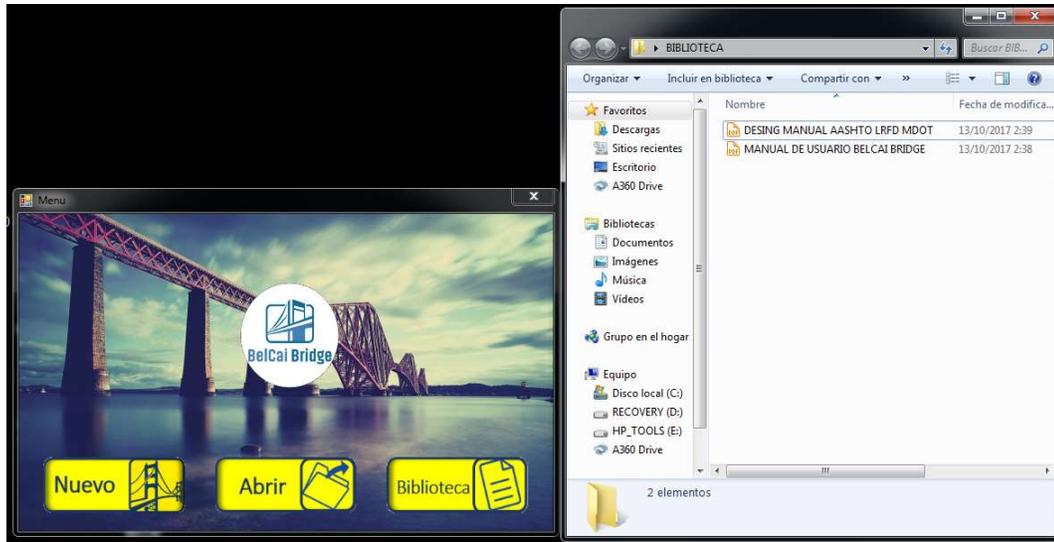


Ilustración 43 Biblioteca

Crear Archivo Nuevo.

Al momento de dar clic en el botón Nuevo permitirá crear un archivo en el cual se empezará a diseñar.

Mensaje de Espera



Este mensaje aparecerá al momento en que el programa esté procesando alguna acción que el usuario le ordenó, en algunas acciones tomará más tiempo dependiendo de la cantidad de información que deba procesar.

Preliminares

En esta Pantalla se ingresan los datos previos del diseño

Ilustración 44 Pantalla Preliminares I

En esta pantalla aparecerán los siguientes botones:



Este botón al dar clic aparecerá la opción de grabar y la de salir.



Al dar clic en el botón Salir la pantalla automáticamente se cerrará y volverá a la pantalla de menú de inicio.

Al dar clic en la opción de Grabar se abrirá un cuadro de dialogo en donde se podrá guardar el archivo en la ubicación y con el nombre de su preferencia.

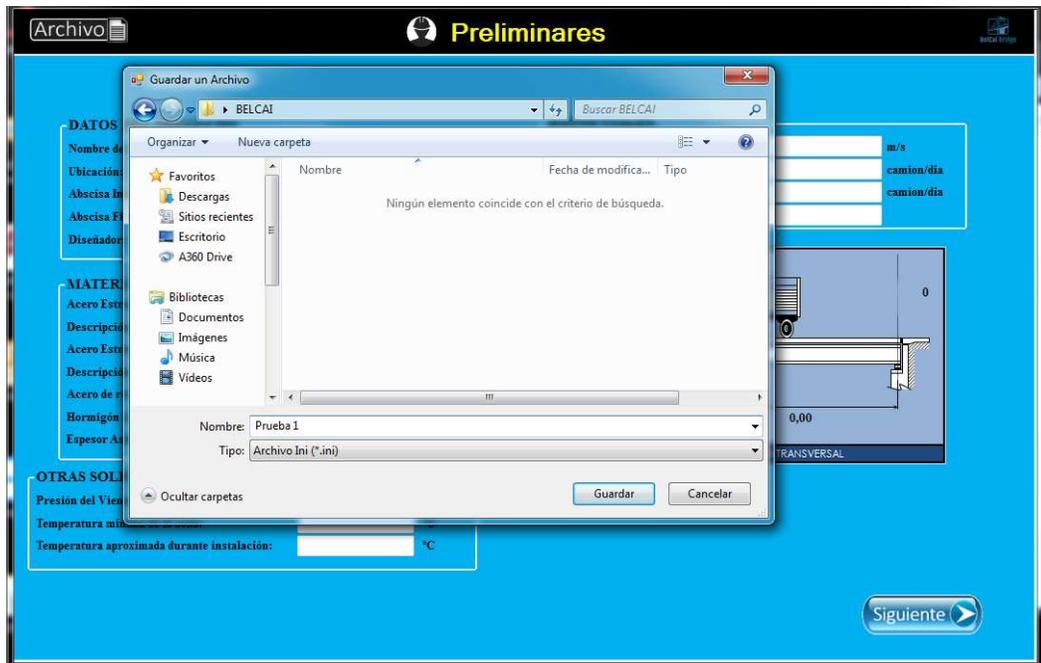


Ilustración 45 Guardar como



Una vez ingresados los datos solicitados se podrá dar clic en el botón siguiente.

Nota: se deben ingresar todos los datos, de no ser así el software no permitirá avanzar con el proceso.

Al dar clic en siguiente aparecerá la segunda parte de preliminares

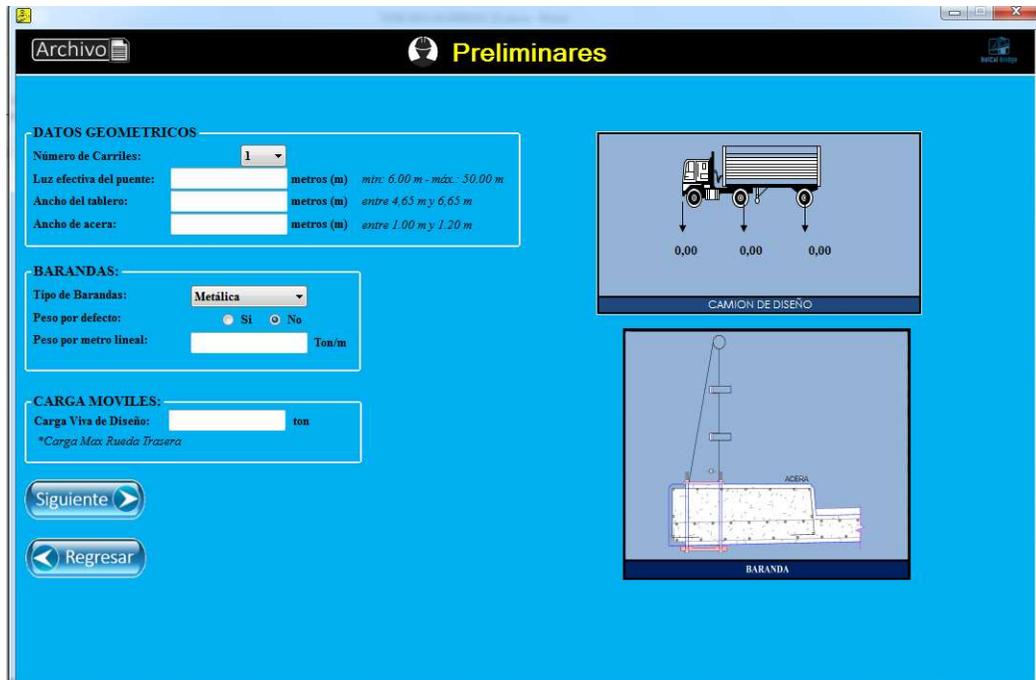


Ilustración 46 Pantalla Preliminares II

Debemos tener en cuenta que al ingresar los valores de datos geométricos, a un costado salen las limitantes de cada uno de estos datos. Si no se cumplen con estas limitantes, en un futuro, puede arrojar un error que no permita avanzar con el diseño.

En esta pantalla aparece un nuevo boton:



Al dar clic en este boton permitira volver a la pantalla anterior

Nota: se debe tener en cuenta que si se han ingresados datos en la pantalla y se da clic en regresar, estos se borrarán.

Diseño de la Losa

En la primera parte del diseño de la losa aparecerán datos de dimensionamiento y la sección transversal de la losa con sus dimensiones.

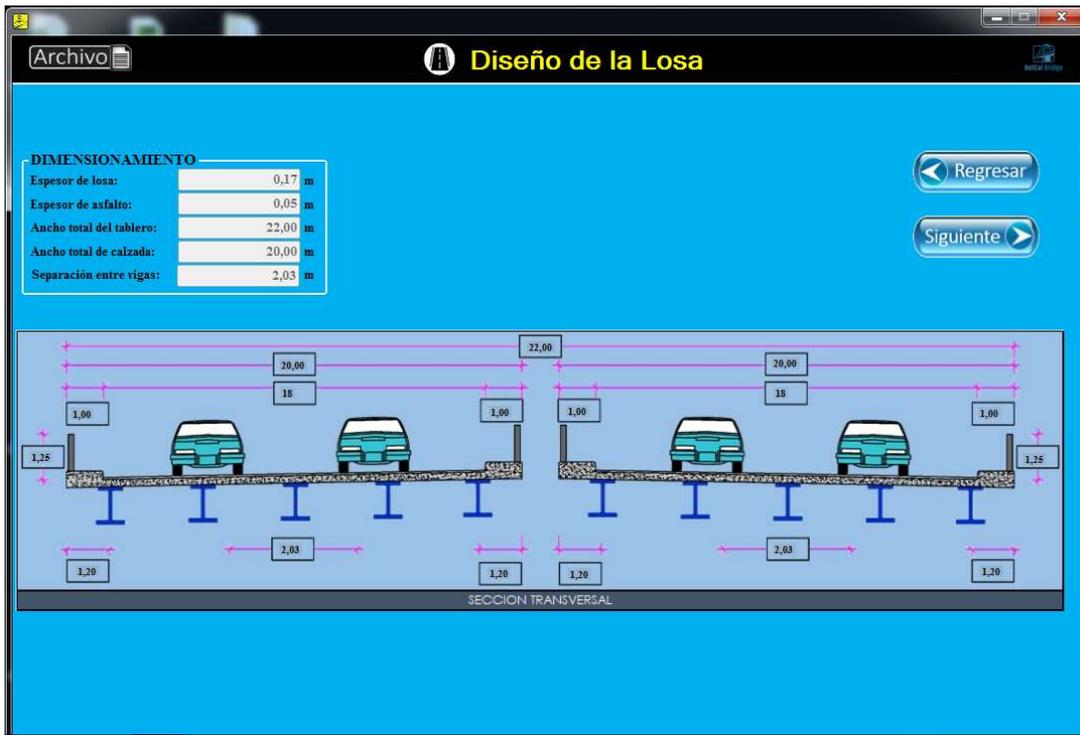


Ilustración 47 Pantalla Losa I

Al dar clic en el botón siguiente se seguirá con el proceso y aparecerá la segunda parte de la losa

En esta pantalla se deben ingresar el diámetro y la separación del acero principal, acero inferior y superior.



Ilustración 48 Pantalla Losa II

En esta pantalla aparece un nuevo botón:



Este botón se utiliza al momento de ingresar los valores y deben ser verificados por las normativas y limitaciones utilizados en el programa

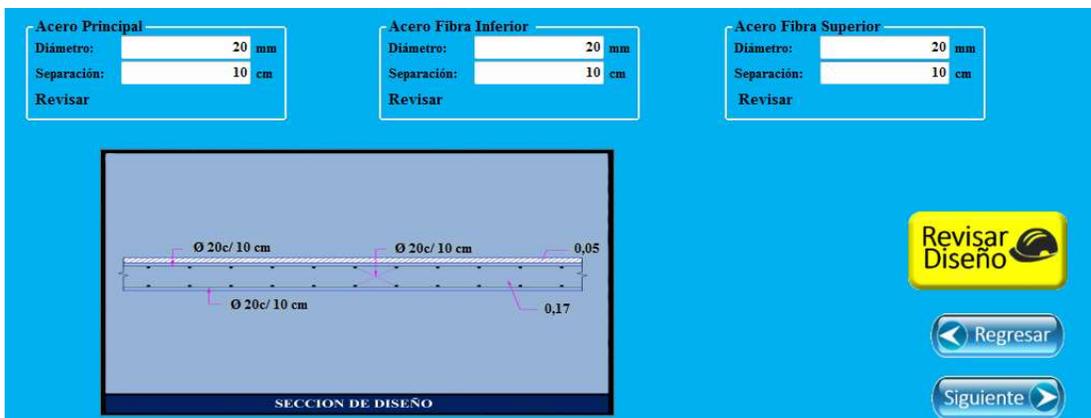


Ilustración 49 Revisar Diseño

Una vez ingresado los datos solicitados, se da clic en el botón revisar diseño. El software indicara **“Satisface”** cuando cumple las verificaciones



Ilustración 50 Representación condición "Satisface"

O si no cumple las certificaciones indicará **“aumentar refuerzo”**. En este caso, se deberán cambiar los valores hasta que cumpla las verificaciones.

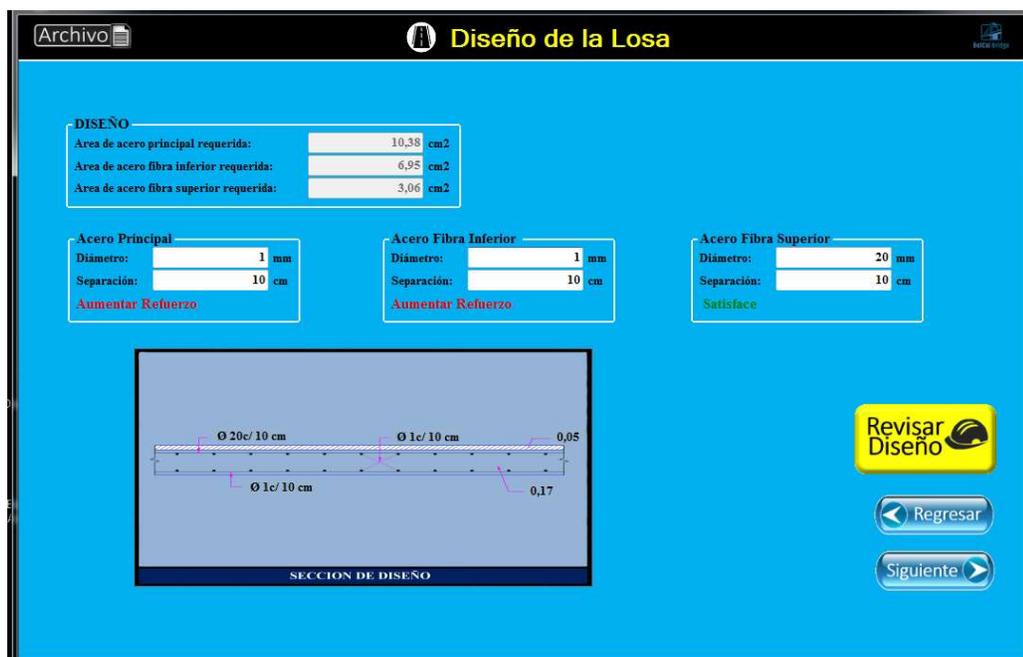


Ilustración 51 Representación condición "No satisfice"

Diseño de Arriostrado

Se ingresan los datos de dimensionamiento de arriostramiento interior, diafragmas y diagonales. Al final se revisa diseño y si satisface las verificaciones se puede continuar con el siguiente proceso.

