

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

"Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil"

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto:

"MANUAL PARA MODELAR PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), EMPLEANDO EL SOFTWARE SAP2000 BRIDGE"

Autor:

Teresa Griselda Parra Cepeda

Director: Ing. Oscar Paredes

Riobamba – Ecuador

2016

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: "MANUAL PARA MODELAR PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), EMPLEANDO EL SOFTWARE CSIBRIDGE" presentado por: **Teresa Griselda Parra Cepeda**, dirigida por: **Ingeniero Oscar Paredes**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constado en cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Víctor Velásquez Presidente del Tribunal

Ing. Oscar Paredes Director del Proyecto

Firma Firma

Ing. Alexis Martínez Miembro del Tribunal

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación le corresponde exclusivamente a: Teresa Griselda Parra Cepeda e Ing. Oscar Paredes, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo

Parra Cepeda Teresa Griselda

C.I: 0603520685

AGRADECIMIENTO

A mis padres José y Griselda por ser mi fortaleza y guía en este arduo camino.

A mi hermano Cesar por brindarme sus consejos siempre tan sabios.

Al Director del Proyecto Ingeniero Oscar Paredes y al Ing. Alexis Martínez, quienes con su amplia experiencia me han impartido todos sus conocimientos e información necesaria, para la elaboración de la presente tesis y el cumplimiento de esta meta.

DEDICATORIA

Dedico a mis padres y a todas las personas que me han apoyado incondicionalmente en la culminación de este sueño

CONTENIDO

ÍNDICE DI	E FIGURAS	XV
RESUMEN	ſ	1
SUMMARY	YiERROR! MARCADOR N	NO DEFINIDO.
INTRODU	CCIÓN	
CAPÍTULO) I	5
1. EL I	PROBLEMA DE INVESTIGACION	5
<i>1.1.</i> TI	EMA DE INVESTIGACION	5
<i>1.2.</i> PH	ROBLEMATIZACION	5
1.2.1. Co	ontextualización	5
1.2.2. Aı	nálisis critico	6
1.2.3. Pr	ognosis	6
1.2.4. De	elimitación	6
1.2.5. Fo	ormulación del problema	7
1.2.6. Hi	pótesis	7
1.2.7. Id	entificación de variables	7
<i>1.3</i> . JU	JSTIFICACION	7
<i>1.4.</i> O	BJETIVOS	
1.4.1. O	bjetivo General	
1.4.2. O	bjetivos Específicos	
CAPÍTULO) II	9
2. FUN	DAMENTACION TEORICA	9
2.1. Al	NTECEDENTES	9
2.2. PU	JENTES	9
2.2.1. Co	onsideraciones generales de la norma AASHTO LRFD	en la estructura
de un pue	nte	
2.2.1.1.	Factores de carga y combinaciones de carga	
2.2.1.2.	Análisis de cargas	
2.2.1.2.1.	Carga muerta (DC)	
2.2.1.2.2.	Carga por capa de rodadura (DW)	
2.2.1.2.3.	Carga viva vehicular (LL)	

2.2.1.2.3.1	. Incremento por Carga Dinámica: (IM)	16
2.2.1.2.3.2	2. Carga peatonal en Barandas	17
2.2.1.2.4.	Cargas Sísmicas (EQ)	17
2.2.1.3.	Prediseño de los elementos del puente	18
2.2.1.3.1.	Losas de Hormigón	19
2.2.1.3.1.1	. Distancia de la carga de la rueda al borde de la losa	19
2.2.1.3.2.	Vigas de Hormigón	20
2.2.1.3.3.	Vigas Metálicas	21
2.2.1.3.4.	Armadura de repartición	23
2.2.1.3.5.	Deformaciones	24
2.2.1.3.6.	Propiedades de los materiales	25
2.2.1.3.6.1	. Hormigón Armado	25
2.2.1.3.6.2	2. Acero de refuerzo	26
2.2.1.3.6.3	3. Acero estructural	26
2.2.1.3.6.4	Reforzamientos mínimos	27
2.2.1.3.9.1	. Estribo en voladizo de Hormigón Armado	29
2.2.1.4.	Diseño sísmico de puentes	30
2.2.1.4.1.	Coeficiente de Aceleración "Z"	30
2.2.1.4.2.	Tipo de suelo	31
2.2.1.4.3.	Clasificación de las Estructuras	35
2.2.1.4.4.	Factor de Modificación de Respuesta	35
2.2.1.4.5.	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	37
2.2.1.4.6.	Categoría de diseño Sísmico según AASHTO LRFD	37
2.2.1.4.7.	Requerimientos mínimos de análisis para Efectos Sísmicos.	39
CAPITULC)]]]	40
		10
3. METO	DOLOGÍA DE ESTUDIO	40
3. <i>1</i> . TIP() DE ESTUDIO	40
<i>3.2.</i> POB	LACIÓN Y MUESTRA	40
<i>3.3.</i> OPE	RACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
3 <i>1</i> PRO	CEDIMIENTOS	13
<i>J.</i> 7 . I KU		····· 4 3
3.5. PRO	CESAMIENTO Y ANÁLISIS	45
3.5.1. Di	seño de la súper estructura del puente de Hormigón calculo n	nanual
		45
3.5.1.1.	Diseño del tablero	45
3.5.1.2.	Diseño de la viga Interior Izquierda	47

3.5.2. Resultados de la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2	49
3.5.3. Diseño de la súper estructura del puente de losa sobre vigas metálic	cas
calculo manual	53
3.5.3.1. Diseño de tablero	53
3.5.3.2. Diseño de la viga interior	55
3.5.4. Resultados de la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2	63
CAPITULO IV	67
4. RESULTADOS	67
4.1. INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN	68
4.1.1. Nudos	68
4.1.1.1. Secciones transversales.	68
4.1.2. Discretización de los elementos	70
4.1.3. Objeto puente	70
4.1.4. Cargas de vehículos y Clases de vehículos	71
4.1.5. Casos de carga	71
4.1.6. Cargas puntuales, lineales y distribuidas	72
4.1.7. Estructuras metálicas	73
4.2. PARÁMETROS A UTILIZAR EN NUESTRO MEDIO	73
4.2.1. Cargas (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).	73
4.2.2. Combinación de Cargas (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3)	76
4.3. HERRAMIENTAS APLICADAS PARA LA MODEACION I	DE
LOS PUENTES CALCULADOS DE FORMA MANUAL	76
4.3.1. Modelado	76
4.3.1.1. Plantillas	76
4.3.1.2. Asistente de creación y edición del modelo	77
4.3.1.3. Combinaciones de carga	77
4.3.2. Resultados	78
4.3.2.1. Control de la Deflexion	78
4.3.2.2. Diagramas de Momentos, Cortantes, Fuerza Axial y torsión	78
4.3.2.3. Superficies de influencia	79
4.3.2.4. Edición interactiva de datos.	79
4.4. LIMITACIONES DEL PROGRAMA	80
4.5. METODOLOGÍA QUE UTILIZA EL SOFTWARE	80
4.6. POTENCIALIZACION DEL PROGRAMA	83

4.6.1. Información General.	83
4.6.1.1. Variación de la línea de eje	83
4.6.1.2. Secciones paramétricas del tablero.	83
4.6.1.3. Variaciones paramétricas	84
4.6.1.4. Muelles (springs)	85
4.6.1.5. Evaluación de la super-estructura.	85
4.6.1.6. Optimización de las vigas metálicas	86
4.6.1.7. Análisis estático no lineal (PUSHOVER)	87
4.6.1.8. Análisis dinámico	87
4.6.1.8.1. Modal	88
4.6.1.8.2. Análisis por espectro de respuesta	88
4.6.1.8.3. Análisis temporal no lineal (TIME HISTORY ANALYSIS)	89
4.6.1.9. Análisis de pandeo (BUCKLING).	90
CAPITULO V	91
5. DISCUSIÓN	91
5 1 DUENTE DE HODMICÓN	01
5.1. FUENTE DE HORMIGON	 91 01
5.1.2. Comparación de resultados de la fuerza Cortante	01
5.1.2. Comparación de resultados de la ruerza Cortaine	91
5.2. PUENTE MIXTO TABLERO DE HORMIGÓN SOBRE VI	IGAS
METALICAS	92
5.2.1. Comparación de resultados con los Momentos Flexionantes	92
5.2.2. Comparación de resultados de la fuerza Cortante	92
-	
CAPITULO VI	93
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1. CONCLUSIONES	93
6.2 RECOMENDACIONES	94
	/ 4
	05
	93
7. PROPUESTA	95
7.1. TITULO DE LA PROPUESTA	95
	~ <i>=</i>

7.3. OBJETIVOS
7.3.1. Objetivo General
7.3.2. Objetivos Específicos
74 EUNDAMENTACIÓN CIENTIEICA TECNICA 04
7.4.1 Características del software CSIRPIDGE V15 VERSION
FVALUACION 2
7.4.1.1 Fighilidad del Programa
7.4.1.2 Compatibilidad con otros programas y formatos
7.4.1.2. Dimensionamiento de la superestructura y subestructura 90
7.4.1.4. Otras herramientas avanzadas
7.5. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA 100
7.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA 101
7.6.1. Comandos del CSIBRIDGE V15 VERSION EVALUACION 101
7.6.2. Pasos generales para la modelación de un puente de hormigón armado
104
7.6.2.1. Modelación con la plantilla en Blanco (Blank) 106
7.6.2.1.1. Utilizando los iconos que presenta el CSIBRIDGE V15.2
VERSION EVALUACIÓN 108
7.6.2.1.1.1. Definición de la línea base (Layout) 108
7.6.2.1.1.2. Definición de los carriles (Lanes) 110
7.6.2.1.1.3. Definición de las propiedades de los materiales 113
7.6.2.1.1.4. Definición de la Super-estructura
7.6.2.1.1.5. Definición de la Sub-estructura
7.6.2.1.1.6. Definir el patrón de cargas 131
7.6.2.1.1.7. Definir el vehículo de diseño 132
7.6.2.1.1.8. Definición de las cargas aplicadas sobre el puente
7.6.2.1.1.9. Definición del Objeto Puente 137
7.6.2.1.1.10. Actualizar el modelo estructural 142
7.6.2.1.1.11. Designación de la variación paramétrica
7.6.2.1.1.12. Visualizar las características del puente
7.6.2.1.1.13. Asignación carga móvil 144
7.6.2.1.1.14. Definición de las combinaciones de carga
7.6.2.1.1.15. Llenar los objetos del puente
7.6.2.1.1.16. Observar las cargas que se aplican sobre el puente
7.6.2.1.1.17. Vista en 3D 150
7.6.2.1.1.18. Análisis del puente
7.6.2.1.1.19. Deformada del puente, control de deflexión y cálculo del acerc
de refuerzo. 151

7.6.2.1.1.20. Influencia de las cargas vivas	153
7.6.2.1.1.21. Momentos, cortantes y axiales	156
7.6.2.1.1.22. Diseño y Evaluación del puente	157
7.6.2.1.1.23. Animación con el vehículo en movimiento	167
7.6.2.2. Modelación del Puente empleando una plantilla	172
7.6.2.2.1. Selección de la plantilla y sus dimensiones	172
7.6.2.2.2. Revisión de los parámetros creados del puente	173
7.6.3. Diseño de un puente sobre vigas metálicas	173
7.6.3.1. Diseño de las vigas metálicas	174
7.6.3.1.1. Crear un nuevo material	174
7.6.3.1.2. Crear nueva sección	174
7.6.3.1.3. Crear una viga de acero con platabandas	176
7.6.3.1.4. Definición el tipo de sección	177
7.6.3.1.5. Definición de los diafragmas metálicos	178
7.6.3.1.6. Correr el análisis del puente	179
7.6.3.1.7. Combos de diseño	180
7.6.3.1.8. Diseño de las vigas metálicas	181
7.6.3.1.9. Diagramas de momentos positivos y negativos	182
7.6.3.1.10. Optimización del diseño	183
7.6.3.1.11. Análisis del diseño	188
7.6.3.2. Diseño y evaluación de los diafragmas y arriostram	ientos
horizontales	189
7.6.3.2.1. Añadir de forma externa los arriostramientos horizontales	189
7.6.3.2.2. Evaluar los Arriostramiento horizontales	191
7.6.4. Diseño a sismo de puentes en el CSIBRIDGE V15.2 VER	SION
EVALUACIÓN	199
7.6.4.1. Análisis dinámico por espectro de respuesta	199
7.6.4.2. Definición de los casos para el análisis dinámico a sismo	202
7.7. DISEÑO ORGANIZACIONAL	206
7.8. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	207
CAPITULO VIII	208
8. BIBLIOGRAFIA	208
CAPITULO IX	209
9. ANEXOS	209

9.1. ANEXO Ejemplo de aplicación del manual median	te la modelación
de la superestructura del puente Matus-Aulabug ubicad	lo en el cantón
Penipe, empleando el software CSIBRIDGE V	15.2 VERSION
EVALUACIÓN	
9.1.1. Datos del Puente	
9.1.1.1. Detalles de la sección transversal de concreto	
9.1.1.2. Detalles de la sección transversal de acero	
9.1.2. Modelación con la plantilla en blanco del puente Matu	ıs-Aulabug 212
9.1.2.1. Definición de la línea base	
9.1.2.2. Definición de los carriles	
9.1.2.3. Definición de las propiedades de los materiales	
9.1.2.3.1. Tramo de hormigón	
9.1.2.3.2Tramo Metálico	
9.1.2.3.3. Definición de las propiedades de las secciones	
9.1.2.3.4. Definición de las secciones de hormigón	
9.1.2.3.5. Definición de las secciones de acero	
9.1.2.4. Acero de refuerzo	
9.1.2.5. Definición de la sección transversal del tablero	
9.1.2.5.1. Sección del tramo de concreto	
9.1.2.5.2. Sección transversal metálica	
9.1.2.6. Definición de los diafragmas	
9.1.2.7. Definición de los apoyos	
9.1.2.8. Definición de la Cimentación	
9.1.2.9. Definición de los Estribos	
9.1.2.10. Definición de la Pila	
9.1.2.11. Definición del Vehículo de diseño	
9.1.2.12. Definir los patrones de carga	
9.1.2.13. Definición de las cargas del puente	
9.1.2.14. Definición de carga móvil	
9.1.2.15. Definición del objeto puente	
9.1.2.15.1. Asignación del Span	
9.1.2.15.2. Asignación de los estribos	
9.1.2.15.3. Asignación del Bent	
9.1.2.15.4. Asignación de los Diafragmas	
9.1.2.15.5. Asignación de las varillas de refuerzo longitudina	ıl 270
9.1.2.15.6. Asignación de las varillas de acero de refuerzo tra	nsversal 272
9.1.2.15.7. Asignación de las cargas	
9.1.2.16. Visualizar las cargas sobre el puente	
9.1.2.17. Selección de las combinaciones de carga	
9.1.2.18. Definición de los arriostramientos horizontales	

9.1.2.19. Enviar analizar el puente	292
9.1.2.20. Análisis de resultados	294
9.1.2.20.1. Tramo de acero	295
9.1.2.20.2. Tramo de concreto	297
9.1.2.20.3. Desplazamiento con respecto a la carga de resistencia	298
9.1.2.20.4. Diagramas de Momentos y cortantes de las vigas con el con	mbo de
"Resistencia 1"	299
9.1.2.21. Diseño y Evaluación de las vigas	304
9.1.2.21.1. Resultados de la evaluación Demanda/ Capacidad	310
9.1.2.21.2. Evaluación a Corte de las vigas de concreto con la combi	inación
resistencia 1	314

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Combinaciones de Carga	. 14
Tabla 2. Factores de Carga Permanente	. 14
Tabla 3. Fracción de tráfico de camiones en un único carril	. 15
Tabla 4. Factores por presencia múltiple de sobrecargas	. 16
Tabla 5. Incremento por carga Dinámica (IM)	. 16
Tabla 6. Profundidades mínimas utilizadas para superestructuras	. 18
Tabla 7. Fórmulas para el cálculo de las deformaciones	. 24
Tabla 8. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	. 31
Tabla 9. Clasificación de los perfiles de suelo	. 33
Tabla 10. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa	. 34
Tabla 11. Tipo de suelo y factores de sitio Fd	. 34
Tabla 12. Factor del comportamiento inelástico del subsuelo Fs	. 35
Tabla 13. Factores de modificación de Respuesta "R" Sub-estructura	. 36
Tabla 14. Factores de modificación de respuesta "R" Conexiones	. 36
Tabla 15.Requerimientos mínimos análisis para efectos sísmicos	. 39
Tabla 16.Referencias y normas	. 41
Tabla 17. Variables Dependiente e Independiente	. 42
Tabla 18. Resultados del puente de Hormigón	. 51
Tabla 19. Resultados del puente Mixto	. 65
Tabla 20. Cargas a considerar en nuestro medio	. 74
Tabla 21. Comparación de momentos	. 91
Tabla 22. Comparación de Cortante	. 91

Tabla 23. Comparación	de Momento		
Tabla 24. Comparación	de Cortante		
Tabla 25. Fórmulas para	el cálculo de	las deformaciones .	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	1. Detalle de los límites que establece la norma AASHTO LRFD	19
Figura	2. Estribo en voladizo	29
Figura	3. Zonas Sísmicas del Ecuador	30
Figura	4. Espectro de diseño	37
Figura	5. Modelado del puente de Hormigón	49
Figura	6. Momento último de la viga interior	50
Figura	7. Cortante último de la viga interior	51
Figura	8. Modelado del puente Losa sobre vigas metálicas	63
Figura	9. Momento último de la viga interior	64
Figura	10. Cortante ultimo de la viga interior	64
Figura	11. Nudos del Puente de Hormigón y Mixto	68
Figura	12. Sección transversal del puente de Hormigón Armado	69
Figura	13. Sección transversal del puente Mixto	69
Figura	14. Discretización de elementos	70
Figura	15. Objeto de puente (Bridge Object Model)	70
Figura	16. Vehículo empleado en la modelación	71
Figura	17. Patrones de carga empleados en la modelación	72
Figura	18.Carga en Asfalto del Puente de Hormigón	72
Figura	19. Estructuras metálicas	73
Figura	20. Cargas AASHTO HL-93	74
Figura	21. Cargas AASHTO HL-93	74
Figura	22. Carga Especial (Tándem).	75

Figura	23. Diferentes tipos de plantillas que posee el CSI BRIDGE	76
Figura	24. Asistente de creación y edición de modelos	77
Figura	25. Combinaciones de carga	77
Figura	26. Deflexiones máximas	78
Figura	27. Diagramas de cortante y momento	78
Figura	28. Superficies de influencia	79
Figura	29. Edición interactiva de datos	79
Figura	30. Normas de diseño para puentes.	81
Figura	31. Flujograma análisis por el Método de Elementos finitos (MEF)	82
Figura	32. Línea de eje	83
Figura	33. Secciones paramétricas del tablero	84
Figura	34. Variaciones Paramétricas	84
Figura	35. Muelles	85
Figura	36. Diseño y evaluación de la super-estructura	86
Figura	37. Optimización de las vigas metálicas	86
Figura	38. Análisis no lineal (PUSHOVER).	87
Figura	39. Análisis (MODAL).	88
Figura	40.Espectro de repuesta	89
Figura	41. Análisis temporal no lineal (TIME HISTORY ANÁLYSIS)	90
Figura	42. Análisis de Pandero (BUCKLING).	90
Figura	43. Presentación del CSIBRIDGE	97
Figura	44. Menú "ORB" 1	01
Figura	45. Menú "HOME"	01

Figura	46. Menú "LAYOUT"	102
Figura	47. Menú "COMPONENTS"	102
Figura	48. Menú "LOADS"	102
Figura	49. Menú "BRIDGE"	103
Figura	50.Menú "ANALYSIS"	103
Figura	51. Menú "DESING/RATING"	103
Figura	52. Menú "ADVANCED"	104
Figura	53. Ventana de trabajo y elección de unidades	104
Figura	54.Selección de la plantilla a trabajar	105
Figura	55.Información general del proyecto	105
Figura	56. Ventana donde se encuentra el "Bridge Wizard"	106
Figura	57.Ventana del "Bridge Wizard"	107
Figura	58.Ventana para definir la línea base del puente	108
Figura	59.Selección de la línea base	109
Figura	60. Ventana para modificar, copiar y eliminar la línea base	110
Figura	61. Ventana para ingresar las dimensiones de los carriles	111
Figura	62. Ventana para ver los carriles	112
Figura	63. Ventana para seleccionar los carriles	112
Figura	64.Ventana del diseño de los carriles	113
Figura	65. Ventana de las propiedades de los materiales	113
Figura	66. Propiedades de los materiales	114
Figura	67. Ventana para seleccionar el tipo de puente	115
Figura	68. Dimensionamiento del puente	116

Figura	69. Dimensionamiento de las vigas	117
Figura	70. Dimensionamiento de los volados	117
Figura	71. Detalles del puente	118
Figura	72. Ventana para definir los diafragmas	118
Figura	73. Características de los diafragmas	119
Figura	74. Ventana para definir la variación paramétrica	119
Figura	75. Dimensionamiento de la variación paramétrica izquierda	120
Figura	76. Dimensionamiento de la variación paramétrica derecha	121
Figura	77. Crear los apoyos	121
Figura	78. Configuración del apoyo Fijo	122
Figura	79. Definición del apoyo móvil	122
Figura	80. Definición de la cimentación	123
Figura	81. Elegir los estribos	124
Figura	82. Definición de las características de los estribos	124
Figura	83. Añadir una nueva sección	125
Figura	84. Selección del material	126
Figura	85. Dimensiones de la sección	126
Figura	86.Características de una columna	127
Figura	87.Características de una viga	128
Figura	88. Configuración de los elementos del estribo	128
Figura	89. Definición de los pilares	129
Figura	90. Modificar las pilas	130
Figura	91. Crear los patrones de carga	131

Figura	92. Selección del vehículo de diseño 1	132
Figura	93. Selección del vehículo de diseño 1	133
Figura	94. Crear la clase de vehículos 1	134
Figura	95. Seleccionar las cargas del puente 1	135
Figura	96. Configuración de la carga lineal 1	135
Figura	97. Configuración de la carga en área 1	136
Figura	98. Ventana inicial del objeto puente 1	137
Figura	99. Definición de los tramos del puente 1	138
Figura	100. Definir las características de los estribos 1	138
Figura	101. Definir las características de la pila 1	139
Figura	102. Espaciamiento de los diafragmas 1	140
Figura	103. Elevación del puente 1	141
Figura	104. Configuración del refuerzo longitudinal y transversal 1	141
Figura	105. Definir las opciones del modelo estructural 1	142
Figura	106.Configuración en los tramos del puente 1	142
Figura	107. Definición de la variación parametrica en toda la profundidad 1	143
Figura	108. Ver las secciones definidas en el puente 1	143
Figura	109. Ubicación de la carga móvil 1	144
Figura	110. Asignación de la carga móvil 1	144
Figura	111. Asignación de las combinaciones de carga 1	145
Figura	112. Crear combos automáticamente 1	146
Figura	113. Ventana para llenar los objetos del puente 1	147
Figura	114. Seleccionar la carga asignada 1	147

Figura	115. Selección de las cargas lineales	148
Figura	116. Ventana para elegir la carga a observar	149
Figura	117. Visualización de la carga seleccionada	149
Figura	118. Vista en 3D	150
Figura	119.Correr el programa	151
Figura	120. Ver deformada de la estructura	151
Figura	121. Deformada por carga	152
Figura	122. Deformada con respecto al eje Z	153
Figura	123. Influencia de las cargas vivas	154
Figura	124. Ver la influencia de cargas en el puente	154
Figura	125.Configurar la ventana para el diseño del acero de refuerzo	155
Figura	126. Ver el acero de refuerzo	155
Figura	127. Diagrama de Momentos	156
Figura	128. Diagrama de cortante	157
Figura	129. Combinaciones de carga	158
Figura	130. Código de diseño	159
Figura	131. Solicitud de diseño a flexión	160
Figura	132. Solicitud de diseño a corte	161
Figura	133. Enviar a diseñar	162
Figura	134. Ventana después de enviar a diseñar	162
Figura	135. Evaluación de la resistencia positiva a flexión	163
Figura	136. Desbloquear el modelo	164
Figura	137. Añadir refuerzo longitudinal en las vigas	164

Figura 138. Analizar y Diseñar el modelo	. 165
Figura 139. Evaluación a flexión de la viga con la resistencia positiva	. 166
Figura 140. Evaluación a flexión de la viga con la resistencia negativa	. 166
Figura 141. Evaluación del cortante en la viga	. 167
Figura 142. Abrir el candado	. 168
Figura 143. Añadir un nuevo patrón de carga	. 168
Figura 144. Modificar la carga viva	. 169
Figura 145. Analizar la carga agregada	. 169
Figura 146. Ventana de animación	. 170
Figura 147. Crear animación del puente	. 170
Figura 148. Establecer propiedades del vehículo	. 171
Figura 149. Animación de los vehículos	. 171
Figura 150. Selección de una plantilla	. 172
Figura 151. Características del puente	. 172
Figura 152. Ventana del puente creado automáticamente	. 173
Figura 153. Ventana crear un nuevo material	. 174
Figura 154. Crear una sección	. 175
Figura 155. Ventana para ingresar los valores de la viga	. 175
Figura 156. Ventana del refuerzo en el acero	. 176
Figura 157. Dimensionamiento de las platabandas	. 176
Figura 158. Elección del tipo de puente	. 177
Figura 159. Dimensionamiento del puente sobre vigas metálicas	. 177
Figura 160. Características de los diafragmas diagonales	. 178

Figura	161. Características de los diafragmas tipo vigas	178
Figura	162. Ventana para correr el análisis	179
Figura	163. Deformada del puente	179
Figura	164. Ventana para crear las combinaciones de carga	180
Figura	165. Verificar el código con el que se está trabajando	180
Figura	166. Solicitud para el diseño de puente	181
Figura	167. Ventana para enviar a diseñar el puente	182
Figura	168. Diagrama de momentos	182
Figura	169. Seleccionar la optimización	183
Figura	170. Ventana del diseño optimizado	183
Figura	171. Configuración de los momentos	184
Figura	172. Ventana para modificar las dimensiones	185
Figura	173. Valores a modificar	186
Figura	174. Ventana para recalcular los valores modificados	186
Figura	175. Determinar los valores de momento en un cierto punto	187
Figura	176. Completar la optimización	188
Figura	177. Análisis del Diseño	188
Figura	178.Elección de la sección a dibujar	189
Figura	179.Dibujo de los arriostramientos horizontales	190
Figura	180. Vista de los arriostramientos horizontales	190
Figura	181.Preferencias a emplear en el diseño	191
Figura	182.Normas y parámetros de diseño	191
Figura	183.Opción para agregar los combos de diseño	192

Figura	184.Combinaciones de carga incluidas en el diseño	192
Figura	185.Enviar a diseñar la estructura metálica	193
Figura	186.Elegir las propiedades	193
Figura	187.Eleccion del ángulo de (100x100x8) mm	194
Figura	188.Ubicación de los diafragmas y arriostramientos horizontales	194
Figura	189. Selección de los diafragmas y arriostramientos horizontales	195
Figura	190.Diseño de la estructura metálica	196
Figura	191.Pasos a seguir para mostrar los valores de diseño	196
Figura	192.Chequeo de la estructura metálica	197
Figura	193.Selección del ángulo a chequear	198
Figura	194.Detalles del ángulo de 100x100x8	198
Figura	195.Crear el espectro desde un archivo	199
Figura	196.Opciones para añadir el espectro	200
Figura	197.Busqueda del archivo en txt	200
Figura	198.Ingreso de los datos del espectro	201
Figura	199.Configuración del espectro	202
Figura	200.Añadir las cargas de espectro	203
Figura	201.Definición del sismo en "X"	204
Figura	202.Definición del sismo en "Y"	205
Figura	203. Puente Matus–Aulabug	209
Figura	204. Sección transversal del tramo de concreto	210
Figura	205. Sección transversal del tramo metálico	211
Figura	206. Ventana de trabajo	212

Figura 207.Selección de unidades	. 212
Figura 208.Crear un nuevo modelo	. 213
Figura 209.Selección de la plantilla del puente	. 213
Figura 210.Ventana lista para crear el modelo	. 214
Figura 211.Definición de la línea base	. 215
Figura 212.Detalle de la sección transversal del puente	. 215
Figura 213.Definición del carril derecho	. 216
Figura 214.Definición del carril izquierdo	. 216
Figura 215.Configuración para visualizar los carriles	. 217
Figura 216.Observar los carriles	. 217
Figura 217.Crear un nuevo material	. 218
Figura 218.Definición de las características del hormigón	. 219
Figura 219.Definición del acero de refuerzo	. 220
Figura 220.Propiedades del acero de refuerzo	. 220
Figura 221.Definición del acero A36	. 221
Figura 222.Propiedades del acero A36	. 222
Figura 223.Definición del acero A588	. 223
Figura 224.Propiedades del acero A588	. 224
Figura 225.Crear las secciones	. 225
Figura 226.Designación de la sección	. 225
Figura 227.Detalle transversal de la columna de la pila	. 226
Figura 228.Definición de la columna de la pila	. 226
Figura 229.Elección del material y forma de la viga	. 227

Figura	230.Detalle de la viga	228
Figura	231.Definición de la viga de la pila	228
Figura	232.Vista de la viga	229
Figura	233.Elección del material y forma de la viga ubicada en el estribo	230
Figura	234.Definición de la viga del estribo	231
Figura	235.Ventana de la viga del estribo	231
Figura	236.Elección del material y la forma de la viga principal	232
Figura	237.Detalle de la sección transversal de concreto	233
Figura	238.Definición de la viga de concreto	233
Figura	239.Elección del material y forma del ángulo de 100x100x8	234
Figura	240.Configuración del ángulo de 100x100x8	235
Figura	241.Elección de la forma de la viga de acero	236
Figura	242.Detalles de la viga de acero	237
Figura	243.Definición de las características de la viga de acero	238
Figura	244.Crear el acero de refuerzo	238
Figura	245.Añadir el acero de refuerzo	239
Figura	246. Ventana para crear una sección transversal del puente	239
Figura	247.Elegir la sección transversal de concreto	240
Figura	248.Sección transversal de concreto	241
Figura	249.Configuración de la sección transversal de concreto	241
Figura	250.Configuración de la sección transversal de concreto	242
Figura	251.Elegir la sección transversal de Acero	243
Figura	252.Detalle de la sección transversal metálica	243

Figura	253.Configuración de la sección transversal metálica	244
Figura	254.Configuración de la sección transversal metálica	244
Figura	255.Crear un nuevo Diafragma	245
Figura	256.Detalle del diafragma	245
Figura	257.Definición del diafragma de concreto	246
Figura	258.Detalle del diafragma metálico	247
Figura	259.Definición del diafragma metálico	247
Figura	260.Crear un apoyo	248
Figura	261.Definición del apoyo fijo	248
Figura	262.Definición del apoyo móvil	249
Figura	263.Crear la cimentación	249
Figura	264.Definición de la cimentación	250
Figura	265.Crear un estribo	250
Figura	266.Definición del estribo	251
Figura	267.Crear la pila	252
Figura	268.Definición de la pila	253
Figura	269.Detalle de las columnas de la pila	254
Figura	270.Configuración de las columnas de la pila	254
Figura	271.Elegir el vehículo tipo	255
Figura	272.Vehículo tipo	255
Figura	273.Características del vehículo tipo	256
Figura	274.Crear una clase de vehículo	256
Figura	275.Definición de la clase de vehículo	257

Figura	276.Definición de los patrones de carga	258
Figura	277.Creación de la carga puntual	258
Figura	278.Definición de los postes a la derecha	259
Figura	279.Definición de los postes izquierdos	260
Figura	280.Crear la carga lineal	260
Figura	281.Definición de la carga de baranda derecha	261
Figura	282.Definición de la carga de baranda Izquierda	262
Figura	283.Crear la carga de asfalto	262
Figura	284.Definición de la carga de asfalto	263
Figura	285.Crear la carga móvil	264
Figura	286.Configuración de la carga móvil	264
Figura	287.Asignación del tramo de concreto y acero	265
Figura	288.Asignación de los espacios	266
Figura	289.Asignación del estribo de inicio	267
Figura	290.Asignación del estribo del fin	268
Figura	291.Asignación de la pila	269
Figura	292.Asignación de los diafragmas	270
Figura	293.Asignación del acero de refuerzo longitudinal	271
Figura	294. Asignación del acero de refuerzo transversal	273
Figura	295.Asignación de la carga de frenado y postes	274
Figura	296.Asignación de la carga de baranda	274
Figura	297.Asignación de la carga de asfalto	275
Figura	298.Ventana del objeto puente	276

Figura	299.Actualización del modelo	277
Figura	300.Configuración de la carga de asfalto	278
Figura	301.Visualización de la carga de asfalto	278
Figura	302.Configuración de la carga de baranda	279
Figura	303.Visualización de la carga de baranda	279
Figura	304.Configuración de la carga de postes	280
Figura	305.Visualización de las cargas de postes	280
Figura	306.Configuración de las combinaciones de carga	281
Figura	307.Elección de las combinaciones de carga	282
Figura	308.Combinaciones de carga creadas	282
Figura	309.Configuración de la visibilidad de las juntas	283
Figura	310.Visualización de las juntas	284
Figura	311.Vista en el plano "XY"	284
Figura	312.Configuración del puente para la vista en 2D	285
Figura	313.Vista en 2D	285
Figura	314.Elección de la sección a dibujar	286
Figura	315.Dibujo de los arriostramientos horizontales	287
Figura	316.Vista de los arriostramientos horizontales	287
Figura	317.Vista en 3D	288
Figura	318.Seleccionar las propiedades	288
Figura	319.Elegir las secciones creadas	289
Figura	320.Selección del ángulo de (100x100x8)	289
Figura	321.Elementos seleccionados	290

Figura	322.Configuración para visualizar la estructura metálica	290
Figura	323.Arriostramientos horizontales y diafragmas	291
Figura	324.Configurar ver todo el puente	291
Figura	325.Vista en 3D	292
Figura	326.Correr el análisis	293
Figura	327.Proceso de análisis	293
Figura	328.Deformada por carga muerta	294
Figura	329.Configuración de la deformada	295
Figura	330.Deflexión con la carga de servicio	296
Figura	331.Deflexión tramo metálico	296
Figura	332.Deflexión del tablero de concreto	297
Figura	333.Configuración del desplazamiento con la combinación de resister	ncia 298
Figura	334. Desplazamiento en el estribo con la combinación de resistencia	299
Figura	335.Diagrama de momento respecto a la carga muerta	300
Figura	336.Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga exte	rior 301
Figura	337.Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga inte	rior 302
Figura	338.Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga exte	rior 303
Figura	339.Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga inte	rior 304
Figura	340.Añadir las solicitudes de diseño	305
Figura	341.Solicitud de diseño por flexión con el combo 1	306

Figura	342. Solicitud de diseño por resistencia combo 1 307
Figura	343.Solicitud de diseño a corte
Figura	344. Solicitudes de diseño creadas 309
Figura	345.Diseño de la superestructura
Figura	346. Ventana que aparece después de correr en programa 310
Figura resister	347.Evaluación de la viga exterior de concreto con el combo de acia
Figura	348.Evaluación de la viga exterior metálica combo de resistencia 312
Figura	349.Evaluación de la viga interior de concreto con el combo de resistencia
Figura	350.Evaluación de la viga interior metálica combo de resistencia 314
Figura	351.Evaluación de la viga exterior izquierda a corte
Figura	352.Evaluación de la viga interior a corte

RESUMEN

El conocer el manejo de nuevas herramientas informáticas, genera mayor competitividad y por ende productividad en cuanto al diseño, análisis y evaluación de una estructura, siendo de gran importancia en la provincia de Chimborazo la creación de un, "MANUAL PARA MODELAR PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), empleando el software CSIBRIDGE VERSION EVALUACION"

La presente investigación inicia tomado en cuenta todas las consideraciones generales para el diseño y evaluación de un puente, y posteriormente se establece un prediseño del mismo, todos estos parámetros están basados en la norma AASHTO LRFD (2012), mientras que el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN emplea la AASHTO LRFD 2007 la cual no cambia en cuanto a consideraciones de diseño.

Posteriormente se realiza el cálculo manual de un puente de hormigón armado y mixto (tablero de hormigón sobre vigas metálicas) con su respectiva modelación en el software CSIBRIDGE, permitiendo establecer parámetros de comparación, interpretación y metodología que emplea el programa.

La última etapa de esta investigación comprende elaborar el manual para modelar y evaluar un puente de hormigón armado y posteriormente para un puente mixto (tablero de hormigón con vigas metálicas) con su respectiva descripción para mayor entendimiento.

Finalmente se realiza la aplicación del manual, mediante la modelación y evaluación de la superestructura del puente Matus-Aulabug ubicado en el cantón Penipe, empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN, el cual se encuentra especificado de forma detallada y a manera de ejemplo representativo en el Anexo 9.1.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO CENTRO DE IDIOMAS INSTITUCIONAL

Lic. Eduardo Heredia

15 de Julio del 2016

ABSTRACT

Knowing the use of new tools, generates greater competitiveness, and as a result productivity in terms of the design, analysis and evaluation of a structure, being of great importance in the province of Chimborazo the creation of a "MANUAL FOR MODELLING BRIDGES OF MIXED AND REINFORCED CONCRETE (BOARD CONCRETE WITH METAL BEAMS), employing the CSIBRIDGE VERSION EVALUACION software"

This research starts taking into account all the general considerations for the design and evaluation of a bridge, and subsequently a pre-design of thereof is established, all these parameters are based on the AASHTO LRFD (2012) standard, whilst the CSIBRIDGE V15.2 EVALUATION VERSION employs the AASHTO LRFD 2007 which does not change in terms of design considerations.

Later on, the manual calculation of a bridge of mixed and reinforced concrete (concrete deck on metal beams) with its respective modeling in CSIBRIDGE software, by allowing establishing parameters for comparison, interpretation and methodology used by the program.

The last stage of this research involves developing the manual for modeling and evaluating a bridge of reinforced concrete and later a mixed concrete bridge (concrete deck with metal beams) with its respective description for better understanding.

Finally, the application of the manual is performed by means of the modeling and evaluation of the superstructure of Matus-Aulabug bridge located in the Penipe canton, using the software CSIBRIDGE EVALUATION VERSION V15.2, which is specified in detail and as representative example in Annex 9.1.



Werender Illagia

2

INTRODUCCIÓN

"Desde los puentes emana una fascinación a la que solo pocos pueden sustraerse. Con ellos supera el hombre los límites de su espacio vital, une lo separado, triunfa sobre los obstáculos de la naturaleza."

Hans Wittfoht

El software SAP2000 es uno de los programas más empleados en la Ingeniería Civil para el diseño de todo tipo de estructuras, desde la más sencilla hasta la más compleja, a diferencia del software CSI BRIDGE con una aplicación independiente para realizar el análisis estructural, sísmico, diseño y evaluación de todo tipo de puentes en un único modelo.

En la actualidad el software CSIBRIDGE V15 es la evolución del SAP2000 BRIDGE creado por la compañía Computers & Structures Inc.

CSIBRIDGE es lo último en herramientas informáticas el cual presenta mayor facilidad de uso ya que posee un ambiente de trabajo intuitivo, crea modelos de puentes parametricamente, contiene plantillas predefinidas para los diferentes modelos de puentes.

En el Ecuador no existen Códigos o Reglamentos para el diseño, análisis y construcción de puentes por ende nos vemos obligados a emplear normas de otros países.

Dentro del diseño de puentes se adopta las especificaciones de la norma AASHTO LRFD (American Association of State Highway and Transportation Officials), siendo esta la más utilizada en el Ecuador para tal fin.

La norma AASHTO LRFD contiene todos los parámetro, formulas y criterios necesarios para el diseño y análisis de cada uno de los elementos que comprende un puente.

El CSIBRIDGE V15 VERSION EVALUACION emplea las especificaciones de la Norma AASHTO LRFD, convirtiéndolo en una herramienta fundamental para conocer el comportamiento de la estructura al estar expuesta a constantes solicitaciones de carga; además este Software garantiza un diseño estructural óptimo y seguro, es por ello la realización de este manual; el cual ayudará a fortalecer los conocimientos de todas aquellas personas interesadas en el manejo de este software aplicado al diseño de puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas).

El trabajo se encuentra comprendido por nueve capítulos, donde se describen las bases teóricas, la metodología empleada, resultados obtenidos, discusión de los resultados, conclusiones y la propuesta, en la cual se desarrolla el manual para modelar puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.TEMA DE INVESTIGACION

"MANUAL PARA MODELAR PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), EMPLEANDO EL SOFTWARE SAP2000 BRIDGE"

1.2.PROBLEMATIZACION

1.2.1. Contextualización

A medida que la tecnología avanza se van creando nuevos y mejores programas dentro de la Ingeniería Civil que permitan realizar el análisis y diseño de las estructuras.