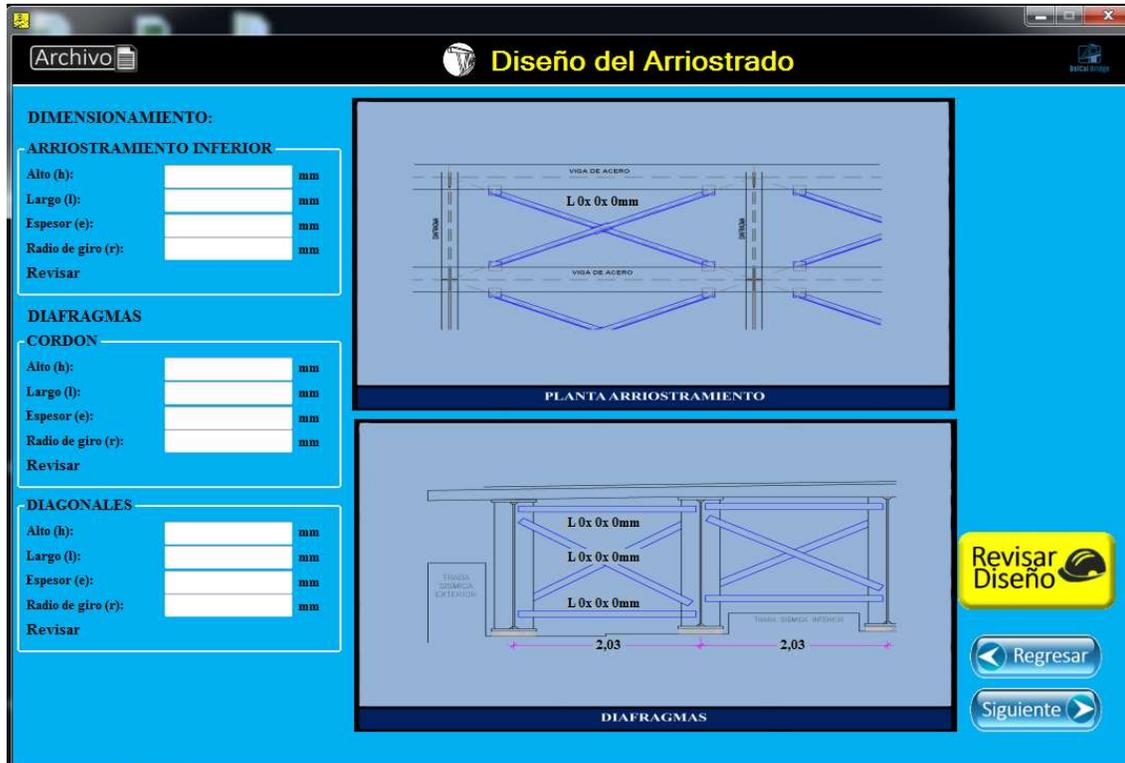


Ilustración 53 Pantalla Arriostramientos

Diseño del Estribo

En el diseño del estribo tenemos dos pantallas. En la primera parte se ingresan los datos de diseño y predimensionamiento. Al final se revisa diseño, y si satisface las verificaciones se puede continuar con la siguiente parte del proceso.

Ilustración 54 Pantalla Estribo I

En esta segunda parte se ingresan los diámetros y separaciones de parapeto, pantalla zapata. Al final se revisa diseño, y si satisface las verificaciones se puede continuar con la siguiente parte del proceso.

Archivo Diseño del Estribo

PARAPETO

Principal: mm

Separación: cm

Temperatura: mm

Separación: cm

PANTALLA

Principal: mm

Separación: cm

Temperatura: mm

Separación: cm

ZAPATA

Principal Superior: mm

Separación: cm

Principal Inferior: mm

Separación: cm

Temperatura: mm

Separación: cm

Verificación

Parapeto O Principal	Revisar
Parapeto O Temperatura	Revisar
Pantalla O Principal	Revisar
Pantalla O Temperatura	Revisar
Zapata O Superior	Revisar
Zapata O Inferior	Revisar
Zapata O Temperatura	Revisar
Corte Pantalla	Revisar
Corte Talón	Revisar
Corte Punta	Revisar

SECCION DEL ESTRIBO

Revisar Diseño

Regresar

Siguiente

Ilustración 55 Pantalla Estribo II

Diseño del Muro de Ala

En el diseño del muro de Ala tenemos dos pantallas. En la primera parte se ingresan los datos de diseño y predimensionamiento. Al final se revisa diseño, y si satisface las verificaciones se puede continuar con la siguiente parte del proceso.

The screenshot displays the 'Muro de Ala' software interface. The window title is 'Muro de Ala'. The interface is divided into several sections:

- DATOS DE DISEÑO:** A form for entering design parameters. Fields include: Fundación (Suelo), Tipo de suelo (Cohesivo), Peso unitario del suelo (Yt), Capacidad admisible (q adm), Angulo de fricción interna (Øf), Coeficiente sísmico de aceleración horizontal (NEC) (Z=), Coeficiente de empuje activo del suelo (ka), Coeficiente de presión activa sísmica (Kae), Cohesión del suelo (c=), and Resistencia Pasiva del Suelo (Rp=).
- PREDIMENSIONAMIENTO:** A section for preliminary dimensions with fields for: Altura (H), Ancho de Zapata (B), Altura de Zapata (D), Zarpa delantera (L punta), Zarpa trasera (L talón), Espesor inferior de pantalla, and Espesor superior de pantalla.
- SOLICITACIONES:** Fields for: Altura de relleno en zarpa delantera and Nivel Freático.
- Verificación:** A table of verification items with 'Revisar' buttons:

Verificación:	Acción
Vuelco	Revisar
Deslizamiento en la base del estribo	Revisar
Presiones actuantes en la base del estribo	Revisar
- Diagrama:** A cross-section diagram titled 'SECCION DEL MURO DE ALA' showing a trapezoidal wall with a base and a top. Dimensions are indicated with labels like 'N+0.00' and '0.00'.
- Botones:** A 'Revisar Diseño' button and 'Regresar' / 'Siguiente' navigation buttons.

Ilustración 56 Pantalla Muro de ala I

En esta segunda parte se ingresan los diámetros y separaciones de parapeto, pantalla zapata. Al final se revisa diseño y si satisface las verificaciones se puede continuar con la siguiente parte del proceso.

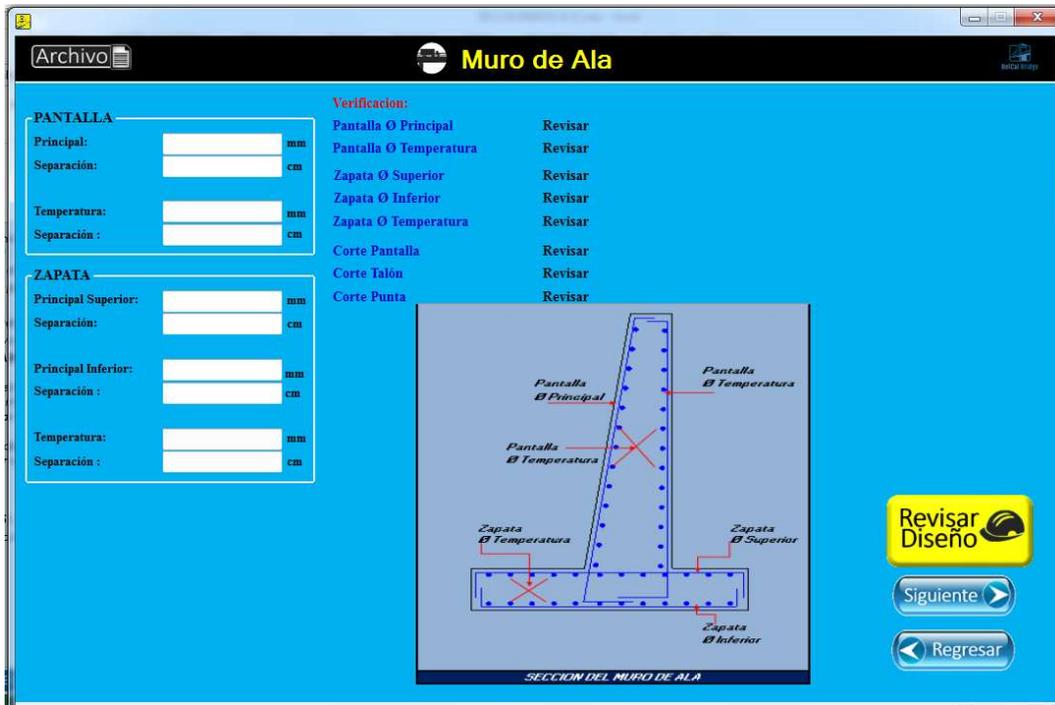


Ilustración 57 Pantalla Muro de ala II

Al momento de terminar de ingresar los datos solicitados y cumplir con la revisión de diseño propuesto, al dar click en la opción siguiente se abrirá un cuadro en el cual se podrá crear una carpeta donde contendrá la información, todo el proceso de cálculo de todos los elementos del estribo en formato PDF y se puede seleccionar la ubicación específica y dar un nombre.

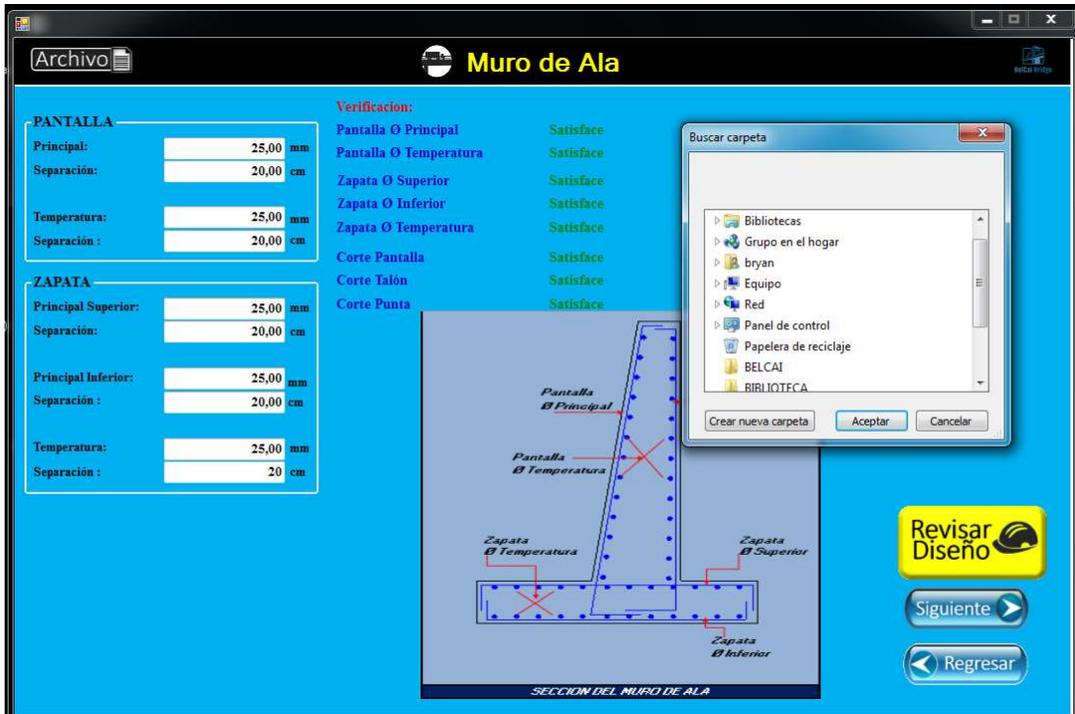


Ilustración 58 Pantalla Muro de ala II

Como resultados finales tenemos los archivos de cada sección del puente en formato PDF

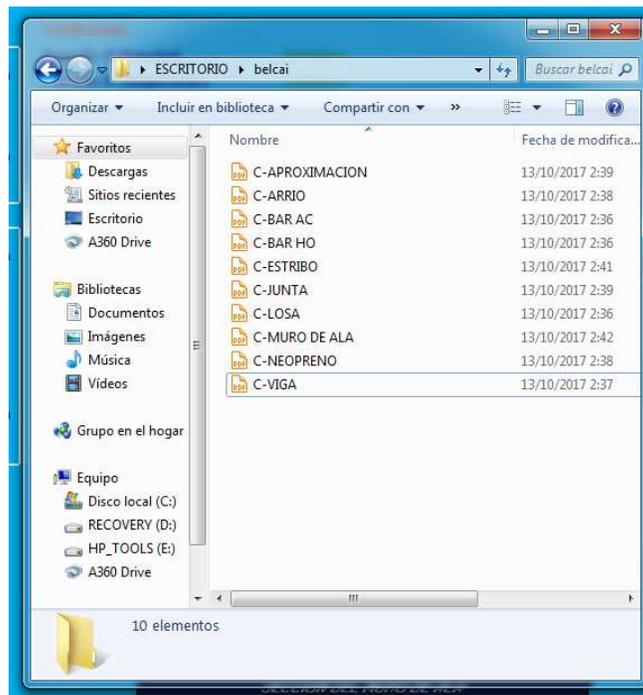
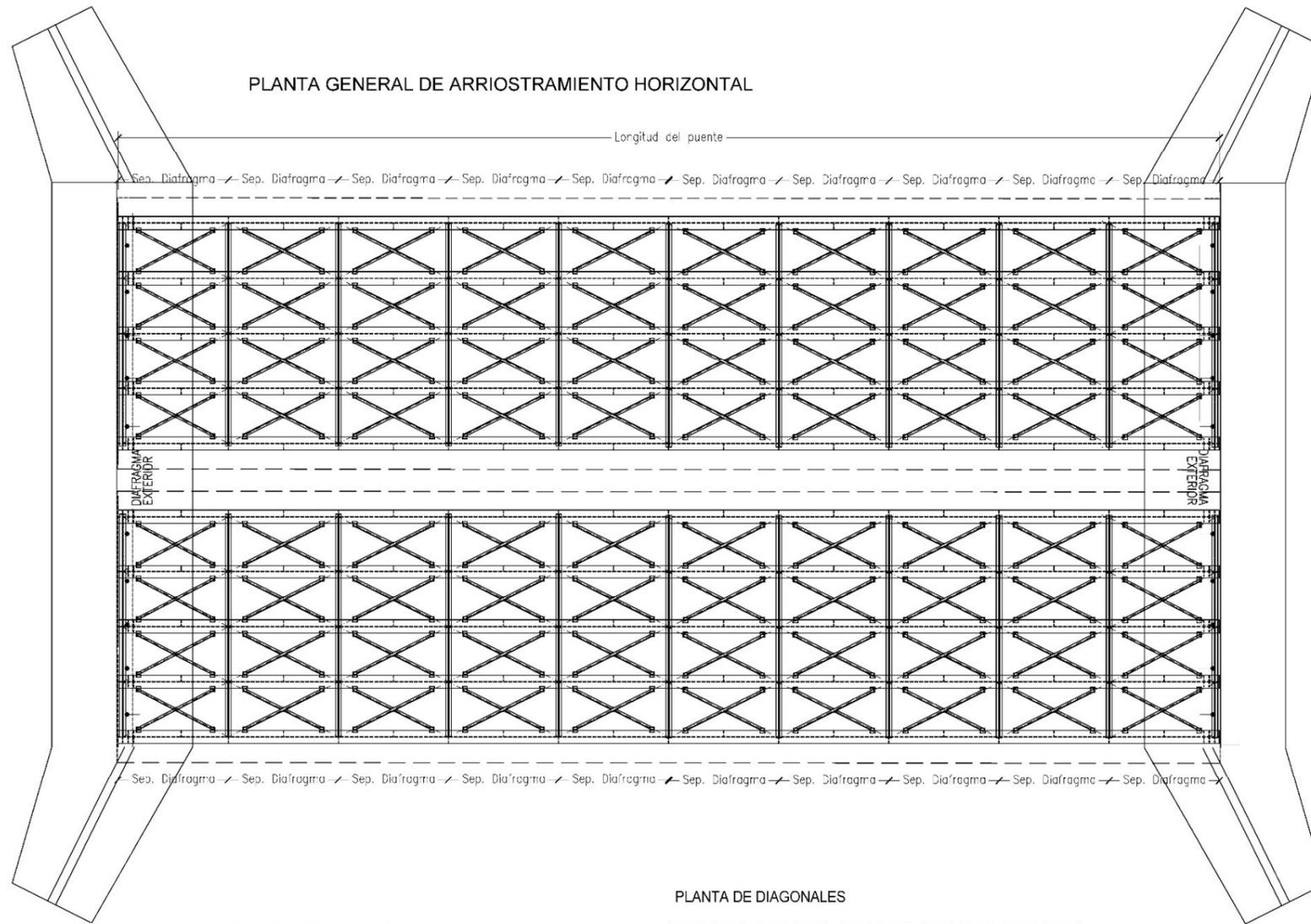


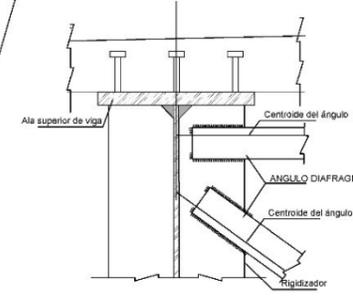
Ilustración 59 Generador de memorias de diseño

ANEXO 2: PLANOS ESTRUCTURALES

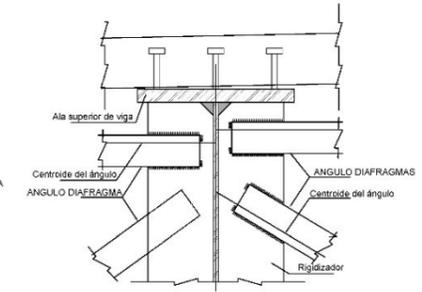
PLANTA GENERAL DE ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL



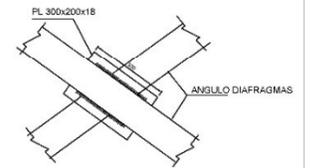
DETALLE A
Esc. 1:10



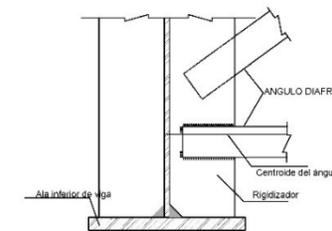
DETALLE C



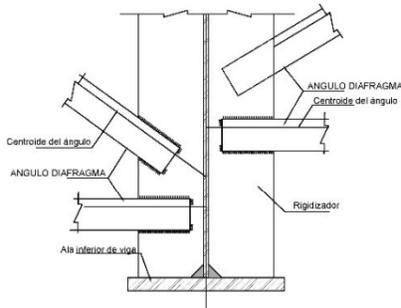
DETALLE E



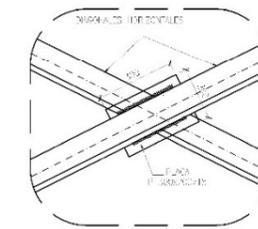
DETALLE B



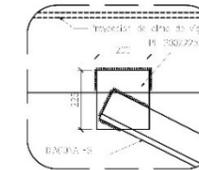
DETALLE D



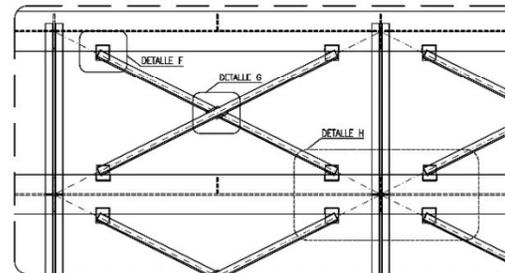
DETALLE F



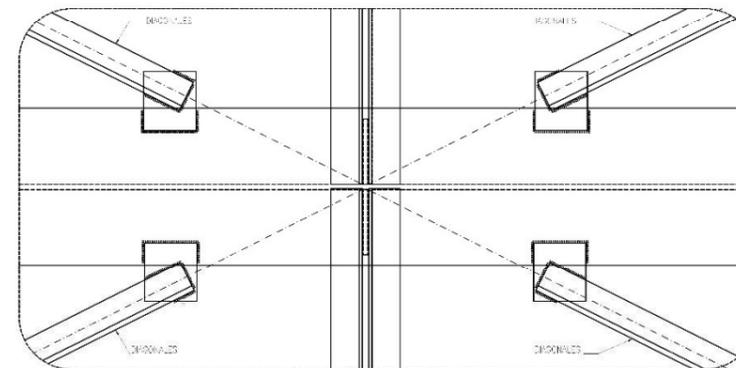
DETALLE G



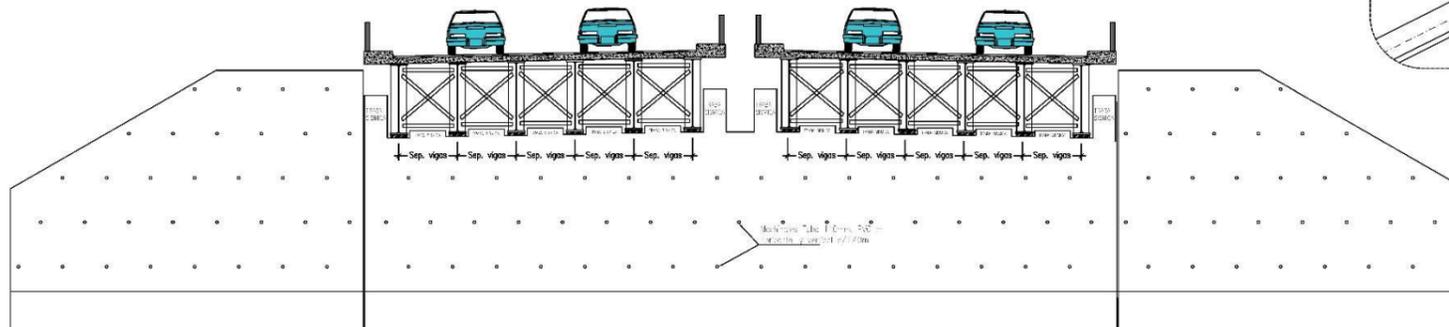
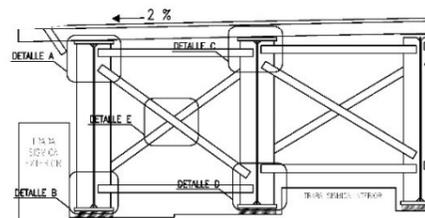
PLANTA DE DIAGONALES



DETALLE H



ALZADO DE DIAGRAMAS
Esc. 1:50



ESPECIFICACIONES

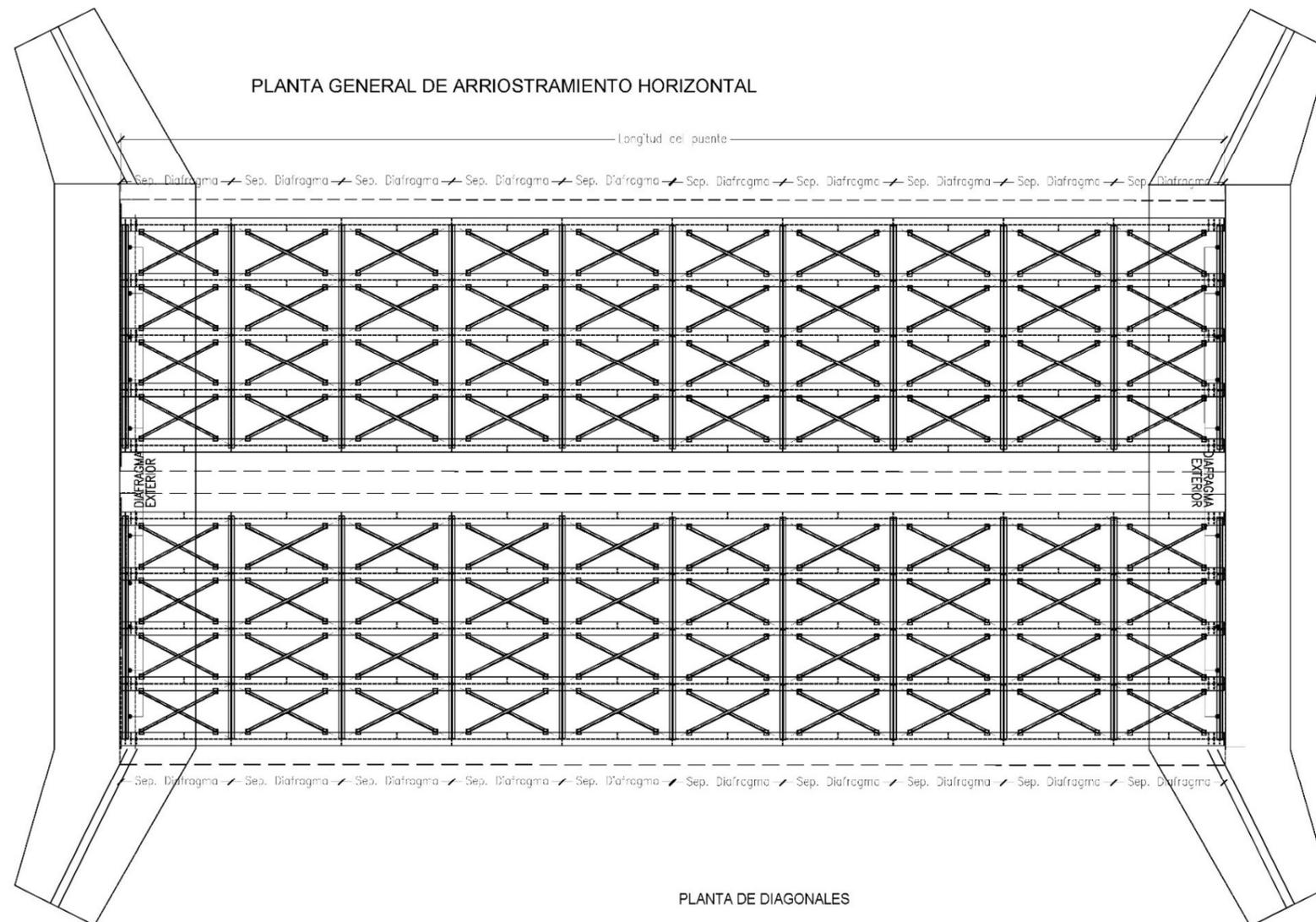
- Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-F
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010
- Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5

NOTAS GENERALES

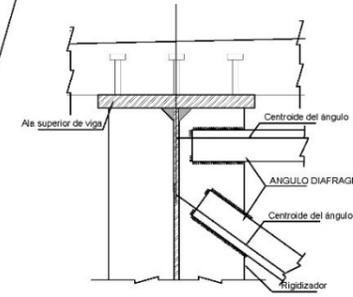
- Acero Estructural Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arriostramiento)
- Soldadura (AWS) E7015 A1
- Proceso de soldado SAW (Taller) SMAW (obra)
- Hormigón Replanteo: Hormigón Simple
- Infraestructura Hormigón estructural Super estructura Hormigón estructural de losa
- Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carbonato de amonio en la preparación del hormigón
- Acero de refuerzo límite de fluencia $f_y=4.200\text{kg/cm}^2$
- Recubrimientos Los que se indiquen en los planos

<p>Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) 'BELCAI BRIDGE' CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010</p>	<p>CÓDIGO: SSB-SUP-01 HOJA: 2/3 ESCALA: S/E</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2017 DIBUJO: BELCAI BRIDGE</p>
<p>CONTIENE: SUPERESTRUCTURA: ARRIOSTRAMIENTO DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES</p>	<p>DISEÑO ESTRUCTURAL:</p> <p><i>Beltrán León Leandro</i> BELTRÁN LEÓN LEANDRO DISEÑADOR</p> <p><i>Caccedo Benítez Jamid</i> CACCEDO BENÍTEZ JAMID DISEÑADOR</p>	
<p>PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEBERÁ SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.</p>		