Las técnicas que utiliza el CSIBRIDGE son avanzadas y permiten paso a paso demostrar un mejor análisis, diseño y evaluación, pero su eficiencia depende del buen criterio estructural y conocimiento técnico y práctico del Ingeniero Civil que lo utilice.

Siendo el cálculo estructural la esencia de un diseño, que busca el mejor funcionamiento de las estructuras; sin embargo existe gran complejidad para el desarrollo del cálculo y diseño de las diferentes estructuras, por ello es necesario el empleo de programas especializados como el CSIBRIDGE, para el diseño de puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón sobre vigas metálicas) que permite optimizar el tiempo de cálculo.
1.2.2. Análisis critico

En la provincia de Chimborazo no existe un manual para modelar Puentes mixtos y de hormigón en el software CSIBRIDGE, lo cual conlleva a no conocer el manejo del mismo y por ende no se puede visualizar el comportamiento de la estructura ante un sismo, de igual manera no se puede comprobar los resultados del diseño realizado ya sea de forma manual o empleando otro software, pues el software CSIBRIDGE emplea el método de elementos finitos, posee un diseño en acero y concreto completamente integrado, todos disponibles desde la misma interfaz usada para modelar y analizar el modelo. En miembros de acero permite el pre diseño inicial y una optimización interactiva, y en el diseño de elementos de concreto incluye el cálculo de la cantidad de acero de refuerzo requerido, considerando incluso un nivel de diseño sismorresistente.

1.2.3. Prognosis

Debido a la usencia de una guía de aprendizaje acerca de la modelación en el software CSIBRIDGE se plantea realizar un manual para el diseño estructural de PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), el cual permitirá fortalecer los conocimientos a toda la sociedad interesada en el tema y por ende a todos los profesionales afines al diseño y construcción de Obras Civiles, ya que el programa está encaminado a facilitar el cálculo y diseño de estructuras propias de ingeniería, con resultados exactos y confiables

1.2.4. Delimitación

La investigación se limita a los profesionales de la provincia de Chimborazo que van a utilizar el software por primera vez en el diseño de puentes.

1.2.5. Formulación del problema

¿Cómo generar conocimiento de fácil acceso e información confiable, para la modelación de puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas) en el software CSIBRIDGE?

1.2.6. Hipótesis

La utilización del manual para modelar puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE, mejorará la calidad y eficiencia de los resultados obtenidos en el cálculo estructural de un puente.

1.2.7. Identificación de variables

En el presente trabajo de investigación se consideran dos variables:

a) Variable Independiente:

La ausencia de información confiable acerca de la modelación de puentes en software CSIBRIDGE

b) Variable Dependiente:

Crear conocimiento fundamentado en normas y de fácil acceso en el manejo del software CSIBRIDGE para la modelación de puentes.

1.3.JUSTIFICACION

La falta de información confiable genera desconfianza al momento de utilizar un software especializado como el CSIBRIDGE empleado para modelar todo tipo de puentes, por lo cual se plantea el desarrollo de un manual para modelar puentes

de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas) en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION, quien se encuentra basada en la norma AASHTO LRFD utilizada en el Ecuador; este tipo de puentes en particular fueron elegidos debido a que son los más empleados en Chimborazo.

El software CSIBRIDGE permite tener mayor exactitud y eficiencia en el proceso de diseño y cálculo de la estructura; para la determinación de los esfuerzos actuantes en los elementos estructurales del tablero y las acciones transmitidas a la sub-estructura: es decir a la cimentación, pilas, pantallas y muros de ala del estribo.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Elaborar un manual para modelar puentes de hormigón armado y mixto (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Consultar bibliografía acera de la normativa y parámetros que emplea el software CSIBRIDGE.
- Realizar el cálculo manual de la superestructura de un puente mixto (tablero de hormigón sobre vigas metálicas), empleando la normativa AASHTO LRFD y comparar los resultados obtenidos del diseño con la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION
- Modelar en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION un ejemplo de un puente de Hormigón Armado con su respectiva comprobación de resultados.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.ANTECEDENTES.

A lo largo de la historia se han utilizado diferentes formas para el diseño y cálculo de puentes, que dependen de los recursos disponibles y el conocimiento que posea el ingeniero encargado, siendo indispensable el empleo de software que permita agilitar el proceso, mediante la investigación bibliografía realizada, se pudo determinar que no existen publicaciones, libros, textos, tutoriales afines al diseño de puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas) en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION, sirviendo también como una guía de aprendizaje de fácil acceso para todas las personas interesadas en el tema, con el fin de proveer una herramienta útil para comprobar los resultados obtenidos de un cálculo manual , además el programa permite diseñar, analizar y evaluar de forma directa, generando un nivel técnico altamente competitivo sobre esta temática.

2.2.PUENTES

Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía, permite sustentar un camino, una carretera o una vía.

2.2.1. Consideraciones generales de la norma AASHTO LRFD en la estructura de un puente

La norma AASHTO LRFD emplea factores de carga y resistencia, basados en los estados límites lo cual proporciona mayor confiabilidad en las estructuras.

Esta norma aplica coeficientes de ductilidad, redundancia e importancia que permite combinar las cargas, generando un margen de seguridad en el diseño de la estructura.

2.2.1.1. Factores de carga y combinaciones de carga¹

A continuación se describen las combinaciones que presenta la norma AASHTO LRFD

- **Resistencia I:** Combinación de carga básica para el camión normal sin viento.
- **Resistencia II:** Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos de diseño especiales especificados por el propietario, vehículos de circulación restringida (sobrepeso), o ambos, sin viento.
- **Resistencia III:** Combinación de carga que representa el puente expuesto a velocidades del viento mayores a 90 (k*m/hr*).
- **Resistencia IV**: Combinación de carga que representa una alta relación entre las solicitaciones provocadas por sobrecarga y carga muerta.
- **Resistencia V:** Combinación de carga que representa el uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad del viento de 90 (*Km/hr*).
- Evento Extremo I: Combinaciones de carga que incluye sismo.

¹AASHTO LRFD Sección 3.4.1

• Evento Extremo II: Combinaciones de cargas que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones, vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobre carga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos, CT.

Las combinaciones de carga del estado de servicio son las siguientes:

 Servicio I: Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 (km/h), tomando todas las cargas con sus valores nominales. También se relaciona con el control de las deflexiones de las estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y tuberías termoplásticas y con el control del ancho de fisuración de las estructuras de hormigón armado.

Esta combinación de cargas también se debería utilizar para investigar la estabilidad de taludes.

- Servicio II: Combinación de carga cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y la falla de las conexiones críticas debido a la carga viva vehicular.
- Servicio III: Combinación de carga relativa sólo a la tracción en estructuras de hormigón pretensado con el objetivo de controlar el agrietamiento.
- Fatiga: Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relaciona con la sobrecarga gravitatoria vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con la separación entre ejes especificados en el Articulo 3.6.1.4.1 (AASHTO LRFD, 2012)

Designación de cargas²

DC Carga muerta de la estructura
DW Carga muerta de las superficies de revestimiento y accesorios.
EH: Empuje horizontal del suelo
ES: Sobrecarga de suelo
DD: Fricción Negativa
EV: Presión Vertical del suelo de relleno
BR: Fuerza de frenado de vehículos
CE: Fuerza centrífuga de vehículos
CR: Creep o Fluencia Lenta
CT: Fuerza de Colisión de un vehículo
CV: Fuerza de Colisión de una embarcación
EQ: Sismo
R: Fricción
IC: Carga de Hielo
IM: Carga Dinámica
LL: Carga Viva vehicular

LS: Sobrecarga Viva

² AASHTO LRFD 2012, sección 3.3.2

PL: Carga 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 Carga Vehicular

WS: Viento sobre la Estructura

Las cargas más empleadas son las siguientes:

DC.- Carga muerta de la estructura

DW.-Carga muerta de las superficies de revestimiento y accesorios.

LL.- Carga viva vehicular.

IM.- Incremento por carga vehicular dinámica.

En la siguiente tabla se encuentran los factores que afectan a cada una de las diferentes combinaciones de carga.

Tabla 1.Combinaciones de Carga

Combinación de Cargas	DC DD DW	LL IM								Usa	r sólo ı	uno por	vez
	EH EV ES	CE BR PL					TU 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)	$\gamma_{\rm p}$	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γtg	γse	-	-	-	-
RESISTENCIA II	$\gamma_{\rm p}$	1,35	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γtg	γse	-	-	-	-
RESISTENCIA III	$\gamma_{\rm P}$	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γtg	γse	-	-	-	-
RESISTENCIA IV – Sólo <i>EH, EV, ES, DW, DC</i>	γ _p 1,5	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA V	γ_p	1,35	1,00	0,40	1,0	1,00	0,50/1,20	γтg	γse	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO I	$\gamma_{\rm P}$	γeq	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
EVENTO EXTREMO II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00
SERVICIO I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,0	1,00	1,00/1,20	γтg	γse	-	-	-	-
SERVICIO II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-	-
SERVICIO III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γtg	γse	-	-	-	-
SERVICIO IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-	-
FATIGA - Sólo LL, IM y CE	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: AASHTO LRFD, 2012 sección 3.4.1-1

Tabla 2. Factores de Carga Permanente

Tipo de carga	Factor	Factor de Carga		
Tipo de carga	Máximo	Mínimo		
DC: Elemento y accesorios	1,25	0,90		
DD: Fricción negativa (downdrag)	1,80	0,45		
DW: Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65		
<i>EH</i>: Empuje horizontal del sueloActivoEn reposo	1,50 1,35	0,90 0,90		
EL: Tensiones residuales de montaje	1,00	1,00		
 EV: Empuje vertical del suelo Estabilidad global Muros de sostenimiento y estribos Estructura rígida enterrada Marcos rígidos Estructuras flexibles enterradas u otras, excepto alcantarillas metálicas rectangulares Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles 	1,00 1,35 1,30 1,35 1,95 1,50	N/A 1,00 0,90 0,90 0,90 0,90		
ES: Sobrecarga de suelo	1,50	0,75		

Fuente: AASHTO LRFD, 2012 sección 3.4.1-2

2.2.1.2. Análisis de cargas

2.2.1.2.1. Carga muerta (DC)

Es el peso permanente de la estructura en su totalidad, es decir: las vigas, barandas, diafragmas, pilas y otros servicios públicos.

2.2.1.2.2. Carga por capa de rodadura (DW)

Es el peso del revestimiento en área que se le da al puente, el cual está en función del espesor y del peso específico de la misma.

2.2.1.2.3. Carga viva vehicular (LL)

Es el peso de las cargas móviles, es decir: los camiones, autos y peatones.

La Norma AASHTO LRFD define unos coeficientes de acuerdo con el número de carriles y la presencia de múltiples sobrecargas que puedan presentarse en el puente. Estos coeficientes no son aplicables en el estado límite de fatiga.

Número de carriles disponibles para camiones	р
1	1,00
2	0,85
3 ó más	0,80

Tabla 3. Fracción de tráfico de camiones en un único carril

Fuente: AASHTO LRFD 2012, Tabla 3.6.1.4.2-1

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, <i>m</i>
1	1,20
2	1,00
3	0,85
> 3	0,65

Tabla 4. Factores por presencia múltiple de sobrecargas

Fuente: AASHTO LRFD 2012, Tabla 3.6.1.1.2-1

2.2.1.2.3.1. Incremento por Carga Dinámica: (IM)³

Los efectos estáticos del camión de diseño, se debe mayorar con los siguientes porcentajes:

Tabla 5	Incremento	por carga	Dinámica	(IM)
---------	------------	-----------	----------	------

COMPONENTES					
Juntas del tablero- todos los estados límites	75%				
Todos los demás componentes					
• Estado límite de fatiga y fractura	15%				
Todos los demás Estados limites	33%				

Fuente: AASHTO LRFD

³ AASHTO LRFD 2012, Art.3.6.2

Nota.- No se aplica a cargas peatonales ni a cargas de carril de diseño. Tampoco en muros de sostenimiento no solicitados por reacciones verticales de la superestructura ni en componentes de fundaciones que estén completamente por debajo del nivel del terreno.

2.2.1.2.3.2. Carga peatonal en Barandas⁴

La carga peatonal es de 367 kg/m²en las aceras con un ancho mayor a 0.60m, la cual será aplicada simultáneamente con la sobrecarga vehicular. En caso de que las cargas peatonales se combinen con uno o más carriles con sobre carga vehicular, se pueden considerar las cargas peatonales como un carril cargado (AASHTO LRFD Art. 3.6.1.1.2).

Los puentes peatonales son diseñados para una sobrecarga de 418 kg/m².

2.2.1.2.4. Cargas Sísmicas (EQ)

Las cargas sísmicas generan desplazamientos laterales, siendo estos determinados en base al coeficiente de respuesta elástica Csm y al peso que genera la superestructura al tener que ser ajustado al factor de respuesta R.

Los coeficientes empleados para modelar los efectos sísmicos son tomados de la Norma Ecuatoriana de Construcción en el capítulo de CARGAS SISMICAS-DISEÑO SISMORESISTENTE (NEC-SE-DS).

⁴ AASHTO LRFD 2012, Art. 3.6.1.6

2.2.1.3. Prediseño de los elementos del puente

Al realizar el pre diseño se debe definir la geometría de soporte de la estructura, es decir dar dimensiones tanto a los elementos de la sub-estructura como a los de la super-estructura en función de los parámetros mínimos que sugiere la norma AASHTO LRFD 2012.

-		-			
Superestructura		Profundidad mínima (incluyendo el tablero) Si se utilizan elementos de profundidad variable, estos valores se pueden ajustar para considerar los cambios de rigidez relativa de las secciones de momento positivo y negativo.			
Material	Tipo	Tramos simples	Tramos continuos		
Losas con armadura principal paralela al tráfico		$\frac{1,2(S+3000)}{30}$	$\frac{S+3000}{30} \ge 165 \text{ mm}$		
Hormigón Armado	Vigas T	0,070 <i>L</i>	0,065 L		
	Vigas cajón	0,060 L	0,055 L		
	Vigas de estructuras peatonales	0,035 <i>L</i>	0,033 L		
Losas		0,030 <i>L</i> ≥ 165 mm	0,027 <i>L</i> ≥ 165 mm		
Hormigón Pretensado	Vigas cajón coladas in situ	0,045 <i>L</i>	0,040 <i>L</i>		
	Vigas doble T prefabricadas	0,045 <i>L</i>	0,040 L		
	Vigas de estructuras peatonales	0,033 <i>L</i>	0,030 <i>L</i>		
	Vigas cajón adyacentes	0,030 <i>L</i>	0,025 L		
	Profundidad total de una viga doble T compuesta	0,040 <i>L</i>	0,032 <i>L</i>		
Acero	Profundidad de la porción de sección doble T de una viga doble T compuesta	0,033 <i>L</i>	0,027 <i>L</i>		
	Cerchas	0,100 <i>L</i>	0,100 L		

Tabla 6. Profundidades mínimas utilizadas para superestructuras.

Fuente: AASHTO LRFD 2012, sección 2.5.2.6.3-1

S: Luz del tramo de losa (mm)

L: Luz del tramo de puente (mm)

2.2.1.3.1. Losas de Hormigón

La norma AASHTO LRFD establece los siguientes parámetros: limita la longitud del volado a 1.80 m ó **0.5 S**, además limita la longitud de la calzada del volado a 0.91 m.

S=separación de las vigas.



Figura 1. Detalle de los límites que establece la norma AASHTO LRFD

En la sección 9.7.1.1 de la AASHTO LRFD indica que el peralte mínimo para una losa de hormigón no debe ser menor a 175 mm, evitando cualquier disposición de pulido, texturizado y superficie de sacrificio.

En las losas de hormigón con volado no puede ser menor a 200 mm según la sección 13.7.3.1.2 de la norma AASHTO LRFD.

2.2.1.3.1.1. Distancia de la carga de la rueda al borde de la losa

Tomar en cuenta que la línea de acción de la carga de la rueda se asume a 0.30 m. de la cara del guardarruedas o bordillo, si la losa no tiene bordillo la carga se encuentra a 0.30 m. de la cara de la baranda.

2.2.1.3.2. Vigas de Hormigón

Los puentes de vigas tipo T simplemente apoyados se los utilizan en luces de hasta 24 m de longitud.

El diseño de un puente de vigas continuas debe tomar en cuenta que el peralte de las secciones está en función del momento el cual varía desde el mínimo en el centro hasta un máximo en los apoyos. En tal caso, el efecto de la carga muerta en el diseño se reduce favorablemente.

Las cargas permanentes del tablero y las que actúan sobre el mismo se pueden distribuir uniformemente entre las vigas.⁵

En las vigas de hormigón Armado se debe controlar las deformaciones y fisuraciones.⁶

a. Viga interior⁷

Para vigas interiores, el ancho efectivo deberá tomarse como el menor valor entre:

- Un cuarto de la luz efectiva de la viga.
- 12 veces el espesor de la losa, más el mayor valor entre el ancho del alma o la mitad del ancho del ala superior de la viga.
- El espaciamiento promedio entre vigas adyacentes.

⁵ AASHTO LRFD 2012, sección4.6.2.2.1

⁶ AASHTO LRFD 2012, sección 5.5.2.

⁷ AASHTO LRFD 2012, sección 5.5.

b. Viga exterior

Para las vigas exteriores el ancho de ala efectivo se puede tomar como la mitad del ancho efectivo de la viga interior adyacente, más el menor valor entre:

- Un octavo de la luz efectiva de la viga.
- 6 veces el espesor de la losa, más el mayor valor entre la mitad del ancho del alma o un cuarto del ancho del ala superior de la viga no compuesta.
- El ancho del voladizo.

2.2.1.3.3. Vigas Metálicas

Para el diseño de las vigas metálicas se emplea las especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC) dentro de la cual consta que se debe realizar chequeos de esbeltez, resistencia a momento y cortante ya sean vigas armadas o laminadas.

Vigas de perfiles laminados: Se las emplea en tramos de poca longitud, son creadas en las plantas de laminado integral. Generalmente se utilizan los perfiles "IR" compuestos de dos patines y un alma, en donde los patines resisten el momento flector y el alma los esfuerzos de corte.

Vigas compuestas por placas⁸: Son utilizadas en longitudes intermedias y por ende son de mayor sección que una viga de perfil laminado.

Una viga compuesta se encuentra formada por:

 Platabandas: Son placas de acero que se remachan o sueldan sobre los patines superiores e inferiores de la viga compuesta y sirven para aumentar la capacidad de carga de la misma.

⁸ Manual de Diseño de Puentes por www.ssingenieria.com

- 2. Rigidizadores de apoyo: Están constituidos por placas o ángulos que se sueldan o remachan en posición vertical al alma de la viga, en los sitios de apoyo. Su función principal es transmitir los esfuerzos de cortante del alma de la viga al dispositivo de apoyo elegido, lo cual evita el pandeo o aplastamiento de la misma.
- **3. Rigidizadores intermedios**: Se utilizan en los puntos de aplicación de cargas concentradas o en las vigas compuestas de mucha altura para evitar el aplastamiento o el pandeo del alma.

Consideraciones generales para las vigas compuestas⁹

- En general, evitar el uso de espesor de alma menores a $1.27 \text{ cm} (\frac{1}{2})$.
- Las conexiones en cruz con el marco actuarán como atiesadores del alma.
 Las especificaciones del manual LRFD no prescribe un espaciamiento del cruce de marcos. Si los atiesadores del alma están espaciados a tres veces el peralte de la viga o menos, se considera que la viga está completamente atiesada. Por lo tanto, si los marcos transversales se localizan a tres veces el peralte de la viga o menos, entonces la viga estará completamente atiesada.
- Las almas que no están atiesadas transversalmente son generalmente más económicas para peraltes de almas de 127 cm (50 pulgadas) o menos aproximadamente.
- En general, las almas parcialmente atiesadas son más económicas para una viga típica.

⁹Construcción de puentes de Acero con AASHTO LRFD

- Los atiesadores transversales intermedios deben ser colocados en un sólo lado del alma y deben ser cortados como mínimo a 2.54 cm (una pulgada) del patín de tensión para acomodar la pintura. La distancia entre soldaduras debe estar limitada a 4 o 6 veces el espesor del ama para prevenir el desgarramiento del alma.
- Los atiesadores longitudinales deben ser evitados, pero cuando se usen con atiesadores transversales en claros largos con almas peraltadas, éstos deben ser colocados del lado opuesto del alma al atiesador transversal. Cuando esto no sea posible, como en las intersecciones con placas de conexión entre los marcos, el refuerzo longitudinal no debe ser interrumpido por el refuerzo transversal.

Generalmente se utilizan aceros de Grado A-36 y A-50.

2.2.1.3.4. Armadura de repartición

Refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito.

$$\% = \frac{3480}{\overline{s}}$$
 delaarmaduraenflexion. Max = 67%

Refuerzo principal paralelo a la dirección del tránsito.

$$\% = \frac{1750}{\overline{s}}$$
 de la armaduraenflexion. Max = 50%

S=Luz de cálculo en mm

2.2.1.3.5. Deformaciones¹⁰

Para observar la deformación que tendrá el puente se debe realizar lo siguiente:

- La máxima deflexión se obtiene al estar cargados todos los carriles de diseño, asumiendo que todos los elementos portantes se deforman de igual manera.
- Se debe aplicar la carga viva vehicular, incluyendo el incremento por carga dinámica. La combinación de cargas a emplear es la de Servicio I de la Tabla 3.4.1-1 de la norma AASHTO LRFD.
- La sobrecarga viva se debe tomar de la norma AASHTO LRFD, sección 3.6.1.3.2

Para las construcciones de acero, aluminio y hormigón se pueden considerar los siguientes límites para la deflexión.

FORMULAS PARA CALCULAR LA DEFORMACION					
CARGA	FORMULAS				
Vehicular	L/800				
Vehicular y/o peatonal	L/1000				
vehicular sobre voladizos	L/300				
vehicular y/o peatonal sobre voladizos	L/375				

Tabla 7.	Fórmulas	para el	cálculo	de las	deforma	ciones
Labla /	1 Official dis	puru er	culculo	uc ius	actornia	nones

Fuente: AASHTO LRFD, sección 2.5.2.2

¹⁰AASHTO LRFD, sección 5.7.3.6.2

2.2.1.3.6. Propiedades de los materiales

2.2.1.3.6.1. Hormigón Armado

Para concreto diseñado y construido de acuerdo con el Reglamento (ACI 318-08), f[°]_c; no puede ser inferior a 17 MPa.

Módulo de elasticidad Ec según el ACI-318-08, pág. 115

Para concreto con densidad normal, *Ec* puede tomarse como:

4700 $\overline{f'c}$; f'c: Resistencia a la compresión en Mpa

Módulo de Rotura¹¹

A menos que se realicen ensayos físicos, el módulo de rotura, *fr*, para hormigones de densidad normal

0.63 $\overline{f'c}$; f'c: Resistencia a la compresión en MPa

Coeficiente de Expansión Térmica¹²

El coeficiente de expansión térmica se debería determinar realizando ensayos en laboratorio sobre la mezcla específica a utilizar.

En ausencia de datos más precisos, el coeficiente de expansión térmica se puede tomar como:

- Para hormigón de densidad normal: $10.8 \times 10-6$ /°C, y
- Para hormigón de baja densidad: $9,0 \times 10-6$ /°C

¹¹AASHTO LRFD, sección 5.4.2.6

¹²AASHTO LRFD, sección 5.4.2.2

Coeficiente de Poisson¹³

Los coeficientes de Poisson para los materiales del pavimento y la subrasante son 0,2 y 0,4 respectivamente.

2.2.1.3.6.2. Acero de refuerzo¹⁴

El refuerzo corrugado que resiste fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos, debe cumplir con las disposiciones de ASTM A706M. Se permite el uso de acero de refuerzo ASTM A615M, grados 280 y 420, en estos elementos siempre y cuando:

- La resistencia real a la fluencia basada en ensayos realizados por la fábrica no sea mayor que fy en más de 125 MPa.
- La relación entre la resistencia real de tracción y la resistencia real de fluencia no sea menor de 1.25

El límite de fluencia fy del acero ASTM A706 Gr42 es de $4200 \frac{kg}{cm^2}$

2.2.1.3.6.3. Acero estructural¹⁵

Los aceros más empleados en puentes son:

ASTM A36 con un fy= $2531 \frac{kg}{cm^2}$; ASTM A588 Gr50 con un fy= $3515 \frac{kg}{cm^2}$

¹³ AASHTO LRFD 2012, sección 3.11.6.4

¹⁴ACI-318-08, pág. 343

¹⁵ AISC 360-10

2.2.1.3.6.4. Reforzamientos mínimos¹⁶

En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, el *As* proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_{smin} = \frac{0.25}{f_y} \overline{f'c} b_w d$$

Pero no menor a $\frac{1.4b_w d}{f_y}$

b_w: Ancho del alma (mm) *f_v*: Tensión de fluencia del acero de refuerzo

2.2.1.3.7. Separación Mínima del acero de refuerzo¹⁷

Para el hormigón colado in situ, la distancia libre entre barras paralelas ubicadas en una capa no debe ser menor que 1.5 veces el diámetro nominal de las barras, 1.5 veces el tamaño máximo del agregado grueso, o 3.8 cm

Para el hormigón prefabricado en planta, la distancia libre entre barras paralelas ubicadas en una capa no debe ser menor que el diámetro nominal de las barras, 1.33 veces el tamaño máximo del agregado grueso o 2.5 cm

Múltiples capas de Armadura: Excepto en los tableros en los cuales se coloca armadura paralela en dos o más capas, con una distancia libre entre capas no mayor que 15 cm, las barras de las capas superiores se deberán ubicar

¹⁶ACI-318-08, pág. 145

¹⁷AASHTO LRFD, sección 5.10.3

directamente sobre las de la capa inferior, y la distancia libre entre capas deberá ser mayor o igual que 2.5 cm o el diámetro nominal de las barras.

Paquetes de Barras: El número de barras paralelas dispuestas en un paquete de manera que actúen como una unidad no deberá ser mayor que cuatro, excepto en los elementos flexionados en ningún paquete el número de barras mayores que N° 36 deberá ser mayor que dos. Los paquetes de barras deberán estar encerrados por estribos o zunchos.

El traslape de las varillas es de 40 diámetros de barra los cuales deben ser colocados de forma alternada.

2.2.1.3.8. Separación Máxima del acero de refuerzo¹⁸

La separación de la armadura en tabiques y losas no deberá ser mayor que 1.5 veces el espesor del elemento ó 45 cm.

2.2.1.3.9. Estribos

Son estructuras diseñadas para soportar el peso de la superestructura en forma de apoyos en los extremos del puente, también sirven como muros de contención frente al empuje que generan los terraplenes de acceso. Los estribos pueden ser de concreto simple (estribos de gravedad), concreto armado (muros en voladizo o con pantalla y contrafuertes), etc.

¹⁸AASHTO LRFD, sección 5.10.3.2

2.2.1.3.9.1. Estribo en voladizo de Hormigón Armado

Este tipo de estribos se los emplea en alturas de 4 a 10 metros.



Figura 2. Estribo en voladizo

Fuente: DISEÑO DE PUENTES Ing. Arturo Rodríguez Serquén

2.2.1.3.10. Cimentación

Está diseñada para soportar todas las cargas permanentes y temporales transmitidas desde la super-estructura.

Se deben realizar estudios de suelos para cada elemento de la subestructura, con el fin de obtener la información necesaria para el diseño y la construcción de cimentaciones. La extensión de los estudios se basa en las condiciones sub-superficiales, el tipo de estructura y los requisitos del proyecto.

2.2.1.4. Diseño sísmico de puentes

2.2.1.4.1. Coeficiente de Aceleración "Z"

El valor de Z, representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (NEC-SE-DS). lugar en donde se construirá la estructura establecerá una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, definidas por el valor del factor de zona Z, conforme al mapa de la Figura 3.



Figura 3. Zonas Sísmicas del Ecuador

Fuente: NEC-SE-DS

Zona sísmica	1	Ш	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 8. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Fuente: NEC-SE-DS

2.2.1.4.2. Tipo de suelo¹⁹

La Norma Ecuatoriana de la construcción establece que el espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la celeración de la gravedad Sa, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la consistente con el factor de zona sísmica Z, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficiente de amplificación o de amplificación de suelo. Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

 $Sa = n Z Fa para \quad 0 \le T \le Tc$ $Sa = n Z Fa \left(\frac{T_c}{T}\right)^r para \quad T > Tc$

Donde r=1, para tipo de suelo A, B o C y r=1.5, para tipo de suelo D o E.

Asimismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (Periodo de retorno

¹⁹ NEC-SE-DS

475 años) y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno, Z, se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, n (Sa/Z, en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores: n = 1.8 (Provincias de la Costa), 2.48 (Provincias de la Sierra), 2.6 (Provincias del Oriente).

Los límites para el periodo de vibración Tc y TL (éste último a ser utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos) se obtienen de las siguientes expresiones:

$$T_{\sigma} = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$
$$T_L = 2.4 F_s$$

No obstante, para los perfiles de suelo tipo D y E, los valores de T_L se limitarán a un valor máximo de 4 segundos. Para análisis dinámico y, únicamente para evaluar la respuesta de los modos de vibración diferentes al modo fundamental, el valor de Sa debe evaluarse mediante la siguiente expresión, para valores de periodo de vibración menores a To:

$$Sa = Z Fa\left(1 + (n-1)\frac{T}{T_0}\right) \quad para \quad T \le T_0$$
$$T_0 = 0.10 F_S \frac{F_d}{F_0}$$

Mientras se ejecutan los estudios de microzonificación sísmica, pueden utilizarse los requisitos establecidos en esta sección, los cuales son requisitos mínimos y no substituyen los estudios detallados de sitio, los cuales son necesarios para el caso de proyectos de infraestructura importante y otros proyectos distintos a los de edificación.

Tipo de perfil	Descripción	Definición				
A	Perfil de roca competente	$Vs \geq 1500 \ m/s$				
в	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $>$ Vs \geq 760 m/s				
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > Vs \geq 360 m/s				
č	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\label{eq:N} \begin{array}{l} N \geq 50.0 \\ Su \geq 100 \ \text{KPa} \ (\approx 1 \ \text{kgf/cm2}) \end{array}$				
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \ \mathrm{m/s} > \mathrm{Vs} \geq 180 \ \mathrm{m/s}$				
D	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$\begin{array}{c} 50 > N \geq 15.0 \\ 100 \ \text{kPa} \ (\approx 1 \ \text{kgf/cm2}) > \text{Su} \geq 50 \ \text{kPa} \ (\approx 0.5 \ \text{kgf7cm2}) \end{array}$				
-	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$Vs \le 180 \text{ m/s}$				
Е	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$\begin{array}{l} {\rm IP} > 20 \\ {\rm w} \geq 40\% \\ {\rm Su} < 50 \ {\rm kPa} \ ({\approx}0.50 \ {\rm kfg7cm2}) \end{array}$				
F	Su < 50 kPa (≈0.50 kfg7cm2) Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). 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 a 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 9. Clasificación de los perfiles de suelo

Fuente: NEC-SE-DS

Coeficientes de amplificación o desamplificación dinámica de perfiles de suelo fa, fd y fs:

En la siguiente tabla se presentan los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

	Zona Sísmica	Ι	п	ш	IV	V	VI
Tipo de perfil del subsuelo	Valor Z (Aceleración esperada en roca, g	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Α		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
В		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.15
E		1.8	1.5	1.4	1.28	1.15	1.05
F		Ver nota					

Tabla 10. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Fuente: NEC-SE-DS

En la Tabla 11 se presentan los valores del coeficiente **Fd** que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

	Zona Sísmica	Ι	П	Ш	IV	V	VI
Tipo de perfil del subsuelo	Valor Z (Aceleración esperada en roca, g	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
A	•	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
В		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		Ver nota					

Tabla 11. Tipo de suelo y factores de sitio Fd

Fuente: NEC-SE-DS

En la Tabla 12 se presentan los valores del coeficiente **Fs** que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

	Zona Sísmica	I	п	III	IV	V	VI
Tipo de perfil del subsuelo	Valor Z (Aceleración esperada en roca, g	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
В		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		Ver nota					

Tabla 12. Factor del comportamiento inelástico del subsuelo Fs

Fuente: NEC-SE-DS

Si de estudios de microzonificación sísmica realizados para una región determinada del país, se establecen valores de **Fa**, **Fd**, **Fs** y de **Sa** diferentes a los establecidos en esta sección, se podrán utilizar los valores de los mencionados estudios, prevaleciendo los de este documento como requisito mínimo.

2.2.1.4.3. Clasificación de las Estructuras²⁰

- **Puentes críticos:** Deben quedar ilesos luego de presenciar un gran sismo.
- Puentes esenciales: Deben quedar ilesos después de presenciar un Sismo.
- Otros puentes

2.2.1.4.4. Factor de Modificación de Respuesta²¹

Las fuerzas de diseño sísmico para sub-estructuras y las conexiones entre las partes de la estructura, se determinarán dividiendo las fuerzas resultantes de un análisis elástico por el

²⁰ DISEÑO DE PUENTES CON AASHTO-LRFD 2010. Autor: Ing. Arturo Rodríguez Serquén

²¹ AASHTO LRFD 2012, Sección 3.10.7.1.

factor de modificación de respuesta \mathbf{R} apropiado. Si un método de análisis tiempo-historia inelástico es usado, el factor de modificación de respuesta \mathbf{R} será tomado como 1.0 para toda la sub-estructura y conexiones.

SUB-ESTRUCTURA	IMPORTANCIA				
	CRITICO	ESENCIAL	OTROS		
Pila tipo placa de gran dimension	1.50	1.50	2.00		
Pilotes de contreto armado					
 Solo pilotes verticales 	1.5	2.00	3.00		
 Grupo depilotes incluyendo pilote inclinados 	1.5	1.50	2.00		
Columnas individuales	1.50	2.00	3.00		
Pilotes de acero o acero compuesto con concreto					
 Solo nilotes verticales 	1.50	3.50	5.00		
Grupo depilotes incluyendo pilotes inclinados	1.50	2.00	3.00		
Columnas multiples	1.50	3.50	5.00		

Tabla 13. Factores de modificación de Respuesta "R" Sub-estructura

Fuente: A	AASHTO	LRFD 2012
-----------	--------	-----------

Tabla 14. Factores de modificación de respuesta "R" Conexiones

CONEXIONES	PARA TODAS LAS CATEGORIAS DE IMPORTANCIA
Superestructura a estribo	0.80
Juntas de expansión dentro de la superestructura.	0.80
Columnas, pilares o pilotes a las vigas cavezal o superestructura.	1.00
Columnas o pilares a la cimentacion	1.00

Fuente: AASHTO LRFD 2012

2.2.1.4.5. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño. (AASHTO LRFD, sección 3.10.4.1)



Figura 4. Espectro de diseño



2.2.1.4.6. Categoría de diseño Sísmico según AASHTO LRFD

Categoría A

- 1. No se especifica un sistema resistente a sismo en particular.
- 2. No requiere análisis de demanda.
- 3. No se requiere verificación de capacidad implícita.
- 4. No se requiere diseño por capacidad.
- Se debe cumplir con los requerimientos mínimos de detalle, referidos a longitud de soportes, fuerza de diseño en las condiciones de superestructura/infraestructura y acero transversal en columnas.
- 6. No se requiere evaluación de potencia de licuación.

Categoría B

- 1. Se debe considerar el uso de un sistema resistente a sismo en particular
- 2. Requiere análisis de demanda
- Requiere verificación de capacidad implícita (desplazamiento P-Δ, longitud de soporte)
- Se debe considerar el diseño por capacidad para cortante en la columna, se deben considerar las verificaciones por capacidad para evitar vínculos débiles en el sistema resistente a sismo
- 5. Nivel de detalle acorde a B
- 6. Se debe considerar la evaluación de potencial licuación para ciertas condiciones

Categoría C

- 1. Se especifica un sistema resistente a sismo en particular
- 2. Requieren análisis de demanda
- Requieren verificación de capacidad implícita (desplazamiento P-Δ, longitud de soporte)
- 4. Se debe considerar el diseño por capacidad y requerimientos por cortante en la columna.
- 5. Nivel de detalle acorde a C
- 6. Se requiere la evaluación de potencial de licuación.

Categoría D

- 1. Se especifica en un sistema resistente a sismo en particular
- 2. Requieren análisis de demanda
- Requieren verificación de capacidad basada en el desplazamiento mediante análisis Pushover (desplazamiento P-Δ, longitud de soporte)

- 4. Se debe considerar el diseño por capacidad y requerimientos por cortante en la columna.
- 5. Nivel de detalle acorde a D
- 6. Se requiere la evaluación de potencial de licuación.

2.2.1.4.7. Requerimientos mínimos de análisis para Efectos Sísmicos²²

Tabla 15. Requerimientos mínimo	s análisis para	efectos	sísmicos
---------------------------------	-----------------	---------	----------

		Multispan Bridges					
Seismic Single-Span		Other Bridges		Essential Bridges		Critical Bridges	
Zone	Bridges	regular	irregular	regular	irregular	regular	irregular
1	No seismic analysis required	*	*	*	*	*	*
2		SM/UL	SM	SM/UL	MM	MM	MM
3		SM/UL	MM	MM	MM	MM	TH
4		SM/UL	MM	MM	MM	TH	TH

Fuente: AASHTO LRFD (2012)

*= No se requiere análisis sísmico

UL= Método Elástico de Carga Uniforme

SM= Método Elástico de un modo de vibración

MM= Método Elástico Multi-Modal

TH= Método de análisis con tiempo-historia

²² AASHTO LRFD 2012, sección 4.7.4.3.1

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

3.1.TIPO DE ESTUDIO.

Los tipos de investigación utilizados son:

Investigación Exploratoria.- Se aplicó este tipo de investigación debido a que el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido y por ende es difícil identificar las variables y formular hipótesis precisas.

Investigación Descriptiva.- Ha permitido detallar las características fundamentales que contiene el software CSIBRIDGE, mediante el empleo de criterios sistemáticos que permitan conocer el manejo de este programa.

Investigación Explicativa.- Ha sido utilizada debido a que fue necesario profundizar en el conocimiento del software, para entender el manejo y poder aplicar en los puentes, alcanzando así una mejora en el tiempo de cálculo de los mismos.

Se realizó un tipo de estudio bibliográfico ya que se determinó fuentes importantes de consulta con son: normas para el diseño y construcción de puentes, especificaciones técnicas, libros, etc.

3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población donde se desarrolla la investigación está definida por códigos, normativas, manuales, guías, libros relacionados con el diseño de puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE. La muestra de población que se tomará para alcanzar los objetivos, del problema y la hipótesis, serán los siguientes mencionados.

REFERENCIAS	AUTOR			
PUENTES-AASHTO LRFD (2010)	Ing. Arturo Rodríguez Serquén			
DISEÑO DE SUPERESTRUCTURAS EN PUENTES	Ing. Jorge Cabanillas Rodríguez.			
CONGRESO LATINOAMERICANO EN INGENIERIA CIVIL	JULIACA 2012			
TESIS "MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO DE PUENTES SIMPLEMENTE APOYADOS"	CAPT. E. Gudiño Auz Edison Fernando y CAPT. DE E. Ayala Salcedo Fredy Gustavo			
NORMATIVA				
AASHTO LRFD BRIDGE (2012), American Association of State Highway and Transportation Officials				
AASHTO LRFD BRIDGE (2007), American Association of State Highway and Transportation Officials				
NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen N°2-LIBRO B NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL.				
ANCI/AISC 360-10 American Institute of Steel Construction				
NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN -NEC-SE-DS				

Tabla 16.Referencias y normas
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Las variables, serán calificadas y cuantificadas de acuerdo al siguiente cuadro.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	
			AASHTO				
La ausencia de información confiable acerca de la		Normativas, Códigos y Articulos Afines	Articulos afines	artículos de los códigos aplicables en el cálculo	Observación: Mediante la lectrura comprensiva	Archivos digitales e impresos referentes al tema.	
	Es el análisis de la estructura para encontrar el resultado		Normativa Ecuatoriana de la Construcción	y			
software CSIBRIDGE V15.2	encontrar el resultado correpondiente del cálculo realizado		Carga Viva	¿Cuál es el resultado	Obramasián		
		Cuantificación de Cargas	Carga Muerta	de no cuantificar con gran presición los diferentes tipos de	Mediante la cuantificación de cargas de la estructura.		
			Sismos	carga?			
			eso en el manejo del so	¿Cuáles son los			
		Cargas de diseño	Losas	esfuerzos máximos permitidos para cada uno de los elementos		Memoría impresa	
Crear conocimiento fundamentado en normas y de fácil acceso en el	Software especializado de cálculo en un rango elastico lineal de las		Estribos	estructurales'?	Memoria descriptiva, desarrollo de cálculo de puentes de hormigón armado y		
manejo del software CSIBRIDGE V15.2 para la modelación de puentes.	elastico lineal de las estructuras por el método de elementos finitos.	Elementos estructurales	Vigas	¿Cuál sera el mejor	mixtos (Tablero de hormigón con vigas metálicas).	de computo	
			Losas	cálculo de los elementos estructurales con el software			
			Estribos	especializado.		l	

Tabla 17. Variables Dependiente e Independiente

Fuente: Autor

3.4. PROCEDIMIENTOS

Procedimiento a seguir en la presente investigación



1. Acumulación de referencias.

Recolección de información bibliográfica basada en referencias que permita sustentar el trabajo de investigación, para lo cual se acudió a: manuales, tutoriales, apuntes y artículos referentes al manejo del software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN, además se realizó la respectiva consulta sobre normas, especificaciones técnicas y libros empleados para el diseño, análisis y construcción de puentes.