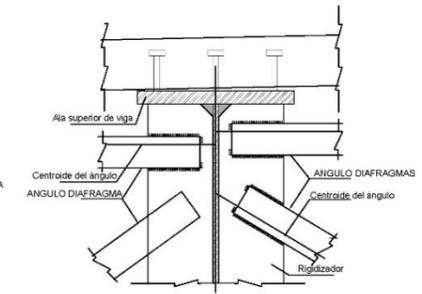
PLANTA GENERAL DE ARROSTRAMIENTO HORIZONTAL



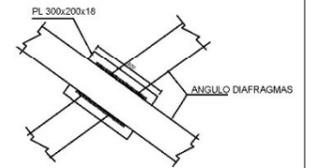
DETALLE A
Esc. 1:10



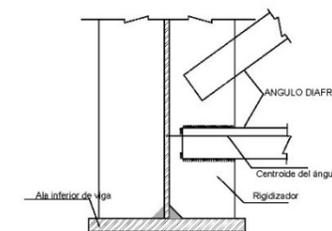
DETALLE C



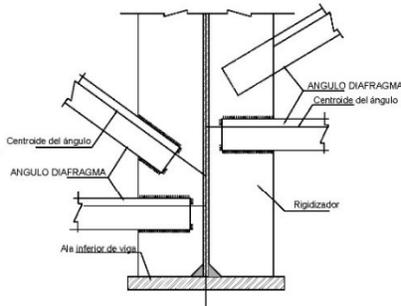
DETALLE E



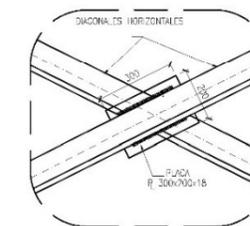
DETALLE B



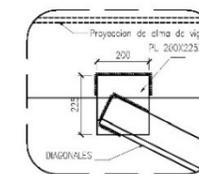
DETALLE D



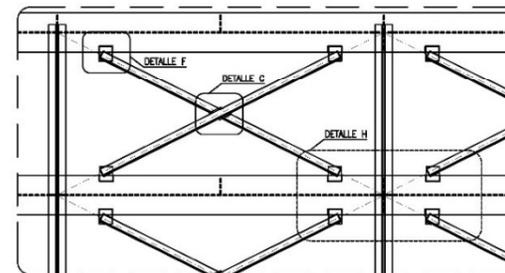
DETALLE F



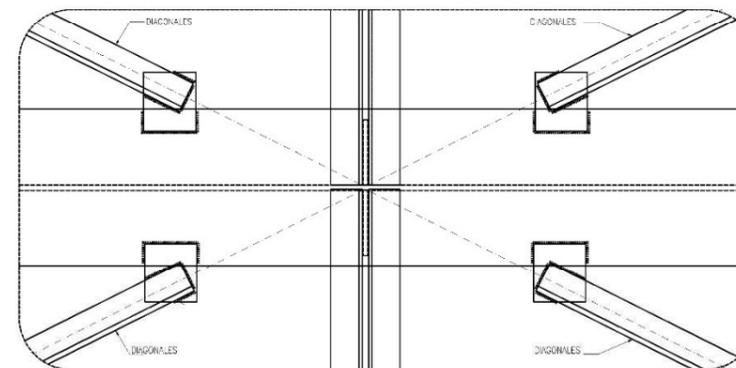
DETALLE G



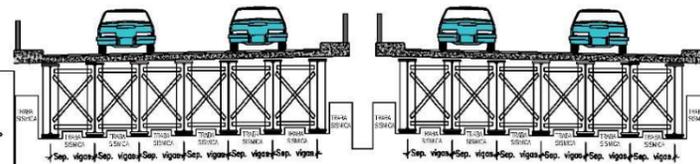
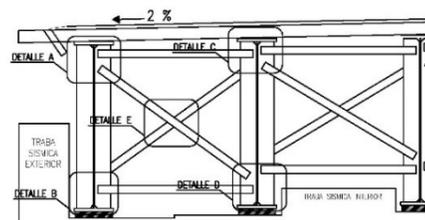
PLANTA DE DIAGONALES



DETALLE H



ALZADO DE DIAGRAMAS
Esc. 1:50



SECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DE VÍA DEL PUENTE.

ESPECIFICACIONES	
-Ministerio de Obras Públicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-F	
-American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010	
-Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5	
NOTAS GENERALES	
-Acero Estructural	Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arrostramiento)
-Soldadura (AWS) E7018 A1	
-Proceso de soldado	SAW (Taller) SMAW (Obra)
-Hormigón	Replanteo: Hormigón Simple Infraestructura: Hormigón estructural Super estructura: Hormigón estructural de losa
-Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carboxilato de amina en la preparación del hormigón.	
-Acero de refuerzo	Límite de fluencia fy=4.200kg/cm2
-Recubrimientos	Los que se indiquen en los planos

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) "BELCAI BRIDGE" CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010

CONTIENE: CIMENTACION: ESTRIBOS Y MUROS DE ALA
DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES

DISEÑO ESTRUCTURAL:

Beltrán León Leandro
DISEÑADOR

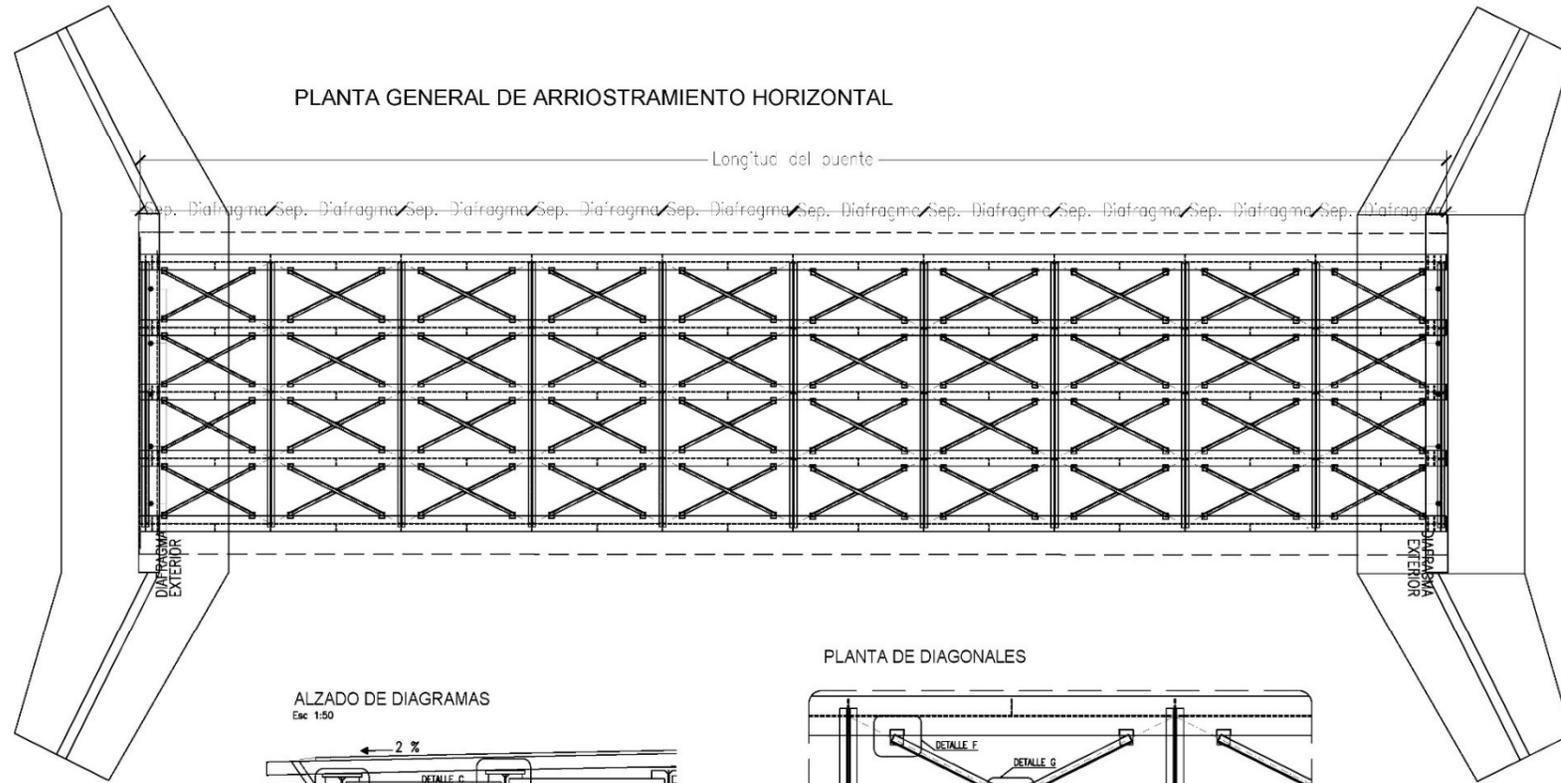
Cacerdo Benitez Janid
DISEÑADOR

CODIGO: SSB-SUP-02
HOJA: 2/3
ESCALA: 5/E
FECHA: NOVIEMBRE 2017
DIBUJO: BELCAI BRIDGE

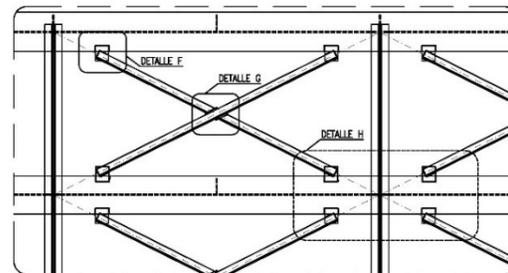
BelCaI Bridge

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.

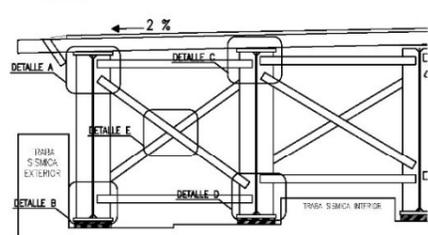
PLANTA GENERAL DE ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL



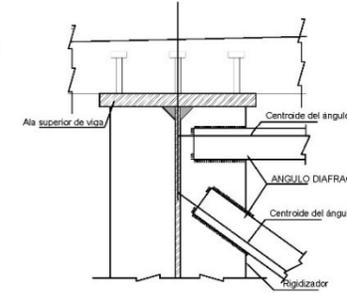
PLANTA DE DIAGONALES



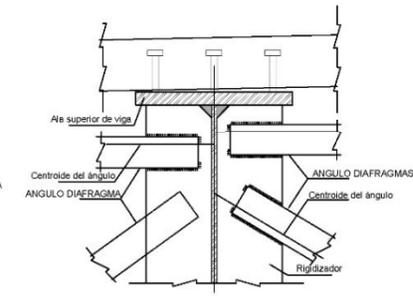
ALZADO DE DIAGRAMAS



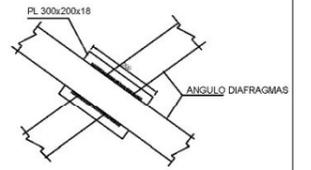
DETALLE A



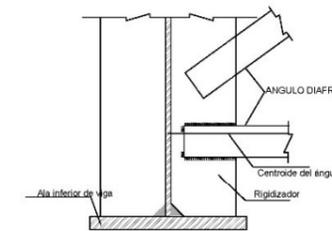
DETALLE C



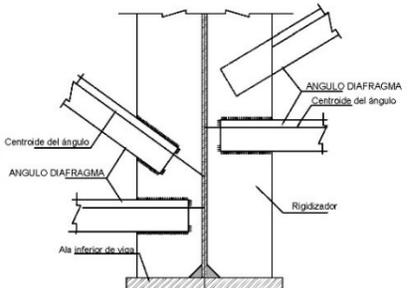
DETALLE E



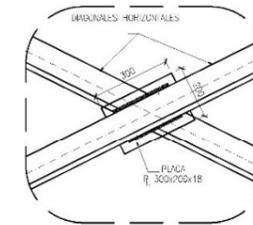
DETALLE B



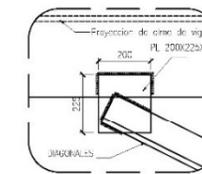
DETALLE D



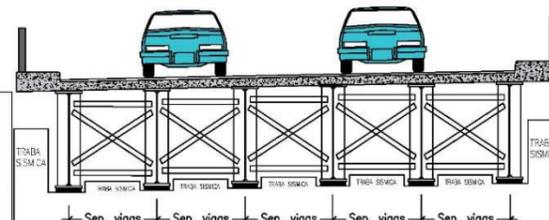
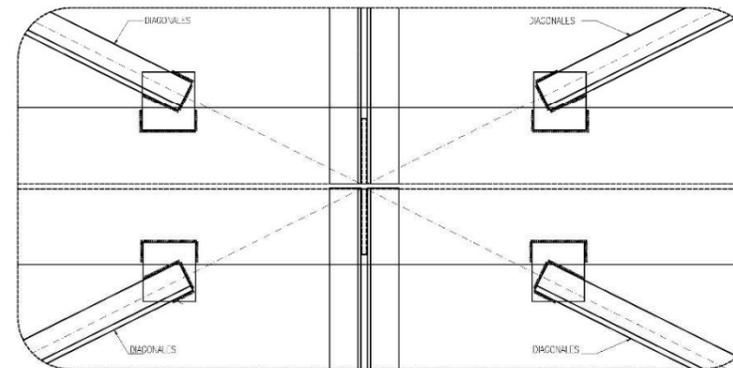
DETALLE F



DETALLE G



DETALLE H



SECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DE VÍA DEL PUENTE.

ESPECIFICACIONES	
-Ministerio de Obras Públicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-7	
-American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010	
-Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5	
NOTAS GENERALES	
-Acero Estructural	Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arriostramiento)
-Soldadura (AWS) E7018 A1	
-Proceso de soldado	SAW (Taller) SMW (Obra)
-Hormigón	Replanteo: Hormigón Simple Infraestructura: Hormigón estructural Super estructura: Hormigón estructural de losa
-Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carbóxilato de amina en la preparación del hormigón.	
-Acero de refuerzo	Límite de fluencia $f_y=4.200\text{kg}/\text{cm}^2$
-Recubrimientos	Los que se indiquen en los planos

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) "BELCAI BRIDGE" CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010

CONTIENE: CIMENTACION: ESTIBOS Y MUROS DE ALA
DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES

DISEÑO ESTRUCTURAL:

Beltrán León Leandro
DISEÑADOR

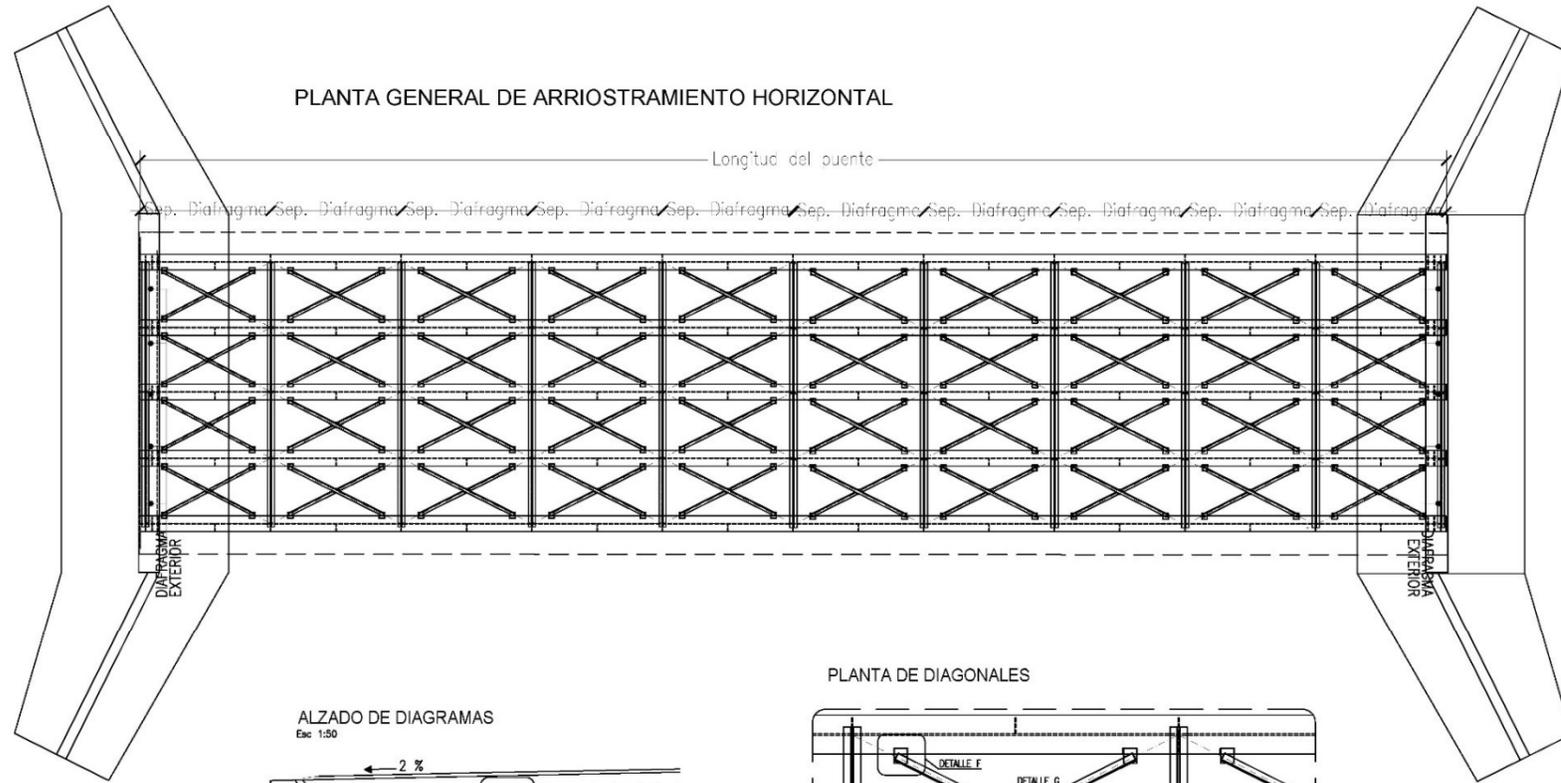
Caccedo Benitez Janid
DISEÑADOR

CODIGO: SSB-SUP-03
HOJA: 2/3
ESCALA: 5/E
FECHA: NOVIEMBRE 2017
DIBUJO: BELCAI BRIDGE

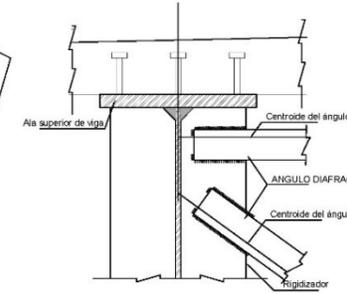
BelCaI Bridge

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.

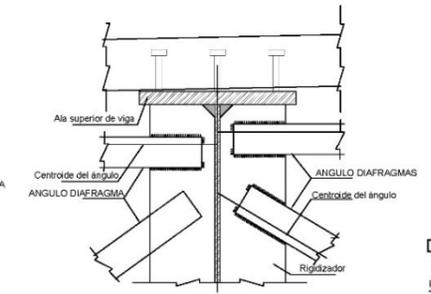
PLANTA GENERAL DE ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL



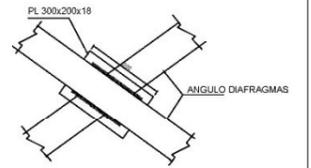
DETALLE A
Esc. 1:10



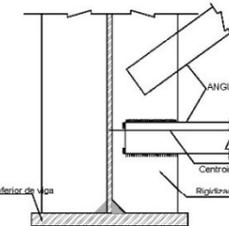
DETALLE C



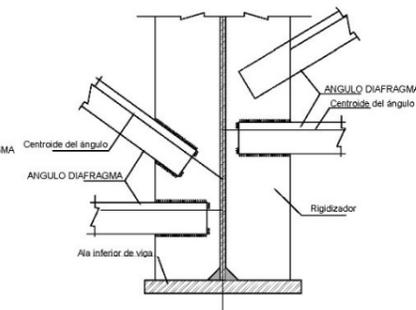
DETALLE E



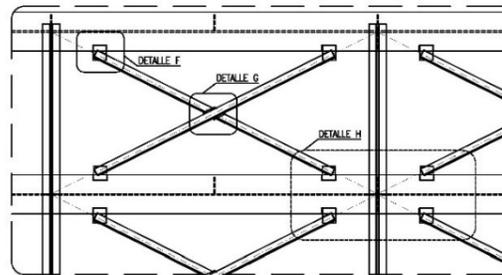
DETALLE B



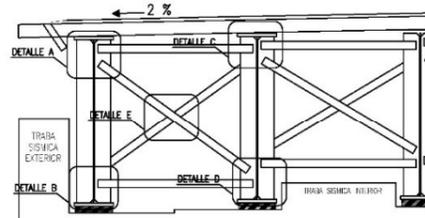
DETALLE D



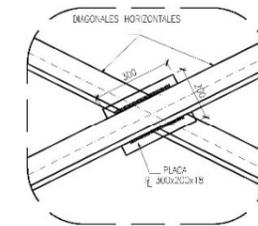
PLANTA DE DIAGONALES



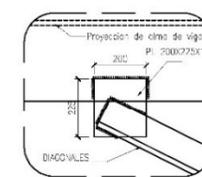
ALZADO DE DIAGRAMAS
Esc. 1:50



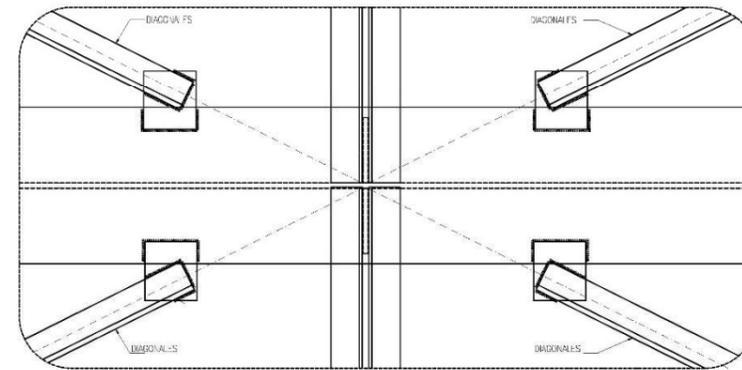
DETALLE F



DETALLE G



DETALLE H

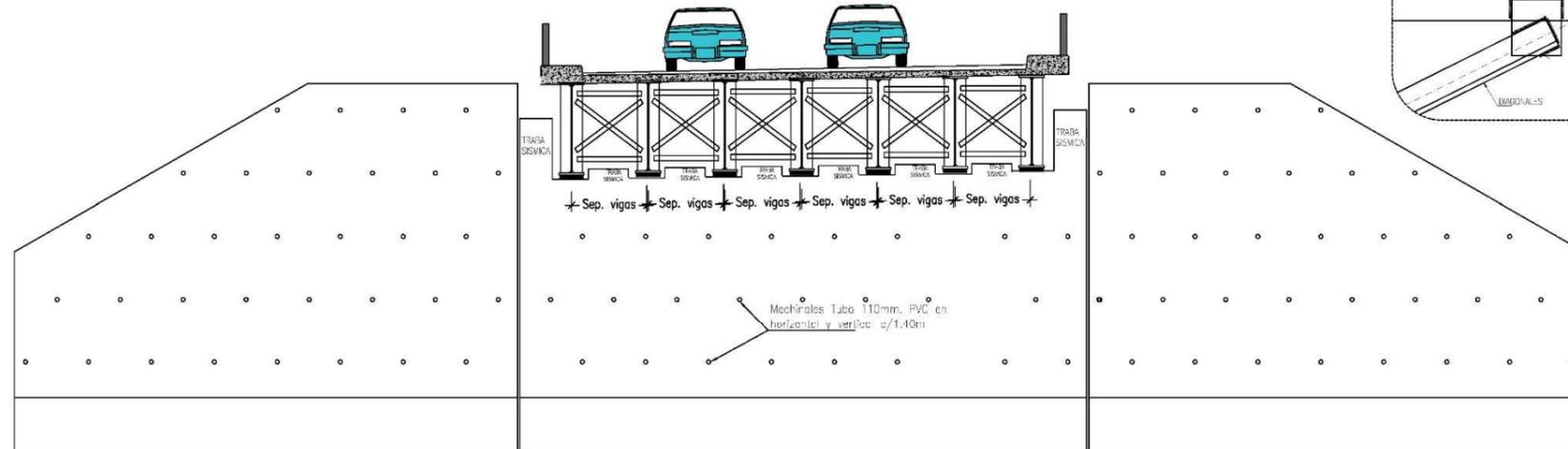


ESPECIFICACIONES

- Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-7
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010
- Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5