Este proceso fue realizado teniendo en cuenta el plan de trabajo para evitar el exceso de información no deseada.

2. Selección de referencias

Determinación de la bibliografía a ser utilizada dentro de la investigación con una lectura rápida de cada una de las referencias, para poder determinar si es útil o no la información, quedando solo la información que se empleara específicamente en el trabajo.

3. Incorporación de referencias al plan de trabajo:

Mediante un proceso sistemático se colocaron las referencias útiles para cada parte del trabajo, luego se procederá al desarrollo de la investigación.

4. Fichado

Se procedió a llevar las referencias al contenido ya sea de forma directa, indirecta, comentario o un resumen de la misma.

5. Redacción

Se realizó un análisis e interpretar el proceso y resultado obtenido de la modelación de puentes de: hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas) en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN.

Dentro de la redacción en el marco teórico se mencionó al autor de cuya información se está utilizando, complementando con las fichas de referencia creadas anteriormente.

6. Confrontación y verificación.

Se procedió a revisar todo el trabajo de forma detallada de pronto exista alguna falla para poder corregirla antes de su presentación.

7. Correcciones y revisiones finales:

Se realizó el desarrollo del informe final o tesis ya corregido en esta fase se procede a elaborar el informe final de la investigación.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Dentro del procesamiento y análisis se realiza el cálculo manual y la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION para un puente de hormigón y un mixto (Tablero de hormigón sobre vigas metálicas)

3.5.1. Diseño de la súper estructura del puente de Hormigón calculo manual

3.5.1.1. Diseño del tablero

Para el diseño de la losa de hormigón Armado se utilizó el Método Elástico Aproximado (especificado en el artículo 4.6.2.1 de la Norma AASTHO LRFD), Método Refinado (especificado en el artículo 4.6.3.2 de la Norma AASTHO LRFD), o el Método Empírico (especificado en el artículo 9.7.2 de la Norma AASTHO LRFD), pueden ser utilizados para realizar el diseño de losas de hormigón Armado.

El método Elástico Aproximado, conocido también como método de las Franjas, simula franjas que van de un lado a otro del tablero, modelándolas como vigas simplemente apoyadas. Este método corresponde a un método similar utilizado en la Norma AASTHO STANDARD.

El diseño del tablero se realizará en hormigón armado F'c=280 kg/cm², con armadura perpendicular y transversal al tráfico y malla electro soldada para la contracción y dilatación de temperatura.

Carga Viva (AASHTO, sección 3.4), se empleará el peso del Camión tipo HS 20-44, tiene un peso de 3,63(T) en el eje delantero y de 14,52(T) en cada uno de los ejes posteriores y es el que se ocupa en nuestro país, cuyo peso es 7,27 Ton/m2 por eje.

Calculo del tablero

			2.5	9,3 m			
					10.00		
			1,2 m 2,3 m	2,3 m	2,3 m	1,2 m	
					12	0.2m	
			0.6 m		-		
				1			
			2820	i and	-		
		0,18 m					
			-in	يد مليه			
			0,4 m	0,4 m 0,	4 m 0,4	m	
			DATOS	DEL PUENTE			7
	Ancho	9.30	m	Camion Tipo	7.27	Т	
	Longitud	22	m	R. Hormigon	280	Kø/cm2	-
	h	40	cm	P. Acero	4200	Kg/cm2	
	v tacumida	40	m	t calc	4200	m m	4
		0.18	III T/m2	L Calc	0.18	111 T/m	-
	r. específico H	2.4	1/m3	вarandas	0.15	ı/m	J
# VIGAS	S*	1	1.9	1.9	1.9	1	(m)
4	S	1.2	2.3	2.3	2.3	1.2	9.30
	-					1	
		DATO	OS VOLADO				
	ACERA	2	BARANDA	2			
	ANCHO	0.8	ALTURA	1.1			
	ESPESOR	0.2	BASE	0.2			
			ESPESOR	0.2			
				TABLERO			
CARGA MUERTA							
Losa	0.432	T/m2					
Acera	0.083	T/m2			_		
Carpeta rodadura	0.120	T/m2	Mcm	0.235	Tm/m2		
baranda	0.0161	T/m2		<u>e</u>			
Pcm	0.651	T/m2				Mu	4.375 Tm/m2
	0.031	.,					
	0.254	Z=20	Max	1 070	Tm/m2		
1	0.254	<u></u>	IVICV	1.8/8	1111/1112		
t a constat	40	1					
φ asumido	16						
d	12.2	cm					
k	0.117						
q	0.126						
р	0.0084						
dcomparacion	12.2	Ok					
		-		(cm2)	#	Ψ	
			4.0	(cm2)	π	Ψ	7
			As	10.25	6	16	
			As real	12.06	Ok	1	
			As Total	265.32	132	16	
	87.78	<=67%	As reparticion	8.08	5	16	
			As real	10.05	Ok		
			As Total	93.47	47	16	1
						1 -	_



3.5.1.2. Diseño de la viga Interior Izquierda

DATOS									
f´c=	280	Kg/cm2							
Fy=	4200	Kg/cm2							
Luz del puente	22	m							
# Vigas	4	u							
Carga vehiculo de diseño	7.27	Т							
s=	2.3	m							
s*=	1.9	m							
b=	0.4	m							
t=	0.18	m							
Carga Pasamanos	0.15	T/m							
Ancho acera	0.6	m							
Espesor acera	0.2	m							
δha=	2.4	T/m3							
δhaceras=	2.4	T/m3							

1 Ancho Efectivo:

	B<=	L/4 12t+b s		5.5 m 2.56 m 2.3 m	B=	2.3	m
2 Peralte Mínimo:	hmin= hmin ası	1.51 1.51	m m				
3 Análisis de carga muerta							
• Tablero:	Wt=	0.994	T/m				
• Capa de rodadura:	Wcr=	0.276	T/m				
	∑W=	1.27					
• Peso propio de la viga:	Wpp=	1.277]T/m				
 Peso de los diafragmas: 	Wd=	1.21	T/m		-		
	M=	6.66	T_m			Asum	Calc
	q=	0.11	T/m			1.1	1.064
	∑Wcm=	2.657]T/m	└ _ _	<u>T_</u> =		
				0.2			

4 Diagrama de carga muerta:



<u>x</u>	<u>Mcm</u>	<u>Vcm</u>
0	0	29.227
2.75	70.327	21.92
5.5	120.561	14.614
8.25	150.702	7.307
11	160.749	0

5 Análisis del momento de carga viva

• Factor de distribución transversal

f=	1.258	Trabaja como viga rectangular

Impacto

lm=	0.25

<u>P</u>	<u>P/4</u>
7.27	1.818
	<u>P</u> 7.27

				-		-	-	
<u>x</u>	<u>ML</u>	<u>M D</u>	<u>M L+I</u>	Mu	<u>lv</u>	<u>V M</u>	<u>V L+I</u>	Vu
0	0	0	0	0	1.254	29.227	22.466	75.849
2.75	33.54	70.327	53.406	181.369	1.266	21.92	19.424	61.392
5.5	55.835	120.561	89.845	307.93	1.279	14.614	16.334	46.852
8.25	66.883	150.702	108.869	378.89 8	1.294	7.307	13.197	32.229
11	66.685	160.749	109.927	393.309	1.31	0	9.99	17.483

3.5.2. Resultados de la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2

Se realizó la modelación del puente de hormigón calculado anteriormente de forma manual, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 5. Modelado del puente de Hormigón

A continuación se presenta el diagrama de momentos de la viga interior con la combinación de resistencia 1, obteniendo un momento máximo de 363.69 Ton-m



Figura 6. Momento último de la viga interior

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Luego se muestra el diagrama de cortante de la viga interior con la combinación de resistencia 1, obteniendo un cortante máximo de 70.39 Ton



Figura 7. Cortante último de la viga interior

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Posteriormente se indica un resumen de los diagramas de cortante y momento de la tabla de resultados que nos proporciona el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION

TABLA DE DATOS DEL PUENTE DE HORMIGON										
VIGA	DISTANCIA	CASO DE CARGA	TIPO DE CARGA	Р	V2	т	М3			
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m			
Left Exterior Girder	0	DEAD	LinStatic	0.07	-28.13	-0.78	-0.07			
Left Exterior Girder	5	DEAD	LinStatic	1.76	-15.62	-0.25	108.64			
Left Exterior Girder	11	DEAD	LinStatic	1.64	-0.55	0.88	157.05			
Left Exterior Girder	15	DEAD	LinStatic	2.12	10.55	-0.06	134.65			
Left Exterior Girder	22	DEAD	LinStatic	0.07	28.13	0.78	-0.07			
Left Exterior Girder	0	StrlGroup1	Combination	-0.39	-66.80	-9.13	-1.46			
Left Exterior Girder	5	StrlGroup1	Combination	-3.37	-42.29	-5.47	125.71			
Left Exterior Girder	11	StrlGroup1	Combination	9.91	10.68	6.22	372.11			

Tabla 18. Resultados del puente de Hormigón

VIGA	DISTANCIA	CASO DE CARGA	TIPO DE CARGA	Р	V2	т	М3
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
Left Exterior Girder	15	StrlGroup1	Combination	9.97	29.73	3.75	320.07
Left Exterior Girder	22	StrlGroup1	Combination	0.51	66.80	9.13	1.46
Left Exterior Girder	0	SerlGroup8	Combination	-0.18	-47.39	-6.02	-0.92
Left Exterior Girder	5	SerlGroup8	Combination	6.20	-17.35	1.51	183.77
Left Exterior Girder	11	SerlGroup8	Combination	6.72	6.25	3.98	261.32
Left Exterior Girder	15	SerlGroup8	Combination	6.68	20.05	1.85	226.02
Left Exterior Girder	22	SerlGroup8	Combination	0.31	47.39	6.02	0.92
Interior Girder 1	0	DEAD	LinStatic	-0.08	-27.35	-0.22	0.32
Interior Girder 1	5	DEAD	LinStatic	-1.76	-15.20	-0.19	107.36
Interior Girder 1	11	DEAD	LinStatic	-1.64	-0.67	0.04	155.08
Interior Girder 1	15	DEAD	LinStatic	-2.12	10.41	0.12	133.12
Interior Girder 1	22	DEAD	LinStatic	-0.08	27.35	0.22	0.32
Interior Girder 1	0	StrlGroup1	Combination	-0.59	-70.39	-6.77	-0.60
Interior Girder 1	5	StrlGroup1	Combination	5.34	-11.89	6.08	265.69
Interior Girder 1	11	StrlGroup1	Combination	1.34	15.65	4.15	363.69
Interior Girder 1	15	StrlGroup1	Combination	3.55	32.64	5.61	322.53
Interior Girder 1	22	StrlGroup1	Combination	0.40	70.39	6.77	0.60
Interior Girder 1	0	SerlGroup8	Combination	-0.36	-48.47	-4.03	-0.08
Interior Girder 1	5	SerlGroup8	Combination	1.51	-14.96	3.27	184.97
Interior Girder 1	11	SerlGroup8	Combination	-1.04	7.77	2.09	257.61
Interior Girder 1	15	SerlGroup8	Combination	0.36	22.11	3.26	225.75
Interior Girder 1	22	SerlGroup8	Combination	0.19	48.47	4.03	0.08
Interior Girder 2	0	DEAD	LinStatic	-0.08	-27.35	-0.22	0.32
Interior Girder 2	5	DEAD	LinStatic	-1.76	-15.20	-0.19	107.36
Interior Girder 2	11	DEAD	LinStatic	-1.64	-0.67	0.04	155.08
Interior Girder 2	15	DEAD	LinStatic	-2.12	10.41	0.12	133.12
Interior Girder 2	22	DEAD	LinStatic	-0.08	27.35	0.22	0.32
Interior Girder 2	0	StrlGroup1	Combination	-0.59	-70.39	-6.77	-0.60
Interior Girder 2	5	StrlGroup1	Combination	5.34	-11.89	6.08	265.69
Interior Girder 2	11	StrlGroup1	Combination	1.34	15.65	4.15	363.69
Interior Girder 2	15	StrlGroup1	Combination	3.55	32.64	5.61	322.53
Interior Girder 2	22	StrlGroup1	Combination	0.40	70.39	6.77	0.60
Interior Girder 2	0	SerlGroup8	Combination	-0.36	-48.47	-4.03	-0.08
Interior Girder 2	5	SerlGroup8	Combination	1.51	-14.96	3.27	184.97
Interior Girder 2	11	SerlGroup8	Combination	-1.04	7.77	2.09	257.61
Interior Girder 2	15	SerlGroup8	Combination	0.36	22.11	3.26	225.75
Interior Girder 2	22	SerlGroup8	Combination	0.19	48.47	4.03	0.08
Right Exterior Girder	0	DEAD	LinStatic	0.07	-28.13	-0.78	-0.07

VIGA	DISTANCIA	CASO DE CARGA	TIPO DE CARGA	Р	V2	т	М3
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
Right Exterior Girder	5	DEAD	LinStatic	1.76	-15.62	-0.25	108.64
Right Exterior Girder	15	DEAD	LinStatic	2.12	10.55	-0.06	134.65
Right Exterior Girder	22	DEAD	LinStatic	0.07	28.13	0.78	-0.07
Right Exterior Girder	0	StrlGroup1	Combination	-0.39	-66.80	-9.13	-1.46
Right Exterior Girder	5	StrlGroup1	Combination	-3.37	-42.29	-5.47	125.71
Right Exterior Girder	11	StrlGroup1	Combination	9.91	10.68	6.22	372.11
Right Exterior Girder	15	StrlGroup1	Combination	9.97	29.73	3.75	320.07
Right Exterior Girder	22	StrlGroup1	Combination	0.51	66.80	9.13	1.46
Right Exterior Girder	0	SerlGroup8	Combination	-0.18	-47.39	-6.02	-0.92
Right Exterior Girder	5	SerlGroup8	Combination	6.20	-17.35	1.51	183.77
Right Exterior Girder	11	SerlGroup8	Combination	6.72	6.25	3.98	261.32
Right Exterior Girder	15	SerlGroup8	Combination	6.68	20.05	1.85	226.02
Right Exterior Girder	22	SerlGroup8	Combination	0.31	47.39	6.02	0.92

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION

3.5.3. Diseño de la súper estructura del puente de losa sobre vigas metálicas calculo manual

3.5.3.1. Diseño de tablero

Para el diseño de la losa de hormigón Armado se empleó el Método Elástico Aproximado (especificado en el artículo 4.6.2.1 de la Norma AASTHO LRFD).

El diseño del tablero se realizará en hormigón armado F'c=280 kg/cm², con armadura perpendicular y transversal al tráfico

Dentro del diseño de las vigas metálicas se encuentran diseñadas de acuerdo a la norma AISC360-10 y la AASHTO LRFD.

Carga Viva (AASHTO, sección 3.4), se empleará el peso del Camión tipo HS 20-44, tiene un peso de 3,63(T) en el eje delantero y de 14,52(T) en cada uno de los ejes posteriores y es el que se ocupa en nuestro país, cuyo peso es 7,27 Ton/m2 por eje.

Calculo del tablero





3.5.3.2. Diseño de la viga interior

DATOS				
LONG. DEL PUENTE=	40.00 m	4000.00cm		
<i>f</i> ′ <i>c</i> =	280.00 kg/cm2			
Fy =	3515.00 kg/cm2	351.50 MPa		
ANCHO DEL PUENTE =	7.70 m	770.00cm		
ESPESOR DE LA LOSA t =	0.20 m	20.00cm		
NUM. DE VIGAS =	3			
SEPARACION ENTRE VIGAS (S)=	2.75 m	275.00cm		
MODULO DE SECCION AL EJE DELANTERO DEL VEHICULO Sx=	45025.00 cm3			
L. ARRIOSTRADA Lb =	5.00 m	500.00cm		
E acero =	210000.00 MPa			
<i>a</i> =	1.40 m	1400.00mm		
tvc =	0.07 m	7.00cm		
Econcreto=	24870.06 MPa			

DIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA



Propiedades geométricas de la viga.

ÁREA

 $\begin{aligned} & \text{Å}rea = \left(b_{fc} * t_{fc}\right) + \left(h * t_w\right) + \left(b_{ft} * t_{ft}\right) \\ & \text{Å}rea = (40.00 * 4.38) + (214.00 * 0.80) + (40.00 * 2.50) \\ & \text{\AA}rea = 446.20 \text{ cm}2 \end{aligned}$

Ycg

FIG	A (cm2)	Y (cm)	S (cm)	Iy (cm4)	d (cm)	A.d ² (cm3)
1	175.00	2.19	382.81	279.13	90.62	1437239.86
2	171.20	111.38	19067.40	653356.27	18.56	58992.97
3	100.00	219.63	21962.50	52.08	126.81	1608153.80
	446.20		41412.71	653687.48		3104386.64

$$Ycg = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i}$$
 $Ycg = 92.81$ cm

 $Csimple = t_{fc} + \frac{h}{2} + Ycg$

C simple = 202.31 cm

INERCIA EN X

$$Ixx = \sum \left(\frac{1}{12}base * altura^3 + A * d^2\right)$$
$$Ixx = 3758074.13 \text{ cm4}$$

INERCIA EN Y
$$Iyy = \sum \left(\frac{1}{12}base * altura^{3} + A * d^{2}\right)$$

MÓDULO DE SECCION DEL PATIN A COMPRESION (Sxc)

 $Sxc = \frac{Ixx}{csimple}$ $Sxc = \frac{3758074.13}{202.31}$ Sxc = 18575.64 cm3

56

MÓDULO DE SECCION DEL PATIN A TENSION (Sxt)

$$Sxt = \frac{Ixx}{t_{ft} + \frac{h}{2} + Ycg}$$

$$Sxt = \frac{3758074.13}{204.19}$$

$$Sxt = 18405.06 \text{ cm}3$$

CONSTANTE TORSIONAL (J)

$$J = \frac{ht_w^3}{3} + \frac{b_{fc}t_{fc}^3}{3} \left(1 - 0.63\frac{t_{fc}}{b_{fc}}\right) + \frac{b_{ft}t_{ft}^3}{3} \left(1 - 0.63\frac{t_{ft}}{b_{ft}}\right)$$

```
J = 1276.25 \text{ cm}4
```

RADIO EFECTIVO DE GIRO PARA PANDEO LATERAL TORSIONAL (rt)

 $rt = b_f c / \sqrt{(12(ho/D + 1/6 a_w h^2/(ho.D)))} \qquad a_w = (h.tw) / (b_f c.t_f c) \le 10 \qquad ho = D - (t_f c/2 + t_f t/2)$

aw = 1.71

rt = 10.30 cm

ho = 217.44 cm

PROFUNDIDAD DEL ALMA EN COMPRESION EN EL RANGO ELASTICO (Dc)

 $Dc = \frac{h}{2} + Ycg$

Dc = 199.81 cm

CUADRO DE RESUMEN DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA VIGA

AREA (cm ²)	446.20
Ycg (cm)	92.81
C simple (cm)	202.31
Ix (cm4)	3758074.13
Sxc (cm3)	18575.64
Sxt (cm3)	18405.06
J (cm4)	1276.25
rt (cm)	10.30
ho (cm)	217.44
Dc (cm)	199.81

CALCULO DE LA CARGA MUERTA

1 Ancho Efectivo:	B=	2.75	m
3 Análisis de carga muerta			
• Tablero:	Wt=	1.32	T/m
• Capa de rodadura:	Wcr=	0.33	T/m
	ΣW= ΣW=	1.65 1650	T/m kg/m
 Peso propio de la viga: 	Wpp=	0.410	T/m
	WT=	2.060	T/m

PESO PROPIO DE LA VIGA	350.267	kg/m
PESO ARRIOSTRAMIENTOS	60	kg/m
Σ	0.410267	T/m

4 Diagrama de carga muerta:

2.060 T/m

40 m

x	<u>Mcm</u>	<u>Vcm</u>
0	0	41.20534
5	180.273	30.904005
10	309.04	20.60267
15	386.3	10.301335
20	412.053	0

5 Análisis del momento de carga viva

• Factor de distribución transversal

f= 1.504

Impacto

Long-	0.7
1111-	0.2

P	P	P/4	
7.27	7.27	1.818	

×	ML	MD	ML+I	Mu	lv	VM	VL+I	Vu
0	0	0	0	0	1.195	41.20534	29.855	103.753
5	71.705	180.273	130.328	453.415	1.208	30.904005	26.055	84.226
10	120.711	309.04	222.177	775.11	1.224	20.60267	22.222	64.642
15	147.016	386.3	274.515	963.276	1.242	10.301335	18.308	44.916
20	150.621	412.053	285.956	1015.489	1.262	0	14.294	25.015

1. Verificación por flexión.

2.1.Para fluencia en el patín de compresión

$$M_n = S_{xt} R_e F_{yt}$$

Re:Es un factor de las trabes híbridas dado en el apéndice G2 del manual LRFD. Se debe tomar igual a 1.0 para trabes no híbridas. 1.00 Re:

> Mn = 64693789.69 kg-cm Mn = 646.94 T-m

$$M_{u} = \phi_{b} M_{n}, \text{ Con } \phi_{b} = 0.9 \qquad \qquad M_{u} > Mservicio$$

$$M_{u} = 582.24 \text{ T-m} \qquad 582.24 \text{ T-m} > 428.46 \text{ T-m}$$

$$Ok$$

2.2. Por el pandeo del patín de compresión.

λ=

$$\lambda = \frac{Lb}{r_t} \qquad \lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \qquad \lambda_r = 4,44 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \qquad \lambda \le \lambda_p$$

$$= 48.54 \qquad \lambda_p = 43.02 \qquad \lambda_r = 108.53 \qquad \underbrace{Fcr=3366.92}_{Cb=1.00}$$

$$R_{PG} = 1 - \frac{a_r}{1200+300a_r} \left(\frac{h_c}{t_w} - 5,70\sqrt{\frac{E}{F_{cr}}}\right) \le 1.0 \qquad a_r = Aw/Ac$$

$$R_{PG} = 0.87 \qquad \le 1.00 \qquad ar = 1.71$$

$$Ok$$

M _n -S _{xc} RpGR _e r _{cr}	$M_u = \psi_b M_n$, Con $\psi_b = 0.9$	$M_u > Mservici$	10
Mn = 56849465.23 kg-cm	Mu = 511.65 T-m	511.65 T-m 428.46	i T-m
Mn = 568.49 T-m		Ok	

<i>PPv=Ag.</i> (7850 <i>kg/m</i>)			
PESO PROPIO DE LA VIGA	350.27 kg/m		
PESO ARRIOSTRAMIENTOS	60.00 kg/m		
PESO DEL TABLERO	1650.00 kg/m	qu = 2.14 T/m	
TOTAL	= 2060.27 kg/m	Mu = 428.46 T-m	

2. Verificación por cortante.

do 1400.00

Cv

Vu = 67.89 T

AASHTO artículo 6.10.7.3.2 exige que se cumpla la siguiente condición para la distancia entre ati. 136.77

3. Cálculo del momento plástico.



CARGA EN EL PATIN DE TENSION

 $Pt = A_{ft} * F_{yt}$ Pt = 615125.00 kg Pt = 615.13 T

EJE NEUTRO PLASTICO

$$\bar{Y} = \frac{t_{fc}}{2} \left[\frac{P_{W} + Pt - Ps}{Pc} + 1 \right] \leq t_{fc}$$
$$\tilde{\mathbf{Y}} = 0.92 \text{ cm} \leq 2.50$$
$$Ok$$

CARGA EN EL CONCRETO

 $Ps = 0,85f'_{c} * be * tlo$ Ps = 1309000.00 kgPs = 1309.00 T

be = 275.00 cm

CARGA EN EL ALMA

 $Pw = A_w * F_{yw}$ Pw = 601768.00 kg Pw = 601.77 T

CARGA EN EL PATIN DE COMPRESION

 $Pc = A_{fc} * F_{yc}$ Pc = 351500.00 kg Pc = 351.50 T

Determinacion del momento Plastico

 $ds = \frac{tlo}{2} + tvc + \overline{Y}$ ds = 17.92 cm

 $dw = \frac{h}{2} + t_{fc} - \overline{Y}$ dw = 108.58 cm

$$dt = \frac{t_{ft}}{2} + h + t_{fc} - \overline{Y}$$

dt = 217.77 cm

Mp ≥ *Mservicio* 2229.86 ≥ 1015.49 Ok

 $Mp = \frac{Pc}{2t_{fc}} \left[\overline{Y}^2 + \left(t_{fc} - \overline{Y} \right)^2 \right] + Ps * ds + Pw * dw + Pt * dt$ Mp = 2229.86 T-m

4. Diseño de los Diafragmas

CARGA DE VIENTO			
Vo=	13.2	Km/h	
V10=	160	Km/h	
VB=	160	Km/h	
Z=	30000	m	
Zo=	70	mm	
VDZ=	200.00	Km/h	

PRESIONES DE VIENTO			
PB=	0.0024	Мра	
PD=	0.003749816	Мра	
PD=	3.75	KN	
H=	Altura de la su	perestructura	
H=	5.00	m	

$$w = P_D * H$$

W= 18.75 KN/m

Fuerza factorizada de viento actuante sobre el ala inferior

La norma AASHTO en la tabla 3.4.1 recomienda un factor para el viento Y=1.4

$$W_{bf} = \frac{\gamma * P_D * h}{2}$$

Wbf= 7.22 KN/m

Fuerza de viento actuante sobre el ala superior

$$W_{tf} = \gamma * P_D * \left(H - \frac{h}{2}\right)$$

Wtf= 19.03 KN/m

Fuerza actuante en el arrastramiento inferior

$$F_{bf} = W_{bf} * Lb$$

Fbf= 36.09 KN

Fuerza actuante en las diagonales

$$F_{d} = \frac{F_{tf}}{\cos \emptyset}$$

$$F_{tf} = W_{tf*Lb}$$
Ftf= 95.16
Fd= 134.57 KN

Diseño del difragma inferior

Se ensaya con dos de 90x90x8mm Acero A36 Fy=2530kg/cm2

As=	2778.00 mm2	Ix	2088700.00 mm4	rx=	27.42 mm
rmin=	27.42 mm	Iy	2494500.00 mm4	ry=	29.97 mm

Chequeo de la esbeltez y relacion ancho del angulo

$$\frac{KL}{r} < 140$$
100.29 < 140.00
Ok
$$\frac{b}{t} < 0.45 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$
11.25 < 12.96
Ok

Chequeo de la capcidad axial del angulo La norma AASHTO en el artículo 6.9.4.1 recomienda que se cumpla la siguiente condicion

$$\lambda = \left(\frac{k*S}{r*\pi}\right)^2 * \frac{F_y}{E} < 2,25$$

$$\lambda = 1.23 < 2.25$$

$$Ok$$

$$P_n = 0,66^{\lambda} * A_s * F_y$$

$$Pn = 42197.93 \text{ kg}$$

$$P_r = \emptyset_c * P_n$$

$$Pr = 37978.14 \text{ kg}$$

Diseño de las diagonales

Se ensaya con dos de75x75x6mm Acero A36 Fy=2530kg/cm2

As=	1748.00 mm2	Ix	912100.00 mm4	rx=	22.84 mm
rmin=	22.84 mm	Iy	1131500.00 mm4	ry=	25.44 mm

Chequeo de la esbeltez y relacion ancho del angulo

$$\frac{KL}{r} < 140$$
127.83 < 140.00
Ok
$$\frac{b}{t} < 0.45 \sqrt{\frac{B}{Fy}}$$
12.50 < 12.96
Ok

Chequeo de la capcidad axial del angulo La norma AASHTO en el artículo 6.9.4.1 recomienda que se cumpla la siguiente condicion

$$\lambda = \left(\frac{k*S}{r*\pi}\right)^2 * \frac{F_y}{E} < 2,25$$
1.99

κ=

< Ok

$$P_n = 0.66^{\lambda} * A_s * F_y$$

Pn= 19307.04 kg Pn= 189.21 KN

$$P_r = \emptyset_c * P_n$$

$$P_r > F_d$$

Diseño de la placa de soporte acero A36

$A_g \leq \frac{F_d}{\emptyset * F_y}$			
Donde:			
$A_g = $ Área total	de la secci	ón requerida	a.
$F_d = Fuerza$ act	uante en la	a diagonal ca	alculada en :
$\emptyset = Factor de re$	esistencia e	especificado	en la tabla
fy= Fd=	2530.00 134.57	kg/cm2 KN	13731.76
Ag=	6.03	cm2	
se ensaya con una	placa de 1	00x100x10n	ım
PL 100x100x10 m	m		
Apl=	1000.00	mm2	
Apl=	10.00	cm2	
A_{P}	$L > A_g$		
10.00	> Ok	6.03	

kg

3.5.4. Resultados de la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2

Se realizó la modelación del puente losa sobre vigas metálicas calculado anteriormente de forma manual, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 8. Modelado del puente Losa sobre vigas metálicas

A continuación se presenta el diagrama de momentos de la viga interior con la combinación de resistencia 1, obteniendo un momento máximo de 931.15Ton-m



Figura 9. Momento último de la viga interior

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Luego se muestra el diagrama de cortante de la viga interior con la combinación de resistencia 1, obteniendo un cortante máximo de 99.17 Ton



Figura 10. Cortante ultimo de la viga interior

Posteriormente se indica un resumen de diagramas de cortante y momento de la tabla de resultados que nos proporciona el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION

TABLA DE DAT	TABLA DE DATOS DEL PUENTE DE HORMIGON SOBRE VIGAS METALICAS					
VIGA	DISTANCIA	CASO DE CARGA	Ρ	V2	т	М3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
Left Exterior Girder	0	DEAD	-1.03	-31.36	-0.84	-2.09
Left Exterior Girder	10	DEAD	0.77	-16.20	-0.84	232.32
Left Exterior Girder	20	DEAD	0.76	-0.16	-0.07	310.53
Left Exterior Girder	40	DEAD	-1.03	31.36	0.84	-2.09
Left Exterior Girder	0	StrlGroup1	1.40	-40.69	4.02	3.46
Left Exterior Girder	10	StrlGroup1	6.77	-12.30	7.42	701.35
Left Exterior Girder	20	StrlGroup1	5.38	17.69	7.50	921.32
Left Exterior Girder	30	StrlGroup1	4.04	57.16	9.74	694.83
Left Exterior Girder	40	StrlGroup1	1.41	99.24	9.13	3.47
Left Exterior Girder	0	SerlGroup8	0.09	-44.38	1.46	0.54
Left Exterior Girder	10	SerlGroup8	4.23	-17.90	3.82	483.63
Left Exterior Girder	20	SerlGroup8	3.38	9.94	4.36	637.04
Left Exterior Girder	30	SerlGroup8	2.45	38.30	5.93	479.35
Left Exterior Girder	40	SerlGroup8	0.10	67.97	5.69	0.54
Interior Girder 1	0	DEAD	-2.03	-31.97	0.00	-3.31
Interior Girder 1	10	DEAD	-10.18	-16.13	0.00	237.70
Interior Girder 1	25	DEAD	-13.34	8.17	0.00	297.23
Interior Girder 1	30	DEAD	-11.84	16.18	0.00	235.83
Interior Girder 1	40	DEAD	-2.03	31.97	0.00	-3.31
Interior Girder 1	0	StrlGroup1	-5.931	-99.17	-7.98	-3.59
Interior Girder 1	10	StrlGroup1	-13.55	-79.33	9.29	704.96
Interior Girder 1	20	StrlGroup1	-18.04	19.83	7.35	931.15
Interior Girder 1	30	StrlGroup1	-15.80	59.29	8.43	699.75
Interior Girder 1	40	StrlGroup1	-2.19	99.17	7.98	-3.59
Interior Girder 1	0	SerlGroup8	-2.54	-67.79	4.56	-4.12
Interior Girder 1	10	SerlGroup8	-14.73	-17.08	5.31	487.46
Interior Girder 1	20	SerlGroup8	-19.55	11.06	4.20	645.36
Interior Girder 1	30	SerlGroup8	-17.09	39.51	4.82	483.86

Tabla 19. Resultados	del puente Mixto
----------------------	------------------

VIGA	DISTANCIA	CASO DE CARGA	Ρ	V2	Т	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
Interior Girder 1	40	SerlGroup8	-2.54	67.79	4.56	-4.12
Right Exterior Girder	0	DEAD	-1.03	-31.36	0.84	-2.09
Right Exterior Girder	10	DEAD	0.77	-16.20	0.84	232.32
Right Exterior Girder	20	DEAD	0.76	-0.16	0.07	310.53
Right Exterior Girder	30	DEAD	0.20	15.88	-0.65	230.78
Right Exterior Girder	40	DEAD	-1.03	31.36	-0.84	-2.09
Right Exterior Girder	0	StrlGroup1	1.41	-99.24	9.13	3.47
Right Exterior Girder	10	StrlGroup1	6.77	-12.30	7.70	701.35
Right Exterior Girder	20	StrlGroup1	5.38	17.69	5.10	921.32
Right Exterior Girder	30	StrlGroup1	4.04	57.16	5.20	694.83
Right Exterior Girder	40	StrlGroup1	1.41	99.24	4.03	3.47
Right Exterior Girder	0	SerlGroup8	0.10	-67.97	5.69	0.54
Right Exterior Girder	10	SerlGroup8	4.23	-17.90	4.48	483.63
Right Exterior Girder	20	SerlGroup8	3.38	9.94	2.70	637.04
Right Exterior Girder	30	SerlGroup8	2.45	38.30	2.33	479.35
Right Exterior Girder	40	SerlGroup8	0.10	67.97	1.47	0.54

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

El presente capítulo tiene como objetivo la inclusión de una guía con procedimientos y recomendaciones para el diseño y el cálculo estructural de los puentes en Ecuador en el software CSI BRIDGE VERSIÓN EVALUACIÓN. Los puentes en Ecuador, se diseñarán de acuerdo a las disposiciones contenidas en AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, y el MTOP (NEVI 12) la que ha establecido a lo largo de los años, una serie de criterios y disposiciones complementarias que se acogen en el presente Capítulo. No obstante lo aquí señalado para el diseño de puentes y estructuras afines, podrán utilizarse análisis racionales alternativos basados en teorías y ensayos aceptados y probados por la práctica profesional.

Si bien el objetivo del capítulo es entregar un apoyo, a los profesionales afines al tema para desarrollar los proyectos estructurales de los puentes de carretera dentro de un estándar mínimo, en ningún caso el contenido de esta sección reemplaza el conocimiento de los principios básicos de la ingeniería y sus técnicas, tampoco el adecuado criterio profesional; por lo tanto, los usuarios de la presente guía de procedimientos y recomendaciones para el diseño y cálculo estructural no están eximidos de la responsabilidad que conlleva la interpretación de un texto a la luz del buen juicio, la experiencia y la responsabilidad profesional.

4.1.INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN.

4.1.1. Nudos.

Luego de ingresar las características tanto del puente de hormigón Armado como del Mixto Tablero de hormigón sobre vigas metálicas el software CSIBRIDGE crea automáticamente los nudos en las intersecciones entre objetos estructurales y nudos interiores para garantizar la conectividad de los elementos finitos.



Figura 11. Nudos del Puente de Hormigón y Mixto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.1.1.1. Secciones transversales.

Al momento de modelar el puente de Hormigon Armado de 22m de longitud con vigas tipo Te no se requiere definir las dimensiones de las vigas, se las incluyen directo en la seccion transversal, y adicional se ingresar las medidas generales del puente y el software calcula automaticamente el valor de "S" y "S*" que representan los espaciamientos entre vigas, tambien genera una grafica en la parte superior derecha donde indica la seccion con los valores ingresados.



Figura 12. Sección transversal del puente de Hormigón Armado

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Para ingresar la seccion transversal del puente Mixto de Hormigon sobre vigas Metalicas de 40m se debe ingresar previamente las secciones transversales de las vigas, si presentan variación en sus dimensiones se debe insertar por tramo los valores generales de la seccion transversal donde el software se encarga de ir enlazando cada tramo y analizarlo como continuo , tambien calcula automaticamente el valor de "S" que representan los espaciamientos al eje de las vigas, generando una grafica en la parte superior derecha donde indica la sección con los valores ingresados.

e Range Section		12 14 14	
Section Name V/G (0-5)m	Let 21 Marin Marin	Fort Charles	Y L L
Section Notes Modily/Show Notes	Geler Geler 1 Geler 2	Geter	lt⇒×
	Constant or Variable Ginder Specing	1	X Y Pos
Section Properties			Section is Legal Show Section Detail
	Section Data		Girder Output
Intensions	lites	Volum a	Made Chan Cides From Outral contract
Outside height (13) 2185	General Data		modely show and er nice output cocaron.
0.5	Bridge Section Name	SECCION 1	- Modilu/Show Properties - Units
Top flange width (12) 1999	Slab Material Property	Fc=280 kg/cm2	Prodept of Kent Tropenses
Con Sarger thickness (#) 0.02	Number of Interior Girders	1	Materials Frame Sects Kgt.m.C
for any second s	Total Width	7.7	
Web thickness (tw) 8:000E-03	Girder Longitudinal Layout	Along Layout Line	
	Constant Girder Spacing	Yes	
botom nange width (62b) 14-4	Constant Girder Haunch Thickness (t2)	Yes	
ation Banon Hickness (th.) 0.025	Constant Girder Frame Section	Yeo	
Display Cokx	Slab Thickness		
	Top Slab Thickness (1)	0.2	
	Concrete Haunch + Flange Thickness ((2)	0.075	
the second secon	Gilber Section risperbes	110.000	
Cancel	Circles Madeline In Aver Object Madels	10 (0.5)m	
	Groen Modeling In Alea Object Models	6	
V	Effect Maximum of Operation Data	riane	
	Files noicontai ciliteristen cata		

Figura 13. Sección transversal del puente Mixto

4.1.2. Discretización de los elementos

Se debe indicar la longitud en la que se quiere dividir cada elemento, en el caso del puente de Hormigón fue discretizado a cada metro y el CSIBRIDGE automáticamente lo divide y analiza a cada elemento

Update Bridge Structural Model		
-Select Bidgo Digot and Action Bidgo Digot and Action PUENTE HORMGDN PUENTE HORMGDN PUENTE HORMGDN PUENTE HORMGDN PUENTE HORMGDN PUENTE Discretization Infermation Discretization Infermation Discretization Infermation Discretization Infermation Discretization D	Stuctural Model Opines Update as Spine Model Using Frame Objects Update as Mere Object Model Preterred Maximum Submeth Size Preterred Maximum Submeth Size	
	Cancel	

Figura 14. Discretización de elementos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.1.3. Objeto puente

El software CSIBRIDGE solicita primero la información y definición de todos los componentes del puente y en la opción Objeto puente constituye el modelo mediante la asignación de todos los parámetros pre-definidos, ubicados en la parte superior derecha, como se muestra a continuación del Puente Mixto de Hormigón sobre vigas metálicas

infle online urguie		Layout Line Name	Coordinate System
PUENTE H. SOBRE VIG ME	TA	LINEA BASE	GLOBAL V Kgf, m, C
efine Bridge Object Referen	ce Line		Modily/Show Assignments
Span Label	Station m	Span Type	Spars User Discretization Points
Start Abutment		0. Start Abutment	Abutments Bents
Start Abulment	0.	Start Abutment	Add In-Span Hinges (Expansion Jt: In-Span Finges (Expansion Jt:
Span1	5.	Span Segment 1	Modily Superelevation
Span2	13.	Span Segment 2	Prestress Tendons
Span3	27.	Span Segment 3	Delete Girder Rebar
Span4	35.	Span Segment 4	Staged Construction Groups
Span To End Abutment	40.	Span Segment 5 to End Abutment	Line Load Assign
idge Object Plan View (KY)	n is based on t Projection)	indge section insertion point tollowing spec	ched layout line.
Noth			

Figura 15. Objeto de puente (Bridge Object Model).

4.1.4. Cargas de vehículos y Clases de vehículos

CSIBRIDGE posee una extensa biblioteca de vehículos tipo, donde se elige el/los vehículos tipo que representan la carga viva vehicular que soporta el puente, en caso de no existir con las características necesarias el software permite ingresar nuevas cargas, puntuales y uniformes tomando en cuenta que los valores puntuales que se ingresa son por los dos ejes del vehículo , adicional a esto el programa permite añadir una clase de vehículo, el cual abarca a todos los vehículos seleccionados anteriormente y trabaja con la envolvente de los mismos.

En los dos tipos de puentes modelados se utilizó las cargas del vehículo HS-20-44



Figura 16. Vehículo empleado en la modelación

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.1.5. Casos de carga.

Se india los patrones de carga que van actuar sobre la estructura que posteriormente son definidos, dentro del programa se encuentran los tipos de carga que pueden presentarse en una estructura, también se debe ingresar la carga muerta con un valor de 1, ya que esto permitirá que el software tome en cuenta el peso propio de la estructura dentro del diseño.

Dentro de las dos estructuras modeladas se tomó en cuenta los mismos patrones de carga.



Figura 17. Patrones de carga empleados en la modelación

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.1.6. Cargas puntuales, lineales y distribuidas

Las cargas exteriores definidas en los patrones de carga excepto la carga muerta se debe ingresar el valor individual, tomando en cuenta si son puntuales, lineales o distribuidas con su respectiva asignación en el Objeto puente para poder observar al aplicación sobre la estructura, a continuación se indica la aplicación de la carga de Asfalto empleada en el puente de Hormigón Armado.



Figura 18.Carga en Asfalto del Puente de Hormigón

4.1.7. Estructuras metálicas

En el diseño del puente Mixto Tablero de Hormigón sobre Vigas Metálicas se obtenía arriostramientos horizontales los cuales deben ser incorporados en la estructura, estos elementos el software CSIBRIDGE no los toma en cuenta dentro del Objeto puente, por ello son incorporados de manera externa al final de toda la modelación mediante el menú "Advanced"



Figura 19. Estructuras metálicas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.2. PARÁMETROS A UTILIZAR EN NUESTRO MEDIO.

4.2.1. Cargas (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).

Inicialmente la carga muerta que se asume actuará sobre un puente, se determinará en base a un diseño preliminar proveniente de la optimización de la geometría de los elementos de la superestructura y de la infraestructura.

Los demás tipos de cargas que actúan sobre la estructura se regirán por las normativas de AASHTO STANDARD HB-17 (AASHTO LRFD 2010). La filosofía de estas cargas se detalla a continuación.

Carga Muerta (DC) (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).

Consistirá en el peso permanente de la estructura en su totalidad, incluidas las vigas, losa, barandas, diafragmas, pilas, cabezales, tuberías, luminarias y otros servicios públicos.

Carga Viva (L) (AASHTO LRFD SECCIÓN 3)

La carga HS20-44, cuando predomine el camión Estándar, será incrementada por un factor de mayoración igual a 1.375. Si predomina la carga distribuida con la concentrada adicional, este factor será igual a 1.25. Esta carga modificada se denomina CAMION-MTOP (antes HS-MOP). La carga HL-93, consiste en la aplicación simultánea del camión estándar HS20-44 y la carga distribuida. Se utilizará solamente para el diseño con la especificación AASHTO-LRFD.



El diseño de los puentes se comprobará, además, con la carga militar alternativa consistente en un camión de dos ejes (Tándem) distanciados 1.20 m entre sí y de 10.8 Ton por eje, contiene estos detalles.



Figura 22. Carga Especial (Tándem).



Impacto (I). (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).

Las cargas vivas serán incrementadas al analizar los elementos estructurales para prevenir los efectos dinámicos, vibratorios y de impacto. Se aplicará el efecto del impacto a la superestructura

 $I = \frac{50}{(3.28 \cdot L + 125)}$

 $I = Factor \ de \ Impacto \le 0.30$

L=Longitudes de segmento de la luz libre que está sometido a la carga viva que produce los esfuerzos máximos en el elemento (m).

Fuerza Centrífuga (CF).(AASHTO LRFD-SECCIÓN 3)

Las estructuras sobre curvas se diseñarán considerándolas sometidas a una fuerza horizontal radial igual a un porcentaje de la carga viva, sin impacto en todos los carriles de tránsito, de acuerdo con la siguiente ecuación

 $CF = 0.7863 \cdot V^2/R$

CF = La fuerza centrífuga en % de la carga viva sin impacto V = La velocidad de proyecto en Km/h R = El radio de la curva en metros

La fuerza centrífuga estará localizada a 1.80 m. sobre la superficie de rodadura.

4.2.2. Combinación de Cargas (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).

Los grupos de combinaciones de cargas, considerando el diseño por cargas de servicio (esfuerzos permisibles) y el diseño por factores de carga (resistencia última) serán obtenidos a través de la fórmula 3-10 y de acuerdo a la Tabla 3.22.1A de la Sección 3.22, AASHTO Standard HB-17, (AASHTO LRFD-SECCIÓN 3).

En el diseño de las estructuras de grandes luces por el método de resistencia última, los factores especificados para este método representan condiciones generales y podrían ser modificados si a juicio del Consultor y el Ingeniero, el caso lo amerite.

4.3.HERRAMIENTAS APLICADAS PARA LA MODEACION DE LOS PUENTES CALCULADOS DE FORMA MANUAL

4.3.1. Modelado

4.3.1.1.Plantillas.

Para la rápida modelación de los puentes de hormigón y Mixto se empleó las plantillas propias del software CSIBRIDGE. Esta opción es bastante útil para comenzar un modelo, eligiendo su longitud y el tipo de sección transversal se crea automáticamente todos los parámetros del puente y posteriormente adaptarlo a las medidas del prediseño

ick Bridge Template			
Bridge Data			
Span Lengths (Semicolon Separator)	22. Kgf, m, C	•	
Bridge Deck Section Type	Conc. Box Girder - Ext. Girders Vertical	•	
	Conc. Box Girder - Ext. Girders Vertical		
(Conc. Box Girder - Ext. Girders Clipped	=	
	Conc. Box Girder - Ext. Girders with Hadius Conc. Box Girder - Ext. Girders Sloped Max		
	Conc. Fee Beam Conc. Flat Slab		
	Steel Girder	*	

Figura 23. Diferentes tipos de plantillas que posee el CSI BRIDGE.

4.3.1.2. Asistente de creación y edición del modelo

Otra herramienta potente empleada en la modelación de los puentes de Hormigón y Mixto es el "Bridge Wizard" que ayuda a los usuarios en la creación de los modelos con instrucciones y orientación detallada en cada paso.



Figura 24. Asistente de creación y edición de modelos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.3.1.3.Combinaciones de carga

El software tiene incorporado todas las combinaciones de carga que posee la norma AASHTO LRFD y además crea la envolvente de cada combinación, dentro de la modelación se empleó la envolvente de la combinación de resistencia1 y de servicio para el chequeo de las deflexiones

Select Limit States	ser Defined Load Combinations	are to be Generaled		
🔽 Strength I	🖂 Strength II	🗌 Strength III	∏ Strength	N □ Strength V
Service I	Service II	C Service III	☐ Service	v
Extreme Event I	Extreme Event II	Faligue		
Choose Load Cases to Limit State Stre	Jse for Limit State ngth I		- Load Cases for User De	fined Load Combinations
Load Case Name	Load Case Type Design L	oad Type	Load Case Name	Load Case Type Design Load Type
MODAL	LinModal	>>	ACEPA ASFALTO BAPANDA CAPGA MOVIL DEAD PEATONAL	LinStatic DEAD MANUFAC LinStatic DEAD MANUFAC LinStatic DEAD MANUFAC LinStatic DEAD MANUFAC LinStatic DEAD LinStatic PEDESTRIAN LL
E Show Only Loa	f Cases with Valid Design Load	Types	Copy	to Service I 💌
			Definition	
	-			

Figura 25. Combinaciones de carga
4.3.2. Resultados

4.3.2.1.Control de la Deflexion

El software permite observar la deflexión para las distintas cargas aplicadas, y chequear con la combinación de servicio que se encentre dentro del margen permitido por la Norma AASHTO LRFD, para el puente de Hormigón Armado y Mixto Tablero de Hormigón sobre Vigas Metálicas.



Figura 26. Deflexiones máximas.

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.3.2.2.Diagramas de Momentos, Cortantes, Fuerza Axial y torsión.

Es posible visualizar los diagramas de momentos flectores, le cortante las fuerzas axiales, torsión a lo largo de todo el puente, para cualquier caso de carga o combinación.



Figura 27. Diagramas de cortante y momento

4.3.2.3. Superficies de influencia

El software permite observar las superficies de influencia de la estructura a acciones móviles para los dos tipos de puentes modelados



Figura 28. Superficies de influencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.3.2.4. Edición interactiva de datos.

El software contiene tablas con los resultados obtenidos de la estructura los cuales pueden ser importados directamente a Microsoft Excel y Microsoft Access, esta herramienta fue utilizada tanto para el puente de Hormigón como para el puente Mixto Tablero de hormigón sobre vigas que se ven reflejados en los resultados de la modelación.



Figura 29. Edición interactiva de datos.

4.4.LIMITACIONES DEL PROGRAMA.

Las limitaciones observadas durante el manejo del software CSI BRIDGE V15.2 VERSIÓN EVALUACIÓN en la aplicación de puentes de hormigón armado y mixto (Vigas metálicas con tableros de hormigón), se citan las siguientes:

- Cuando se realiza una modelación con vigas T el software no permite evaluar la demanda capacidad de las vigas, esto se logra si se las modela de forma independiente del tablero.
- Con respecto a las vigas metálicas el software evalúa solo a las vigas con alma llena ya que al ingresar vigas con plata-bandas nos indica que no soporta está sección.
- Cuando se modela una pila con apoyos discontinuos y se requiere dividir un tramo por consideraciones de diseño, se crea automáticamente otras pilas y de esta manera altera el comportamiento de la estructura.

4.5.METODOLOGÍA QUE UTILIZA EL SOFTWARE.

El software CSIBRIDGE, utiliza el método de elementos finitos (MEF) con la finalidad de calcular con suficiente grado de precisión los valores de las incógnitas de las ecuaciones diferenciales que gobiernan ciertos puntos del dominio de un sistema o estructura continua, creando un modelo matemático del sistema físico o estructura dividido en nudos y elementos finitos, se resuelve el sistema de ecuaciones hallando así los resultados para cada nudo. Los pasos que involucra el método de elementos finitos (MEF) son:

1. El usuario crea el modelo de elementos finitos.

- a) Define la geometría, los nudos y elementos.
- b) Especifica las propiedades de los materiales, las condiciones de carga y las condiciones de contorno.

2. El software o programa de elementos finitos ejecuta el análisis.

- a) Formula el sistema de ecuaciones.
- b) Resuelve el sistema de ecuaciones.

3. El programa de elementos finitos reporta los resultados.

- a) Calcula valores para los nudos y elementos (desplazamientos, fuerzas internas, reacciones, etc.)
- b) Procesa adicionalmente los resultados (gráficas, etc.)

CSIBRIDGE contiene normativas pre cargadas en el software

Puentes	C'iBRiDGE	∫ @ P 2000 [°]	J'AFE'
AASHTO LRFD 2012	~		
AASHTO LRFD 2007	~		
AASHTO STD 2002	~		
CAN/CSA 56-2004	~		
Eurocode	~		
IRC 2011	~		
JTG-D62-2004	~		
SNiP 2.05.03-84	~		

Figura 30. Normas de diseño para puentes.

Procedimiento de cálculo del software CSIBRIDGE



Figura 31. Flujograma análisis por el Método de Elementos finitos (MEF).

Fuente: Autor

4.6. POTENCIALIZACION DEL PROGRAMA

4.6.1. Información General.

4.6.1.1. Variación de la línea de eje

El software posee plantillas con diferentes variaciones del eje en la dirección "X" y "Y". Cuando el eje se altera, la estructura del puente y su definición paramétrica se actualizan inmediatamente.

Horizontal Layout Line Data - Quick Start)
Select a Quick Start Option			
C Straight	Curve Right - Straight		
C Straight - Bend Right	Curve Left - Straight		
C Straight - Bend Left	Straight - Curve Right - Straight		
C Straight - Bend Right - Bend Right	C Straight - Curve Left - Straight		
C Straight - Bend Left - Bend Left	C Straight - Curve Right - Straight Curve Right - Straight		
C Curve Right	Curve Left - Straight - Curve Left - Straight - Curve Left - Straight		
C Curve Left	Straight - Curve Right - Straight Curve Left - Straight		
C Straight - Curve Right	Bridge Layout Line Data		
C Straight - Curve Left	Bridge Layout Line Name [BLL1 [GL0]	nate System BAL	Shift Layout Line Units Kip, in, F
			Coordinates of Initial Station
	Plan View (X-Y Projection)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Global X 0.
		Station	Global Y 0.
		Bearing	Global Z 0.
	North	Radius	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Grade	Initial and End Station Data
	· · · · ·	× 509.5469	Initial Station (in) 0.
		Y 585.0314	Initial Bearing INSCOULE
	ΛY	Z	Initial Grade in Percent U.
	×		End Station (in) 1440.
			Horizontal Layout Data
	Developed Elevation View Along Layout Line		Define Horizontal Layout Data Quick Start
	↑ ² s ••		Define Layout Data
		Refresh Plot	Define Vertical Layout Data Quick Stat
		OK Cancel	

Figura 32. Línea de eje

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.2. Secciones paramétricas del tablero.

CSIBRIDGE permite definir paramétricamente todo tipo de secciones de tableros, desde vigas cajón, vigas "T", vigas prefabricadas "I" y "U", vigas metálicas con tablero en hormigón y vigas de sección variable.

ncrete Box Girders							
	1				1		
Ext. Garders Vertical	E.M. Lunders Sloped	Ext. Geders Capped	Ext. Geders with Hedus	Ext. Geders 1	Sloped Max		
1	1						
	T						
	<u> </u>						
AASHTO - PCI - ASRI	Advanced						
Standard	Paralogo						
er Concrete Sections							
1	1						
		TTTT	7777				
	· · · ·						
	B						
l ee bean	Flat Slab	Precast I Gilder	Precast U Garder				
el and Concrete Sections	Define Bridge Si	ection Data - Steel Girder					
		Viet		_			
IIII		vian.	, 12	_			
IIII			, <u>1</u>				
Steel Girders		AND THE REF				T i	тт
I I I I Steel Girders		(Mage) 제 :::::::::::::::::::::::::::::::::::			T	I +	ΙI
I I I I Steel Girders		Math			Ţ	I '	ΙI
I I I I Steel Girders	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				Ľ Ţ	I	ΙI
I I I I Steel Girders	100 miles					I *	I I F DoS
I I I I I		All ST Ref	12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 12 144 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16			I *	I I
I I I I Steel Girders	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Video	L2 JA4 Status St		Y + × Section is Le	I y gal <u>Sh</u>	I I pr Do S ow Section Detail
I I I I Steel Girders		Viato	L2 A A A A A A A A A A A A A		Y Y Section is Le	Y sh	I I I Do S ow Section Detail
Steel Giders	Section Data	All and All an	A Control of the second	N.t.		Y pal <u>Sh</u>	I I ⊮ DoS
I I I I Steel Girders	Section Data	Vide All times States Constant of Variable Co Reen	12 14 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	Velue -	Section is Le	I + gal Sh show Gieder Force O	I I P Do S ow Section Detail httput Locations
I I I I Steel Girders	Section Data	Vide All st Performed ST States St States Constant & Vanishing Of Rem ata	12 14 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	Value *	Section is Le	galShow Gidder Force O	Do S w Section Detail
I I I I Steel Girders	Section Data	VLB:	122 144 122 124 122 124 122 124 124	Value - BSEC2	Section is Le Giffet Output Modify/Shore	gal	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
I I I I Steel Girders	Section Data	VLBP:	12 14 15 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	Velue = 858C2 4000 ^p si	Section is Le Girder Output Modily/Shore Materials	J gal Shu Show Gider Face 0 «Properties Frame Sect]	I I vo Section Details tutput Locations Units Kip, in, F
I I I I Steel Girders	- Section Data	VLB:		Volue • 858C2 4009Pii 2 402	Section is Le Girder Output Modify/Shor Materiat	gal Show Ginder Force O Phoperfies Frame Sects	I I p Do S ov Section Detail tutput Locations Units [Kip. in, F
I I I I Steel Girders	Section Data	Viela All to the second secon		Value = 858C2 4000Pii 22 432 9 Leoot Line	Section is Le Modify/ Modify/ Material	I * gal Sh Show Gider Force O *Properties Frame Sects	I I Do S ov Section Detail Mput Locations. Units [Kip, in, F
I I I I	Section Data	And		Value • 858C2 4000Psi 2 432 gLepost Line Yes	Section is Le Gieder Outpu Modity/Show Materials	gal show Gider Face 0 Properties Frame Sects	I I P DoS ov Section Details Units [Kip, in, F
I I I I	Sector Data	Video.		Value = BSEC2 432 432 432 Vee Vee	Section is Le Modify/ Modify/ Modify/Shor Materials	J * gal	Do S ov Section Detail htput Location Units [Ep. in, F
I I I I Steel Gides	Sector Data	Volte Arriteries Constant to Vessel Constant to Vessel Constan		Value • BSEC2 4000Pia 2 422 Stagod Line Yes Yes Yes	Section is Le Girde Output Modify/Show Material	gal show Gader Force 0 «Properies Frame Sects	I I P Do S av Section Detail August Locations. Units [Exp. in, F
I I I I	Sector Data	Visite Visite Visite Visite Context & visite Context & visite		Value = BSEC2 4000Psi 432 432 432 432 432 432 432 432 432 432	Section is La Section is La Modity/Shor Materials	J *	Do S av Secion Detail Mput Locations.
I I I I	- Sector Data General D Biographic San Materia Transition Content of Content	Visite And Source of Sour		Value - 4000°m - 2 - 4020°m - 2 - 422 - Ves Ves 12 -	Secton is La Gider Output ModBy/Shor Materials	Y Show Goder Force O	J Do S ov Section Detail Natural Locations. Units Exp. in, F
Steel Godes	Sector Data Beneral E Beneral E Bene	View And And And And And And And And And And		Value SEC2 SEC2 QLayout Live Yes Yes 12 3	Sector is Le Sector is Le Modify/Shor Material.	Y show Sider Face D Properties Fram Sects_	I I F Do S av Section Detail Mpdul Locations. Units Fip. in, F
I I I I	Sector Data Bildy Sec Bildy Sector Data Bildy Sec Bildy Sector Bildy Sector Bildy Sector Bildy Sector Bildy Sector Bildy Sector Context of Context of Context of Cont	View And an analysis of the second s		Value - BSIC2 - BSIC2 - d000Pis 2 Layou Line Vice Vice Vice 12 - 3 -	X X Section is Lis Modity/Shor Materials	Y Stow Eader Force C Phopenies Frame Sects	I I P Do S ave Section Detail Maput Locations Units [Ep. in, F
Steed Geders	Section Date Section Date Se	All and a second		Value • BSEC2 4000Pia 2 432 QLapot Line Yee Vee Yee 12 3 FBIC2 2	Sector is Le Sector is Le Modify/Sec Material.	y andshow Sider Face D Poperties Frame Sect	J J J Do S ov Section Detail Maput Locations. Units Exp. in, F
I I I I	Sectors D at Sectors D at Beneral D Thinks Control of Control	Content to Vietness		Value = BSIC2 - 600Pu - 602 - 612 - 612 - 612 - 612 - 612 - 748 - 748 - 73 - 758C2 -	X X Section is Lis Modity/Shor Materialu	Y Show Eader Force C	I I P Do S av Section Detail Mpd Locations Units [Ep. in, F
I I I I	Sector Data	View		Value • BSEC2 4000Pia 2 432 432 432 Vee Vee Vee Vee 12 3 FBIC2 No	Sector is Le Sector is Le Modify/Shor Material	y and Show Sider Face D Popelies Frame Sects	J J J Do S ov Section Detail Maput Locations Units Exp. in, F
I I I I	- Sector Data	Aller Aller		Value = BSIC2 - 600Pa - 622 - 91 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 92 - 93 - 94 - 95 - 94 - 95 - 94 - 95 - 94 - 95 - 94 - 95 -	Section is La Section is La Modify/Stee Materials	gal Show Bidler Force O Properties Frame Sects	I I J Do S tor Section Details http://Locations. Units [Ep. in, F

Figura 33. Secciones paramétricas del tablero

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.3. Variaciones paramétricas

Especificación de variaciones verticales u horizontales para el alineamiento e inclinación de la sección de los puentes. La definición paramétrica es bastante útil para reducir el tiempo y optimizar el proceso de modelado.



Figura 34. Variaciones Paramétricas

4.6.1.4. Muelles (springs).

Los muelles consisten en elementos de conexión usados para conectar estáticamente nudos de la estructura al suelo, pueden ser de naturaleza lineal o no lineal. Las opciones de modelado avanzado permiten incluir las cimentaciones en la superestructura, incluyendo pilotes y zapatas.



Figura 35. Muelles

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.5. Evaluación de la súper-estructura.

Permite diseñar y evaluar la demanda capacidad de las vigas, en el caso de la vigas de hormigón les evalúa a flexión y corte y en el caso de las vigas metálicas diseña y evalúa a resistencia y a fatiga de la estructura



Figura 36. Diseño y evaluación de la súper-estructura.

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.6. Optimización de las vigas metálicas

Esta herramienta tiene como objetivo determinar la acción más adecuada para alcanzar la respuesta estructural deseada.



Figura 37. Optimización de las vigas metálicas

4.6.1.7. Análisis estático no lineal (PUSHOVER).

Las características y funcionalidades de los análisis "PUSHOVER" en CSIBRIDGE incluyen la implementación de la FEMA 356 y la de las rótulas plásticas clásicas o de fibras, basadas en las relaciones de tensión-extensión de los materiales constituyentes. Los elementos de área no lineales permiten al usuario considerar en el análisis "PUSHOVER" el comportamiento plástico de los muros resistentes, losas, chapas de acero y otros elementos finitos de área. Se pueden definir relaciones fuerza-deformación para rótulas de acero y de hormigón armado.



Figura 38. Análisis no lineal (PUSHOVER).

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.8. Análisis dinámico

Los análisis dinámicos de CSIBRIDGE incluyen el cálculo de modos de vibración a través de Ritz o Eigen vectors, análisis de espectros de respuesta y time-history, tanto para comportamiento lineal como no lineal.

4.6.1.8.1. Modal.



Figura 39. Análisis (MODAL).

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

El análisis modal por "eigen-vector" encuentra los modos de vibración natural de la estructura y puede utilizarse para una mejor percepción del comportamiento de la misma, y también para la superposición modal de los análisis de espectro de respuesta y "time-history modal". El análisis modal por "ritz-vectors" encuentra los mejores modos de vibración para captar el comportamiento estructural en los análisis de espectro de respuesta y "time-history modal", siendo más eficiente que el análisis por "eigen-vector".

4.6.1.8.2. Análisis por espectro de respuesta

El análisis de espectro de respuesta determina la respuesta estadísticamente más probable de la estructura a un determinado sismo. Este tipo de análisis lineal utiliza los espectros de respuesta basados en los tipos de sismo y condiciones locales. Este método es extremadamente eficiente y considera el comportamiento dinámico de la estructura.

Load Case Name	-Load Case Tune
ACASE2 Set Def Name Modify/	Show Response Spectrum v Design
Modal Combination	Directional Combination
© CQC GMC # 1	(* SRSS
C SBSS	C 09G3
C Absolute	C Absolute
C GMC Periodic + Rigid Type SRSS	Scale Factor
C NBC 10 Percent	
C Double Sum	
N. 10. 10.	
Modal Load Lase Modal Load Case MODAL	
Use modes itoli his modal coad case [modAL	
Loads Applied	Response Spectrum AASHTO LRFD 2006 Function Definition
Load Type Load Name Function Scale	Function Damping Ratio
Accel U1 VIII I	Function Name FUNC1 0.05
Accel U1 FUNC2 1	- Define Exection
	Parameters Denne Function Residention
	Acceleration Coefficient, A U.4 Period Acceleration
	Soil Profile Type III Add Add
	0.8538 0.8 Modfy
Show Advanced Load Parameters	1. = 0.72 1.2 0.6376 Delete
Other Parameters	1.4 0.5753
Model Damoing Constant at 0.05	1.8 0.4866
Hoda Carping	Convert to User Defined
	ju.v
	Function Graph
	Display Graph 0.0.0.0
	Cancel

Figura 40.Espectro de repuesta

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.8.3. Análisis temporal no lineal (TIME HISTORY ANALYSIS)

El análisis "time-history" capta detalladamente la respuesta de la estructura a movimientos basales debidos al sismo y a otros tipos de acciones como: explosiones, equipamientos, viento, olas, etc. Los análisis "time-history" no lineales se pueden encadenar a partir de otros tipos de casos no lineales (incluyendo secuencias constructivas), abordando una amplia gama de aplicaciones prácticas.



Figura 41. Análisis temporal no lineal (TIME HISTORY ANÁLYSIS).

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

4.6.1.9. Análisis de pandeo (BUCKLING).

Los modos de pandeo lineal se pueden obtener para cualquier conjunto de acciones. Los modos de inestabilidad se pueden calcular a partir de la rigidez obtenida al final de análisis no lineales y secuencia constructiva. También es posible realizar análisis no lineales de pandeo considerando grandes deformaciones y no linealidades de los materiales. Se pueden utilizar análisis dinámicos para modelar situaciones de pandeo más complejas, como por ejemplo análisis de pos pandeo.



Figura 42. Análisis de Pandero (BUCKLING).

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

Luego de haber desarrollado un cálculo manual con su respectiva modelación en el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION, de dos tipos de puentes, es decir: de Hormigón Armado y Mixtos Tablero de Hormigón sobre vigas Metálicas se pudo establecer las siguientes comparaciones.

5.1. PUENTE DE HORMIGÓN

5.1.1. Comparación de resultados con los Momentos Flexionantes

COMPARACION DE MOMENTOS FLEXIONANTES DE LA VIGA									
Distancia (m)	Momento Calculo manual (Ton-m)	Momento CSIBRIDGE V15.2 (Ton-m)	Error Relativo						
11.00	393.30	363.69	7.5%						

Tabla 21. Comparación de momentos

5.1.2. Comparación de resultados de la fuerza Cortante

Tabla 22. Comparación de Cortante

COMPARACION DE LA FUERZA CORTANTE VIGA INTERIOR								
Distancia (m)	Cortante Calculo manual (Ton-m)	Cortante CSIBRIDGE V15.2 (Ton-m)	Error Relativo					
0-22	75.85	70.39	7.2%					

5.2.PUENTE MIXTO TABLERO DE HORMIGÓN SOBRE VIGAS METALICAS

5.2.1. Comparación de resultados con los Momentos Flexionantes

COMPARAC	COMPARACION DE MOMENTOS FLEXIONANTES DE LA VIGA INTERIOR								
Distancia (m)	Momento Calculo manual (Ton-m)	Momento CSIBRIDGE V15.2 (Ton-m)	Error Relativo						
20.00	1015.49	931.15	8.3%						

Tabla 23. Comparación de Momento

5.2.2. Comparación de resultados de la fuerza Cortante

Tabla	24.	Comparació	n de	Cortante
-------	-----	------------	------	----------

COMPARAG	CION DE LA FUERZ	LA CORTANTE VIGA IN	NTERIOR
Distancia (m)	Cortante Calculo manual (Ton-m)	Cortante CSIBRIDGE V15.2 (Ton-m)	Error Relativo
0-40	103.75	99.17	4.4%

En el puente de Hormigón Armado se obtuvo un error relativo con respecto al momento flector de 7.5% y al cortante de 7.2%, mientras que en el puente Mixto (Tablero de Hormigón con Vigas Metálicas) se tiene un error con respecto al momento de 8.3% y al cortante de 4.4%, esto se debe a las consideraciones que se realizan en el cálculo manual, ya que este se analiza de forma general y en tramos con grandes longitudes, generando tal diferencia con respecto a la modelación en el software, que emplea el método de elementos finitos obteniendo resultados más precisos.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.CONCLUSIONES

- Para el diseño de puentes, el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION y el Ecuador emplean los parámetros establecidos en las normas internacionales, AASHTO LRFD BRIDGE y la AISC quienes se encuentran acorde al lugar de origen, ocasionando que las consideraciones de diseño sean diferentes a la situación que se vive en el país.
- Al realizar el cálculo de forma manual y la modelación en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION de los dos tipos de puentes, se determinó que no existe mayor variación en cuanto a diseño, siendo el cálculo del software más preciso debido al uso de elementos finitos y a la discretización de cada elemento.
- Todos los parámetros antes mencionados han permitido obtener una idea general del software CSIBRIDGE V15.2.0 VERSIÓN EVALUACIÓN de manera clara y sencilla.

6.2. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar una modelación en el software realizar un pre diseño de la estructura tomando en cuenta los parámetros máximos y mínimos de las normas
- Se sigan creando guías de aprendizaje que sirvan en el manejo de los programas actualizados de la carrera de Ingeniería Civil, lo cual permitirá formar profesionales competitivos.
- Establecer normas específicas para el diseño de puentes en el Ecuador, ya que esto permitirá realizar un análisis, diseño con datos y coeficientes más acertados ya que estos estarán basados en las características propias de la zona.

CAPITULO VII

7. PROPUESTA

7.1.TITULO DE LA PROPUESTA

"MANUAL PARA MODELAR PUENTES DE HORMIGON ARMADO Y MIXTOS (TABLERO DE HORMIGON CON VIGAS METALICAS), EMPLEANDO EL SOFTWARE CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN"

7.2. INTRODUCCION

CSI BRIDGE es lo último creado en herramientas informáticas para modelar, analizar y diseñar la estructura de un puente, El diseño AASHTO LRFD viene incluido en el programa con sus respectivas combinaciones de carga.

Es un programa versátil y productivo, además permite rapidez y facilidad en el diseño y adaptación del acero a las losas de hormigón, CSIBRIDGE ofrece una selección de plantillas para iniciar rápidamente un nuevo modelo. Esto es un buen punto de partida para la creación de un modelo que posteriormente se puede modificar, también permite a los usuarios editar los datos del modelo en una vista de tabla que simplifica la tarea de hacer cambios en el modelo. Las tablas son fácilmente exportables e importables desde Microsoft Excel y Microsoft Access.

Una vez analizada toda la información recopilada se procedió a poner en práctica estos conocimientos para obtener un manual para modelar puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN.

7.3.OBJETIVOS

7.3.1. Objetivo General

Elaborar un manual para modelar puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas), empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSIÓN EVALUACIÓN "

7.3.2. Objetivos Específicos

- Indicar los comandos que se emplean para modelar puentes de hormigón armado y mixtos (tablero de hormigón con vigas metálicas)
- > Describir de forma clara el funcionamiento de cada uno de los comandos
- > Desarrollar un ejemplo de aplicación del manual

7.4. FUNDAMENTACION CIENTIFICA – TECNICA

7.4.1. Características del software CSIBRIDGE V15 VERSION EVALUACION .2²³

CSIBRIDGE.- Software integrado para el análisis estructural, sísmico, diseño y evaluación de los puentes.

²³COMPUTERS & STRUCTURES. INC



Figura 43. Presentación del CSIBRIDGE

Fuente: COMPUTERS & STRUCTURES. INC

- Programa enfocado en puentes, emplea el método de elementos finitos con el motor de cálculo del SAP2000; es decir presenta gran flexibilidad para modelar cualquier estructura.
- Contiene las opciones utilizadas en el SAP2000, incluidos los comandos dedicados a puentes.
- Crea automáticamente las combinaciones de carga para el máximo, para el factor mínimo y por ultimo crea para la envolvente.
- Genera transparencia y seguridad al ingeniero diseñador, al poseer los modelos de análisis con recursos a todos los elementos de SAP2000
- Permite modificar de forma genérica los modelos paramétricos y ampliar cualquier elemento finito u otros elementos adicionales

- Presenta un único modelo para todos los análisis y elementos estructurales, es decir; (sub-estructura, súper-estructura, aparatos de apoyo y cimentaciones)
- Creación de modelos de barras, shell o sólidos a partir de las mismas definiciones paramétricas.
- > En la súper-estructura genera de forma automática las mallas.
- Posee plantillas para puentes de voladizos sucesivos y puentes colgantes dando mayor facilidad al modelar.
- En puentes modelados con elementos tipo Shell y sólidos al igual que en el proceso de dimensionamiento de la súper-estructura emplea gran variación en la determinación de los esfuerzos.
- Permite la entrada de cargas paramétricas independientes de los elementos finitos
- Contiene un sin número de vehículos basados en diferentes normativas internacionales para crear las cargas móviles.
- Realiza el cálculo de superficies de influencia en los carriles para obtener las respuestas más desfavorables
- Calcula de forma automática la fuerza centrífuga y de frenado o aceleración.
- Admite variaciones paramétricas en la geometría de la sección transversal del tablero a lo largo de los vanos.

Contiene Bridge Wizard para consulta y edición rápida de todas las propiedades paramétricas del puente.

7.4.1.1. Fiabilidad del Programa

- Realiza un análisis geométrico no lineal
- Muestra elementos sólidos, barras, pretensados y elementos shell no lineales
- Contiene elementos específicos para modelar comportamientos de contacto, rigidez multi-lineal, fricción y aisladores de base
- Excelente en análisis dinámicos, secuencia constructiva, pretensado y secuencia de análisis
- Solvers de 32 y 64 bits con algoritmos de factorización de matrices rápidos y eficientes para modelos de grandes dimensiones

7.4.1.2. Compatibilidad con otros programas y formatos

- > Edición interactiva del modelo a través del Excel y archivos de texto
- Exportación e importación de archivos AutoCAD
- Exportación e importación de archivos IFC
- Importación y cálculo de modelos elaborados en SAP2000
- > Exportación de reportes de cálculo para Word

7.4.1.3. Dimensionamiento de la superestructura y subestructura

- Dimensionamiento de la súper-estructura y sub-estructura a través de las normativas
- Americanas, Europeas, Canadienses, Rusas, Indias, entre otras.
- Creación de combinaciones automáticas basadas en las normativas utilizadas para dimensionamiento

7.4.1.4. Otras herramientas avanzadas

- Optimizador estructural para determinación de las acciones óptimas en la estructura en función de la respuesta deseada
- Acceso a través del API para creación de pre y pos-procesadores

7.5. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA

El manual consta de la descripción de los comandos más empleados en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSIÓN EVALUACIÓN posteriormente a ello se procede a indicar los pasos a seguir para la modelación y evaluación de un puente de hormigón armado

Mediante el empleo de una plantilla predefinida del software se modela, evalúa y optimiza un puente mixto (tablero de hormigón con vigas metálicas)

Además se crea una animación con el vehículo en movimiento y se indica de forma secuencial el diseño a sismo, el cual es aplicable para todo tipo de puentes.

Finalmente para mayor entendimiento se realiza la modelación de la superestructura del puente Matus-Aulabug ubicado en el cantón Penipe, empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN, el cual es un ejemplo representativo del uso del manual, ubicado en el **Anexo 9.1**

7.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

7.6.1. Comandos del CSIBRIDGE V15 VERSION EVALUACION

 El Menú "ORB" contiene: Nuevo, Abrir, Guardar, Guardar como, Importar, Exportar, Imprimir, Reportar, Animación, Configuraciones y Lenguaje.



Figura 44. Menú "ORB"



• El Menú **"HOME"** contiene El Asistente de Puentes "Bridge Wizard", Vista-Snap, Selección, Opciones rápidas de los resultados del análisis.

	19	(e) 🗟 (e)) ÷							
	Home	Layout	Components	Loads B	ridge Ar	nalysis Desig	n/Rating	Advanced		_
Bridge Wizard Wizard	Q @ /	Q Q Q xy xz yz ^{□ x} ✓ xyz Vi	Q (1) 63 (c) 63 ↑ ↓ More		ALL R	Select Desele	ct More	• → ▲ → → ▲ 割 ◇	Named Display	More

Figura 45. Menú "HOME"

• El Menú "LAYOUT" presenta opciones para definir la línea base y los carriles

	20	× 🔓 (6)) ÷								
Hom Hom	ne	Layout	Comp	oonents	Loa	ds	Bridge	Anal	ysis	Design/Rating	Advanced
P	6		4	2×	IЦ	IЬ		II,			
Preferences	BLL1			-	LANE1			-			
(Lay	out Line		۲¥		La	ines	F _N			

Figura 46. Menú "LAYOUT"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 El Menú "COMPONENTS" permite definir las Propiedades de los Materiales con la definición de la Súper-estructura "Deck Sections" (Tablero, vigas, diafragmas) y de la Sub-estructura "Bearings" (Estribos, Fundaciones Pilas, conexiones y tipos de apoyo)

	H 9	P 6	j (6)) 🕈											
	Home	Layo	ut	Compor	nents	Loads	Bridge	A	nalysis	Design/	(Rating	Adv	anced		
K ∐ ∳V	G	E.		E,		a R	Ъ	2	X	国 路 雄田	亳	5	<u>.</u>	Ę	٦
Туре	4000Ps	i		-	Item	BSEC1			-	Item	BEARIN	IG		-	
	Properti	es - Mat	erials	۲y	SL	perstructu	re - Deck	Sectio	ns r _a	1	Substruc	ture - Be	arings	۲ş	

Figura 47. Menú "COMPONENTS"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• El Menú "LOADS" comprende la definición de Vehículos, Patrones de Carga, Funciones de Espectros, Asignaciones de Cargas.

		89	6 6	(6)	•											
	J	Home	Layo	ut	Compon	ents	Loads	Bridge	An	alysis	Desig	gn/Rating	Adva	anced		
ľ	H. H	0°	¹ C		₽ <mark>×</mark>	D	L	✓	Ŀ	L.	2	K.		-۴ ۵		x
	Туре	HSn-44	-1		•	Patte	erns	Туре	UNIFRS				Туре	None		*
		V	ehicles		Fa.	Load P	atterns	Fund	tions - R	lesponse	e Spectru	um 🕞	Lo	oad Dist	ributions - Point	F _N

Figura 48. Menú "LOADS"

• El Menú "BRIDGE" contiene los Objetos de los Puentes, Cargar datos definidos al puente

	÷		_						
Home Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/I	Rating	Advanced		
	Spans Span Items	Supports Bridge Obi	Super Elevation	Prestress Tendons	Girder Rebar	Loads	Groups	Update	Auto Update

Figura 49. Menú "BRIDGE"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• El Menú "ANALYSIS" presenta todos los Casos de Carga, el Análisis del modelo y Modifica la geometría no deformada.

	19	(e) 🔒 (o)	÷								
	Home	Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/Rati	ing Advanced			
V D V L Type	DEAD	治 🕌	Schedu	D+L +E NL ule Convert s Combos	Show Tree	Bridge Response	Model Lock	DOF's Analysis Run Options Analysis	Last Run	Modify Ri Geometry Geo	eset
		Loa	d Cases - All		E.	Bridge	Lock	Analyze		Shape Findir	ng

Figura 50.Menú "ANALYSIS"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• El Menú "DESIGN/RATING" contiene las Combinaciones de Carga, Diseño de la Súper estructura, Diseño Sísmico y la Capacidad de Carga.

	₩ 9 0 6 0)	÷				-								
	Home Layout	Components	s Loads	Bridge	Analysi	Desig	n/Rating	Advanced						
D+L D	D+L D+L X X Load Combinations	D+L Add Defaults	CODE Preferences Su	Design Requests	Run Super Design	I ⊾] Optimize	Preferences	Design Requests Seismic De	Run Seismic	Report	Preferences	Rating Requests Load Rat	Run Rating	[v] Optimize

Figura 51. Menú "DESING/RATING"

• El Menú "ADVANCED" permite Editar, Definir, Dibujar, Asignar, Asignar Cargas, Analizar, Diseñar elementos y Herramientas.

	89	(a) 🔒 (a)	÷						_							
	Home	Layout	Component	s Loads	Bridge	Analysis	Design/Rating	Adv	anced							
Poin	ts Lines	Areas Edit	More	Define Define		More raw	Assign	A L Joints	A Frames Assign	Areas Toads	A∠ More	Analyze Analyze	D Steel	D Concrete Frame Design	D More	Tools Tools

Figura 52. Menú "ADVANCED"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2. Pasos generales para la modelación de un puente de hormigón armado

• Selecciono las unidades a trabajar en la parte inferior derecha de la ventana de inicio.



Figura 53. Ventana de trabajo y elección de unidades

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

1. En el icono indicado se elige las unidades de trabajo

 Ir al menú "ORB" dar clic en "New model" y elegir la plantilla más acorde del puente a modelar o dar clic en "Blank" e ingresar cada una de las características del puente a modelar, verificando siempre que se esté trabajando en las unidades requeridas.