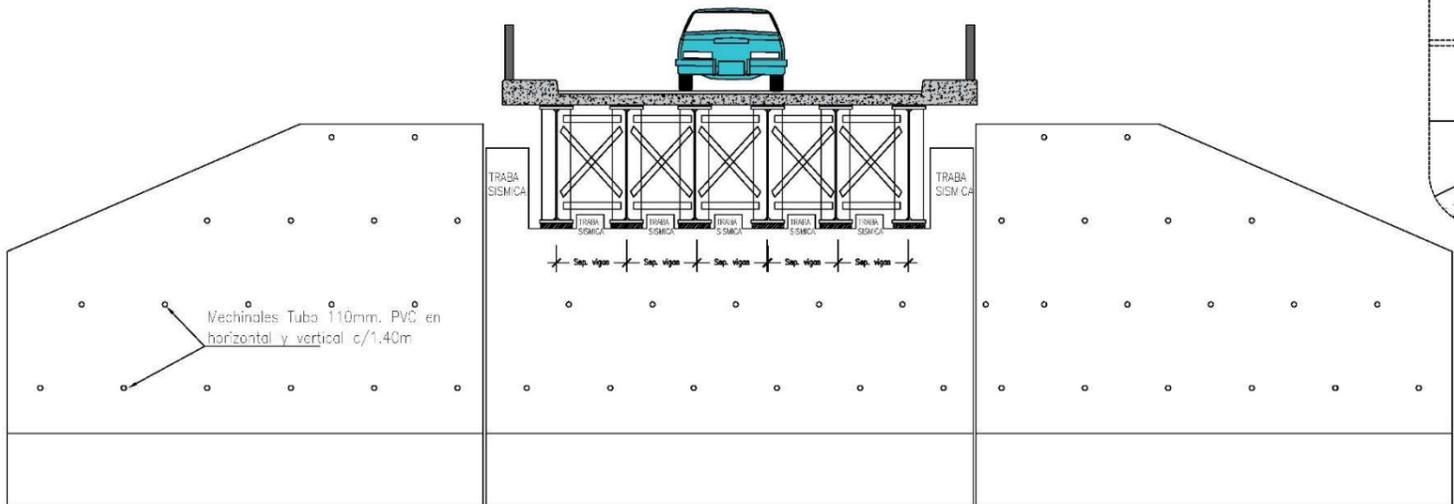
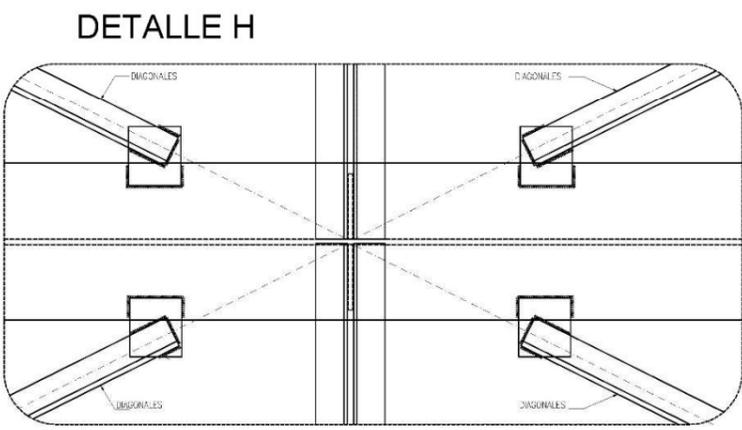
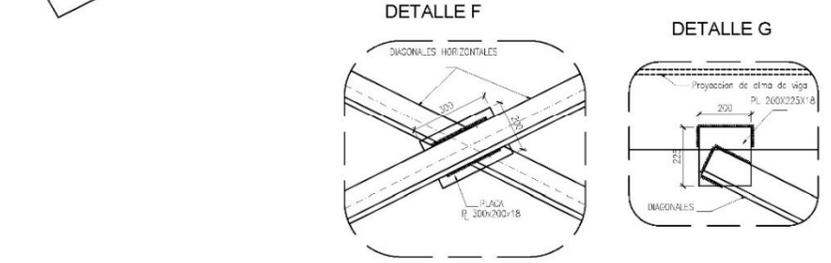
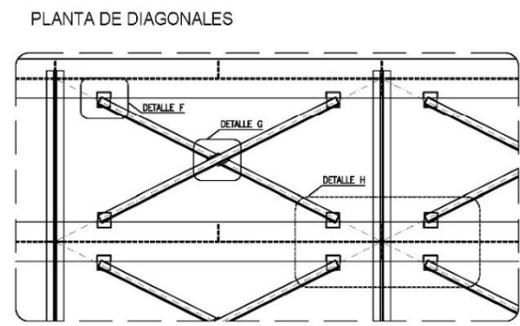
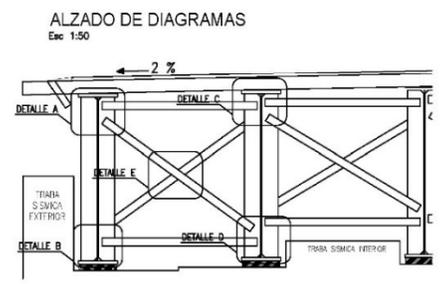
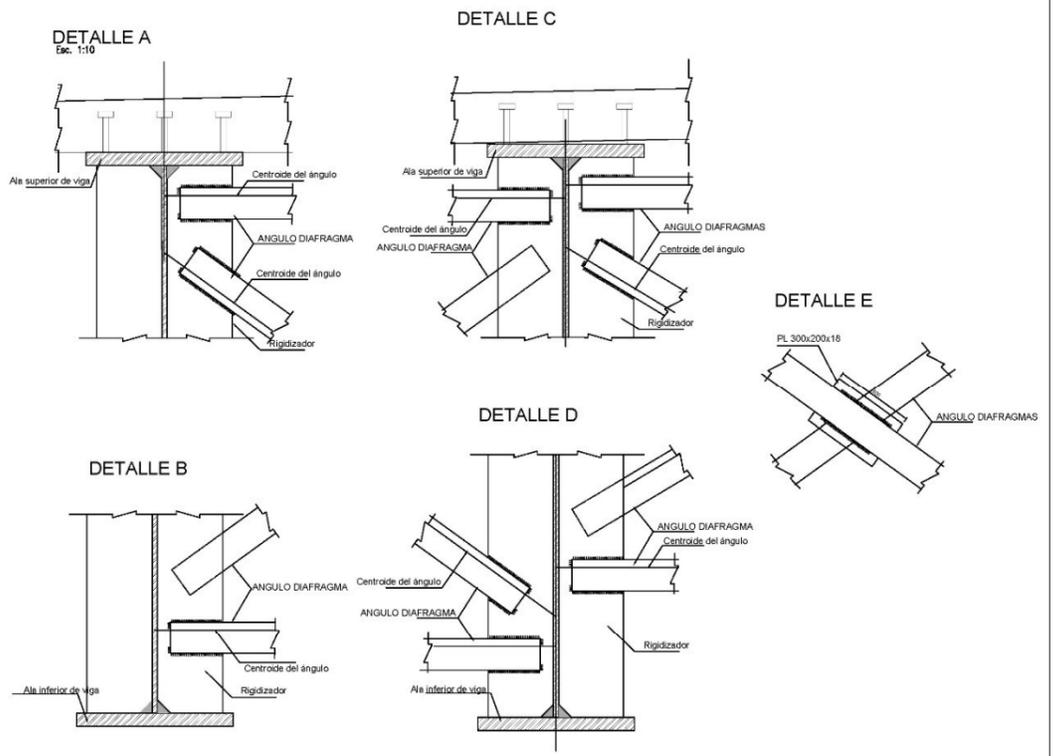
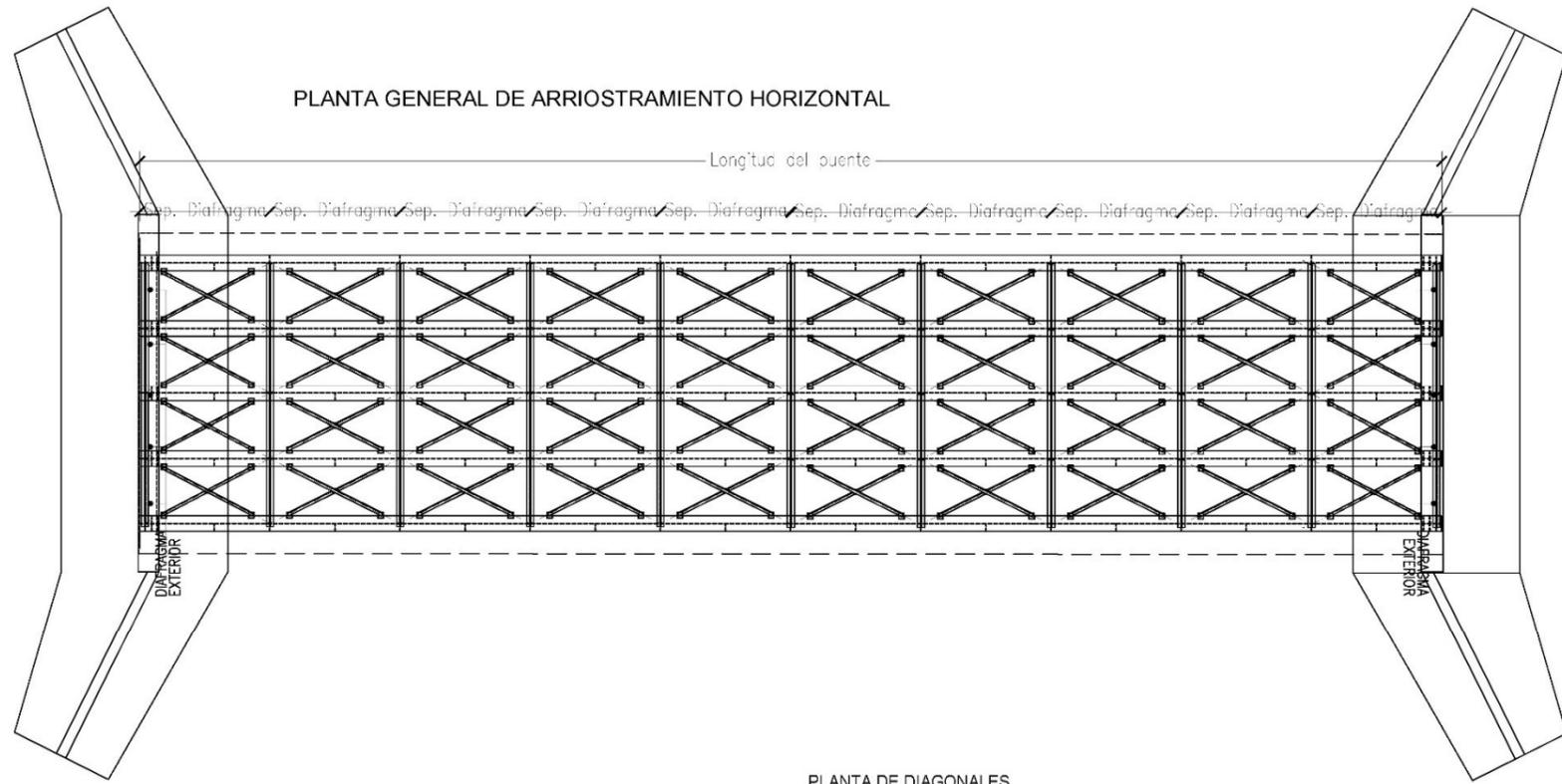
NOTAS GENERALES

- Acero Estructural Superestructura (Viga y Rigidizadores)
Superestructura (Arriostramiento)
- Soldadura (AWS) E7018 A1
- Proceso de soldado SAW (Taller)
SMW (Obra)
- Hormigón Replanteo: Hormigón Simple
Infraestructura: Hormigón estructural
Super estructura: Hormigón estructural de losa
- Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carbóxido de amina en la preparación del hormigón.
- Acero de refuerzo Límite de fluencia $f_y=4.200\text{kg}/\text{cm}^2$
- Recubrimientos Los que se indiquen en los planos



SECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DE VÍA DEL PUENTE.

<p>Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) "BELCAI BRIDGE" CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010</p>	<p>CODIGO: SSB-SUP-04 HOJA: 2/3 ESCALA: 5/E</p>	
<p>CONTIENE: CIMENTACION: ESTRIBOS Y MUROS DE ALA DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2017 DIBUJO: BELCAI BRIDGE</p>	
<p>DISEÑO ESTRUCTURAL:</p> <p> BELTRÁN LEÓN LEANDRO DISEÑADOR</p> <p> CACERDO BENITEZ JANID DISEÑADOR</p>		
<p>PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.</p>		



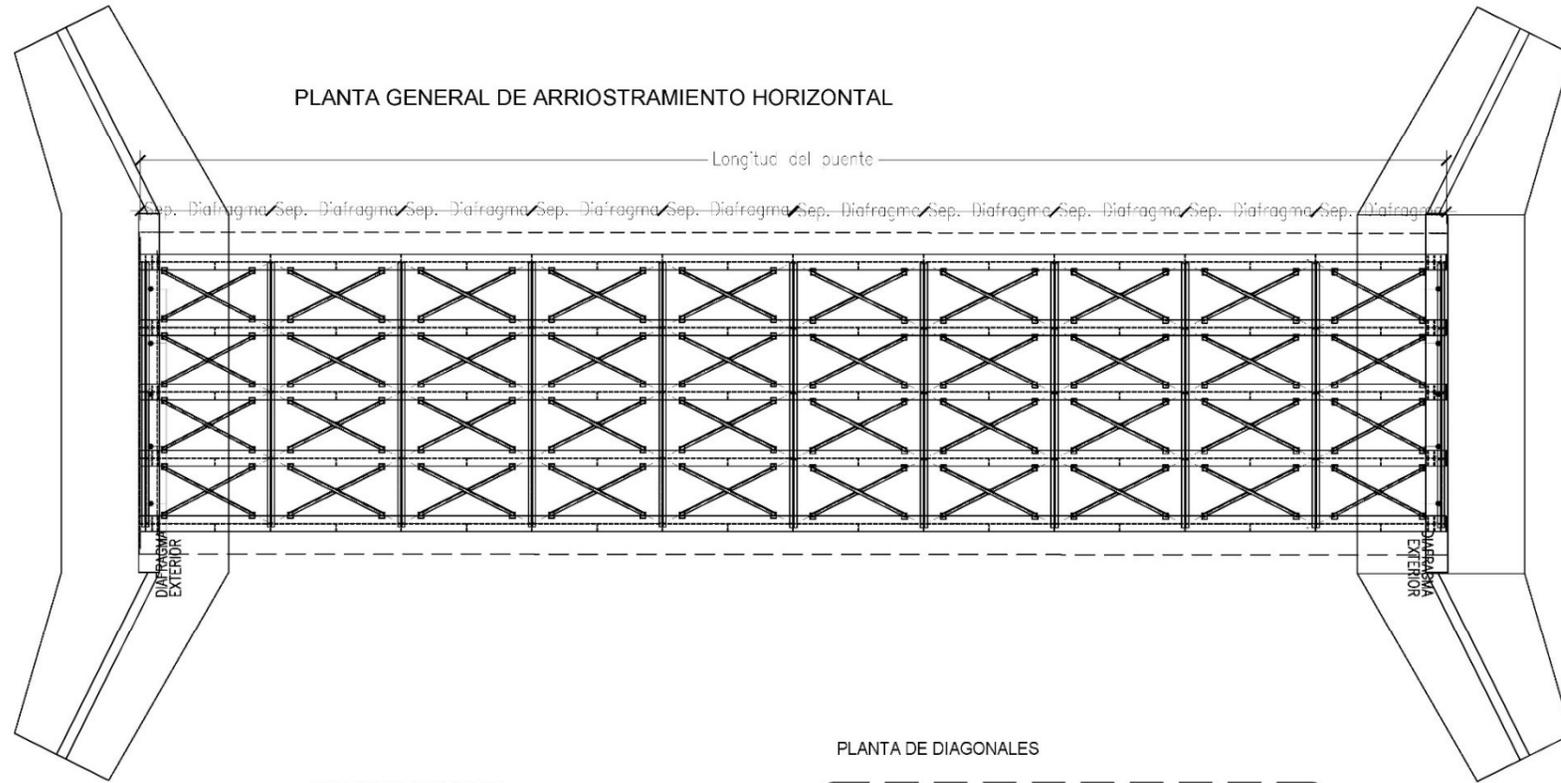
ESPECIFICACIONES	
-Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-7	
-American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010	
-Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5	
NOTAS GENERALES	
-Acero Estructural	Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arriostramiento)
-Soldadura (AWS) E7018 A1	
-Proceso de soldado	SAW (Taller) SMAW (Obra)
-Hormigón	Replanteo: Hormigón Simple Infraestructura: Hormigón estructural Super estructura: Hormigón estructural de losa
-Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carboxilato de amina en la preparación del hormigón.	
-Acero de refuerzo	Límite de fluencia fy=4.200kg/cm2
-Recubrimientos	Los que se indiquen en los planos

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

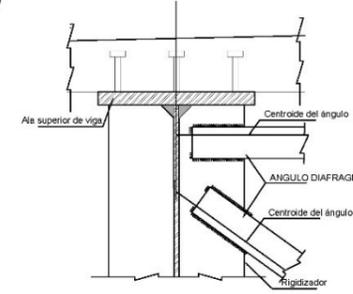
PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) "BELCAI BRIDGE" CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010	CODIGO: SSB-SUP-05 HOJA: 2/3 ESCALA: S/E
CONTIENE: CIMENTACION, ESTRIBOS Y MUROS DE ALA DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES	FECHA: NOVIEMBRE 2017 DIBUJO: BELCAI BRIDGE
DISEÑO ESTRUCTURAL: BELTRÁN LEÓN LEANDRO DISEÑADOR CACEDO BENITEZ JAMID DISEÑADOR	

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.