Figura 54.Selección de la plantilla a trabajar

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Proje	ct Information List		
	Item	Data	
1	Company Name*		
2	Client Name*		
3	Project Name*		Clear Data
4	Project Number*		
5	Model Name*		Clear All
6	Model Description		
17	Revision Number*		
8	Frame Type		
9	Engineer		
10	Checker		
11	Supervisor		
12	Issue Lode		
13	Design Code		
		Add Row Insert Row Delete Row	
Item	is used on Report cover page	OK Cancel	

Figura 55.Información general del proyecto

Procedimiento de la ventana

- 1. Permite crear un nuevo modelo
- 2. Al hacer clic en esta opción toda la modelación trabajara en las unidades indicadas
- 3. Parte la modelación con un archivo ya existente
- **4.** Al elegir esta opción se abrirá una ventana en la cual se puede ingresar información general del proyecto como se muestra en la figura 55

7.6.2.1. Modelación con la plantilla en Blanco (Blank)

 Se despliega esta ventana en donde se elige el camino deseado para ingresar los datos del puente ya sea por "Bridge Wizard" o por cada uno de los menús del CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced Wigard Wizard Wi		H 2 R B ·																
Image: Wizard Wizard Image: Wizard Wizard <thimage: th="" wizard<=""> Image: Wizard Wizard <</thimage:>		Home Layout Components			Loads Bridge			Analysis Design		Rating Advanced		ed						
Wizard <u>View Snap</u> Select Display	Bridge Wizard		Q Q xy xz	€ YZ xyz	Q 🕱 (4) 63 ↑ ♣	More	14 X	- 4 4 13	ALL PS CLR	× * •	Select	Deselect	More	● 歩 翻	→ ▲	N = 23	Named Display	More
	Wizard	Wizard View Snap								1	S	elect		Display				

Figura 56. Ventana donde se encuentra el "Bridge Wizard"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

1. Esta opción permite ingresar los parámetros del puente de forma directa

• Al hacer clic en **"Bridge Wizard"** se abre la siguiente ventana en donde se puede ingresar cada uno de los datos tanto de la super-estructura como de la sub- estructura



Figura 57.Ventana del "Bridge Wizard"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Visualizar los ítems que contiene el "Bridge Wizard"
- 2. Seleccionar un parámetro del puente
- 3. Crear un parámetro del puente
- 4. Una vez seleccionado un parámetro del puente en esta opción de encuentra una descripción con sus respectivas características del ítem a definir.
- Luego de definir todos los elementos del puente cerrar el "Bridge Wizard"

Secuencia de "Bridge Wizard"

- > Definir la Alineación Horizontal y Vertical del Puente
- Definir las Propiedades Básicas de los Materiales y Secciones
- Definir las características específicas del Puente (Sección de la Losa, Diafragmas, Restricciones, Asientos, Fundaciones entre otras cosas)
- Desde los pasos 5 hasta el 7 definir los objetos del puente, esto después de haber definido la geometría en los pasos anteriores.
- Dibujar y asignar las propiedades a los objetos del puente.
- Desde los pasos 9 hasta el 13 definir los parámetros básicos del análisis (Líneas, vehículos, casos de carga y opciones de salida).

7.6.2.1.1. Utilizando los iconos que presenta el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.1. Definición de la línea base (Layout)

• Se inicia dando clic en "Layout" + "New Layuot line" donde se ingresar la línea base del puente

Home Layout Components	Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
1 10 10 12 1× 1	Bridge Layout Line Data	
Liyout Line rs	Bidge Layout Line Name Coordinate System Shift Layout Line Units BLL1 GLDBAL Tort. m. C	
1Nuevo línea	Plan View (XY Projection) Coordinates of Initial Station Image: Station in the station is station in the station in the station in the station is station in the station in the station is station in the station in the station is station in the station in the	
	X 30,4892 Initial Station (m) 0 Y T4 5241 Initial Bearing N 900000E Initial Grade in Percent 0 0 X Z End Station (m) 0	2Estación inicial
	Developed Elevation Vew Along Layout Line 4Definir la linea base horizontal Befre Hoitcontal Layout Data Define Hoitcontal Layout Data Define Hoitcontal Layout Data Define Hoitcontal Layout Data Define Vertical Layout Data Define Vertical Layout Data	4.1Elegir el tipo de línea base en horizontal
	OK _ Cancel	5.1Elegir el tipo de línea base en vertical
	5Definir la línea base vertical	

Figura 58. Ventana para definir la línea base del puente

Procedimiento de la ventana

- 1. Crear la línea base
- 2. Especificar la estación inicial de la línea base
- 3. Ingresar la longitud del puente
- 4. Configurar la línea base horizontal

4.1.Seleccionar una plantilla de la línea base horizontal

5. Configurar la línea base vertical

5.1.Elegir la plantilla acorde a la forma vertical del puente

 Si la línea base horizontal o vertical no es recta dar clic en "Define Horizontal Layout Data" o "Quick start", se despliega esta ventana en donde se puede seleccionar el tipo de línea base tanto en horizontal como en vertical.

Sele	ct a Quick Start Option	<u>49</u> 3			
æ	Straight	+	c c	Curve Right - Straight	
c	Straight - Bend Right	·	, c	Curve Left - Straight	
с	Straight - Bend Left	· · · ·	C	Straight - Curve Right - Straight	
c	Straight - Bend Right - Bend Right	· · · · ·	<u></u>	Straight - Curve Left - Straight	
c	Straight - Bend Left - Bend Left		C	Straight - Curve Right - Straight - Curve Right - Straight	\square
c	Curve Right	F	, r	Straight - Curve Left - Straight - Curve Left - Straight	\searrow
c	Curve Left		Ċ.	Straight - Curve Right - Straight - Curve Left - Straight	Ē,
c	Straight - Curve Right	·	c.	Straight - Curve Left - Straight - Curve Right - Straight	
c	Straight - Curve Left				
		-			

Figura 59.Selección de la línea base

 Una vez seleccionada la línea base dar clic en "Ok " y se activa los demás iconos



Figura 60. Ventana para modificar, copiar y eliminar la línea base

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Se activa la opción de crear una copia de la línea base
- 2. Se puede modificar la línea base creada
- 3. Permite eliminar la línea base creada
- 4. Una vez definida la línea base se activa la definición de los carriles

7.6.2.1.1.2. Definición de los carriles (Lanes)

• Seleccionamos nuevo carril "New lanes" e ingresamos cada uno de los datos señalados en la siguiente imagen tanto para cero metros como para la longitud total del puente a modelar.

i2.0 Advanced w/Rating - (Untitled) C C - Layout Components Loss	2Nombre del cami Is Bridge Analysis Design/Rating	Advanced	and the second sec	
La Co	Along Lane 13.048	Additional Lane Load Discretization Pe Discretization Length Not Greater Discretization Length Not Greater Discretization Length Not Greater	System Units Torf, m, C Information Constant Constant remeters Along Lane Than 17 4. of Span Length Than 17 10. of Lane Length	
	Lane Dala Bridge Layout Line BLL1 3Estación	Certesine Ollizet m 0 0 0 0 0 4 4,-Desfase 5,-An al centro del ca	h Move Lane. Add 6	Añadir
	Plan View (XY Projection)	Layout Line Station Bearing Radus Grade X 3765.	Objects Loaded By Lane Program Determined Gioup Lane Edge Type Left Edge Type Right Edge (Interior)	7 Condición izquierda y derecha del carril
		Y 0. Z Snap To Layout Line C Snap To Lane	Display Color DK Cancel	

Figura 61. Ventana para ingresar las dimensiones de los carriles

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Crear un nuevo carril
- 2. Escribir el nombre del carril
- **3.** Ingresar los datos del primer carril a cero y a la longitud total del puente.
- Insertar la distancia desde el eje del puente hasta el centro del carril a ingresar, este valor es positivo y negativo de acuerdo a la ubicación del carril.
- 5. Se debe ingresar el valor del ancho del carril
- 6. Luego se debe añadir todos estos datos
- 7. Condición del carril indica: que si elegimos la opción interior el vehículo circula a través de todo el ancho del carril mientras que si se elige exterior significa que el vehículo circulará a una distancia de 0.30 m del borde del carril ya sea en el lado izquierdo o derecho
- 8. Cambiar el color del carril

• Para poder visualizar los carriles ir a "Home" + "More" + "Show Lanes"



Figura 62. Ventana para ver los carriles

Fuente: CSIBRIDGE V15

Procedimiento de la ventana

- 1. Hacer clic en "More" para buscar la opción de visualizar los carriles
- 2. Seleccionar la opción de mostrar carriles
- Elegir los dos carriles y dar clic en "Show lane width" y seleccionar en "Ok"



Figura 63. Ventana para seleccionar los carriles

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Elegir los carriles que se desee observar
- 2. Luego escoger la opción mostrar el ancho de los carriles

• Se puede observar los carriles



Figura 64. Ventana del diseño de los carriles

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.3. Definición de las propiedades de los materiales

• Define en el menú "Components", las propiedades de los materiales y las dimensiones de la Super-estructura como de la Sub-estructura; se aconseja trabajar de izquierda a derecha



Figura 65. Ventana de las propiedades de los materiales
- **1.** Dar clic en **"Type"**, se abren las propiedades que se pueden seleccionar y modificar de acuerdo a los materiales que se empleen en el puente.
- 2. Al seleccionar esta opción, el programa crea automáticamente tres tipos de materiales: uno para el hormigón y dos para el acero en vigas metálicas, por ende se debe modificar las propiedades o crear un nuevo material a emplear.
- **3.** Se debe configurar las propiedades de las secciones a utilizar para la modelación, ya sea de los estribos, pilas, cimentaciones.
- 4. Establecer las propiedades de los cables.
- 5. Configurar las propiedades de los tensores
- 6. Definir las propiedades de las secciones
- 7. Definir el tamaño de las varillas a emplear en el hormigón
- Al dar clic en "Material Properties" se puede modificar las propiedades del hormigón a utilizar.



Figura 66. Propiedades de los materiales

- Seleccionar la plantilla creada automáticamente dar clic en modificar las propiedades.
- **2.** En la ventana como primer paso se procede a cambiar el nombre y el color del material.
- 3. Establecer el peso específico del hormigón.
- **4.** Escribir los valores del módulo de elasticidad, el coeficiente de poisson y el coeficiente térmico de expansión del hormigón a utilizar.
- 5. Editar el valor de la resistencia a la compresión del hormigón tomando en cuenta las unidades en las que se está trabajando.

7.6.2.1.1.4. Definición de la Super-estructura

• Dimensionar la Super-estructura para lo cual se debe dar clic en "New Section" y se escoge el tipo de puente.



Figura 67. Ventana para seleccionar el tipo de puente

- 1. Definir una nueva sección del puente
- 2. Indica que se puede escoger las plantillas de puentes de concreto con vigas cajón
- 3. Elegir otro tipo de puentes de concreto.
- 4. Seleccionar puentes de concreto con vigas metálicas
- Luego de seleccionar la plantilla del puente llenar todas las dimensiones del tablero y sus vigas

Define Bridge Section Data - Concrete Tee Beam		Y x x y r r Do Smap Section is Legal Show Section Detail.	
1. Section Uses 2. Bidgs Saction Name Bidgs Saction Name Bidgs Saction Name 3. Bidgs Material Property 3. Total Width 4. Bidgs Saction Name 5. Bidgs Material Property 1. Bidge Material Property 1. Bidge Material Property 1. Bidge Material Property 1. Bidge Material Property 1. Total Width 5. Total Width 1. Bidge Material Property 1. Bidge Material Property 1. Bidge Material Property 1. Fide Material Property 1. Hatocoral D Demation 1	Value ▲ BSEC1 BSEC1 I'o-c80 I'o I'o-c80 I'o 10.59 1.525 No 0.305 0.46 0.46 0.46 0.46 0.46 0.46 0.15 ▼	Under Uoput Modity/Show Grider Force Dutput Locations Modity/Show Properties Units Materials Frame Sects Units Tord, m, C	10Ver detalles de la sección

Figura 68. Dimensionamiento del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Nombre de la sección del puente
- 2. Propiedades del material de la losa
- 3. Propiedad del material de las vigas
- 4. Número de vigas interiores
- 5. Ancho total
- 6. Profundidad
- 7. Espesor de la losa

- 8. Dimensión horizontal del filete
- 9. Dimensión vertical del filete
- 10. Esta opción permite observar los detalles de la dimensiones ingresadas

A992Fy50 Properties - Materials rs	Hefne Bridge Section Data - Concrete Tee Beam		Y Y X X Section is Legal Show Section Detail	
	Section Data		Girder Output	4 -Ver detailes
	Item	Value 🔺	Modify/Show Girder Force Output Locations	
	f2 Horizontal Dimension	0.46		de la sección
	f3 Horizontal Dimension	0.46	- Modifu/Show Properties	
1Dimensión	f4 Horizontal Dimension	0.46		
vertical del filete	Fillet Vertical Dimension Data		Materials Frame Sects Tonf, m, C 💌	
vertical der mete	f1 Vertical Dimension	0.15		
	f2 Vertical Dimension	0.15		
	f3 Vertical Dimension	0.15		
	14 Vertical Dimension	0.15		
2Datos viga	Exterior Girder Data			
Exterior	Exterior Girder Depth Above Flare (L3)	0.71		
Enterior	Exterior Girder Flare Depth (L4)	0.305		
	Exterior Girder Thickness Above Flare (t3)	0.305		
	Exterior Girder Thickness Below Flare (t10)	0.46		
	Interior Girder Data			
3Datos viga	Interior Girder Depth Above Flare (L5)	0.71		
interior	Interior Girder Flare Depth (L6)	0.305		
	Interior Girder Thickness Above Flare (14)	0.305		
	Interior Girder Thickness Below Flare (t11)	0.46	OK Cancel	
	,			

Figura 69. Dimensionamiento de las vigas



			2
A992Fy50 Properties - Materials	fine Bridge Section Data - Concrete Tee Beam		
	. t3t4t4t3		
Lane	LI LI LI Equal LI Equal LI Equal LI Equal		
		Section is Legal Show Section Details	•
	Section Data	Girder Output	5 -Ver detailes
	ltem Value		de la constitu
	Interior Girder Danth Above Flare (15) 0.71	Modily/Show Girder Force Uutput Locations	de la sección
1 -Datos del	Interior Girder Flare Depth (L6) 0.305	Madia Chau Danastan Usha	
volado izquierdo	Interior Girder Thickness Above Flare (t4) 0.305	Modity/Show Propercies Onics	
volado izquierdo	Interior Girder Thickness Below Flare (t11) 0.46	Materials Frame Sects Tonf, m, C 💌	
	Left Overhang Data		
	Left Overhang Length (L1) 0.915		
2 Detec del sectodo	Left Overhang Outer Thickness (t5) 0.205		
2Datos del volado	Right Overhang Data		
derecho	Right Overhang Length (L2) 0.915		
	Right Overhang Outer Thickness (16) 0.205		
	Live Load Curb Locations		
3 - Locatización del	Distance To Inside Edge of Left Live Load Curb 0.		
based a la terrere	Distance To Inside Edge of Right Live Load Curb 0.		
borde de la carga	Distance To Centerline of Median Live Load Curb 0.		
	Width of Median Live Load Curb 0.		
	Insertion Point Location		
4Introducir	Offset X From Reference Point To Insertion Point 0.		
muntos localizados	Ultset Y From Heterence Point To Insertion Point 0.	OK Cancel	
puntos rocarizados			

Figura 70. Dimensionamiento de los volados

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Al hacer clic en **"Show section details"** se observa todas las características del puente las cuales pueden ser modificadas



Figura 71. Detalles del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Continuar con la definición de los diafragmas hacer clic en "Items"+"Diaphragms" + "New diaphragms"



Figura 72. Ventana para definir los diafragmas

- 1. Hacer clic en "Items" elegir la opción a definir
- **2.** Seleccionar la opción diafragmas en la cual se crea la opción para definir los mismos.
- 3. Dar clic en nuevo diafragma que permita ingresar sus características
- Establecer las características del diafragma es decir su espesor y el tipo de material.



Figura 73. Características de los diafragmas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Si el puente posee una variación de forma longitudinal dar clic en "Parametric Variations" + "New Parametric Variations" de forma ordenada como se indica en la figura 74.



Figura 74. Ventana para definir la variación paramétrica

• La variación paramétrica parte del centro, es decir definir en la izquierda y derecha del puente.



Figura 75. Dimensionamiento de la variación paramétrica izquierda

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Se inicia con dar clic la nueva variación paramétrica
- 2. Ir a la definición de la variación paramétrica
- **3.** Insertar el valor de la distancia horizontal en la cual cambia la forma del puente.
- **4.** Ingresar el valor de la distancia de cambio del margen izquierdo tomando en cuenta que parte desde el centro.
- **5.** Valor de la inclinación de acuerdo a la forma que se desee tenga el puente.
- **6.** Elegir a opciones de insertar arriba abajo, modificar y eliminar la variación.

• La variación parametrica derecha se la define siguiendo el mismo procedimiendo descrito en la figura 76.



Figura 76. Dimensionamiento de la variación paramétrica derecha

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.5. Definición de la Sub-estructura

Definir los apoyos fijo o móvil dar clic en "Items" seleccionar la opción "Bearings" + "New bearings", en el orden indicado en la figura 77.



Figura 77. Crear los apoyos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Configuración del Apoyo fijo, se define fijo a todos los parámetros indicados en la figura 78, ya que restringe todas las traslaciones y rotaciones posibles.



Figura 78. Configuración del apoyo Fijo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Configuración del apoyo móvil, en la cual se libera la traslación en **"X"** y todas las rotaciones.



Figura 79. Definición del apoyo móvil



 Para crear un tipo de resortes de fundación o cimentación elegir la opción "Foundation Springs"+ "New foundation springs" y definir como empotrada la cimentación, es decir restringido todas las traslaciones y rotaciones.



Figura 80. Definición de la cimentación

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Definición de los Estribos dar clic en "Abunments" + "New Abunments" y se elige si la estructura se asienta sobre una cimentación o una vigueta para activar la última opción se debe añadir una sección.

A 9 9 B -	
Home Layout Components Loads Bridge Analysis	Design/Rating Advanced
L: I I <th>Lem None 2Nuevo estribo</th>	Lem None 2Nuevo estribo
Properties - Materials r, Superstructure - Deck Sections r,	Bearings hts. fg M Restrainers
	## Foundation Springs # Abutments III Bents

Figura 81. Elegir los estribos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN



Figura 82. Definición de las características de los estribos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Hacer clic en nuevo estribo
- 2. En la ventana que se abre ubicar el nombre del estribo
- 3. Elegir la condición de soporte de la viga

- **3.1.** Esta opción indica que el estribo se encuentra integrado a la viga
- **3.2.** En la siguiente opción se refiere a la presencia de una conexión al fondo de la viga
- **4.** Se debe seleccionar el tipo de sub-estructura con la cual se requiere modelar el puente, con resortes de fundación o con la opción siguiente.
- 5. Para que se active la opción de que la viga se asienta sobre un soporte continuo primero se debe añadir una sección con sus respectivas dimensiones
- **6.** Luego de creada la sección **5** se activa automáticamente la opción que la viga se asiente sobre un soporte continuo o vigueta.
- 7. Permite definir las propiedades de la cimentación del estribo
- Para añadir una sección hacer clic en el icono "+"ubicado en la opción 5 de la figura 83, y se abrirá la siguiente ventana en la cual se escoge añadir nueva propiedad.

Properties Find this property:	Click to: Import New Property Add New Property Add Copy of Property Modify/Show Property Delete Property	1 Añadir nueva propiedad
OK	Cancel	

Figura 83. Añadir una nueva sección

• Elegir el tipo de material a emplear y escoger la forma de la sección que tiene la vigueta

2 Pactanc	ne Section Property		ure - Adduttients	1y
2Rectang	sular H Property Type Exame Section Property Type Ciscular Add a Concrete Section Rectangular Ciscular	Pipe Tu		1Seleccionar el tipo de material Impot New Propety Add New Propety Add Copy of Propety Modify/Show Propety Delete Propety
	Precast I Precast U	Cancel		Cancel

Figura 84. Selección del material

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Al hacer clic en la sección se abre la ventana que se encuentra a continuación en la cual se introduce las dimensiones del elemento.



Figura 85. Dimensiones de la sección

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Colocar el nombre de la sección rectangular escogida
- 2. Indicar las propiedades del material que va hacer usado en la sección
- 3. Ingresar el valor de la profundidad de la sección
- 4. Introducir la dimensión del ancho. de la sección
- 5. Hacer clic en refuerzo de concreto para elegir si es una viga o una columna
- Al elegir la opción tipo columna se debe configurar los siguientes parámetros



Figura 86. Características de una columna

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Al seleccionar la opción viga se debe configurar los siguientes parámetros que se muestran a continuación



Figura 87. Características de una viga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Una vez introducidos los datos de la sección se activa la opción "Continuous Beam (Continuously Supported)" y se actualizan los datos con la sección definida.



Figura 88. Configuración de los elementos del estribo

- Una vez activada la opción de soporte mediante una viga continua automáticamente aparecerá el nombre de la sección anteriormente definida
- 2. Se debe ingresar la longitud de la vigueta continua; es decir el ancho del estribo
- Para la definición de los pilares dar clic en "Bents" + "New bents"

Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating Advanced
() Lane	Restrainers
1	- Pilas Foundation Springs Abutments
Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating dvar 2 Nuevapila
V V V V V V V V V V V V V V	Image: Substructure - Variations Image: Substructure - Bents 7Condiciones de soporte en las vigas
3-D View	
3 Nombre de la pila	ge Bent Data Bidge Bent Name Units Gitter Support Condition Ford. m. C Correct to Gides Bottom Driv Cor
4Largo de la vigueta	al fondo de la viga
5Numero de columnas	Cup Beam Section
6Añadiruna sección	Modily/Show Column Data Bent Type
	8Modificar datos de las columnas

Figura 89. Definición de los pilares

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

1. Ir al menú ítems de la sub-estructura y elegir pilas

- 2. Crear una nueva pila y aparecerá la ventana de la figura 89
- 3. Primero se inicia modificando en nombre de la pila
- 4. Insertar la longitud de la vigueta
- 5. Colocar el número de columnas que posee la pila
- **6.** Añadir una sección para la vigueta de la pila siguiendo el mismo proceso de las figuras 83-84-85-86-87.
- 7. Elegir las condiciones de soporte en las vigas
 - 7.1. Trabajar de forma integral la viga con la pila
 - 7.2. Encontrarse conectada la pila solo al fondo de la viga
- 8. Modificar los datos de las columnas
- Para modificar los datos de las columnas hacer clic sobre tal opción y aparecerá la ventana que se muestra en la figura 90.



Figura 90. Modificar las pilas

```
Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN
```

- 1. Se elige la columna a modificar
- 2. Ubicar la sección creada para las columnas
- **3.** Ingresar la distancia a la que se encuentra cada una de las columnas en todo el ancho del puente.
- 4. Insertar la altura de las columnas que conforman la pila
- 5. Ingresar el valor del ángulo de la columna seleccionada
- **6.** Definir la condición en la que se encuentra el soporte de la base ya sea fijo o libre
- 7. Ubicar las condiciones en la que se encuentra cada una de las reacciones

7.6.2.1.1.6. Definir el patrón de cargas

• Ir al menú "Loads" elegir el icono de "Load Patterns" y añadir las cargas a emplear en el puente.



Figura 91. Crear los patrones de carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Hacer clic en añadir un nuevo patrón de carga
- 2. Colocar el nombre del patrón de carga

- Elegir el tipo de carga que va a ser aplicada, por ejemplo la carga muerta (DEAD), viva peatonal (PEDESTRIAN LL), carpeta asfáltica (WEARING SURFACE), etc.
- 4. Permite definir si la carga es multiplicada por sí mismo, con un valor de
 1 y 0 para las cargas que no se aplique el peso propio
- 5. Este patrón de carga se emplea cuando se aplica cargas laterales o de sismo.
- 6. Permite añadir un nuevo patrón de carga
- 7. Concede modificar los patrones de carga creados

7.6.2.1.1.7. Definir el vehículo de diseño

 Para definir un vehículo de diseño dar clic en "Type" + "Vehicles" + "New Vehicle" y aparecerán las siguientes ventanas en las cuales se elige el vehículo tipo que transitará por el puente.



Figura 92. Selección del vehículo de diseño

- **1.** Ir al menú tipo
- 2. Hacer clic en la opción vehículos
- 3. Se activa la opción de nuevo vehículo
- 4. Elegir el tipo de vehículo que circulará sobre el puente
- **5.** Se crea automáticamente el factor de escala el cual también se le puede modificar
- 6. También permite ingresar el valor de la carga dinámica
- 7. Esta opción permite observar las características del vehículo tipo
- **8.** Permite modificar, añadir, insertar y eliminar las características del vehículo elegido
- Al selecciona la opción de convertir al vehículo en general se abre la siguiente ventana en la cual se puede visualizar y modificar las características del vehículo tipo.



Figura 93. Selección del vehículo de diseño

• Luego vamos a crear la clase de vehículos y seleccionamos los vehículos anteriormente ingresados dando clic en "Vehicle Classes".



Figura 94. Crear la clase de vehículos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Ir al menú tipo y elegir la opción de clase de vehículo
- 2. Hacer clic en nueva de clase de vehículo
- **3.** Es crear una clase de vehículos que abarca a todos aquellos que circularan a través del puente y que han sido definidos anteriormente.

7.6.2.1.1.8. Definición de las cargas aplicadas sobre el puente

• Hacer clic en "Type" seleccionar la carga que será aplicada sobre el puente



Figura 95. Seleccionar las cargas del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ejemplo definición de una carga lineal seleccionar "Line Load" en la figura 59 y elegir "New Line Load", en donde se abre la siguiente ventana que permite configurar los parámetros de la carga lineal



Figura 96. Configuración de la carga lineal

- **1.** Dar clic en la nueva carga lineal
- 2. Escribir el nombre con el que se identifica la carga lineal
- 3. Ingresar el valor de la carga de acuerdo a las unidades que se emplean
- 4. Elegir la localización transversal de la carga
 - **4.1.** Identificar el sitio de referencia de la carga ya sea el margen derecho o izquierdo del puente
 - 4.2. Ingresar la distancia de la carga desde el sitio de referencia.
- Definición de una carga distribuida que genere esfuerzos sobre el puente; dar clic en "Area Load" + "New Area Load" y se llena los valores en la ventana que aparece a continuación.



Figura 97. Configuración de la carga en área

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Hacer clic en nueva carga en área
- 2. Colocar le nombre de la carga

- 3. Ingresar el valor de la carga en el borde izquierdo
- 4. Ingresar el valor de la carga en el margen derecho
- 5. Ingresar el valor de la distancia izquierda que tiene la carga en área
- 6. Ingresar el valor de la distancia a la que se encuentra ubicada la carga en aérea a la derecha

7.6.2.1.1.9. Definición del Objeto Puente

• Definir todos los parámetros del puente en el icono "New Bridge Object" donde se puede configurar las propiedades de los elementos, soportes, refuerzo de las vigas, entre otros.

Home Layout Components	Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
************************************	Bridge Object Data	Coordinate Susteen
1Nuevo	BOBJ1	GLOBAL Tord, m. C TEspacios
Une Objeto puente	Define Bridge Object Reference Line	Modfy/Show Assignments
	Span Station Span Label m Type	User Discretization Points Estribos
	Start Abutment 0. Start Abutment	Bents Bents Diaman Diaman
	Start Abutment 0. Start Abutment Span To End Abutment 40. Full Span to End Abutment	Add In Span Prices Diaphragms
	Elevación del pue	ente Bioge Construction Group Prestess Tendons Grote Heber Port Load Assigns
	Cables pre-esforza	dos
	Note: 1. Bridge object location is based on bridge section insertion point following specified	layout line. Modify/Show
	Bridge Object Plan View (X-Y Projection)	Refuerzo en vigas
	Noth	
	Show Erilaged Sketch	Cancel

Figura 98. Ventana inicial del objeto puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 a. Hacer clic en "Span" permite definir si hay un cambio de sección entre dos o más tramos o una variación paramétrica

	Layout	Line Name	Coordinate System	Units
BOBJ4	BLL1	-	GLOBAL	▼ Kip, ft, F
Define Bridge Object Refe	ence Line			Modify/Show Assignments
Span	Station	Span		Spans
Label	R	Туре		User Discretization Points
Start Abutment	0. Start Al	butment		Bents
Start Abutment	0. Start A	butment	Add	In-Span Hinges (Expansion Jt
Span To End Abutmer	tridge Object Span Assign	ments		Superelevation
	noge object span Assign	inents		Prestress Tendons
	·			Staged Construction Groups
	Prides Object	ROB14		Point Load Assigns
	Bridge Ubject M	ame publa	Saccionas	Line Load Assigns
	- Span Definition		Secciones	
Note: 1 Bridge object				Modify/Show
	To End Abu	Section Sect	ion Varies	
Bridge Object Plan View	TOEndAbu	BSEUI	NO	
Noth				
North				
North				
North	1 - 16 - 10 -	6		
North	Modify/Show	Section Variation Along Selec	ted Span	
North	Modify/Show	Section Variation Along Selec	ted Span	
North	Modify/Show	Section Variation Along Selec	ted Span	

Figura 99. Definición de los tramos del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

b. Dar clic en "Abunments" define las propiedades de los estribos del inicio y del final

None Vore Iter	Bridge Object Abutment Assignments
1Inicio del estribo	Bridge Object Name 7Fin del estribo Stat Abutment 5Propiedades del apoyo
2Propiedades del diafragna 3Propiedades del estribo 4Elevación de la sub estructura	Start Abutment Superstructure Assignment Abutment Direction (Bearing Angle) Disptragm Propety Substructure Assignment Substructure Assignment Substructure Assignment Substructure Assignment Substructure Assignment Substructure Assignment None Substructure Assignment None Substructure Assignment Substructure Assignment None Substructure Assignment None Bearing Propety Bearing Propety <td< td=""></td<>
	OK Cancel

Figura 100. Definir las características de los estribos

- **1.** Ir al estribo del inicio del puente
- 2. Definir si en el estribo del inicio se encuentra un diafragma
- 3. Elegir la sección que se a creado del estribo
- 4. Ingresar la altura descendente desde la línea base hasta la ubicación del estribo por lo general se adopta la altura total de la viga más el espesor de la losa y más cinco centímetros adicionales por el apoyo.
- 5. Determinar las propiedades del apoyo
- 6. Elevación descendente desde la línea base hasta la ubicación del apoyo
- En esta opción se configura el estribo ubicado al fin del puente con los mismos cambios anteriormente descritos
- c. Dar clic en "Bents" define las propiedades y secciones de la pila

None Spars Spars	Bridge Object Bank Assignments Bridge Object Name Bridge Object Name Bridge Object Name BoBuil Specify Bert Considered Berting Property Field Tord, m, C Berting Property Field Berting
2Posición de la pila	Bent Is At The Station Jour 6Elevación Superstructure Assignment Girder 89-Girder Bearing Overwrites 6Elevación Superstructure Continuity Condition Continuous Modity/Show Overwrites No Overwrites
3Propiedades del diafragma 4propiedades de la pila	Meth Superstructure to Match Bent Bearing TYes
	Bent Direction (Bearing Angle) Default Bent Location

Figura 101. Definir las características de la pila

- Ingresar la ubicación de la pila esta puede ser después del tramo uno o dos, etc.
- 2. Indicar la posición a la que se encuentra la pila
- 3. Determinar si se encuentra un diafragma en el recto de la pila
- 4. Elegir la sección creada para la pila con sus respectivas propiedades
- 5. Definir las propiedades del apoyo
- **6.** Indicar la ubicación descendente a la que se encuentra el apoyo de la pila desde la línea base del puente.
- d. Dar clic en "In Span Cross-Diphragm" definir la separación de los diafragmas y hacer clic en "Add" o añadir tomado en cuenta que deben ser colocados a una distancia con respecto al inicio de cada tramo estos pueden ser de hormigón o metálicos.

Bridg	e Object Name	BOBJ1				nits Tonf, m, C 🗨
n-Span Cross-Diaphragm De	finition					
Span	Diaphragm Property +	Distance	Bearing	Location		
Span1 💌	DIAFRAGMA 0.25	5.	Default	All Spaces	•	
Span1	DIAFRAGMA 0.25	5.	Default	All Spaces	-	Add
Span1	DIAFRAGMA 0.25	10.	Default	All Spaces		
Span1	DIAFRAGMA 0.25	15.	Default	All Spaces		Modifu
Span To End Abutment	DIAFRAGMA 0.25	5.	Default	All Spaces		modify
Span To End Abutment	DIAFRAGMA 0.25	10.	Default	All Spaces		
Span To End Abutment	DIAFRAGMA 0.25	15.	Default	All Spaces		Delete

Figura 102. Espaciamiento de los diafragmas

e. Dar clic en **"Superelevation"** para ingresar la elevación constante en porcentaje del Puente con respecto a su eje transversal

Bridge Object Name BOBJ8		Jnits Kip, ft, F		Spans User Discretization Points Abutments Bents
Constant User Definition	0.	Percent	Add Modify Peleto	In-Span Hinges (Expans In-Span Cross Diaphrag Superelevation Prestress Tendons Girder Rebar
User Defined Superelevation Station Station Station	on Data SuperElevation Percent	Add Modify Delete	Elev en Pe	ación constante orcentaje

Figura 103. Elevación del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

f. Dar clic en "Girder Rebar" permite definir el refuerzo longitudinal y transversal por cada viga.

Home Layout Components	Bridge Girders Reinforcement Layout
BOBJI	Select Bridge Object Solor7 Select Bridge Girder Copy to Interior Girder 1 Kp. R. F
Joint Restraints	Congludnal Reinforcement Transverse Reinforcement CRefuerzolongitudinal
1Refuerzolongitudinal	Material A615Gr60 Bar Size N. of Bars Reference Line Dist. Left Dist. Right Dist. Vertical From
	- •
	Add Modify Delete
	Gitder Reinforcement Layout Plot
	220.
	Span To End Abutment
	OKCancel

Figura 104. Configuración del refuerzo longitudinal y transversal

7.6.2.1.1.10. Actualizar el modelo estructural

Una vez definido los parámetros del puente seleccionar la siguiente opción "Update" y seleccionar "Update as Area Object Model".

Home Layout Components	Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced
1 Lane	Update Bridge Structural Model Select a Bridge Object and Action Bridge Dbject Action Update Linked Model C Update as Spire Model Using Frame Objects BOBJ1 Update Linked Model C Update as Area Object Model Preferred Maximum Submesh Size A. C Update as Solid Object Model Preferred Maximum Submesh Size Maximum Submesh Size Maximum Submesh Size Maximum Submesh Size
	OK Cancel

Figura 105. Definir las opciones del modelo estructural

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.11. Designación de la variación paramétrica

• Si anteriormente se estableció una variación parametrica es necesario designarlas en cada uno de los espacios del puente, para ello dar clic en el icono "Spans" y dar doble clic en "Section Varies".



Figura 106. Configuración en los tramos del puente

 En la ventana que se muestra a continuación seleccionar la opción "Total Depth" y elegir las variaciones creadas de acuerdo a los tramos del puente.



Figura 107. Definición de la variación parametrica en toda la profundidad

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.12. Visualizar las características del puente

Para poder visualizar las características del puente ir al menú "Home" +
 "View" y seleccionar la opción "Extrude View"+ "Apply all Windows"
 + "Ok", según el orden mostrado en la figura 108.



Figura 108. Ver las secciones definidas en el puente

7.6.2.1.1.13. Asignación carga móvil

• Asignar una carga vehicular al puente, ir al menú "Analysis" dar clic en la opción "Type" y elegir la carga "Moving Load"



Figura 109. Ubicación de la carga móvil

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la siguiente vetana configurar la carga de los vehiculos tipo de acuerdo al orden indicado.



Figura 110. Asignación de la carga móvil

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. Dar clic en nuevo caso de carga
- 2. Darle un nombre al caso de carga
- 3. Elegir la clase de vehículo creado
- 4. Añadir la clase de vehículo
- Ingresar el factor de reducción de acuerdo con el número de carriles que se encuentra especificado en la tabla 4 Factores por presencia múltiple de sobrecargas.
- **6.** Seleccionar todos los carriles definidos ya que sobre ellos se aplicaran los vehículos tipo creados anteriormente.

7.6.2.1.1.14. Definición de las combinaciones de carga

• Definir las combinaciones de carga, dar clic en "Desing/Rating" y hacer clic en el icono señalado para añadir un combo + "Add New Combo", añadir los casos de carga con sus respectivos factores.



Figura 111. Asignación de las combinaciones de carga

- 1. Hacer clic en nueva combinación de carga
- 2. Añadir un nuevo combo de diseño
- 3. Elegir todos los casos de carga que intervienen en el combo de carga
- 4. Indicar el tipo de caso de carga
- **5.** Colocar el factor de escala por cada caso de carga a emplear en la combinación, una vez creados todos los parámetros añadir al combo
- Crear automáticamente los combos de carga dar clic en "Add Defaults" y aparecerá la siguiente ventana donde se debe seleccionar "Bridge Desing", se pueden observar los combos establecidos por el programa los cuales pueden ser modificados copiados y borrados.



Figura 112. Crear combos automáticamente

7.6.2.1.1.15. Llenar los objetos del puente

 Para llenar los objetos ir al menú "Home", dar clic en "Display Options" y elegir la opción "Fill Objects".

Home Layout Components Reg Q Q Q Q Q Q Bridge Wizard Wizard	Loads Bridge Analy 14 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	sis Design/Rating Advance	ed A R Anne A R Anne A R Anne Display	je re
1 Lane	Directory Orations For Action V	Vinder		
	Joints Labels Restraints Springs Local Axes Invisible Not in View	Frames/Cables/Tendons Frames/Cables/Tendons Sections Falebases Found Aves Frames Not in View Foundation Notin View	General Shink Objects Extrude View Fill Objects Show Edges Show Ref. Lines Show Bounding Boxes	View by Colors of C Dejects C Sections Llenar objectos C Selected Groups Select Groups
	Areas Labels Sections Local Axes Not in View	Solds Labels Sections Local Axees Not in View	Links Labels Properties Local Axes Not in View	Miscellaneous F Show Analysis Model (If Available) Show Jaints Only For Objects In View
			DK Cancel	C Apply to All Windows

Figura 113. Ventana para llenar los objetos del puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.16. Observar las cargas que se aplican sobre el puente

• Visualizar las cargas que se aplican sobre el puente, ir al menú "Bridge" dar clic en "Loads" y elegir los tipos de carga designadas anteriormente, estas deben ser aplicadas en toda la longitud del puente.



Figura 114. Seleccionar la carga asignada

• Escogemos las cargas antes definidas como ejemplo elegir la carga lineal y añadir al puente.



Figura 115. Selección de las cargas lineales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 1. En la siguiente ventana se debe elegir el patrón de carga definido anteriormente
- 2. Elegir la distribución de la carga
- 3. Ingresar el valor donde inicia la carga
- 4. Insertar el valor donde finaliza la carga
- 5. Indicar si existe una variación transversal
- **6.** Añadir cada una de las cargas mediante las opciones de añadir nuevo, una nueva copia o eliminar y existe un error.
- Luego ir al menú "Home" + "Display" escoger la opción "Show Bridge Loads", elegir el patrón de carga que se desea visualizar dar "Ok".



Figura 116. Ventana para elegir la carga a observar

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego de haber elegido el patrón de carga al hacer clic en "ok" se abre esta ventana en la cual se puede visualizar en donde aplicara la carga en el puente



Figura 117. Visualización de la carga seleccionada
7.6.2.1.1.17. Vista en 3D

 Para tener una vista en 3D ir al menú "Home", seleccionar el icono "More" y elegir la vista en 3D



Figura 118. Vista en 3D

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.18. Análisis del puente

 Realizar el análisis del puente; ir al menú "Analysis" dar clic en "Run Analysis" + "Run Now", para analizar el modelo con todas las cargas que debe soportar el puente.

Bridge Analysis De *L The Bridge I nvert Show Bridge I Bridge I Bridge I Bridge I Bridge I	esign/Rating Advanced	sis	Modify R Geometry Geo Shape Findir	eset metry 19	
Set Load Cases to Run Case Name Type DEAD Linear DV Linear DW1 Linear PL BARANDA Linear VEREDA Linear LL Moving	Static N Static N Static N Static N Static N Static N Static N gLoad N	Status ol Run ol Run ol Run ol Run ol Run ol Run ol Run ol Run	Action Run Run Run Run Run Run Run	Click to: Run/Do Not Run Case Show Case Delete Results for Case Run/Do Not Run All Delete All Results Show Load Case Tree	2Correr ahora
Analysis Monitor Options C Always Show C Never Show Show After 4 sec	conds			Model-Alive Run Now OK Cancel	

Figura 119.Correr el programa



7.6.2.1.1.19. Deformada del puente, control de deflexión y cálculo del acero de refuerzo.

• Luego de completarse el análisis aparecerá la deformada del puente: dar clic en **"Start Animation"** se observa una animación del comportamiento del tablero frente a las solicitaciones de carga.



Figura 120. Ver deformada de la estructura

Procedimiento de la ventana

- 1. Si se desea ver la animación se debe hacer clic en iniciar animación
- Seleccionar un punto donde se desee ver la deflexión y dar clic derecho para ver más detallado todos los datos.
- **3.** La deflexión longitudinal se la observa en la opción 3 indicada en la figura 120 la cual permite comparar con los parámetros máximos y mínimos de deflexión establecidos por la AASHTO LRFD
- Para observar la deformación de cada una de las cargas ir al menú "Home" dar clic en el icono "Show Deformed Shape"



Figura 121. Deformada por carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

1. Dar clic en ver la forma de la deformada

- **2.** Elegir el nombre del combo creado y aparecerá la deformada con respecto al combo seleccionado.
- **3.** Seleccionar esta opción si se desea dibujar el contorno con respecto al eje Z como se muestra en la figura 122 y elegir la opción eje vertical



Figura 122. Deformada con respecto al eje Z



7.6.2.1.1.20. Influencia de las cargas vivas

• Ver la influencia de las cargas vivas en el puente ir al menú "Home" dar clic en icono "Show Influence Line/Surface" configurar la ventana de acuerdo a los valores que se requiera y hacer clic en "Ok".

Home Layout Comp	Show Influence Line/Surface	Juntas
Bridge Wizard Wizard Wizard	Select One Or More Lanes LANE1 LANE2 Select All Lanes	Plot in Joint
1Dibujar sobre el ancho del carril con estructura de alambre	Clear All Lanes	Plot Influence Line/Surface For This Object
	Noving Load Load Case Load Case ML Plot Parameters	Frame Label 11 Relative Distance Along Frame Object Relative Distance 0.5
	Plot Along Lane Denter (ine Show 1 able Plot Over Lane Width As Wire France Show Wire France Dente Show Wire France Dente Show Wire France Dente	Set Relative Distance to Fall on Lane Load Point
2 Dibuiar el contemo	Flot Over Lane Width As Contour Show Wire Frame on Contours Show Wire Frame Deck Show Wire Frame Jesticiale	Cortantes
sobre el ancho del carril	Contour Range and Transparency Min 0. Max 0.	C Torsión C Moment 2:2 Moment 3:3
	Scaling C Auto C Scale Factor	Momentos
	ОК	Cancel

Figura 123. Influencia de las cargas vivas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Una vez configurada la ventana se puede observar los valores de influencia de las cargas vivas en los carriles.



Figura 124. Ver la influencia de cargas en el puente

• Para determinar el Acero de refuerzo seguir los pasos que se describen en la figura 125

	the second se	of sole
A HORD A		1Ver las los resultados de las
Home Layout Components Loads Bridge ●	Analysis Design/Rating Advanced	de concreto
Vizard View Snap	Case/Combo Component Type	
3-D View	Case/Combo Name StdGroup1 C Resultant For C Shell Stress C	sees se 2Diseño de concreto
	Multivalued Options Output Type C Envelope Max C Envelope Min C Step T T	C Maximum C Minimum e C Absolute Maximum
	Contour Range Component Min. 0. Max. 0.	C NDes1 C Fc 3Acero de refuerzo
	Miselaneou Optons Show Continuous Centeurs (Enhanced Graphics)	

Figura 125.Configurar la ventana para el diseño del acero de refuerzo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego de configurar la ventana acercar el cursor a las vigas que se desee conocer el Acero de Refuerzo como se muestra a continuación.



Figura 126. Ver el acero de refuerzo

7.6.2.1.1.21. Momentos, cortantes y axiales

 Visualizar los momentos dar clic "Show Bridge Superstructure Forces/Stresses" se abrirá la ventana que aparece en la figura 127 la cual debe ser configurada de acuerdo a los valores que se requiera.

1. Momentos



Figura 127. Diagrama de Momentos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Hacer clic en ver las fuerzas de la superestructura del puente
- **2.** Seleccionar la opción de ver los resultados y elegir el elemento estructural del que se desee ver los resultados
- **2.1.** Elegir el literal de fuerzas y se podrá ver los resultados de fuerzas en la pantalla inferior la cual proporciona valores máximos y mínimos
- **2.2.** De la misma forma al elegir los esfuerzos sus valores se graficarán en la parte inferior de la ventana
- **3.** También permite indicar el combo de caga que se desee aplicar al puente y obtener los valores tanto de fuerzas como de esfuerzos

2. Cortantes

Se los puede observar al hacer clic en la opción que se muestra en la figura 139 donde permite elegir la grafica de momentos **"moment"**, cortantes **"shear"**, axiales **"axial"** y torsión **"torsión"**.



Figura 128. Diagrama de cortante

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.22. Diseño y Evaluación del puente

• Elegir las combinaciones de carga con las cuales se trabajara dentro del diseño y evaluación

1Añadir combinaciones Code-Geerrated Lad Combinations for Bindge Design - User Defined: AdSHTO LRFD 2007 1Añadir combinaciones Superstructure of Superstructure of Superstructure of Superstructure of Select Link States Select Link States Code-Geerrated Lad Combinations are to be Gererated Superstructure of Select Link States Steergh III IF Steergh IV IF Steergh IV Steergh IV IF Steergh IV Steergh III IF Steergh IV IF Steergh IV Steer Steergh IV Steergh IV Steergh IV Steer Steergh IV Steer Steergh IV Steergh IV Steergh IV Steergh IV Steergh IV Steergh IV S
OK Cancel

Figura 129. Combinaciones de carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- Hacer clic en "Añadir combinaciones" y elegir la opción "Diseño del Puente"
- Seleccionar la opción "Datos de las combinaciones de carga" en la cual se puede elegir las combinaciones de carga a emplear en el diseño de puentes.
- **3.** Elegir cualquiera de las 5 combinaciones de resistencia, su descripción se encuentra especificada en la norma AASHTO LRFD
- **4.** Se puede también elegir una combinación de servicio la cual este más acorde al diseño
- Seleccionar las combinaciones de carga del evento extremo si el diseño se lo realiza a sismo
- **6.** Elegir la combinación de cargas por fatiga por lo general se lo aplica a los puentes con vigas metálicas.

• Elegir el código con el que se está trabajando en el programa de acuerdo a lo especificado en la figura 130.

) (* 🔓 (*) =		
Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
D+L D+L D+L Add Defaults	Ran Optimize Ran Optimize Ran Preferences Design Run Report Preferences Report Preferences Report Run Run	Requests Rating
	Bridge Design Preferences	
1Preferencias del código	Item Value Design Code AASHT0 LRFD 2007 2 Plastic-Hinge Type for Sestinic Design Auto: AASHT0/Caltians Hinge	- Item Description
2 Código de diseño	-	
1		
		Explanation of Color Coding for Values Blue: All selected items are program determined
	Set To Prog Determined (Default) Values All Items Selected Items All Items Selected Items	Black: Some selected items are user defined Red: Value that has changed during the current session
	OK Cancel	
	<u></u>	l

Figura 130. Código de diseño

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Realizar una solicitud de diseño al puente; en donde se evalúa la demanda/capacidad del mismo

Flexión



Figura 131. Solicitud de diseño a flexión

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Dar clic en solicitud de diseño demanda/capacidad
- 2. Elegir añadir una solicitud de diseño
- 3. Indicar el nombre de la solicitud
- 4. Luego seleccionar el chequeo a flexión de las vigas
- 5. Seleccionar el tramo del puente a evaluar en este caso es desde el inicio
- 6. Decir donde finaliza el diseño y evaluación del puente
- Escoger la envolvente de las combinaciones de carga que se desee enviar a evaluar
- 8. Por último indicar la distribución de la carga viva, esto se lo realiza seleccionando el método a emplear en este caso es utilizando los factores del código de diseño dentro del cual se ingresa: el ancho del vehículo, el ancho del carril, la separación entre los vehículos.

Corte

• El proceso de la solicitud de diseño es igual a la anterior a diferencia del paso 4 en la cual se elige la opción del chequeo por corte.

Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rati	Bridge Design Request - Superstructure - AASHTO LRFD 2007
Det Det <thde< th=""> <thde< th=""> <thde< th=""></thde<></thde<></thde<>	Name Notes S Nombre CORTE Modily/Show
Bridge Design Requests - AASHTO LRFD 2007	Bidge Object BOBJT - 4Chequeo a corte
Bridge Design Requests - AASHTO LIKED 2007 Requests Find this request 2 Afia dir la solicitud de diseño OK Cancel	Diekk Type Precent Comp Sheer Station Ranges Stati Station Licocation Type Statt. June Stati Station Bindon Ranges End Station Add Reduct Parameters Design Request Parameters Add Medity/Show Delete Design Request Parameters Add Medity/Show Delete The Load Distribution (LLD) to Girdes: Image: Comp Station Specified by Design Code
8 Distribución de la carga viva	Lane Width 1365 Diaphragmi/DossFramesPierent Yes Hultiple-presence Factor 1.2 1. 0.85 0.65

Figura 132. Solicitud de diseño a corte



• Luego se envía a diseñar la superestructura tanto a corte como a flexión como se especifica en la figura 133.



Figura 133. Enviar a diseñar

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego de correr el diseño aparece la siguiente ventana en la cual se debe chequear si el acero de refuerzo colocado en las vigas es el suficiente para resistir el momento.



Figura 134. Ventana después de enviar a diseñar

• Se puede observar que al seleccionar la resistencia positiva, se grafica una línea de color tomate; la cual nos indicara si la viga resiste a flexión, es decir si esta línea se encuentra más arriba del diagrama de momento indica que el acero en la viga es suficiente, el mismo análisis se realiza para la resistencia negativa



Figura 135. Evaluación de la resistencia positiva a flexión

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Se inicia al escoger ver los resultados de la viga interior 1
- 2. Seleccionamos la resistencia positiva
- **3.** Se grafica la capacidad de la resistencia positiva de la viga, en este caso se grafica en cero; porque no contiene ningún acero de refuerzo longitudinal que resista la flexión, por lo cual para poder chequear se debe ingresar las varillas y volver analizar el modelo.

• Desbloquear el candado para poder añadir las varillas de las vigas



Figura 136. Desbloquear el modelo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ingresar las varillas de forma longitudinal como se observa en la figura 137

Loads Bridge Analysis Design/Ratin	Bridge Girders Reinforcement Layo	out	· · ·			
Supports Super Prestress Elevation Tendons Bridge Objects	Select Bridge Object	Select Bridge Girder	Copy to Left Exterior Gi	rder 💌	Units Tonf, m, C	•
	 Longitudinal Reinforcement Longitudinal Rebar Material A615Gr60 	C Transverse Reinforceme	ant 3. - Cop	piar a		
1 Varilla de refuerzo en las vigas	Bar Size N. of Bars	Reference Line D	Dist. Left Dist. Right	Dist. Vertical	From Top	
2 Ingresar el numero de varillas requeridas	N32 15 N32 5 N32 10	Center of span 2 1 Center of span 1 5 Center of span 1 5 End of span 1 5 Center of span 2 1 Center of span 2 1 Add N	10 10 5 5 5 5 5 10 10 Modity Delete	0.10 0.12 0.12 0.37 0.35	Bottom Bottom Bottom Top Top	•
	40. 1.18 <	20. span 1 OK	Cancel	20. span 2		+

Figura 137. Añadir refuerzo longitudinal en las vigas

• Se vuelve a analizar el modelo y a diseñar la superestructura



Figura 138. Analizar y Diseñar el modelo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego del diseño se abre la siguiente imagen en la cual, se puede observar que el acero de refuerzo colocado en las vigas en la parte inferior cubre el momento positivo en la viga exterior izquierda.



Figura 139. Evaluación a flexión de la viga con la resistencia positiva

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ahora se observa con respecto al momento negativo que el acero de refuerzo colocado en la viga es insuficiente por lo cual se debe agregar más acero de refuerzo en los costados y en el centro de la viga



Figura 140. Evaluación a flexión de la viga con la resistencia negativa

• Con respecto a corte se realiza el mismo análisis tomando en cuenta en esta ocasión debe variar la altura de la viga o se debe aumentar los estribos.



Figura 141. Evaluación del cortante en la viga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.2.1.1.23. Animación con el vehículo en movimiento

• Para poder modificar los datos y crear la animación se debe primero desbloquear el modelo para lo cual ir al menú "Analysis" dar clic en el candado "Model Lock", elegir "Aceptar"



Figura 142. Abrir el candado



• En el menú "Loads" añadir un nuevo patrón de carga en "Loads Patterns" agregamos una nueva carga móvil llamada camión o "Trucks", y hacer clic en la opción de modificar la carga viva del puente para poder configurar el camión de diseño.



Figura 143. Añadir un nuevo patrón de carga

• Al hacer clic **"Modify Bridge Live Load"**, se abre la siguiente ventana en la cual se establece el carril, la distancia inicial del camión con respecto a la longitud del puente, el tiempo de partida, la dirección de viaje del vehículo; es decir hacia adelante o hacia atrás y el valor de la velocidad se debe ingresar en base a las unidades de trabajo, de acuerdo a la figura 144.

3-D View 2D ir	istancia iicial	3Tiempo inicial	4Dirección	5Velocidad]	
1Carriles	Start Dist 220 220 220 a uniform load will a list of webicites	Start Time Dire 0. Backw 0. Forwar 0. Backw 0. Backw 0. Backw 0. Backw	ction Speed and 1 40. d 40. and 40. gram generated multi-step	Add n Modify Delete	6Ai	Tadir Click To: Add New Load Pattern Modify Load Pattern Modify Bridge Live Load Delete Load Pattern Show Load Pattern Notes
Load Pattern Discretization Information Duration of Loading is 10. Discretize Load every 0.1	seconds seconds	Units	ОК	Cancel		OK Cancel

Figura 144. Modificar la carga viva

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego ir al menú "Analysis" y correr solo la carga camión o "Trucks", dar clic en "Run Now".

Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating Advanced]
	Set Load Cases to Run 2No correr Case Name Type Status Action DEAD Model Model Not Flam DDALL Model Not Flam Do not Flam ML Moving Loads Static Not Flam Do not Flam ML Moving Loads Static Not Flam Do not Flam ML Moving Loads Static Not Flam Do not Flam ML Moving Loads Multi-step Static Not Flam Not Flam Analysis Monitor Options C Never Show Model A © Show After is seconds Dot	Not Run Case w Case exuBs for Case o Not Run All ad Case Tree kve un Now Cancel 3Correr

Figura 145. Analizar la carga agregada



Figura 146. Ventana de animación

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Una vez analizada la carga del vehículo ir al menú "ORB" seleccionar la opción "Picture" + "Create Multi-step Animation Video"



Figura 147. Crear animación del puente

• Luego guardar el archivo y establecer los parametros que se especifican en la figura 148 y se puede apreciar el efecto en la figura 149.



Figura 148. Establecer propiedades del vehículo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN



Figura 149. Animación de los vehículos

7.6.2.2. Modelación del Puente empleando una plantilla

7.6.2.2.1. Selección de la plantilla y sus dimensiones

En la siguiente ventana elegimos la plantilla del puente listo o hacer clic en "Quick Bridge".

	H 10 Home	Co Es (c) Layout	Compone	nts Lo	oads	Bridge	Analysis	Design/R	iting Ad	lvanced							
No. IS	DEAD	<i>°</i> 4 ⅔	2×,	in. chenule Mapes	O + L *E NL Combai Combai		Inder Response	Moder Loo	bors Anitysin Options	Pun Analysis	ANDS	V Marcely George	htim Neim Geometr				
O la	ne						New Mo	del						-	×		
							New Mo	del Initializatio Salize Model I	on from Diefaults v	with Units	Tonit, m. C	•	Project Infor	mation /Show Info			
							C Ini	iakze Model emplate	hom an Existin	ng File	177. Soon						
								-			4	4	A			1	8
								ank.	Beam	20 Frames	Cable	Bridges Ca	itans-BAG	Quick Bridg	2	Ч	Puente listo
							<u> </u>										

Figura 150. Selección de una plantilla

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ingresar la longitud de los espacios del puente si se encuentra apoyado sobre las pilas (**Bents**) dar clic en "**Span Lengths**" y elegir el tipo de sección del puente en "**Bridge Deck Section type**"+ "**Ok**".



Figura 151. Características del puente

7.6.2.2.2. Revisión de los parámetros creados del puente

• Una vez creada la plantilla se define automáticamente todos los parámetros del puente, es decir: las secciones y características de la super-estructura y sub-estructura las cuales pueden ser modificadas.



Figura 152. Ventana del puente creado automáticamente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.3. Diseño de un puente sobre vigas metálicas

Todos los pasos a seguir para modelar un puente de hormigón son similares a un puente sobre vigas metálicas, se diferencian en la definición del material y en el diseño de las vigas metálicas.

Dentro del diseño de las vigas metálicas se realiza un ciclo repetitivo el cual es "Análisis-Diseño-Optimización y Análisis" hasta obtener los resultados requeridos.

7.6.3.1. Diseño de las vigas metálicas.

7.6.3.1.1. Crear un nuevo material

• Ir al menu "Components"+ "New Material Property", seleccionar el tipo de material y la norma, ya que de acuerdo a eso se crea automáticamente las propiedades del mismo



Figura 153. Ventana crear un nuevo material

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.3.1.2. Crear nueva sección

Definición de las vigas metálicas ir al menú "Components"+ "New Frame Section" y elegir la sección de acero "Steel" a emplear en el puente, las secciones más empleadas son las tipo I que a continuación se muestra en la figura 154

Home Layout Components Loads Bridge	Analysis Design/Rating Advanced	
Propries - frames 1Nueva sección	Add Frame Section Property Select Property Type Frame Section Property Type Click to Add a Steel Section	2Acero
	Double Angle Double Charmel Pipe Tube Auto Select List Steel Joint	

Figura 154. Crear una sección

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ingresar las dimensiones de la sección tipo I



Figura 155. Ventana para ingresar los valores de la viga

7.6.3.1.3. Crear una viga de acero con platabandas

Para emplear una viga de acero con platabandas o una viga hibrida elegir "Built-Up Steel"



Figura 156. Ventana del refuerzo en el acero

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Ingresar las dimensiones de las platabandas tanto superior e inferior



Figura 157. Dimensionamiento de las platabandas

7.6.3.1.4. Definición el tipo de sección

• Elegir el tipo de seccion del puente dar clic en "New Deck Section", elegir el puente de concreto sobre vigas metálicas.

Home Layout Components Loads E	Bridge Analysis Design/Rating Advanced
Properties - Frames rs, Superstructur	Ext. Girders Vertical Ext. Girders Sloped Ext. Girders Clipped Ext. Girders with Radius Ext. Girders Sloped Max
	AASHTO-PCI-ASBI Advanced
	Other Concrete Sections Image: Conconcrete Sections Image: Concre
2Vigas metálicas	Steel and Concrete Sections

Figura 158. Elección del tipo de puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Establecer las dimensiones del puente sobre vigas metálicas.

ne Bridge Section Data - Steel Girder		
Vidith Vidith Vidith Vidith Contern General States Constant or Variable Girder Spacing	12 Rold Arrow Garder	X X Section is Legal Show Section Details.
Section Data		Girder Output
Item	Value	 Modify/Show Girder Force Output Locations
General Data		
Bridge Section Name	BSEC1	Modify/Show Properties Units
Slab Material Property	4000Psi	Materiale Frame Sector
Number of Interior Girders	2	Materials Fraine Sects
Total Width	432.	
Girder Longitudinal Layout	Along Layout Line	
Constant Girder Spacing	Yes	
Constant Girder Haunch Thickness (t2)	Yes	
Constant Girder Frame Section	Yes	
Slab Thickness		
Top Slab Thickness (t1)	12.	
Concrete Haunch + Flange Thickness (t2)	3.	
Girder Section Properties		
Girder Section	STEEL GIRDER	
Girder Section Girder Modeling In Area Object Models	STEEL GIRDER	
Girder Section Girder Modeling In Area Object Models Girders Modeling Object Type	STEEL GIRDER	
Girder Section Girder Modeling In Area Object Models Girders Modeling Object Type Fillet Horizontal Dimension Data	STEEL GIRDER	



7.6.3.1.5. Definición de los diafragmas metálicos

• Definir los diafragmas dar clic en "New Diaphragm", elegir el diafragma con diagonales en "V" o "X"



Figura 160. Características de los diafragmas diagonales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Definir los diafragmas dar clic en "New Diaphragm", elegir el diafragma solo vigueta y definir una sección con las dimensiones de la misma.



Figura 161. Características de los diafragmas tipo vigas

7.6.3.1.6. Correr el análisis del puente

 Una vez definidas las cargas y los objetos del puente correr el análisis: dar clic en "Run Analysis" + "Run Now" dentro de este análisis no se corre el modal debido a que no se realiza un análisis sísmico.

Home Layout Components Loads Layout Components Loads Layout Components Loads Layout Components Loads Schedule Conver- Stages Combo Load Cases - All	Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
,	Set Load Cases to Run Case Name Type Status Action DEAD Linear Static Not Run Run Down MOVE1 Moving Load Not Run Run Analysis Monitor Options C Analysis Monitor Options Model Alive C Analysis Monitor Options Moved Show Moved Show C Show Alter 4 seconds	2Correr ahora

Figura 162. Ventana para correr el análisis

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN



Figura 163. Deformada del puente

7.6.3.1.7. Combos de diseño

• Añadir los combos de diseño automáticamente dar clic en "Add Defaults", elegir "Bridge Desing" y "OK"

Home Layout Compone	ents Loads Bridge Analysis CODE CODE Preferences Design Requests Super Superstructure Design	Design/Rating Advanced	Preferences Rating Load Rating
Deformed Shape (DEAD)	ombos	Add Code-Generated User Load Combinations Select Design Type for Load Combinations G Bridge Design C Steel Frame Design Concrete Frame Design Set Load Combination Data DK Cancel	

Figura 164. Ventana para crear las combinaciones de carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Luego chequear el código con el que se está trabajando ir al menú
 "Desing/Rating" + "Code Preferences"

Defaults Load Combinations	angui form opinities releases opinities consist form relations relations from opinities and presented and presente
formed Shape (DEAD)	Item Value 1 Design Code AASHTO LIFED 2007
1Preferencias del código	2 Plastic-Hinge Type for Seismic Design Auto AASHTO/Caltana Hinge 2Codigo de diseño
	Explanation of Color Coding for Values
	Set To Prog Determined (Default) Values All Items Selected Items All Items Selected Items All Items Selected Items All Items Selected Items

Figura 165. Verificar el código con el que se está trabajando

7.6.3.1.8. Diseño de las vigas metálicas

• Dentro del menú "Desing/Rating" ir a la opción "Design Request" para solicitar un diseño del puente sobre vigas metálicas por resistencia.

9	Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/	B	ridge Design Request - Superstructure - AASHTO LRFD 2007
D Stri	Broup1		Name DReq2 Notes Modity/Show
ſ	1Solicitud de diseño		Bidge Object OBJETO PUENTE
	Bridge Design Requests - AASHTO LRFD 2007		Check Type Steel Comp Strength
1	Request: Click to Find this request: Add New Request Drivent Add Copy of Request 2Añadir nueva solicitud de diseño Delete Request		Station Ranges Station Ranges Add Design Request Parameters Add Design Request Parameters Modity/Show Delete Mane Combos Parameters Add Mane Combos Parameters Add Modity/Show Delete Delete Delete
	OK Cancel 4.1Método: Usar directamente las fuerzas de las vigas en el análisis.		A-Distribución de la carga viva a las vigas

Figura 166. Solicitud para el diseño de puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Crear una solicitud de diseño
- 2. Añadir una nueva solicitud de diseño
- 3. Verificar los combos de diseño
- 4. Indicar la distribución de la carga viva a las vigas
- **5.** Elegir el método para la distribución de la carga viva revisando cuidadosamente cada uno de los parámetros, por lo general se recomienda usar directamente las fuerzas de las vigas en el análisis.

• Enviar a correr dar clic en "**Run Super**" y se abrirá la siguiente ventana en la cual se debe hacer clic en "**Desing Now**" para diseñar la superestructura.



Figura 167. Ventana para enviar a diseñar el puente

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.3.1.9. Diagramas de momentos positivos y negativos

• Posterior al análisis se abre la ventana que se presenta a continuación, en la cual se puede observar el momento positivo o negativo.



Figura 168. Diagrama de momentos

7.6.3.1.10. Optimización del diseño

Se continua con la optimización del diseño para lo cual ir al menú "Design/Rating" dar clic en "Optimize"

	H 10 10 A 14)÷												
D+1 D EE-11		D+L Add Defaults	CODE Preferences	Design Requests		INI Optimize	AAA Preferences	AAA Design Requests	Run Seismic	Report	Preferences	Rating Requests	Ran	[N] Optimize
	Load Combinations 15 Superstructure D		lesign	(1	Seismic De	esign			Load Rating				
	Deformed Shape (DEAD)	,	Optim	izar 🗕	-	Interactivel design.	y optimize steel g	rder						

Figura 169. Seleccionar la optimización

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN



Figura 170. Ventana del diseño optimizado

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Procedimiento de la ventana

- 1. Elegir la viga que se desea observar los diagramas de momento en toda la longitud del puente o por tramos
- **2.** Seleccionar los resultados que se requiere obtener y se graficaran automáticamente los resultados.
- 3. En esta ventana también permite modificar los resultados de las secciones
- **4.** Esta opción permite volver a calcular los momentos con las nuevas dimensiones de las vigas modificadas anteriormente.
- Permite mostrar una tabla completa de análisis de todas las vigas con sus respectivos resultados
- 6. Muestra una tabla completa del diseño que ha realizado el programa
- Para obtener más resultados de los momentos o cortantes dar clic en "Select Series To Plot" y se elige como ejemplo la opción "Negative Flexure"



Figura 171. Configuración de los momentos

• Ventana con el momento negativo de la viga interior 1; la cual se requiere cambiar sus dimensiones hacer clic en "Modify Section" como se muestra en la figura 172.



Figura 172. Ventana para modificar las dimensiones

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Se abre esta ventana en donde se puede modificar las dimensiones de las vigas ubicado en la parte inferior de la imagen
er L	Left Exterior G	ärder		 Span 	1	 Span 	Length = 720.00	0 Units kip.	in, F • Co	py/Reset/Recall	4 <u>a</u>
ss S	ection Stiffe	eners									
opl	Flange Plan										
ĺ											
1			••••			•••		••••••	••••		••••
_											
00	Elance Eleva	tion									
op 1	r lange cherre	20011									
ţ			+			+		+	+		+
ţ			+			•		+	+		•
ţ			+			+		+	+		•
•	Indicates lo	cation of	+ bridge obj	ject sectio	n cuts.	•		+	+		• •
op l	Indicates lo	cation of	¢ bridge obj	ject sectio	n cuts.	•		+	+		Show Table
¢	Indicates lo Flange Start	cation of Start	+ bridge obj	ject sectio	n cuts.	+ Length	Material	+ Segment	+ Segment		Show Table
+	Flange Start Width	Cation of Start Thick	bridge obj End Width	End Thick	Length	¢ Length Type	Material	Segment End Statio	Segment True Length Z20		Show Table (* Top Flange (* Web
¢	Flange Start Width 15	cation of Start Thick 2	+ bridge obj End Width 15	End Thick 2	Length	Length Type Absolute	Material	Segment End Station 720	Segment True Length 720		Show Table (* Top Flange (* Web (* Bottom Flange
•	Findicates lo Filange Start Width 15	cation of Start Thick 2	bridge obj End Width 15	End Thick 2	Length	Length Type Absolute	Material 	Segment End Station V 720	Segment True Length 720		Show Table (* Top Flange (* Web (* Gottom Flange (* All
•	Indicates lo Flange Start Width 15	cation of Start Thick 2	bridge obj End Width 15	End Thick 2	Length	Length Type Absolute	Material A992Fy50	Segment End Station	h Segment True Length 720		Show Table Top Flange Web Bottom Flange All
op	Indicates lo Flange Start Width 15	Start Thick 2	bridge obj End Width 15	End Thick 2	Length	Length Type Absolute	Material A992Fy50	♦ Segment End Station ▼ 720 ▼	n Segment True Length 720		Show Table © Top Flange C Web C Bottom Flange C All

Figura 173. Valores a modificar

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Una vez que se cambie las dimensiones es necesario volver a calcular los valores de cortantes y momentos, por ello dar clic en "Recalculate Resistance" y en "Aceptar".



Figura 174. Ventana para recalcular los valores modificados

• Luego se abre la siguiente ventana con los diagramas de momentos y cortantes, para poder observar los valores del momento a una cierta distancia seguir los pasos indicados en la figura 175.



Figura 175. Determinar los valores de momento en un cierto punto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Luego hacer clic en "Ok", se abrirá la siguiente ventana dar clic en "Unlock" para aplicar los cambios realizados al objeto puente y "Aceptar" y se encuentra completado la optimización de las vigas.



Figura 176. Completar la optimización



7.6.3.1.11. Análisis del diseño

• Al estar ya optimizado el diseño se debe volver analizarlo para visualizar su comportamiento, dar clic en "**Run Analysis**".

Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
3-D View	Analyzing SEXTO ENSAYO	
	File Name: C:\Users\Teress\Desktop\EJERCICID DE CSIBRIDGE\SEXT0 ENSAY0 bdb Start Time: 14/01/2016 20:57:44 Elupred Time: 00:00:05 Finish Time: Not Applicable Run Status: Analyzing	Less
	NUMBER OF LANES = 2 NUMBER OF VERICLES = 3 NUMBER OF VERICLE CLASSES = 4 NUMBER OF LOAD POINTS = 258	•
	CALCULATION METHOD (UTCR OR "ENACT") = "EXACT" DESREE OF REFINEMENT FOR QUICK METHOD = 0 CORREPONDENCE FOR FAME LIMENTS = NO	
	NUMBER OF DISILATION TARE ALMANING - NO NUMBER OF DISILATIONS FOLMES FOLMES = 01 NUMBER OF SECTION FERSIONS FOLMES = 821 NUMBER OF SECTION FERSIONS FOLMES = 9	
	NUMBER OF FRAME RESPONSE POINTS - 459 NUMBER OF FREE RESPONSE POINTS - 0 NUMBER OF SHELL RESPONSE POINTS - 2688	_
	NUMBER OF PLANE/ABOLID REFORME POINTS = 0 NUMBER OF SOLID REFORME POINTS = 0 NUMBER OF LINK RESPONSE POINTS = 64	8
	ALLOW LOADS TO REDUCE RESPONSE SEVERITY = NO	

Figura 177. Análisis del Diseño

7.6.3.2. Diseño y evaluación de los diafragmas y arriostramientos horizontales

7.6.3.2.1. Añadir de forma externa los arriostramientos horizontales

Añadir en la parte inferior de las vigas metálicas, para dibujar estos elementos ir al menú "Advance" hacer clic en el icono dibujar, y se abrirá una ventana en la cual se debe seleccionar el ángulo que se ha empleado y en la opción "Moment Releases" especificar como "Continuous" para simular el efecto de soldadura.

(a) [] 2 (a) []	÷			
Home Layout	Components Loads	Bridge Analysis	Design/Rating Advanced	
Points Lines Areas Edit	More Define Define	Image: Constraint of the second se	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	A More Joints Fi
		Properties of Object	X	
		Line Object Type	Straight Frame	
		Section	L (100x100x8)	
		Moment Releases	Continuous	
		XY Plane Offset Normal	0.	
		Drawing Control Type	None <space bar=""></space>	
				J
	ľ×	· ·		
		· ·		



• Luego se procede a dibujar como se muestra en la figura.



Figura 179. Dibujo de los arriostramientos horizontales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- 🗄 🕫 🖓 😭 🕼 Advanced Components Design/Rating Lavout Bridge Analysis ₹ √ /
 × ∑ √ /
 × ∑ × ∅ A₊ * + A / More Define More More Define Assig Edit Assig 🔇 X-Y Plane @ Z=-1.34
- Al terminar de dibujar se encuentra de la siguiente forma

Figura 180. Vista de los arriostramientos horizontales

7.6.3.2.2. Evaluar los Arriostramiento horizontales

 Dirigirse al menú "Advance", seleccionar el icono "Steel" elegir la opción "View/Revise preferences" se abrirá una nueva ventana en la cual se indica el código de diseño empleado



Figura 181. Preferencias a emplear en el diseño

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 En la siguiente ventana se verifica que se esté trabajando con la norma AISC360 como se muestra a continuación luego dar clic en "Ok"



Figura 182.Normas y parámetros de diseño

 Inmediatamente dirigirse al icono "Steel" y elegir la opción "Select Design Combos"



Figura 183. Opción para agregar los combos de diseño

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Se despliega la siguiente ventana en la cual se ingresa la combinación de carga "SrtIGroup 1"al elegirla en la parte izquierda y dar clic en "Add" se colocara en la parte derecha como se muestra en la figura, también se debe elegir "Deflection" en la opción "Load Combination Type" y dar clic en "Ok"

Load Combinations for Design — Select Type of Design Load C Load Combination Type	ombination	
Select Load Combinations List of Load Combinations EE-11 EE-110 EE-111 EE-111 EE-112 EE-113 EE-114 EE-115 EE-116 EE-117 EE-118	Add -> <• Remove Show	Design Load Combinations StrVGroup1
Automatic Design Load Combina	tions : Code-Based Desig Design Load Combi KC	gn Load Combinations nation Data

Figura 184. Combinaciones de carga incluidas en el diseño

 Nuevamente dirigirse al icono "Steel", elegir la opción "Start Design/Check of Structure" en donde iniciara el diseño y chequeo de la estructura metálica



Figura 185. Enviar a diseñar la estructura metálica

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Para poder visualizar de mejor manera el diseño ir al menú "Home" elegir el icono "Select" y seleccionar la opción "Properties" y posteriormente escoger "Frame Section"



Figura 186. Elegir las propiedades

• Aparecerá la siguiente ventana en la cual se elige la sección de los diafragmas y arriostramientos antes dimensionados.



Figura 187. Eleccion del ángulo de (100x100x8) mm

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Como se muestra en la imagen se encuentran seleccionados los diafragmas y arriostramientos horizontales.



Figura 188. Ubicación de los diafragmas y arriostramientos horizontales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Después dirigirse hacia el icono "More", seleccionar la opción "Show Selection Only"



Figura 189. Selección de los diafragmas y arriostramientos horizontales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la siguiente ventana se puede observar que el diseño de los diafragmas verticales, se encuentra de un color verdoso lo cual indica que están trabajando de 0 hasta 50% de lo requerido, mientras que los arriostramientos horizontales se encuentran en rojo por lo tanto se realizará un análisis en valores para poder determinar la falla.



Figura 190. Diseño de la estructura metálica

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Nuevamente dirigirse al icono "Steel", elegir la opción "Display Design Information" y en la ventana que se despliega dar clic en "Ok"

A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	A & A A A A A A A A A A A A A A A A A A	Analyze	Leel Concrete More Tools	
Assign	Assign Loads	Analyze	View/Revise Preferences	
			Select Design Groups Select Design Combos	
			Set Displacement Targets	
			Set time renou targets	
	1 100 100		Start Design/Check of Structure Interactive Steel Frame Design	
Display Steel Design Results (AISC360-05/IBC2006)		Start Design/Check of Structure Interactive Steel Frame Design Display Design Information	1.0
Display Steel Design Results (AJSC360-05/JBC2006) PM Ratio Colors & Values	K	Start Design/Check of Structure Interactive Steel Frame Design Display Design Information Make Auto Select Section Null Change Design Section to Last Analysis	0.5
Display Steel Design Results (AISC 360-05//BC 2006) PM Ratio Colors & Values Design Sections	K	Start Design/Check of Structure Interactive Steel Frame Design Display Design Information Malar Auto Select Section Null Change Design Section Reset Design Section to Last Analysis Verify Analysis vs Design Section Verify Analysis vs Design Section	0.5
Display Steel Design Results (© Design Output © Design Input	AJSC360-05/BC2006) PM Ratio Colors & Values Design Sections Cancel Cancel	K	Start Design/Check of Structure Interactive Steel Frame Design Display Design Information Make Auto Select Section Null Change Design Section Reset Design Section to Last Analysis Verify Analysis vs Design Section Verify Analysis vs Design Section Verify All Members Passed Reset All Seel Overwrites Delete Steel Design Results	0.9

Figura 191. Pasos a seguir para mostrar los valores de diseño

• Una vez realizado este cambio se indican los valores en porcentaje, en donde se pudo analizar que los diafragmas del inicio del puente requieren de una mayor sección ya que se encuentran trabajando 1.85 es decir más de lo que resisten mientras que en los arriostramientos horizontales los que se encuentran trabajando más de lo que resisten son los seleccionados de la parte derecha con un valor de 4.18.



Figura 192. Chequeo de la estructura metálica

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En los demás ariostramientos se verificaran los detalles de diseño para encontrar la falla, para ello dirigirse hacia el elemento, dar clic derecho y se abrirá la siguiente ventana, donde se elige la opción "Details"



Figura 193. Selección del ángulo a chequear

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la siguiente ventana se observa todos los detalles de diseño del elemento y los problemas que enfrentan los arriostramientos horizontales

Steel Stress Check Data	AISC360-05/IBC2006			
e				
				Units Kgf, m, C 💌
ISC360-05/IBC20	06 STEEL SECTION C	HECK (Summary For Cor	nbo and Station)	
mits : kyf, m,	6			
rame : 1221	X Mid: 12.500	Combo: DSTL5	Design Type: Beam	
ength: 5.529	Y Mid: 1.300	Shape: L (100x100x8)) Frame Type: Special Moment Frame	
.oc : 5.529	Z Mid: -1.340	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees	
rouision. LRED	Analusis: Direct	Analucic		
/C Limit=0.950	2nd Order: Gener	al 2nd Order Re	eduction: Tau-b Fixed	
1phaPr/Py=0.022	AlphaPr/Pe=0.212	Tau b=1.000 Ef	A factor=0.800 EI factor=0.800	
gnore Seismic C	ode? No	Ignore Special EQ Lo	oad? No D/P Plug Welded? Yes	
DC: D	I=1.000	Rho=1.000 Sc	15=0.500	
-8.000 5.0-0.000	unegau=3.000	50=5.500 DETU-8.088	STE-8 7E8	
his=8.980	PhiS-RI=1 000	PhiST=0.900 Pl	1116-0-120	
1113-0.700	1113 11-1.000	111131-0.700		
=0.002	I33=1.482E-06	r33=0.031 S	33=2.057E-05 Av3=8.000E-04	
-0.000	I22=1.482E-06	r22=0.031 S2	22=2.057E-05 Av2=8.000E-04	
1pha=45.000				
=2.039E+10	fy=25310506.54	Ry=1.500 z	33=3.705E-05	
LLF=1.000	Fu=40778038.3	Z	22=3.705E-05	
ESTER HESSAGES				
Error: Lb/ry	> 0.086*E/Fy (AIS	C 341-PartI 9.8)		
Error: Secti	on is not seismica	11y compact		
Location	CES & MUMENTS (COM		11u2 11u2 Tu	
5.529	836.185 -	24.880 -0.035	26.341 -1.656 6.611	
MM DEMAND/CAPAC	ITY RATIO (H2-1)			
D/C Ratio:	0.084 = 0.024 + 0	.027 + 0.033		
	= fa/Fa + f	bw/Fbw + fbz/Fbz		
		4 (10 4)		
Factor	HATHE NUMERI DESIG	n (n2=1) K1 K2	R1 R2 Cm	
Hadeo Deadle	4 4 9 9 9	1 000 1 000		

Figura 194.Detalles del ángulo de 100x100x8

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.4. Diseño a sismo de puentes en el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.4.1. Análisis dinámico por espectro de respuesta

Ir al menú "Loads" hacer clic en "New Spectrum" y elegir la opción "From File" para ingresar desde un archivo txt.



Figura 195.Crear el espectro desde un archivo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Se abre el siguiente cuadro de dialogo en el cual se elige el icono "Browse"

Function Name	Espectro		Function Damping Ratio
Function File File Name Header Lines to Skip Convert to User Defined Function Graph	Browse 0 View File	Values are:	
	Display Graph	0.0,0.0	

Figura 196. Opciones para añadir el espectro



• Luego ubicamos el archivo del espectro inelástico en la carpeta que hemos guardado con la terminación txt al encontrarlo presionamos abrir.



Figura 197. Busqueda del archivo en txt.

Fuente: Autor

A continuación se puede observar que ya se encuentra cargado el archivo, seleccionar "Period vs Value" y posteriormente presionar el botón "Display Graph" para visualizar la gráfica del espectro.