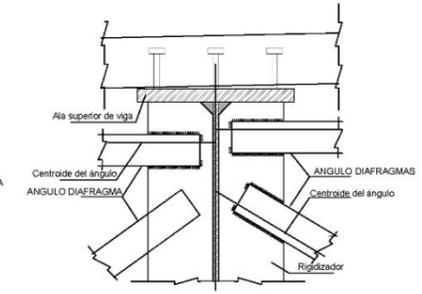
PLANTA GENERAL DE ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL



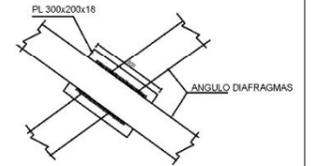
DETALLE A
Esc. 1:10



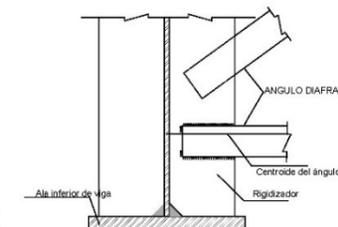
DETALLE C



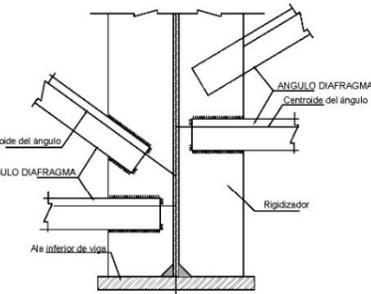
DETALLE E



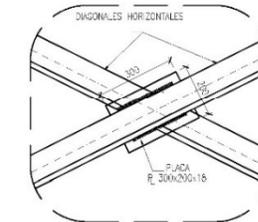
DETALLE B



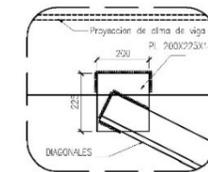
DETALLE D



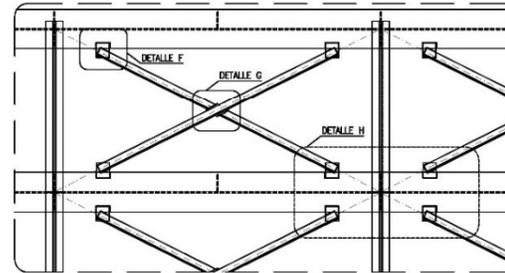
DETALLE F



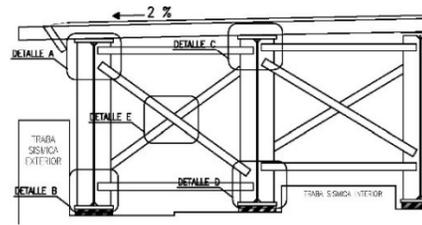
DETALLE G



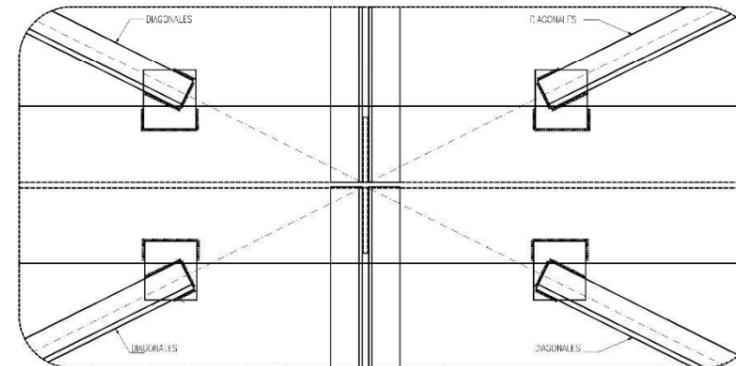
PLANTA DE DIAGONALES



ALZADO DE DIAGRAMAS
Esc. 1:50



DETALLE H

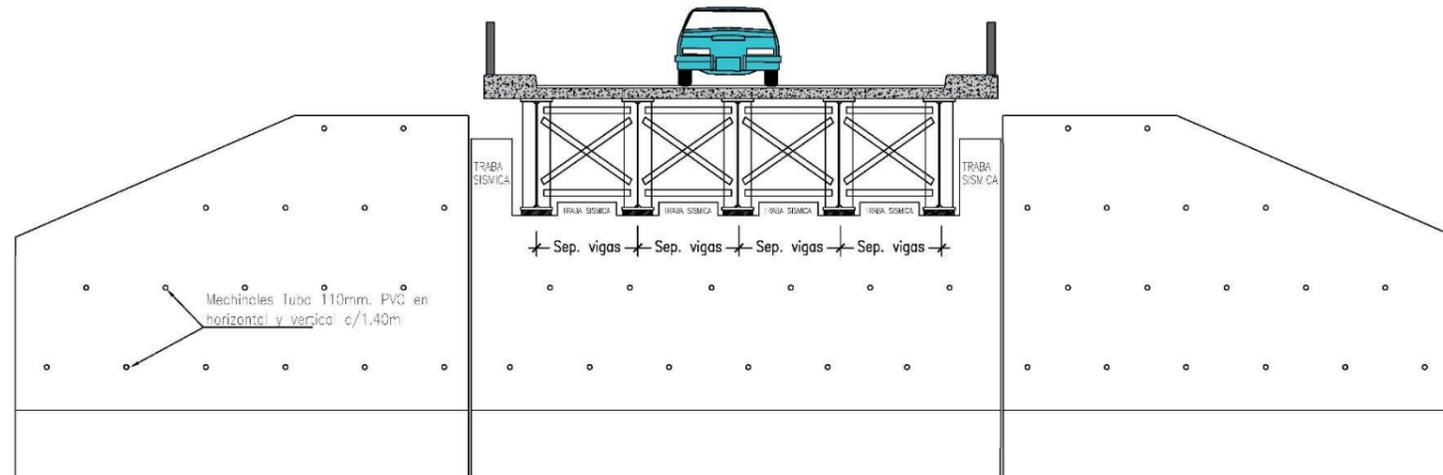


ESPECIFICACIONES

- Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-7
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010
- Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5

NOTAS GENERALES

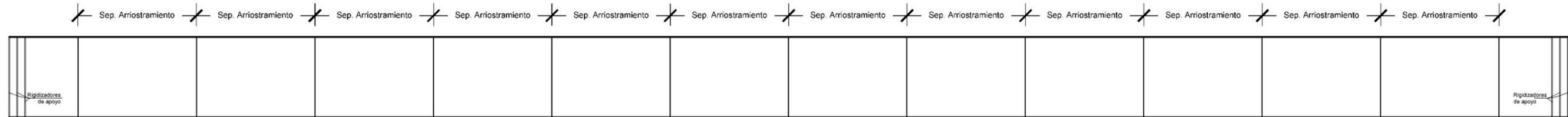
- Acero Estructural Superestructura (Viga y Rigidozadores)
Superestructura (Arriostramiento)
- Soldadura (AWS) E7018 A1
- Proceso de soldado SAW (Taller)
SMAW (Obra)
- Hormigón Replanteo: Hormigón Simple
Infraestructura: Hormigón estructural
Super estructura: Hormigón estructural de losa
- Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carboxilato de amina en la preparación del hormigón.
- Acero de refuerzo Límite de fluencia $f_y=4.200\text{kg}/\text{cm}^2$
- Recubrimientos Los que se indiquen en los planos



SECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DE VÍA DEL PUENTE.

<p>Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGON) "BELCAI BRIDGE" CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010</p>	<p>CODIGO: SSB-SUP-06 HOJA: 2/3 ESCALA: S/E</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE 2017 DIBUJO: BELCAI BRIDGE</p>
<p>CONTIENE: CIMENTACION: ESTIBOS Y MUROS DE ALA DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES</p>	<p>DISEÑO ESTRUCTURAL: BELTRÁN LEÓN LEANDRO DISEÑADOR</p>	<p> CACERDO BENITEZ JANID DISEÑADOR</p>
<p>PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.</p>		

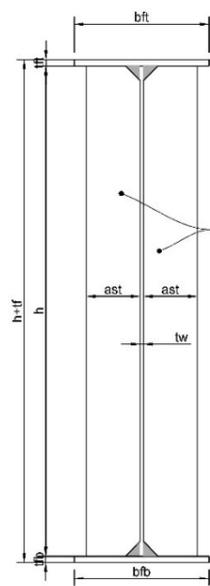
ALZADO DE VIGA



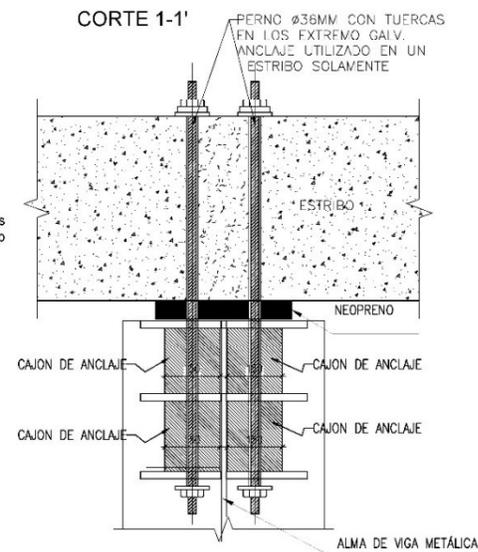
PLANTA DE VIGA L=40m.



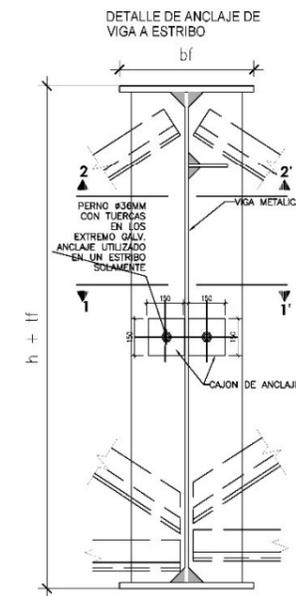
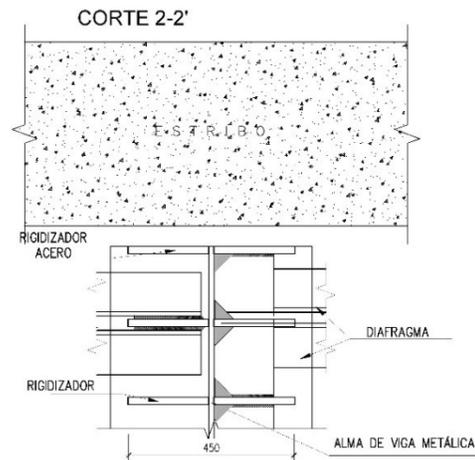
SECCIÓN VIGA



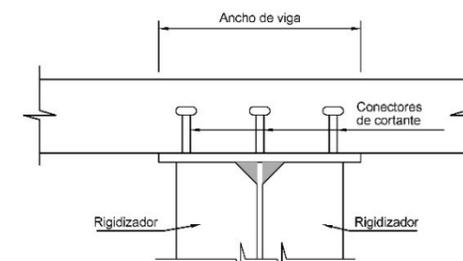
CORTE 1-1'



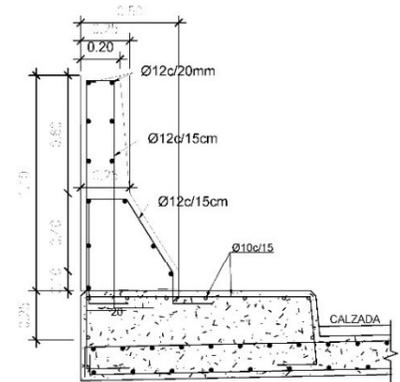
CORTE 2-2'



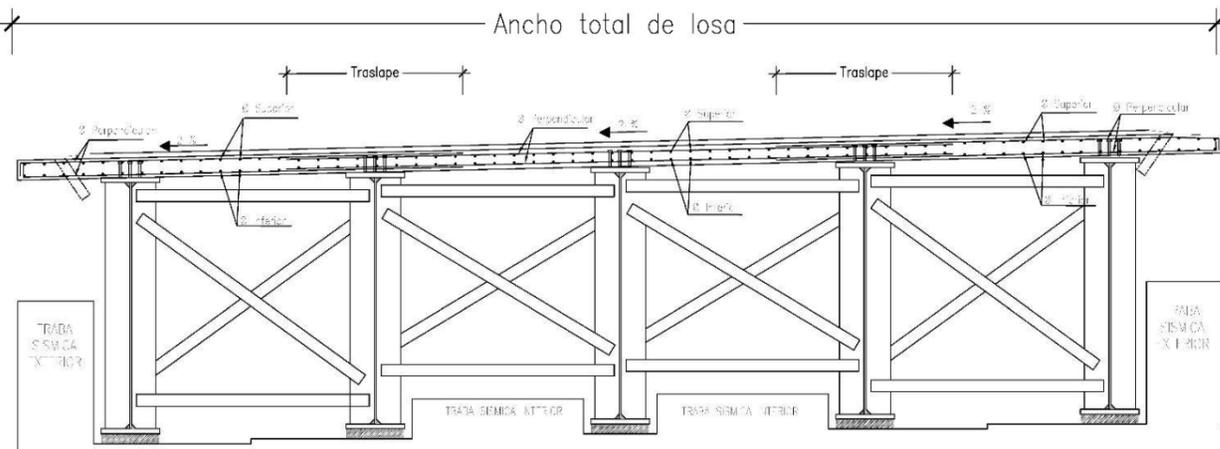
CONECTORES DE CORTE



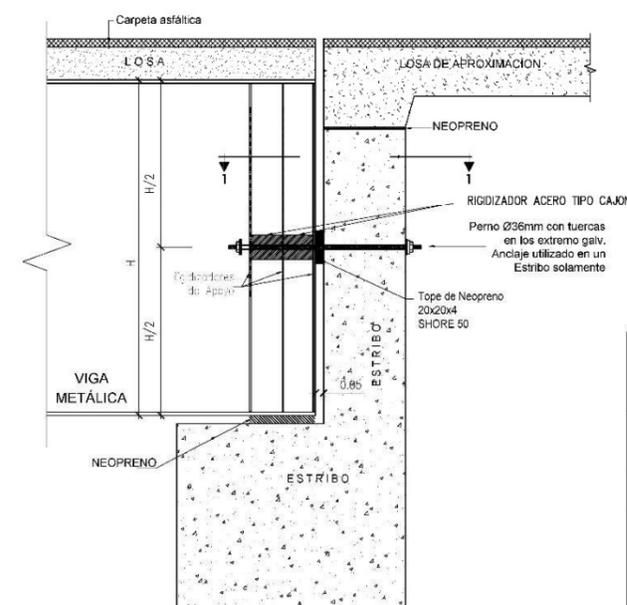
DETALLE DE BARANDA



SECCION DE LOSA



DETALLE DE ANCLAJE DE LA VIGA AL ESTRIBO



ESPECIFICACIONES

- Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-F
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010
- Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5

NOTAS GENERALES

- Acero Estructural Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arriostramiento)
- Soldadura (AWS) E7015 A1
- Proceso de soldado SAW (Taller) SMAW (obra)
- Hormigón Replanteo: Hormigón Simple
- Infraestructura Hormigón estructural Super estructura Hormigón estructural de losa
- Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carbonato de amonio en la preparación del hormigón
- Acero de refuerzo limite de fluencia $f_y=4.200\text{kg/cm}^2$
- Recubrimientos Los que se indiquen en los planos

<p>Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p>		
PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) 'BELCAI BRIDGE' CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010	CÓDIGO: SSB-SUPVL-01 HOJA: 3/3 ESCALA: S/E	FECHA: NOVIEMBRE 2017 DIBUJO: BELCAI BRIDGE
CONTIENE: SUPERESTRUCTURA: VIGA METALICA Y LOSAS DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES	BELTRÁN LEÓN LEANDRO DISEÑADOR	
DISEÑO ESTRUCTURAL:	CÁCEDO BENTEZ JAMID DISEÑADOR	
PROMIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.		