Response Spectrum Funct	tion Definition		
			Function Damping Ratio
Function I	lame Espectro		0.05
- Function File		Values are:	
File Name	Browse	C Frequency vs Value	
d:\respaldos 2765\m puente\espectro.txt	odelacion del	Period vs Value	
Header Lines to Skip	0		
Convert to User Def	ined View File		
- Function Graph			
	Display Graph	0.0,0.0	
	ОК	Cancel	

Figura 198.Ingreso de los datos del espectro

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Por último se observa la gráfica del espectro como se muestra en la siguiente figura una vez finalizado dar clic en "Ok"



Figura 199. Configuración del espectro

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

7.6.4.2. Definición de los casos para el análisis dinámico a sismo

El espectro que se definió en el paso anterior nos sirve para generar unos casos de cargas para un análisis dinámico del puente, para cada una de las direcciones.

• El primer paso a seguir es ir al menú "Analysis" seleccionar el icono "Type", y elegir el literal "Responce Spectrum"

1		1 H 19 (2 🗄 (4)) ₹							
		Home Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/Rati	ng Advanced		
	Typ		Sch Sta	D + L +E NL edule Conver ages Combo	t Show Tree	Bridge Response	Model Lock	DOF's Analysis Run Options Analysis	Last Run	Modify Reset Geometry Geometry
l	Ŀ	All	Spe	ctrum	Fa	Bridge	Lock	Analyze		Shape Finding
	Ŀ	Static								
	Ŀ	Nonlinear Staged Construct	tion							
	Ŀ	Multistep Static								
	Ŀ	Modal								
\langle	Ŀ	Response Spectrum								
	Ŀ	Time History								
	Ŀ	Moving Load								
	Ŀ	Buckling								/
	Ŀ	Steady State								
	Ŀ	Power Spectral Density								
		Hyperstatic								/
	Res Sho the	ponse Spectrum w response spectrumioad ca: panel.	ses in							

Figura 200. Añadir las cargas de espectro

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• El primer caso creado será para la dirección "X"

1.-Hacer clic en "New Reponse Spectrum" y se abrirá la siguiente ventana

2- Luego dirigirse a "Modal Combination" y elegir la opción "CQC" que significa la ecuación cuadrática completa, este método fue descrito por Wilson, Der Kiureghian, y Bayo (1981)

3.- Dirigirse hacia el enunciado **"Directional Combination**" y elegir el método **"SRSS"** que significa la Raíz Cuadrada de la Suma de los Cuadrados los demás valores se crean por defecto del programa

4.-Después ir al literal **"Loads Applied"**, en el enunciado de **"Load Name"** colocar la dirección del espectro "U1" con la función del espectro ingresada anteriormente y en la opción **"Scale Factor"** se inserta el valor de la gravedad, ya que nuestro espectro tiene valores adimensionales por lo que se debe introducir el valor de 9.81 m/s²; si nuestros valores de espectro

inelástico ya estarían multiplicados por la gravedad el valor seria "Uno", y para finalizar hacer clic en **"Ok"**

	÷			
Home Layout	Components Loads	Bridge Analysis	Design/Rating	Advanced
Type	sponse Spectrum	NL E Bridge	Model Ap	OF's 🕨 🔚
▲ X- Load Case Name SX Modal Combinatio C CQC C SRSS C Absolute C GMC C NRC 10 Pe C Double Sum Modal Load Case	Set Def Name on GMC GMC Periodic + Rigid Ty ccent h this Modal Load Case	Notes Modify/Show	Load Case Tupe Response Spectrum Directional Combinatio © SRSS © CQC3 © Absolute Scale Factor	Design
Loads Applied Load Type Accel Accel Show Adv. Other Parameters Modal Dan	Load Name Functio	n Scale Factor 0	Add Modify Delete	OK Cancel
X-Y Plan				

Figura 201. Definición del sismo en "X"

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

El mismo procedimiento se realiza para el segundo caso en la dirección "Y", solo se debe cambiar en la opción "Load Name" la dirección "U2"

	Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
✓ D ✓ L Type	Image: Schedule D+L Image: Schedule D+L Image: Schedule DOF's Image: Schedule Schedule Convert Show Bridge Model Analysis Run	Last
	Load Case Data - Response Spectrum	
	Load Case Name Notes Load Case Type SY Set Def Name Modify/Show Load Case Type Modal Combination Image: Cape Cape Cape Cape Cape Cape Cape Cape	_
	NRC 10 Percent Double Sum Modal Load Case Use Modes from this Modal Load Case	
	Load Applied Load Type Load Name Function Scale Factor Accel U2 ESPECTRO 9.81 Accel U2 ESPECTRO 9.81 Add Modify Delete Show Advanced Load Parameters	
	Other Parameters	
X-Y PI	Modal Damping Constant at U.U5 Modify/Show Cancel	

Figura 202. Definición del sismo en "Y"

7.7.DISEÑO ORGANIZACIONAL

El análisis del desempeño estructural de puentes a través del programa CSIBRIDGE, desarrollado en esta investigación se podrá llevar a cabo con la colaboración de la Universidad Nacional de Chimborazo, quien tendrá la responsabilidad de socializar este manual como guía de aprendizaje hacia los profesionales interesados en el tema.



7.8. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Conocer el manejo de un software es de mucha importancia, sobre todo cuando el cálculo es extenso como en el caso de puentes, una herramienta informática genera mayor eficiencia y por ende mayor productividad en el diseño, análisis y evaluación estructural de un puente.

Por este motivo se planteó el manual para puentes de hormigón y mixtos (tablero de hormigón sobre vigas metálicas) en el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACION, con su respectiva evaluación y optimización.

Con ayuda de la Universidad Nacional de Chimborazo y la escuela de Ingeniería Civil se pretende socializar esta guía de aprendizaje, con la finalidad que la sociedad realice un trabajo eficiente con la optimización de tiempo y recursos.

CAPITULO VIII

8. BIBLIOGRAFIA

- 1) AASHTO LRFD BRIDGE (2012), American Association of State Highway and Transportation Officials
- AASHTO LRFD BRIDGE (2007), American Association of State Highway and Transportation Officials
- PUENTES-AASHTO LRFD (2010), Por el Ing. Arturo Rodríguez Serquén (Peru,2012)
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN -NEC-SE-DS, cargas sísmicas diseño sismo resistente.
- 5) ANCI/AISC 360-10 American Institute of Steel Construction
- NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen N°2-LIBRO B NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL.
- 7) CONGRESO LATINOAMERICANO EN INGENIERIA CIVIL (JULIACA 2012)
- 8) COMPUTERS Y STRUCTURES INC.
- TESIS "Métodos de Análisis Sísmico de Puentes Simplemente Apoyados" AUTORES: CAPT. DE E. Gudiño Auz Edison Fernando y CAPT. DE E. Ayala Salcedo Fredy Gustavo

CAPITULO IX

9. ANEXOS

9.1.ANEXO.- Ejemplo de aplicación del manual mediante la modelación de la superestructura del puente Matus-Aulabug ubicado en el cantón Penipe, empleando el software CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN.

9.1.1. Datos del Puente



Figura 203. Puente Matus-Aulabug

Fuente: Detalles puente Matus-Aulabug

Consideraciones Generales

Peso de la carpeta de rodadura= 0.12T/m2
Peso de barandas= 0.15T/m2
Postes=0.1T
5 Postes a cada lado en la sección de vigas de hormigón (tramo 21m).
7 Postes a cada lado en la sección de vigas de acero (tramo 25m).
Camión de diseño HS 15-44

9.1.1.1. Detalles de la sección transversal de concreto



Figura 204. Sección transversal del tramo de concreto

Fuente: Detalles puente Matus-Aulabug

Tipo de superestructura:

- Simplemente apoyado
- Vigas y tablero de hormigón
- Longitud del puente 21 m
- Número de vigas 3

Sección transversal:

- Ancho total 7.00 m
- Ancho de calzada 5.00 m
- Número de vías 2

Parámetros utilizados

- Hormigón F'c = 280 Kg/cm2
- Acero de refuerzo $Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

9.1.1.2. Detalles de la sección transversal de acero



Figura 205. Sección transversal del tramo metálico

Fuente: Detalles puente Matus-Aulabug

Tipo de superestructura:

- Simplemente apoyado
- Vigas metálicas y tablero de hormigón
- Longitud del puente 25 m
- Número de vigas 3

Sección transversal:

- Ancho total 7.00 m
- Ancho de calzada 5.00 m
- Número de vías 2

Parámetros utilizados

- Hormigón F'c = 280 Kg/cm^2
- Acero de refuerzo Fy = 4200 Kg/cm2
- Vigas de Acero Estructural (A 588; AASHTO Standard): con un Fy = 345 MPa = 3500 Kg/cm2
- Peso específico del Hormigón (2.4Tn/m3)
- Peso específico del Acero (3.5 Tn/m3)
- Arriostramientos y Conectores Acero ASTM A-36

9.1.2. Modelación con la plantilla en blanco del puente Matus-Aulabug

• Abrir en programa CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

C) Cséndge	
M HOODN -	
Mome Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	0
The second secon	
Wated V AL V VL V VL V VL V VL V VL VL VL VL VL V	
Window1	•
Use File Menu to Create or Open Model	Kp. in. F 💌

Figura 206. Ventana de trabajo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la parte inferior derecha, escogemos las unidades en las que vamos a trabajar, en este caso serán kg/m



Figura 207.Selección de unidades

• Ir al menú "ORB" que se encuentra en la parte superior izquierda y seleccionar "New"

		998	⊡ (c) ÷	_
			Recent Models	ating Advanced
		New	1 D:\Respaldos 2\PUENTE MIXTO 46-10-05-2016m (1).bdb	
	0		2 C:\Users\Teres\Puente 1-A(VI2500)Listo-09-02-2012.bdb	More A Named
١V		Open	3 D:\Respaldos 2765\Mis Docume\ultima modelacion.bdb	Display
		Save	4 D:\Respaldos 2765\Mis Docum\puente de hormigon.bdb	
		Save As		
V	*	Import	•	
V		Export	•	
-		Batch File		

Figura 208.Crear un nuevo modelo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• A continuación nos saldrá un cuadro de dialogo en el cual se elige la plantilla en blanco

	Home	Lay	out	Com	nponents	Loads	Bridge		Analysis	Design/R	ating	Advanced
Bridge Wizard	Q (2) /	® € xy xz	€ YZ xyz		Mor		-I ALL I I PS III CLR	1 1 N	Select	Deselect	More	
Wizard	1								New M	lodel		
									New M	lodel Initializat nitialize Model nitialize Model Template Blank	on from Defau from an Ex Beam	ults with Units Kgf. m. C Modify/Show Info Project Information Modify/Show Info 2D Frames Cable Bridges Caltrans-BAG Quick Bridge

Figura 209. Selección de la plantilla del puente

• Luego se activaran todas las opciones para poder configurar de acuerdo a las características del puente



Figura 210.Ventana lista para crear el modelo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.1. Definición de la línea base

Se inicia la modelación con la definición de la línea base, ir al menú "Layout" y posteriormente a la opción "New Layout" e ingresar la longitud del puente igual a 46m.

Home Layout	Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
CP CD CD	Bridge Layout Line Data	
Preferences Eje Principal	Bridge Layout Line Name Coordinate System	Shift Layout Line Units
Layout Line	Eje Principal GLOBAL 💌	Modify Layout Line Stations Kgf, m, C 💌
Lane		Coordinates of Initial Station
	Plan View (X-Y Projection)	Global X 0.
	Station	Global Y 0.
	Bearing Bearing	Global Z 0.
	Radius	Initial and End Station Data
	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	Initial Station (m) 0.
	Y 9.3088	Initial Bearing N90000E
	X Z	Initial Grade in Percent 0.
		End Station (m) 46.
		Horizontal Layout Data
	Developed Elevation View Along Layout Line	Define Horizontal Lavout Data Quick Start
	Az .	
	s · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Define Layout Data
	Refresh Plot	Define Vertical Layout Data Quick Start
	OK Cancel	

Figura 211. Definición de la línea base

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.2. Definición de los carriles

• El siguiente paso es: la definición del carril derecho con un ancho de 2.5m y un desfase al centro de 1.25m tal y como se muestra en la sección transversal del puente, y debido a que el carril se encuentra con una berma de 1 m en el borde derecho se tomara como interior tanto a la izquierda como a la derecha en la opción "Lane Edge Type".



Figura 212. Detalle de la sección transversal del puente

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Home Layout Components Loads Bridge	Bridge Lane Data
Preferences	Lane Name Cami Derecho Coordinate System Units Kgr. m, C
Layout Line 🕞 Lanes	Maximum Lane Load Discretization Length Additional Lane Load Discretization Parameters Along Lane Along Lane 3048 Image: Concretization Length Not Greater Than 1/ Image: Concretization Length Not Greater Than 1/ Across Lane 3048 Image: Concretization Length Not Greater Than 1/ Image: Concretization Length Not Gre
	Bidge Station Centerine Offset Lane Wdth Move Lane Explored in 46. 1.25 2.5 Add Explored in 0. 1.25 2.5 Inset Separated in 46. 1.25 2.5 Model Model 1.25 2.5 Inset Model Debete 0. 1.25 2.5 Inset
	Plan View (X-Y Projection) Plan View (X-Y Projection) Layout Line Program Determined George George Fadius Fadius Fadius Content of the Type o
r.	Grade X Y X C Snap To Layout Line C Snap To Layout Line

Figura 213. Definición del carril derecho

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Después se realiza la definición del carril izquierdo con las mismas características del carril anterior pero con signo negativo como se muestra en la siguiente figura.

Home Layout Components Load	Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
A R R R R R	Bridge Lane Data	
Preferences Eje principal Carril Izo	Lane Name Carril Izquierdo GLOBAL	m Units Kgf, m, C
(1) Lane	Maximum Lane Load Discretization Lengths Additional Lane Load Discretization Paramet Along Lane 3 048 If Discretization Length Not Greater Than Across Lane 3 048 If Discretization Length Not Greater Than	ers Along Lane 1/ 4. of Span Length 1/ 10. of Lane Length
	Lane Data Bridge Station Centerline Offset Lane Width Layout Line m m m	Move Lane
	Eie principal ▲ 1.25 2.5 Eie principal 0. 1.25 2.5 Be principal 46 3.25 2.5	Add Insert Modify Delete
	Plan View (X-Y Projection) Plan View (X-Y Projection) Layout Line Station Bearing	Objects Loaded By Lane Program Determined Group
	Radus Grade X Y	Lane Edge Type Left Edge Interior
	C Snap To Lane	Display Lotor

Figura 214. Definición del carril izquierdo

• Después se puede visualizar los carriles en el menú "Home", haciendo clic en "More" y elegir la opción "Show Lane"



Figura 215. Configuración para visualizar los carriles

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• A continuación se muestra los carriles definidos anteriormente con sus respectivos anchos.



Figura 216.Observar los carriles

9.1.2.3. Definición de las propiedades de los materiales

9.1.2.3.1. Tramo de hormigón

f'c(vigas y tablero)=280 kg/cm²

fy=4200 kg/cm²

E=4700 $\overline{f'c}$ en Mpa = 2487006.2 Ton/m²

Coeficiente de Poisson (u)= 0.2

Peso especifico (Y) = 2.4 T/m^3

Coeficiente de expansión térmica = 9.9×10^{-6}

 Definición en el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN los materiales empleados en el tramo de hormigón ir al menú "Components" y elegir la opción "Material Properties"



Figura 217.Crear un nuevo material

 Luego se crea automáticamente un tipo de material del hormigón el cual se debe modificar las características anteriormente mencionadas para f´c=280 kg/cm², dar clic en "Modify Property"



Figura 218. Definición de las características del hormigón

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 El siguiente material a definir es el acero de refuerzo en las vigas de hormigón se designa al hacer clic en "New Material", seleccionar "Rebar" en tipo de material y se activa automáticamente las propiedades y hacer clic en "Ok".

Home	Layout Compone	ents Loads Bridge	Analysis Design/Ratir
E I	r 🖸 🕻		
Type CON280	Quick Material Defini	ition	
Properties			
	Region	United States	_
	Material Type	Rebar	
	Standard	ASTM A615	
	Grade	Grade 60	_
		OK Cance	
]

Figura 219. Definición del acero de refuerzo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Verificar las características del material dar clic en **"Modify Properties"** se puede observar las características del material.

J	Home	Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/f	Rating	Adva	anced
≦ 1 € V	R			aterial Prope	rty Data	2 7		Χ.	ж,	3. 3
	fy=4200 Propertie	iss - Materials		aterial Prope General Da Material Na Material Na Material Na Material Na Weight and Weight per Mass per L Uniaxial Pro Modulus of Poisson's F Coefficient Shear Mod Minimum Y Minimum T Expected 1 Expected 1	rty Data ta ame and Displa uppe otes I Mass r Unit Volume Jnit Volume Jnit Volume Jnit Volume Jnit Volume Jnit Volume f Elasticity, E Ratio, U of Thermal Exp felasticity, G atties for Rebar field Stress, Fy rensile Stress, Fy rensile Stress,	y Color 7.849E 8.004E pansion, A Materials Fu Fue Fue Operty Display OK	[fy=4200 Rebar Moc 03 06 	iliy/Show 20 0. 1.1.1. 0. 42 53 46 59	Notes 38901.9 170E-05 18.4178 27.6266 60.3893	

Figura 220.Propiedades del acero de refuerzo

9.1.2.3.2. .Tramo Metálico

A continuación se define las características del acero en el tramo Metálico

ASTM A36 $Fy = 2531 \frac{kg}{cm^2}$ $Fu = 4077 \frac{kg}{cm^2}$ Peso específico $Y = 7850 \text{ kg/cm}^3$ Módulo de elasticidad longitudinal o (Young) E= 2.1 x106 kg/cm²

Coeficiente de Poisson u=0.3 (0.25 a 0.33)

Coeficiente de dilatación térmica α= 1.17 x10-5 / C

Módulo de elasticidad transversal (Modulo de Corte) $G = \frac{E}{2(1+u)}$

• Definición en el CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN el acero ASTM A36 hacer clic en "New Material", elegir "Steel" en el tipo de material y seleccionar la especificación ASTM A36 creándose automáticamente las características del material



Figura 221. Definición del acero A36
- Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced 🗠 I T R R E T ¢ν PMU Item Material Property Data Туре A36 ÷ Properties - Materials F_N General Data A36 Lane Material Name and Display Color Steel Material Type Modify/Show Notes. Material Notes Weight and Mass-Units 7.849 Tonf Weight per Unit Volume • 0.8004 Mass per Unit Volume Isotropic Property Data-20389019 Modulus of Elasticity, E 0.3 Poisson's Ratio, U 1.170E-05 Coefficient of Thermal Expansion, A 7841930. Shear Modulus, G Other Properties for Steel Materials Minimum Yield Stress, Fy 25310.507 Minimum Tensile Stress, Fu 40778.04 Effective Yield Stress, Fye 37965.76 Effective Tensile Stress, Fue 44855.84 🔲 Switch To Advanced Property Display OK Cancel
- Verificar las propiedades del acero A36 dar clic en "Modify Property"

Figura 222. Propiedades del acero A36

• Definición del acero ASTM A588 con las siguientes propiedades

$$Fy = 3515 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fu = 4500 \frac{kg}{cm^2}$$

Peso específico Y = 7850 kg/cm³

Módulo de elasticidad longitudinal o (Young) E= 2.1 x106 kg/cm²

Coeficiente de Poisson u=0.3(0.25 a 0.33)

Coeficiente de dilatación térmica α= 1.17 x10-5 / C

Módulo de elasticidad transversal (Modulo de Corte) $G = \frac{E}{2(1+u)}$

 Para la definición del acero ASTM A588 dar clic en "New Material", elegir la opción "Steel" con la especificación de ASTM A992 el cual presenta las mismas propiedades del acero A588

) .		A 1 1	D : (0.)
Home Layout	Components	Loads Bridge	Analysis	Design/Rating
🖧 (F) F. 😰		TT		
Type CON280	▼ Item	S. MET 4	-	Item FIJO
Properties - Materials	r <u>a</u> Sup	erstructure - Deck Se	ections 🕞	Substructur
Qui	ck Material Definition	on		
]
	Region	United States		•
	Material Type	Steel		•
	Standard	ASTM A992		_
	Grade	Grade 50		•
		ОК	Cancel	

Figura 223.Definición del acero A588

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego se verifica las propiedades del material hacer clic en **"Modify"**, en este caso solo se cambia el nombre debido a que todas las características del material coinciden.

	19 (N 🔒 (N)	, ⇒					
🔍 н	ome Layout	Componen	ts Loads	Bridge	Analysis	Design/Rating	Advanced
LI NV	r r (c	Ma	erial Property D)ata		MI N	
Type 7	A992Fy50		General Data				
P	roperties - Materials		Material Name a	and Display Co	olor A	588	
3-D 🕄	View		Material Type		St	eel	T
			Material Notes			Modify/Show Not	ies
			Weight and Mas	8		Units	
			Weight per Unit	Volume	7.849E-03	Kgf, cr	n, C 🔻
			Mass per Unit V	olume	8.004E-06		
			Isotropic Propert	y Data		,	
			Modulus of Elas	ticity, E		20389	01.9
			Poisson's Ratio	. U		0.3	
			Coefficient of T	hermal Expans	ion, A	1.170E	-05
			Shear Modulus,	G		784193	3.
			Other Properties	for Steel Mate	erials		
			Minimum Yield 9	Stress, Fy		3515.3	481
			Minimum Tensil	e Stress, Fu		4569.9	526
			Effective Yield 9	Stress, Fye		3866.8	829
			Effective Tensil	e Stress, Fue		5026.9	478
			Current Tar Arts		hu Diazlari		
			Switch TO Adv	ranceo Proper	(y Display	Cancel	
					<u>`</u>	Ganoor	

Figura 224.Propiedades del acero A588

9.1.2.3.3. Definición de las propiedades de las secciones

9.1.2.3.4. Definición de las secciones de hormigón

• El primer paso para añadir nuevas secciones es ir al menú "**Components**" y elegir la opción "**Frame Properties**".



Figura 225.Crear las secciones

 Como primera sección para añadir es la columna de la pila de 100x80 cm para lo cual se debe hacer clic en "New Frame" y se abrirá la ventana en donde se puede elegir el material y la forma de la sección, en este caso seleccionar "Concrete" de forma "Rectangular"

Home Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Type Image: Section Property Type Image: Section Property Type Circular Pipe Tube Image: Section Property Image: Section Property Rectangular Circular Pipe Tube Precast I Precast U Image: Section U Image: Section U Image: Section Property Pipe Tube Image: Section U Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property Image: Section Property		Ŧ	
None Properties - Frames Add Frame Section Property Select Property Type Frame Section Property Type Click to Add a Concrete Section Rectangular Precast U Precast U Cancel	Home Layout	Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
Select Property Type Frame Section Property Type Click to Add a Concrete Section Rectangular Precast I Precast U Cancel	Type Properties - Frames	Image: Weight of the section Property Image: Weight of the section Property	1
	3-D View	Select Property Type Frame Section Property Type Click to Add a Concrete Section Rectangular Circular Pipe Tube Tube Circular Precast U Cancel	

Figura 226. Designación de la sección

• A continuación se despliega la siguiente ventana en la cual se ingresa las dimensiones de t3=0.80 y t2=1m con su respectivo material de acuerdo a lo especificado en el plano y hacer clic en "OK"

Detalle de las dimensiones de la columna



Figura 227.Detalle transversal de la columna de la pila

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Section Name	Colum	na Pila (100×80)
Section Notes		Modify/Show Notes
Properties Section Properties	Property Modifiers	+ CONCR=280
Dimensions	0.0	1
Depth (t3) Width (t2)	1.	
		Display Color
Concrete Reinforceme	nt	

Figura 228. Definición de la columna de la pila

 La segunda sección a definir es la viga de la pila con las dimensiones de 100x50 cm, hacer clic en "New Frame" y se abrirá la ventana en donde se puede elegir el material y la forma de la sección, en este caso seleccionar "Concrete" de forma "Rectangular"



Figura 229. Elección del material y forma de la viga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 En la siguiente ventana ingresar las dimensiones de t3=0.50m y t2=1mcon su respectivo material, en este caso también se debe configurar la sección como viga para lo cual ir a la opción "Concrete Reinforcement" y elegir "Beam"



Figura 230.Detalle de la viga

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Section Name Viga Pila (100x50) Section Notes Modify/Show Notes Properties Set Modifiers Section Properties Set Modifiers Dimensions + CONCR=280 Dimensions - Continement Data Width (12) 1 Depth (13) 0.50 Vidth (12) 1 Design Type Concrete Reinforcement Display Color DK Cancel East Reinforcement Overrides for Ductile Beams Left Right Top 0. Battom 0.	ctangular Section		
Section Properties Set Modifiers + CDNCR=280 Rehar Material Dimensions 0.50	Section Name Section Notes	Viga Pila (100x50) Modify/Show Notes	
Dimensions Depth (13) 0.50 Width (12) 1 Image: State of the sta	Section Properties Set M	odifiers + CONCR=280	Reinforcement Data
	Dimensions Depth (13) U.50 Width (12) Concrete Reinforcement OK	Display Color	Rebar Material Longitudinal Bars + Fy=4200 kg/cm2 Confinement Bars (Ties) + Fy=4200 kg/cm2 Design Type Column (P:M2:M3 Design) • © Beam (M3 Design Only) • • Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center • • Top 0.06 • Bottom 0.06 • Design Type • • Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center • • Top 0.06 • • Bottom 0.06 • • Bottom 0. • • Bottom 0. • •

Figura 231. Definición de la viga de la pila

• Una vez configurada la sección como viga se obtiene la siguiente ventana en la cual hacer clic en "Ok"

Rectangular Section		-		
Section Name Section Notes	Viga Pil	a (100x50) Modify/Show Notes		
Properties Section Properties	Property Modifiers Set Modifiers	Material + CONCR=280		
Dimensions Depth (t3) Width (t2)	0.50			
Display Color				

Figura 232. Vista de la viga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 La tercera sección es la viga del estribo de 70x30cm para añadirla, hacer clic en "New Frame" y se abrirá la ventana en donde se puede elegir el material y la forma de la sección, en este caso seleccionar "Concrete" de forma "Rectangular"

Home Layout	Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced
C I	Item Item Item Add Frame Section Property
X-Y Plane @ Z=0	Select Property Type
	Frame Section Property Type
	Click to Add a Concrete Section Rectangular Circular Pipe Tube Tube Precast I Precast U
	Cancel

Figura 233. Elección del material y forma de la viga ubicada en el estribo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego ingresar las dimensiones de la viga del estribo t3=0.30 y t2=0.70 con su respectivo material, dar clic en "Concrete Reinforcement" para configurarle como viga, dar clic en "Ok"

			Re	inforcement Da	- Bearings ta	- Fy	
Section Name Section Notes Properties Section Properties Dimensions Depth (13) Width (12) Concrete Reinforcen	Viga Estri Set Modifiers 0.3 0.7 ent DK Can	i (70x30) Modify/Show Notes + CONCR=280 2 + CONCR=280 Display Color		Rebar Material Longitudinal B Confinement E Oesign Type Column IF Column IF Concrete Cove Top Bottom Reinforcement Top Bottom	ars Bars (Ties) P-M2-M3 Design Design Only) r to Longitudin Overrides for D 0. 0.	+ Fy=42 + Fy=42 n) Ductile Beams Left	100 kg/cm2 100 k

Figura 234. Definición de la viga del estribo

 A continuación aparecerá la siguiente ventana en la cual se hace clic en "Ok"

Rectangular Section	-	
Section Name Section Notes	Viga Es	tri (70x30) Modify/Show Notes
Properties Section Properties	Property Modifiers	Material + CONCR=280
Dimensions Depth (t3) Width (t2)	0.3	9
Concrete Reinforcem	ent	Display Color

Figura 235.Ventana de la viga del estribo

La cuarta sección es la viga principal de 40x126 cm para añadirla, hacer clic en "New Frame" y se abrirá la ventana en donde se puede elegir el material y la forma de la sección, en este caso seleccionar "Concrete" de forma "Precast I" para poder analizarle a la viga de forma independiente al tablero.



Figura 236. Elección del material y la forma de la viga principal

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

En la siguiente ventana que se abre ingresar las dimensiones de la viga en este caso como es de sección constante B1-B2-B3 sería igual a 0.40m, B4=0 y solo se inserta el valor D1=1.26m que es la altura total de la viga y el resto de las dimensiones se crean automáticamente, también se debe chequea el material con el cual se está trabajando.



Figura 237.Detalle de la sección transversal de concreto

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Section Name	a Principal (40x126)	Display Color 📃
Set Section Dimensions Based on a	Standard Section B1 0.40 B2 0.40 B3	Section
	B4 0. D1 1.26 D2 0.1016	- Material
$ \begin{array}{ c c c c c } \hline & & B1 & I & Beam \\ \hline & & & \\ D2 & & & \\ D3 & & & \\ B3 & & & \\ B3 & & & \\ B3 & & & \\ \hline & & & \\ D1 & & \\ D1 & & \\ \end{array} $	D3 0.0762 D4 0. D5 0.127 D6 0.127	Properties Section Properties Property Modifiers
		Set Modifiers Section Notes Modify/Show Notes

Figura 238.Definición de la viga de concreto

9.1.2.3.5. Definición de las secciones de acero

 La primera sección que se añade son los ángulos de 100x100x8 mm con un acero A36, para lo cual dar clic en "New Frame", además elegir el tipo de material en este caso seria "Steel" y su forma "Angle"

🕥 🗄 🕫 🛯 🗧 🕥 =	
Home Layout Compon	ents Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced
ьт Ф. Б. Б. Г.	
lype Columna Pila (100X80)	Add Frame Section Property
Properties - Frames	Select Property Type
	Frame Section Property Type
	Click to Add a Steel Section
	Image: Image Image: Image Image: Image Image: Image Image Image: Image Image Image Image Image
	JL JL O Double Angle Double Channel Pipe
	Steel Joist
	Cancel

Figura 239. Elección del material y forma del ángulo de 100x100x8

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego aparecerá la siguiente ventana en la cual se ingresan las dimensiones del ángulo con su respectivo material, hacer clic en "Ok"

Donde:

Longitud vertical (t3)=100mm

Longitud horizontal (t2)=100mm

Espesor horizontal (tf)=8mm

Espesor vertical (tw)=8mm

Angle Section	- 100 C
Section Name	100x100x8) Modify/Show Notes
Properties Property Modifier Section Properties Set Modifiers.	s Material
Dimensions Outside vertical leg (t3) 100 Outside horizontal leg (t2) 100 Horizontal leg thickness (tf) 100 Vertical leg thickness (tw) 8	
	Display Color
ОК	Cancel

Figura 240.Configuración del ángulo de 100x100x8

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• La segunda sección que se añade es la viga principal de 1165x450mm con un acero A588, para lo cual dar clic en "New Frame", además elegir el tipo de material en este caso seria "Steel" y su forma es tipo "I/Wide Flange"

(A) H 9 R & (A)	÷
Home Layout	Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced
¢v 🔁 🖥 🚣	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Columna Pila (100X80 Properties - Frames	Add Frame Section Property
3-D View	Select Property Type
	Image Channel Tee Angle Image Image Image Image Image Image Image Image Image
	Auto Select List Steel Joist
	Cancel

Figura 241.Elección de la forma de la viga de acero

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la ventana que se muestra a continuación se ingresan las dimensiones de la viga, la cual por ser de alma llena se añadió la sección de la platabanda en la parte inferior del ala, realizando el cálculo respectivo.



Figura 242.Detalles de la viga de acero

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Valores de las dimensiones de la viga

Altura total (t3)=1165.5mm

Ancho del ala superior (t2)=450mm

Espesor del ala superior (tf)=25mm

Espesor del alma (tw)=12mm

Ancho del ala inferior (t2b)=450mm

Espesor del ala inferior (tfb)=40.5mm

Section Name	Vig (11	65x450)
Section Notes		Modify/Show Notes
Properties Section Properties	Property Modifiers Set Modifiers	Haterial + A 588
Dimensions		
Outside height(t3)	1.165	
Top flange width (t2)	0.45	
Top flange thickness (tf)	0.025	3
Web thickness (tw)	0.012	
Bottom flange width(t2b)	0.45	
Bottom flange thickness(tfb)	0.0405	Display Color

Figura 243. Definición de las características de la viga de acero

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.4. Acero de refuerzo

• Para ingresar las características de las varillas, ir al menú "Components" elegir la opción "Rebar Sizes"



Figura 244.Crear el acero de refuerzo

• A continuación se muestra la siguiente ventana en la cual se ingresa solo las varillas que se van a emplear con su respectiva área y diámetro, en este caso se tiene varillas de 18-32-12 mm

Rein	Reinforcing Bar Sizes						
	BarlD	Bar Area	Bar Diameter				
	N18	2.54	1.8				
	N18 N12	2.54	1.8	Add			
	N32	8.04	3.2	Modify			
	1414	1.34	1.4				
				Delete			
				Reset to Defaults			
	,,						
	Cancel						

Figura 245. Añadir el acero de refuerzo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.5. Definición de la sección transversal del tablero

• Se inicia con la definición de la sección transversal de concreto; ir al menú "Components", dar clic en "Items" y elegir la opción "Deck Sections"



Figura 246. Ventana para crear una sección transversal del puente

9.1.2.5.1. Sección del tramo de concreto

• Luego hacer clic en "New Section" y se desplegara la siguiente ventana en la cual se elige un puente tipo "Precast I Girder", esta sección se la utiliza para poder evaluar las vigas de forma independiente del tablero

Home Layout Components Loads Brid	ge Analysis Design/Rating Advanced
	Select Bridge Deck Section Type
Properties - Frames rs Superstructure - D	
	Ext. Girders Vertical Ext. Girders Sloped Ext. Girders Clipped Ext. Girders with Radius Ext. Girders Sloped Max
	AASHTO - PCI - ASBI Advanced
	Other Concrete Sectors Image: Concrete Sectors Im
	Steel and Concrete Sections
	Steel Girders

Figura 247. Elegir la sección transversal de concreto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 A continuación se ingresan los valores de la sección transversal del puente de acuerdo a las medidas que se encuentran en el plano del tramo de concreto, y aparecerá automáticamente la sección de la viga principal de (40x126)cm en la opción "Girder Section"



Figura 248.Sección transversal de concreto

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

Width L1 L1 L1 L4 Exterior Girder or S1 Constant or Variable Girder Spacing	L2 L2 Kight Exterior	Y Y X X Section is Legal Show Section Details
Section Data		Girder Output
Item	Value 🔺	Modify/Show Girder Force Output Locations
General Data		
Bridge Section Name	S. Concreto	Modify/Show Properties Units
Slab Material Property	CONCR=280	Materiale Frame Secto
Number of Interior Girders	1	
Total Width	7.	
Girder Longitudinal Layout	Along Layout Line	
Constant Girder Spacing	Yes	
Constant Girder Haunch Thickness (t2)	Yes	
Constant Girder Frame Section	Yes	
Slab Thickness		
Top Slab Thickness (t1)	0.19	
Concrete Haunch Thickness (t2)	0.	
Girder Section Properties		
Circle and Control of the Control of	ga Principal (40v12	
Girder Section	gar mopar (Honre)	
Girder Section Fillet Horizontal Dimension Data	ga miloipar (Home	
Girder Section Filet Horizontal Dimension Data 11 Horizontal Dimension	0.	
Girder Section Fillet Horizontal Dimension Data f1 Horizontal Dimension f2 Horizontal Dimension	0. 0.	

Figura 249. Configuración de la sección transversal de concreto

 Al deslizar hacia la parte de abajo se continúa llenando los datos del volado izquierdo y derecho



Figura 250.Configuración de la sección transversal de concreto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.5.2. Sección transversal metálica

• Hacer clic en "New Section" y se desplegara la siguiente ventana en la cual se elige el tipo de puente "Steel Girders", es decir se define un tablero de hormigón con vigas metálicas.

Home Lavout Components Loads Bridge	Analyric Derion/Batino Advanced	
LE L L L L L L L L L L L L L L L L L L	Select Bridge Deck Section Type	×
Properties - Frames r ₂ Superstructure - Decks	Concrete Box Girders Ext. Girders Vertical Ext. Girders Vertical Ext. Girders Sloped Ext. Girders Clipped Ext. Girders With Radius	ed Max
	AdSHTO - PCI - ASBI Advanced Standard - Other Concrete Sections	
Υ.	Tee Beam Flat Slab Precast I Girder Precast U Girder	
	Steel Girders	

Figura 251. Elegir la sección transversal de Acero

• A continuación se ingresan todas las dimensiones de la sección transversal del puente en la sección metálica y en la opción "**Girder Section**" aparecerá automáticamente la viga de (1165x450) asignada anteriormente.



Figura 252. Detalle de la sección transversal metálica

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

ine Bridge Section Data - Steel Girder						
Vidth Vidth L1 Vidth L2 Ref Pt L2 L2 L2 L2 L2 L2 L2 L2 L2 L2	1 thor or	x x x v v v v v v v v v v v v v v v v v				
Section Data	Value II	Girder Uutput				
General Data	Value 🔺	Modify/Show Girder Force Output Locations				
Bridge Section Name	S METAL					
Slab Material Property	CONCB=280	Modify/Show Properties Units				
Number of Interior Girders	1	Materials Frame Sects Kgf, m, C 🔻				
Total Width	7					
Girder Longitudinal Lavout	Along Layout Line					
Constant Girder Spacing	Yes					
Constant Girder Haunch Thickness (t2)	Yes					
Constant Girder Frame Section	Yes					
Slab Thickness						
Top Slab Thickness (t1)	0.19					
Concrete Haunch + Flange Thickness (t2)	0.05					
Girder Section Properties						
Girder Section	Vig (1165x450)					
Girder Modeling In Area Object Models						
Girders Modeling Object Type	Frame					
Fillet Horizontal Dimension Data						

Figura 253. Configuración de la sección transversal metálica

• Al deslizar hacia abajo se continua llenando los datos de los volados del puente tanto a la izquierda como a la derecha

Width Vidth Vidth <th colsp<="" th=""><th colspan="5">Jefine Bridge Section Data - Steel Girder</th></th>	<th colspan="5">Jefine Bridge Section Data - Steel Girder</th>	Jefine Bridge Section Data - Steel Girder				
Vidth Image: Section Data Image: Section Data </td <td></td> <td></td> <td></td>						
Width Left overhang Data Constant or Variable Oirder Specing Section Data Gide Oirder Specing Section Data Constant or Variable Oirder Specing Section Data Modify/Show Girder Force Output Locations Modify/Show Wroperties Left Overhang Data Data						
Section Data Constant of Variable Oirder Spacing Item Value If Horizontal Dimension 0 Iceft Overhang Data 0 Left Overhang Data 0.3 Left Overhang Data 0.3 Left Overhang Data 0.3 Binkt Overhang Data 0.13	Width	+				
Image: Section Data Image: Section Data Image: Section Data Image: Section Data <td></td> <td>+</td> <td></td>		+				
Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Spacing Image: Section Data Image: Section Constant or Variable Oirder Space Oirder Space Oirder Constant or Variable Oirder Constant or	의 의 부 및 RefPt 부	l m				
Image: Section Data Image: Section Data		■⊐				
Echnology Interior Interior Sinder Sinder Sinder Sinder Sinder Sinder Section Data Section is Legal Show Section Details If Horizontal Dimension 0 Gider Output Left Overhang Data 0.3 Modify/Show Birder Force Output Locations Heterials Frame Sects Kgr, m. C Birder Doverhang Data 0.13						
Girder Sincer Girder Girder Section Data Image: Section Section Data Section Section Details Individual Dimension 0. Deficience to Fillet (L3) 0.3 Left Overhang Dutance to Fillet (L3) 0.13 Brider 0.13	Exterior Interior Exterio	or				
Section Data Constant or Variable Girder Spacing Section Data Section is Legal If Horizontal Dimension 0. If Horizontal Dimension 0. If Horizontal Dimension 0. If Horizontal Dimension 0. Item Value If Horizontal Dimension 0. Itel Overhang Data 0. Left Overhang Data 0.3 Left Overhang Data 0.3 Left Overhang Data 0.3 Bright Doverhang Data 0.13	Ginder Ginder 1Ginder 2 Ginder	·	l → x			
Section Data If Horizontal Dimension 0 1/2 Horizontal Dimensintis Legal 1/	Constant or Variable Girder Spacing		X Y 🔽 Do Snap			
Section Data Section is Legal Show Section Detais Item Value Girder Output If Horizontal Dimension 0. Modify/Show Girder Force Output Locations Iceft Overhang Data 0. Left Overhang Dutation 0.3 Left Overhang Outer Thickness (f5) 0.19 Bridet Overhang Data 0.19						
Item Value If Horizontal Dimension 0. If Horizontal Dimension 0. Iceft Overhang Data 0. Left Overhang Length (1) 0.9 Left Overhang Dutance to Fillet (1.3) 0.3 Left Overhang Data 0.13			Section is Legal Show Section Details			
Item Value If Horizontal Dimension 0. If Horizontal Dimension 0. Left Overhang Data 0. Left Overhang Length (1) 0.9 Left Overhang Dutance to Fillet [L3] 0.3 Left Overhang Data 0.13	Section Data		Girder Output			
Interview Description 11 Horizontal Dimension 0. 12 Horizontal Dimension 0.9 12 Horizontal Dimension 0.3 12 Horizontal Dimension 0.19 Bidde Disenses (15) 0.19	Item	Value 🔺	Modifu/Show Girder Force Output Locations			
Left Overhang Data ∩ Left Overhang Data Modify/Show Properties Left Overhang Distance to Fillet (L3) 0.3 Left Overhang Outer Thickness (f5) 0.19 Bright Doubla 0.19	f1 Horizontal Dimension	0.				
Left Overhang Data Image: Sector 1 Left Overhang Length (1) 0.9 Left Overhang Distance to Fillet (1.3) 0.3 Left Overhang Duter Thickness (f5) 0.19 Bright Overhang Data 0.19	f2 Horizontal Dimension	0	Modifu/Show Properties			
Left Overhang Length (L1) 0.9 Left Overhang Distance to Fillet (L3) 0.3 Left Overhang Outer Thickness (f5) 0.19	Left Overhang Data					
Left Overhang Distance to Fillet [L3] 0.3 Left Overhang Outer Thickness (f5) 019 Bright Discharge Data	Left Overhang Length (L1)	0.9	Materials Frame Sects Kgf, m, C 💌			
Left Overhang Data	Left Overhang Distance to Fillet (L3)	0.3				
Bight Overhang Data	Left Overhang Outer Thickness (t5)	0.19				
	Right Overhang Data					
Right Overhang Length (L2) 0.9	Right Overhang Length (L2)	0.9				
Right Overhang Distance to Fillet (L4) 0.3	Right Overhang Distance to Fillet (L4)	0.3				
Right Overhang Outer Thickness (t6) 0.19	Right Overhang Outer Thickness (t6)	0.19				
Live Load Curb Locations	Live Load Curb Locations					
Distance To Inside Edge of Left Live Load Curb 0.	Distance To Inside Edge of Left Live Load Curb	0.				
Distance To Inside Edge of Right Live Load Curb 0.	Distance To Inside Edge of Right Live Load Curb	0.				
Distance to Centerline of Median Live Load Curb 0.	Distance To Centerline of Median Live Load Curb	0.				
Width of Median Live Load Curb 0.	Width of Median Live Load Curb	U.				
Insertion Point Location	Insertion Point Location	0				
Urrset & from Hererence Point to Insertion Point U.	Officer X From Herefence Point To Insertion Point	<u>u.</u>				
Uliset i riuli nelelerce rum to insettion Point U. V OK Cancel	Unsect From Reference Point To Insertion Point	U. 🔻	OK Cancel			
1						

Figura 254. Configuración de la sección transversal metálica

9.1.2.6. Definición de los diafragmas

• Para crear las características de los diafragmas ir al menú "Components", hacer clic en "Items" y elegir la opción "Diaphragms"



Figura 255.Crear un nuevo Diafragma

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Al seleccionar la opción "Diaphragms" se activa el icono de "New Diaphragms", que al hacerlo clic se abre la siguiente ventana en la cual se elige como "Solid" y se ingresa el espesor del diafragma de concreto en "Diaphragms Thickness"



Figura 256.Detalle del diafragma

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el río Calshi



Figura 257. Definición del diafragma de concreto

A continuación se define el diafragma metálico al hacer clic en "New Diphragm" y en la ventana que se abre seleccionar la opción "Chord and Brace" y automáticamente aparecerá la sección de ángulo de 100x100x8anteriormente creado, de acuerdo a la figura que se muestra a continuación se debe elegir "X Brace" y desactivar el enunciado de "Incluide bottom chord" adicional a esto se debe ingresar la distancia a la que se encuentran las diagonales en la parte superior a 0.10m y en la parte inferior a 0.12m.