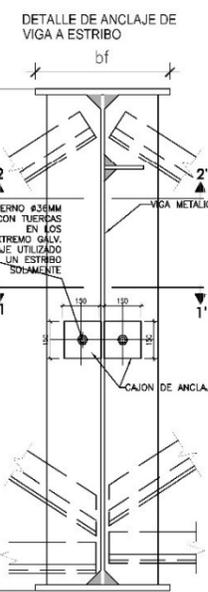
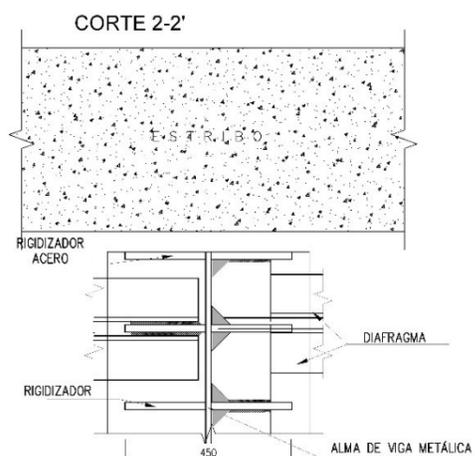
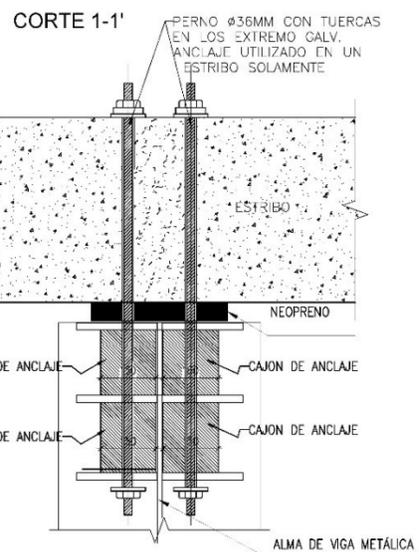
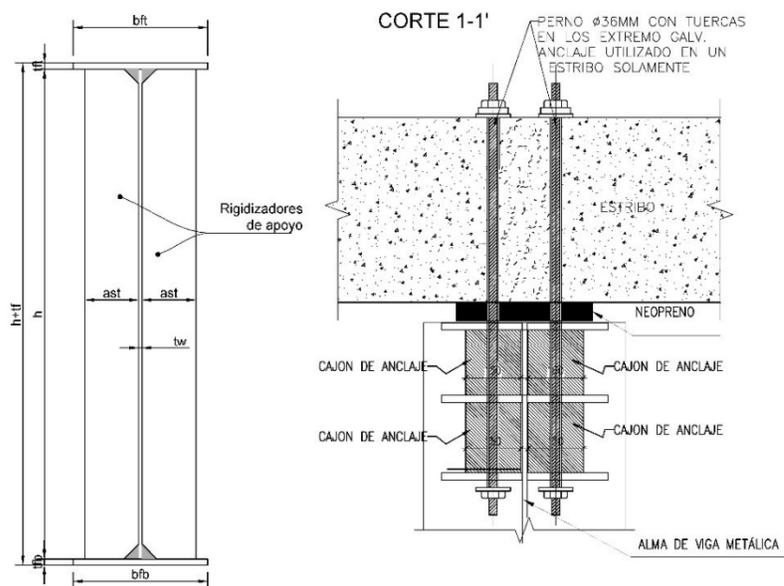
ALZADO DE VIGA



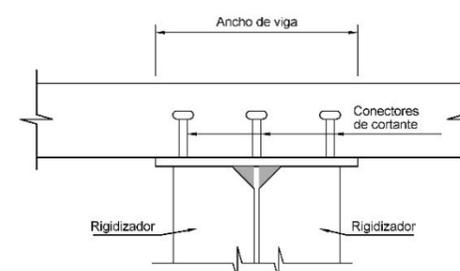
PLANTA DE VIGA L=40m.



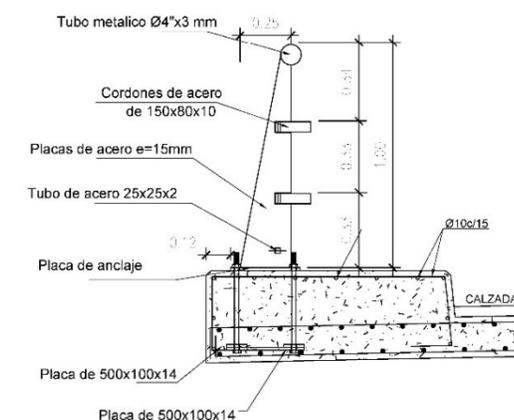
SECCIÓN VIGA



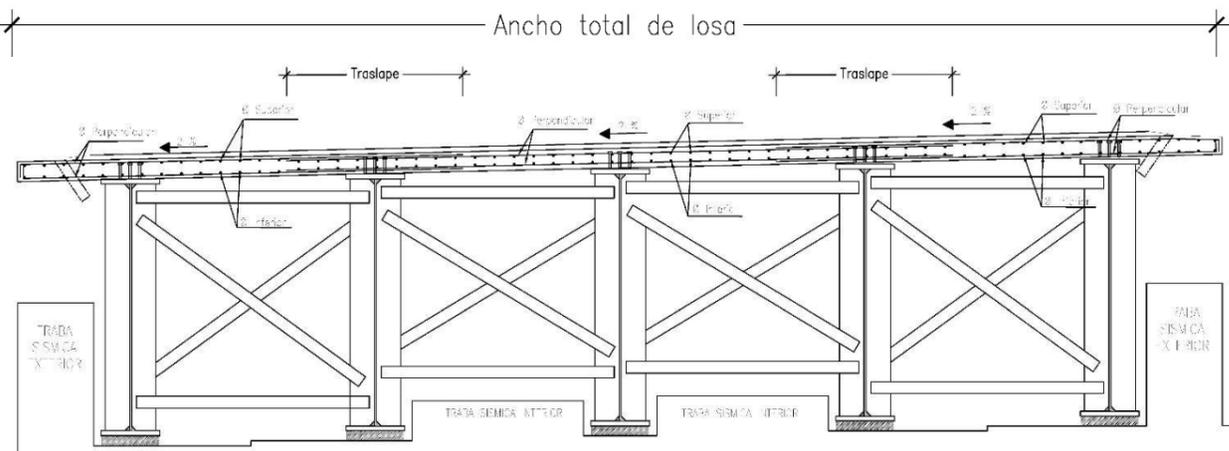
CONECTORES DE CORTE



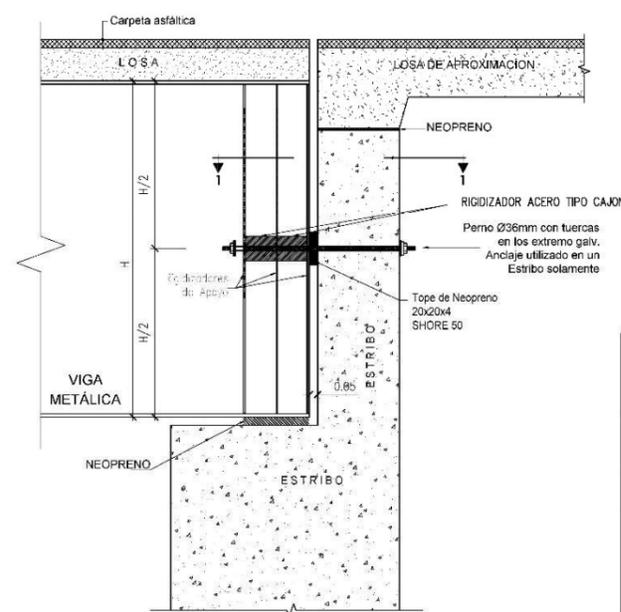
DETALLE DE BARANDA



SECCION DE LOSA



DETALLE DE ANCLAJE DE LA VIGA AL ESTRIBO



ESPECIFICACIONES

- Ministerio de Obras Publicas, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001-7
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD)-2010
- Bridge Welding Code AWS/AASHTO D1.5

NOTAS GENERALES

- Acero Estructural Superestructura (Viga y Rigidizadores) Superestructura (Arriostramiento)
- Soldadura (AWS) E7018 A1
- Proceso de soldado SAW (Taller) SMAW (obra)
- Hormigón Replanteo: Hormigón Simple Infraestructura Hormigón estructural Super estructura Hormigón estructural de losa
- Se utilizará inhibidor de corrosión a base de carboxilato de amina en la preparación del hormigón.
- Acero de refuerzo limite de fluencia fy=4.200kg/cm2
- Recubrimientos Los que se indiquen en los planos

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y SUPERESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) 'BELCAI BRIDGE' CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010

CONTIENE: SUPERESTRUCTURA: VIGA METALICA Y LOSAS
DETALLES DE CONEXIONES Y UNIONES

DISEÑO ESTRUCTURAL:

Beltrán León Leandro
DISEÑADOR

Cecilio Benítez Jiménez
DISEÑADOR

CODIGO: SSB-SUPVL-02
HOJA: 3/3
ESCALA: 5/E
FECHA: NOVIEMBRE 2017
DIBUJO: BELCAI BRIDGE

BelCai Bridge

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL. LO PLASMADO POR EL PRESENTE PLANO ESTRUCTURAL ES DE PROPIEDAD DE LOS AUTORES Y DE LA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUENTE. LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DEBERA SER APROBADA PREVIO CONSENTIMIENTO DE LOS AUTORES.

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN ALGORITMO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE INFRAESTRUCTURA MIXTA (ACERO-HORMIGÓN) “BELCAI BRIDGE” CONSIDERANDO LA NORMATIVA AASHTO LRFD 2010”

AUTOR/ES: HUMBERTO LEANDRO BELTRÁN LEÓN

JAMID MAUEL CAICEDO BENÍTEZ

REVISORES:

MSc. ING. LEONARDO JAVIER ECHEVERRIA FABRE

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE
ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

FACULTAD: INGENIERA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

N. DE PAGS: 189

ÁREAS TEMÁTICAS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTES VEHICULARES

PALABRAS CLAVE: hormigón, cimentaciones, acero, diseño estructural, viga, muro,

RESUMEN:

Con la creación de este algoritmo se desea ayudar al sector de ingenieros civiles estructurales, para que tengan una novedosa herramienta de calculo que les permita diseñar puentes de una manera más rápida, sencilla y ahorrándole mucho tiempo y dinero; ya que la elaboración de estos proyectos es muy costosa y requieren de gran demanda de tiempo. De esta manera se logra conectar los pueblos dándoles un fácil y rápido acceso para realizar las actividades diarias y así se mejora la calidad de vida de nuestras poblaciones.

Para la elaboración de este proyecto, luego de hacer un análisis y darnos cuenta que en la actualidad no existe ninguna herramienta parecida en el país, nos hemos visto en la necesidad de desarrollar este proyecto ya que será de gran utilidad para el ingeniero civil.

La elaboración de este diseñador estructural será para puentes simplemente apoyados de un solo tramo, desde dos hasta cuatro carriles, pasarelas laterales, con un ancho de tablero de entre 9.75 hasta 34.60 metros y con una luz entre estribos de hasta 50 metros. La cimentación del puente será de hormigón armado y su superestructura (vigas) de acero estructural.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES: HUMBERTO LEANDRO BELTRÁN LEÓN JAMID MAUEL CAICEDO BENÍTEZ	Teléfono: 0995134828 0979002012	E-mail: hlbl.cb.ing@gmail.com jamid_caicedo@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSC. Yuly Herrera Valencia, DECANA Teléfono: 2596500 EXT. 241 DECANATO E-mail: yherrerav@ulvr.edu.ec	

Quito: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y carrión, Edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 2509054

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_BELTRAN-CAICEDO.docx (D32871640)
Submitted: 11/24/2017 9:38:00 PM
Submitted By: lecheverriaf@ulvr.edu.ec
Significance: 12 %

Sources included in the report:

20170726 ABARCA Jessica_FIGUEROA Ana.pdf (D29777860)
2017-10-18 TRABAJO DE TITULACION - copia.docx (D31504183)
20170322 Luis Cuenca & Juan Vargas PUENTE RÍO LA ROCA.pdf (D26671470)
20170530 Andrea Guzmán.pdf (D28957437)
20170705 Daniela López e Ismael Heredia.pdf (D29558704)
TESIS YESSENIA VALENCIA CORRECCION DE NORMAS CaASI LISTA.docx (D31412753)
201710 RR & EH Diseño_del_Puente_Sobre-Rio_Charhuayacu.pdf (D31591013)
<https://www.slideshare.net/valerianito/puentes-lrfd-ing-arturo-rodriguez>
<https://es.slideshare.net/romelhreia1/mc-ingarturorodriguezserquen>
<https://documents.mx/documents/disenodepuentescon-aashto-lrfd-2010.html>
<https://dokumen.tips/documents/consideraciones-generales-01.html>

Instances where selected sources appear:

48

A handwritten signature in blue ink, appearing to be a stylized name or set of initials.