Figura 258. Detalle del diafragma metálico

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi



Figura 259. Definición del diafragma metálico

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.7. Definición de los apoyos

• Para la definición de los apoyos ir al menú "Components", dirigirse al icono de "Items" de la sub-estructura y seleccionar la opción "Bearings".



Figura 260.Crear un apoyo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego dar clic en "New Bearings" para definir el apoyo Fijo, en el cual todas las restricciones son fijas y las rotaciones se libera para trabajar como articulación fija como se muestran en la siguiente imagen.

Home Layout Components Loads Bridge	Analysis Design/Rating Advanced
Image: Second state Image: Second state	Sections rs
3-D View	
	Bridge Bearing Data
	Bridge Bearing Name FU0 Units Kgf, m, C 💌
	Bridge Bearing Is Defined By: C Link/Support Property +
	 User Definition
	User Bearing Properties
	DOF/Direction Release Type Stiffness
	Translation Vertical (U1) Fixed
	Translation Along Layout Line (U3) Fixed
	Rotation About Vertical (R1) Free
	Rotation About Normal to Layout Line (R2) Free
	Hotation About Layout Line (H3) Free
	OK Cancel

Figura 261. Definición del apoyo fijo

 A continuación se designa un apoyo móvil haciendo clic en "New bearings" y liberar el desplazamiento horizontal en U3 al igual en las rotaciones colocar "Free"

	Home	Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/Rating	Advanced				
i⊆ I €V Type	Uiga Est	ri (70x30)		Item D. CO	NCRETO		国社 批Ⅲ Item FIIO	re - Bearings				
3-	D View						Bridge Bearing	Data				
					v ²		Bridge Bear - Bridge Bear C Link/S C User D - User Bearin Translati Translati Translati Translati Rotation Rotation	aring Name ng Is Defined By pport Property efinition p Properties DOF/Dir N Vertical (U11) n Normal to Lay Normal to Lay Norma	MOVIL ection out Line (U2) Line (U3) 31] Layout Line (R2) ne (R3) OK	Release Type Fixed Fixed Firee Firee Firee Firee Cancel	Units Kg, m, C	

Figura 262. Definición del apoyo móvil

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.8. Definición de la Cimentación

 De la misma forma para asignar las condiciones de la cimentación ir al menú "Components", hacer clic en el icono de "Items" y elegir la opción "Foundation Springs"



Figura 263. Crear la cimentación

• Luego hacer clic en "New foundation Springs" y se abre la siguiente ventana en la cual se le designa todo fijo "Fixed" ya que la cimentación se encuentra empotrada

Home Layout Components Loads Bridge Anal	ysis Design/Rating Advanced
Image: State of the state o	
Supersonation of the second seco	Foundation Spring Data
	Foundation Spring Name CIMENTACION Units Foundation Spring Is Defined By:
	Translation Vertical (U1) Fixed Translation Along Skew (U2) Fixed
	Translation Normal to Skew (U3) Fixed Rotation About Vertical (R1) Fixed
	Rotation About Line Along Skew (R2) Fixed Rotation About Line Normal to Skew (R3) Fixed
Y.	OK Cancel

Figura 264. Definición de la cimentación



9.1.2.9. Definición de los Estribos

 Para la definición de los estribos ir al menú "Components", en el icono "Items" de la sub-estructura elegir la opción "Abutments" y se activara la opción para crear los estribo



Figura 265.Crear un estribo

• Después hacer clic en "New Abutment" se despliega la siguiente ventana en la cual se debe elegir la opción "Connect to Girder Bottom Only", e indica que el estribo se encuentra conectado solo a la parte inferior de la viga la cual se asienta en una viga continua "Continuous Beam" de 70x30 cm asignada anteriormente con su respectiva longitud de 8 metros que es el ancho del estribo y en cuanto a las propiedades de la fundación elegir la opción cimentación como se muestra en la siguiente figura.

Home Layout Compon	ents Loads Bridge Analysis	Design/Rating Advanced
Image: Second	Item D. CONCRETO Superstructure - Diaphragms	Image: Substructure - Abutments Fig.
3-D View	Bri	idge Abutment Data
		Bridge Abutment Name ESTRIBOS Units Girder Support Condition [Kgf, m, C] © Integral © Connect to Girder Bottom Dnly Substructure Type Foundation Spring © Continuous Beam (Continuously Supported)
		Foundation Spring Foundation Spring Property Note: When substructure type is grade beam, foundation spring property represents a line spring.
		OK Cancel

Figura 266.Definición del estribo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.10. Definición de la Pila

• En la definición de las pilas ir al menú "Components", en el icono "Items" de la sub-estructura elegir la opción "Bents" y se activara la opción para crear la pila



Figura 267.Crear la pila

• Hacer clic en "New Bents" y se abre la siguiente ventana que se muestra a continuación, la cual ha sido configurada de acuerdo a los siguientes pasos.

1.- Ingresar el valor de 6.6m de la longitud de la viga sobre la cual se apoya la superestructura en la opción "Cap Beam length"

2.- Ingresar en número de columnas que posee la pila, en el literal "Number of column" colocar el valor de 3

3.-Verificar en el enunciado **"Cap Beam Section"**se encuentre la sección de la viga de 100x50 cm

4.-En el tipo de pila seleccionar la opción **"Double bearings line"** debido a que el puente es de dos tramos el uno de hormigón y el otro de acero.

5.- Luego indicar que la pila se encuentra ubicada a la parte inferior de la viga eligiendo la opción "Connect to Girder Bottom Only" de los dos apoyos

6.- Ingresar la distancia a la que se encuentra el apoyo antes y después del eje de la pila en este caso es a 0.10m.

7.- Modificar las características de las columnas hacer clic en **"Modify** Show columns Data"

Bridge Bent Data Bridge Bent Name Units PILA Bent Data Cap Beam Length Number of Columns Cap Beam Section Viga Pila (100x50) Modify/Show Column Data Bent Type Single Bearing Line (Continuous Superstructure) Connect to Girder Bottom Only Location of Bearing Line After Bent Distance from Bent to Bearing Line (Discontinuous Superstructure) Connect to Girder Bottom Only	oonents Loads Bridge	Analysis Design/Rating	Advanced	
Bridge Bent Data Bridge Bent Name PILA PLA Bent Data Cap Beam Length Number of Columns Cap Beam Section + Viga Pila (100x50) Image: Connect to Girder Bottom Only Location of Bearing Line Output Cap Beam Section + Viga Pila (100x50) Image: Connect to Girder Bottom Only Connect to Girder Bottom Only Location of Bearing Line Output Distance from Bent to Bearing Line Image: Connect to Girder Bottom Only Location of Bearing Line Image: Connect to Girder Bottom Only Image: Connect to Bea	Item D. CONCRETO Superstructure - Diaphrag	ms r	ture - Bents	
Bridge Bent Name Units Girder Support Condition Before Bent Plata Kgf, m, C • Integral Cap Beam Length 6.6 Distance from Bent to Bearing Line Number of Columns 3 Circle Support Condition After Bent Cap Beam Section + Viga Pila (100x50) • Modify/Show Column Data • Connect to Girder Bottom Dnly Bent Type Connect to Girder Bottom Dnly Location of Bearing Line After Bent • Single Bearing Line (Continuous Superstructure) Distance from Bent to Bearing Line 0.1	Bridge Bent Data			
	Bridge Bent Name PILA Bent Data Cap Beam Length Number of Columns Cap Beam Section + Modify/Show Bent Type C Single Bearing Line (Continu Double Bearing Line (Discord)	Units Kgf, m, C 6.6 3 Viga Pila (100x50) v Column Data ous Superstructure) tinuous Superstructure) DK	Girder Support Condition Before Bent	

Figura 268.Definición de la pila



A continuación se muestra la ventana para configurar las columnas con su respectiva sección "Section", distancia "Distance", altura "Height", ángulo "Angle" y base de soporte "Base Support" especificadas en los detalles, también se debe verificar que las reacciones R1-R2-R3 en las tres columnas se encuentren fijas "Fixed"



Figura 269.Detalle de las columnas de la pila

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

ridge Bent Nar BENT1	ne	Modify/Shov	v Properties action Properties	Foundation Sp	ring Properties	Units Kgf, m, C	•
Column Data Column	Section	Dis	tance H	eight Ar	ngle B	ase Support	_
1	Columna Pila (100	0×80) I	D.8	18.	0.	Fixed	
2	Columna Pila (100	0×80) :	3.3	18.	0.	Fixed	
3	Columna Pila (100	0×80) !	5.8	18. 🛄		Fixed	1
Notes: 1. The distar 2. The colun 3. The colun	nce is measured from In height is measured In angle is measured	h the left end of t d from the midhe f in degrees cour	he cap beam to th ight of the cap bea nterclockwise from	e center of the colu am to the bottom of a line parallel to the	mn. the column. e bent to the colur	nn local 2 axis.	V
Notes: 1. The distar 2. The colun 3. The colun foment Releas	ice is measured from in height is measured in angle is measured es at Top of Column	the left end of t d from the midhe d in degrees cour	he cap beam to the ight of the cap bea nterclockwise from	e center of the colu am to the bottom of a line parallel to the	mn. the column. bent to the colur	nn local 2 axis.	
Notes: 1. The distar 2. The colun 3. The colun Ioment Releas Column	nce is measured from an height is measured an angle is measured es at Top of Column R1 Release	the left end of t d from the midhe d in degrees cour R2 Release	he cap beam to the ight of the cap bea nterclockwise from R3 Release	e center of the colu am to the bottom of a line parallel to the 31 Stiffness	mn. the column. e bent to the colur R2 Stiffness	nn local 2 axis.	
Notes: 1. The distar 2. The colun 3. The colun toment Releas Column 1 2	nce is measured from nn height is measured nn angle is measured es at Top of Column R1 Release Fixed Fixed	the left end of ti d from the midhe d in degrees cour R2 Release Fixed Fixed	he cap beam to the ight of the cap bea nterclockwise from R3 Release Fixed	e center of the colu am to the bottom of a line parallel to the 31 Stiffness	mn. the column. e bent to the colur R2 Stiffness	nn local 2 axis.	
Notes: 1. The distar 2. The colun 3. The colun toment Releas Column 1 2 3 3	nce is measured from nn height is measured nn angle is measured es at Top of Column R1 Release Fixed Fixed Fixed Fixed	the left end of ti d from the midhe d in degrees cour d in degrees cour d in degrees cour d in degrees cour d in degrees court d in degrees court	he cap beam to the ight of the cap bea nterclockwise from R3 Release Fixed Fixed Fixed	e center of the colu am to the bottom of a line parallel to the 31 Stiffness	mn. the column. bent to the colur R2 Stiffness	nn local 2 axis.	×

Figura 270.Configuración de las columnas de la pila

9.1.2.11. Definición del Vehículo de diseño

• Ir al menú "Loads" y hacer clic en el icono "New Vehicle" y se elige el vehículo Hsn-44 que se asemeja al empleado en el diseño del puente y se activa automáticamente el factor de escala.

Home Layou	t Components Loads Bridge	Analysis Design/Rating Advanced
Vehicles	Vehicle Data	UNIFRS VIEw None
	Vehicle Name Type C. General Vehicle	Data Definition Region United States
	Standard Vehicle	Standard AASHTO Vehicle Type HSn-44
	Conversion Show As General Vehicle	Scale Factor 20 Dynamic Allowance
	Convert To General Vehicle	Class
	ОК	Cancel

Figura 271.Elegir el vehículo tipo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego hacer clic en "Convert to General Vehicle" para modificar las medidas y cargas por eje del vehículo, de acuerdo a lo empleado en el diseño, donde se elige el valor a cambiar y se da clic en "Modify".



Figura 272. Vehículo tipo

Fuente: Diseño del Puente Mixto sobre el rio Calshi

venicie name			Units-		_				
HS-15-44			Tonf, m	i, C 💌			٠	•	•
Floating Axle Loads							•	•	•
	Value	Wie	lth Type	Axle Width	Loa	d Plan			
For Lane Moments	0.	One Poi	nt 💌						I
For Other Responses	0.	One Poi	nt 💌						
Double the Lane Mr.	oment Load who	n Calculat	ina Neastive 9	Span Moments			¥	¥	*
					Loa	d Elevation			
Usage		Min	Dist Allowed F	From Axle Load		Length	Effects		
Lane Negative Mome	ents at Supports	Lar	ne Exterior Edg	ge 0.3048	_	Axle	None	•	Modify/Show
Interior Vertical Suppl All other Besponses	ort horces	Lar	ne Interior Edg	e 0.6096		Unifor	m None	•	Modify/Show
J♥ All other tresponses									
Loads			11.2						
Load Length Type	Distance [iaximum)istance	Load	Unirorm Width Type	,	Unirorm Width	Load	Axie Width Type	Width
Leading Load 🛛 🚽 In	finite		0.	Fixed Width	-	8.048	5.45	Two Points	▼ 1.8
Leading Load In	finite		0.	Fixed Width	-i	3.048	5.45	Two Points	1.8
Fixed Length 4. Variable Length 4.	27 9.1	44	0.	Fixed Width Fixed Width		3.048 3.048	5.45 6.45	Two Points Two Points	1.8 1.8
II_				1			1	1	ļ
		hά	-	Insert	Modifu)elete		
Adu Insek Mouly Delete									

Figura 273. Características del vehículo tipo



 Una vez creado el vehículo tipo se crea la clase de vehículos al hacer clic en "Vehicle Classes"



Figura 274.Crear una clase de vehículo

• A continuación se debe hacer clic en "New Vehicle Classes" y añadir el vehículo creado Hs-15-44.

Home Layout	Components Loads	Bridge Analysis	Design/Ra
Type HS=15-44 Vehicles - Classes	DL Load Patterns Load Patterns	Type UNIFRS Functions - Response Sp	Dectrum
Trane @ Z=0	Vehicle Class Data		
	Vehicle Class Name Define Vehicle Class Vehicle Name HS-15-44 HS-15-44 OK	VECL1 Scale Factor Add Modify Delete Cancel	

Figura 275. Definición de la clase de vehículo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.12. Definir los patrones de carga

Para definir los patrones de carga ir al menú "Loads" elegir el icono "Load Patterms", por defecto el programa tiene carga muerta de tipo "Dead" en la cual se escribió CM con un factor multiplicador de 1 para que se aplique el peso propio de la estructura y se presionó "Modify Load Patters" las demás cargas se las añade con el tipo de carga que representa cada una y con un factor de 0 como se indica en la siguiente figura.


Figura 276.Definición de los patrones de carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.13. Definición de las cargas del puente

La primera carga que se añade es la carga puntual de los postes ubicado a la derecha, para lo cual ir al menú "Loads" seleccionar "Type" y elegir "Point Load"



Figura 277. Creación de la carga puntual

 Luego hacer clic en "New" y se abre el siguiente cuadro de dialogo, tomado en cuenta la dirección de la carga en este caso es "Gravity", ingresando el valor de la carga en la opción "Value" verificando las unidades en este caso es de 0.10 T, y por último se indica la ubicación "Right Edge of Deck" con su respectiva distancia a 0.10 del lado derecho.

Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
DL Load Patterns ad Patterns ad Patterns Functions - Response Spectrum	
Load Name Load Distribution Deta Load Value	
Value Utad Transverse Location Reference Location Load Distance from Reference Location Load Vertical Location Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion	

Figura 278.Definición de los postes a la derecha

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Después crear una copia del anterior hacer clic en "Copy" y se abre el siguiente cuadro de dialogo, en el cual solo se debe cambiar la ubicación a la izquierda conservando las mismas características, es decir hacer clic en "Left Edge of Deck" y en "Ok".

ing Advanced	
Type Post Der	[⊥] ^P ×
Bridge Point Load Distribution Defin	iition Data
Load Name	Units
Pos Izq	Tonf, m, C
Load Direction	
Load Type	Force
Coordinate System	GLOBAL
Direction Gravity	<u> </u>
Load Value	
Value	0.1
Load Transverse Location	
Reference Location	Left Edge of Deck
Load Distance from Reference L	ocation 0.1
Load Vertical Location	
Top Slab is Loaded at Midheight	of its Thinnest Portion
ОК	Cancel

Figura 279. Definición de los postes izquierdos

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 A continuación se define la carga lineal aplicada sobre el puente o también conocida como carga de baranda con un valor de 0.15 T/m, los pasos a seguir son: ir al menú "Loads" seleccionar el menú "Type" escoger el literal "Line Load"



Figura 280.Crear la carga lineal

Luego se activa la opción "New Line load", dar clic sobre tal opción y se desplegara el siguiente cuadro de dialogo en el cual primero se elige las unidades, después se indica la dirección de la carga es decir "Gravity" con un valor de 0.15T/m se encuentra ubicada a la derecha seleccionar el item "Right Edge of Deck" a una distancia de 0.10m

Loads Bridge Analysis Design DL Load Type Espectro Patterns Functions - Response Spectru	VRating Advanced
real and a second se	Bridge Line Load Distribution Definition Data

Figura 281.Definición de la carga de baranda derecha

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Para crear la carga de baranda izquierda se dio clic en "New Line Load" y se insertan los mismos valores y dirección de la baranda derecha a diferencia de su ubicación en este caso definimos "Left Edge of Deck" y con la distancia de 0.10m

Loads	Bridge	An	alysis	Design/Rating Advanced	
) L oad		L			
terns	Type	Espectr	0	Bridge Line Load Distribution Definition Data	
Patterns	Funct	Z	lesponse	Load Name Bar Izq Load Direction Load Type Coordinate System Direction Coordinate System Direction Gravity Load Value Value Value Units Tonf, m, C Coordinate System GLOBAL Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Direction Gravity Coordinate System Coordinate System Co	

Figura 282. Definición de la carga de baranda Izquierda

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• La tercera carga asignada es la carga en área, su definición inicia al dirigirse al menú "Type", eligiendo el literal "Area Load"



Figura 283.Crear la carga de asfalto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Posteriormente se hace clic en "New Area Load" y se desplegara el siguiente cuadro de dialogo, en el cual se ubica las unidades de trabajo en T-m, luego se ingresa la dirección "Direction" "Gravity", se continua insertando el valor de 0.12T/m2 de la carga tanto a ala derecha como a la izquierda y por último se coloca su localización con su respectiva distancia es decir a la izquierda "Left Edge of Deck" a 0.15 m y a la derecha "Right Edge of Deck" a 0.15m



Figura 284.Definición de la carga de asfalto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.14. Definición de carga móvil

Para la asignación de la carga móvil del camión de diseño ir al menú "Analysis", después dar clic en el icono "Type" y seleccionar el literal "Moving Load"

		Home Layout Compon	ents Loads Bridge	Analysis	Design/Rating Adva	nced	
	Type		Schedule Convert Show Stages Combos Tree	Bridge Response	DOF's Model Analysis Lock Options	Run Last Analysis Run	Modify Reset Geometry Geometry
L	臣	All	u 5	Bridge	LOCK	inalyze	Shape Finding
	臣	Static					
	Ŀ	Nonlinear Staged Construction					
	Ŀ	Multistep Static					
	Ŀ	Modal					
	Ŀ	Response Spectrum					
	Ŀ	Time History					
\triangleleft	I.	Moving Load					
	Ŀ	Buckling					/
	Ŀ	Steady State					
	Ŀ	Power Spectral Density					
	Ŀ	Hyperstatic]				

Figura 285.Crear la carga móvil

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Se activará la opción "New Moving Load", al hacer clic se despliega el siguiente cuadro de dialogo, en donde se añade la clase de vehículo al dar clic en "Add", también se debe verificar que en el caso de carga o "Load Case Type" se encuentre especificado "Moving Load" y que el factor de reducción de escala sea igual a 1 cuando se tiene dos carriles, y por último seleccionar los dos carriles lo cual indica que sobre ellos circulará el vehículo tipo



Figura 286. Configuración de la carga móvil

9.1.2.15. Definición del objeto puente

 Para la definición del objeto puente ir al menú "Bridge", seleccionar al icono "New Bridge Objet" y se abrirá la ventana que se muestra a continuación en la cual se debe configurar los espacios o "Spans" siguiendo los siguientes pasos

1.- En el enunciado **"Define Bridge Object Reference Line"**, elegir la fila de **"Start Abument"** y se le cambia el nombre a **"Estribo"** luego hacer clic en **"Modify"** para que se guarden los cambios.

2.-Luego se vuelve a seleccionar la fila de "Estribo" se cambia el nombre por "TRAMO ACERO" a una estación o "Station" de 25 m que es la longitud del tramo de puente de acero y al hacer clic en "Add" el puente se divide en dos tramos

3.-El segundo espacio se lo configura de acuerdo al literal uno y se lo llama **"TRAMO CONCRETO"** el cual se encuentra desde los 25m hasta los 46m

Home Layout Compo	onents Loads Bridge Analysis	Design/Rating Advanced		
**	Bridge Object Data			
None Spans	Bridge Object Name	Layout Line Name	Coordinate System	Units
3-D View	P.MIXTO	EJE PRINCIPAL	GLOBAL	▼ Kgf, m, C ▼
	Define Bridge Object Reference Line			Modify/Show Assignments
	Span Station	Span Tupe		Spans
	TRAMO CONCRETO	16. Full Span to End Abutment		Abutments
	ESTRIBO 0.	Start Abutment	Add	In-Span Hinges (Expansion Jt:
	TRAMO ACERO 25. TRAMO CONCRETO 46.	Full Span to End Bent Full Span to End Abutment	Modify	Superelevation Prestress Tendons
			Delete	Girder Rebar Staged Construction Groups
				Point Load Assigns
			T Delete All	
	Note: 1. Bridge object location is based on	bridge section insertion point following specified	f layout line.	Modify/Show
	Bridge Object Plan View (X-Y Projection)			
	North			
	^ Y ×	Show Enlarged Sketch	ОК	Cancel

Figura 287. Asignación del tramo de concreto y acero

9.1.2.15.1. Asignación del Span

 Se procede a asignar la sección transversal de cada tramo, dar clic en "Spans" y en el primer espacio llamado "TRAMO ACERO" elegir la sección transversal "S.METAL" y para el segundo espacio "TRAMO CONCRETO" elegir la sección "S.CONCRETO".

3ridge Object Name P. MIXTO		Layout Line Name	Coordinate System	s f, m, C 🗨
Define Bridae Obiect Refere	nce Line	,	Modify/Show As:	sianments
Span Label	Station m	Span Type Start Abutment	Spans User Disorctizati Abutments	on Points
ESTRIBO INICIO TRAMO ACERO TRAMO CONCRETO Bridge Object Span Ass	0. 25. 46.	Start Abutment Full Span to End Bent Full Span to End Abutment	Add In-Span Hinges (In-Span Hinges (In	(Expansion Jt: iaphragms ns stion Groups gns
Bridge Object	ct Name P.	МІХТО	Delete All Modify/	Show
Span RAMO ACER MO CONCRI	Section S. METAL S. Concreto	Section Varies No No		

Figura 288. Asignación de los espacios

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.15.2. Asignación de los estribos

• Asignación de los estribos hacer clic en "Abutments" para configurar los siguientes parámetros en el estribo de inicio "Start Abutment"

1.-En la opción **"Abutment Property"** escoger la sección con las características anteriormente creadas en la sub estructura

2.-Dirigirse al literal **"Elevation (Global Z)** e ingresar la altura descendente a la que se encuentra ubicado el estribo con respecto al eje del puente, la cual es calculada de la siguiente manera.

altura de la viga + alura del tablero + altura del neopreno

1.167m + 0.19m + 0.05m = 1.405m se coloca 1.41m

El valor calculado es de 1.41m se ingresa en este casillero con signo negativo debido a que es una altura descendente.

3.- Definir el apoyo móvil en la opción "Bearing Property", también ingresar la altura descendente a la que se encuentra el apoyo que es de 1.36m tomando en cuenta solo la altura de la viga más el tablero.

	Bridge Object Data	* *		
Span Supports Super Prestress Items Elevation Tendons Bridge Objects	Bridge Object Name	Layout Line Name	Coordinate System	✓ Units Kgf, m, C ✓
Bridge Object Abutment Assignments	Calley Trapp Trapp Trapp			Modify/Show Assignments
Bridge Object Name	Р. МІХТО		Units Kgf, m, C	Spans User Discretization Points Abutments Bents In-Span Hinges (Expansion Jt:
Start Abutment End Abutment			1	In-Span Cross Diaphragms Superelevation Prestress Tendons
Superstructure Assignment		Bearing Assignment		Staged Construction Groups
Abutment Direction (Bearing Angle)	Default	Bearing Property + MOVIL		Point Load Assigns Line Load Assigns
Diaphragm Property +	lone 💌	Restrainer Property at Bearing + None	-	
- Substructure Assignment		Elevation at Layout Line (Global Z)	-1.36	Modify/Show
C None		Rotation Angle from Bridge Default	0.	
Abutment Property + E	STRIBOS	Girder-By-Girder Overwrites		
C Bent Property +		Modify/Show Overwrites	No Overwrites Exist	
Substructure Location				
Elevation (Global Z)	-1.41			
Horizontal Offset	0.			
Note: Horizontal offset is from layout line t	o midlength of abutment.			
				OK Cancel
		Cancel		

Figura 289. Asignación del estribo de inicio

• A continuación seleccionar el enunciado "End Abutment", que son las características del estribo ubicado al final del puente, se realiza el mismo análisis pero tomando en cuenta que contiene un diafragma de concreto y que la altura descendente del estribo es de -1.50 m y la altura del apoyo es de -1.45m esto varia por la diferencia de altura de las vigas.

Bridge Object Name	P. MIXTO		Kgf, m, C 💌
tart Abutment End Abutment End Abutment Superstructure Assignment Abutment Direction (Bearing Angle) Default Diaphragm Property + Substructure Assignment C Substructure Assignment C None + Abutment Property + Bent Property + Substructure Location Elevation (Global Z) Horizontal Offset 0. Note: Horizontal offset is from layout line to midlength of al	5 5 5 5	Bearing Assignment Bearing Property + MOVIL Restrainer Property at Bearing + None Elevation at Layout Line (Global Z) Rotation Angle from Bridge Default Girder By Girder Overwrites for End Abutment Modify/Show Overwrites	-1.45 0. No Overwrites Exist
Horizontal Offset 0. Note: Horizontal offset is from layout line to midlength of al	outment.		

Figura 290. Asignación del estribo del fin

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.15.3. Asignación del Bent

• Se asignará las condiciones de la pila en el puente, para ello hacer clic en **"Bents"** y se abre la siguiente ventana de dialogo la cual se configura de la siguiente manera. 1.- El primer paso es identificar la ubicación de la pila que se encuentre a
25m al fin del "TRAMO DE ACERO" en la opción "Specify Bent Considered"

2.- El segundo paso es dirigirse al enunciado **"Diaphragma Property After Bent"** y elegir el diafragma de concreto **"D.Concreto"** que se encuentra después de la pila como se especifica en los detalles .

3.- Definir la altura descendente a la que se encuentra la pila en la opción
"Elevation (Global Z)" insertar el valor de -1.50m, en este caso se adoptó la altura de las vigas de hormigón

4.- Asignar como fijo el apoyo ubicado antes de la pila en el enunciado **"Bearing Assignment Before Bent"** y en la elevación se colocó -1.45m, las mismas características se colocan en el apoyo después de la pila en la opción **"Bearing Assignment After Bent"**

Bridge Object Bent Assignments		
Bridge Object Name Units P. MIXTO Kgf, m, C	Bearing Assignment Before Bent Bearing Property + FUO -	▼ Units
Specify Bent Considered Bent Is At the End of This Span TRAMO ACERD Bent Is At This Station 25.	Restrainer Property at Bearing + None Elevation (At Layout Line, Global Z) 1.45 Rotation Angle from Bridge Default Girder-By-Girder Bearing Overwrites Before Bent	Modify/Show Assignments Spans User Discretization Points Portuments Pents In Span Himnes (Empansion Jt
Superstructure Continuity Condition Discontinuous Mesh Superstructure to Match Bent Bearing Yes	Modify/Show Dverwrites No Overwrites Exist Bearing Assignment After Bent	In-Span Cross Diaphragms Superelevation Prestress Tendons Girder Rebar
Diaphragm Property Before Bent + None Diaphragm Property After Bent + D. CONCRETO Restrainer Property Intone	Bearing Property + ELIO • P Restrainer Property at Bearing + None • Elevation (At Layout Line, Global Z) - - -	Point Load Assigns
Restrainer Elevation (At Layout Line, Global Z) Girder-By-Girder Overwrites Superstructure Restrainer Overwrites Modifu/Show Overwrites. Nn Overwrites Exist	Rotation Angle from Bridge Default 0. Girder-By-Girder Bearing Overwrites After Bent Modifu/Show Overwrites No. Overwrites Evict	
Bent Assignment Bent Property + PILA Plus		
Bent Location Elevation (Global Z) Horizontal Offset 0. Note: Horizontal offset is from bridge layout line to midlength of cap beam.	OK Cancel	Cancel

Figura 291. Asignación de la pila

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.15.4. Asignación de los Diafragmas

 El siguiente parámetro a definir en el puente son los diafragmas, hacer clic en "In Span Cross Diaphragms" e ingresar las distancias o "Distance" especificadas en los detalles de las vigas metálicas y de las vigas de hormigón, en el literal "Diaphragm Property" se elige la sección de diafragmas creadas anteriormente de acero o de concreto y se da clic en "Add"



Figura 292. Asignación de los diafragmas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.15.5. Asignación de las varillas de refuerzo longitudinal

• A continuación se ingresa los aceros de refuerzo del tramo de concreto, seleccionar "Girder Rebar", se abre un cuadro de dialogo para insertar cada uno de los aceros siguiendo una secuencia de pasos

 Elegir el nombre de la varilla "Bar size" la primera varilla ingresada es de nombre "N32", luego elegir el número de la varilla en "N.of Bars" en este caso son 6

2.- Se indica la referencia de la línea **"Reference Line"** se escoge **"Center of TRAMO DE CONCRETO"** es decir: desde el centro del tramo de concreto

3.- Ingresar la distancia a la izquierda del centro "Dist. Left", seria 10.45mla mitad del puente restando el recubrimiento

4.-Ingresar la distancia derecha con respecto al centro del tramo de concreto**"Dist. Right",** seria10.45m la mitad del puente restando el recubrimiento

5.-Insertar el valor de la distancia vertical "**Dist Vertical**" con respecto a la parte de la viga "**Bottom**" abajo, "**Top**" arriba en este ejemplo se tomó "**Bottom**" a 0.05m que representa el recubrimiento, luego de haber definido todos estos parámetros hacer clic en "**Add**" para añadir el acero longitudinal en las vigas



Figura 293. Asignación del acero de refuerzo longitudinal

9.1.2.15.6. Asignación de las varillas de acero de refuerzo transversal

• Luego se adiciona el acero transversal al elegir la opción "Transverse Reinforcement", se abre la ventana para insertar cada uno de los aceros siguiendo una secuencia de pasos mostrada a continuación.

1.-Elegir el espacio o "Span" es el llamado "TRAMO DE CONCRETO"

2.-El segundo ítem es la localización del acero, es decir: se eligió al inicio del tramo de concreto o **"Spans Start"**

3.-Elegir el nombre de la varilla **"Bar size"** la varilla ingresada es de nombre **"N12"**

4.-Elegir el número de la varilla en **"N.of Bars"** en este caso son 4 por ser dos estribos que contiene cada viga

5.-Ingresar la dimensión de los espacios o "Spacing" que es de 0.35m

6.- Se indica el número de espacios en el literal "N. of Spaces" que son 16

7.- Por último se coloca el valor de la distancia de inicio y fin de este refuerzo transversal que sería de 0 hasta 5.6m de la viga

Nota: Siguiendo esta secuencia de pasos se ingresan los demás aceros de refuerzo y a medida que se va ingresando se puede ver en la parte inferior la gráfica de cada uno de ellos.

Select Bridge Object	- Se	lect Bridge Girder— eft Exterior Girder	_	Copy to Inte	rior Girder 1	•	Units Kgf, m, C	•
C Longitudinal Reinforcem	nent 🔇	Transverse R	einforcement	>				
Transverse Rebar								
Material Fy=4200 kg/o	cm2 💌							
Span Locati	on	Bar Size	N. of Bars	Spacing	N. of Spaces	Start Dist.	End Dist.	
TRAMO CON 💌 Span (Center 💌	N12 -	4	0.68		5.6	15.4	
TRAMO CONCR Span	Start	N12	4	0.35	16	0.	5.6	
TRAMO CONCR Span I	End	N12	4	0.35	16	15.4	21.	1
		БРА	1 Mo	odify	Delete			
Girder Reinforcement Lay	out Plot	[Add	. Mo	odify	Delete			
Girder Reinforcement Lay	out Plot	. Add	j Mo	odify	Delete			
Girder Reinforcement Lay	out Plot	- Add] <u>M</u> (
Girder Reinforcement Lay	out Plot	25.	M(21.		
Girder Reinforcement Lay	out Plot	25. AMO ACERO	1 <u>M</u>		Delete	21. CONCRETO		
Girder Reinforcement Lay	out Plot	25. AMO ACERO	I <u>M</u>	odify	Delete	21. CONCRETO		

Figura 294. Asignación del acero de refuerzo transversal

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.15.7. Asignación de las cargas

• Para la asignación de las cargas puntuales anteriormente definidas hacer clic en **"Point Load Assigment"** luego se despliega una ventana en la cual se ingresa todas las cargas puntuales tomadas en cuenta en el diseño, así tenemos la carga de postes, tanto a la derecha como a la izquierda a lo largo del puente. En el tramo de acero se tiene 7 postes ubicados a 3.83m de longitud iniciando a 1 m del tablero luego continúan 5 postes más en el tramo de concreto a una distancia de 4.15m.

Layout Components Loads Bridge A Stisz Spans Span Supports Super Bridge Objects Point Load Assignments - P. MIXTO	nalysis Design/Rating Advanced Bridge Object Data Bridge Object Name [P. MCTO Define Bridge Object Reference Line Scanner Station Scanner Station	Coordinate System GLOBAL Modify/Show Asignments Abutments Posper Hinges Expansion Je Posper Hinges Exper Hi
Point Load Data Load Pattern Load Distribution Pos Post Der Pos Post Der	Stat Station Spacing Number Transverse Variation m m n n n 1 3.83 7 None n 26 4.15 5 None n 26 4.15 5 None n n	Add New Add New Add Copy Prestess Tendons Delete Staget devined in Groups Up Down + Load Patterns + Load Patterns + Variations Kgf. m. C V
	DK Cancel	Sketch

Figura 295. Asignación de la carga de frenado y postes

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• La siguiente carga a asignar es la lineal por ello hacer clic en "Line Load Assigns" y elegir la carga de baranda tanto izquierda como derecha, la cual inicia en 0 y termina en la longitud del puente 46m

1 S2	51 S2	1		Bridge Obje	ect Data	: :					
bans	; Span S Items Br	Supports Super Elevatio ridge Objects	Prestress n Tendons	Bridge (Dbject Name		EJE PRINCIPAL	•	Coordinate System	•	Units Kgf, m, C 💌
-				Define	Bridge Object Refer	ence Line				Modify.	/Show Assignments
Li	ne Load Assign	ments - P. MIXTO			lane .	1000	100			Abutm	ients 🔺
	Line Load Da	ła								In-Spa In-Spa	n Hinges (Expansion Jt: n Cross Diaphragms
Ш	L	oad Pattern	Load Dist	ribution	Start Station	End Station	Transverse Variation	^	Add New	Super Prestre	elevation ess Tendons Pabar
ш	Bar		Bar Der		0.	46.	None		Add Copy	Stage	d Construction Groups
	Bar		Barlzq		0.	46.	None		Delete	Cine L	oad Assigns
								+ + + +	Load Patterns Load Distributions Variations m, C		Modily/Show
					ОК	Cancel					
					×		Show Enla	iged Sketch		ОК	Cancel

Figura 296. Asignación de la carga de baranda

 La siguiente carga a asignar es en área por ello hacer clic en "Area Load Assigns" y elegir la carga de Asfalto ya definida, la cual inicia en 0 y termina en la longitud del puente 46m

st st sz ans Span Items Supports Super Prestress Elevation Tendons Bridge Objects	Bridge Object Data Bridge Object Name P. MIXTO	Layout Line Name	Coordinate System	Units Kgf, m, C V
Area Load Assignments - P. MIXTO Area Load Data Load Patern Load Distribution Astraito Astraito	Start Station End Station Left Ec 0. 46. None	e Variation Right Edge Variation (None)	Add New Add Copy Delete Up Down + Load Daterns + Load Distributions + Variations gf, m, C	Modily/Show Assignments Abutments Bents In-Span Hinges (Expansion Jt: In-Span Cross Diaphragms Superelevation Prestness Tendons Grider Rebat Staged Construction Groups Priorit Load Assigns Priorit Load Assigns Nos Load Assigns Nos Load Assigns Modily/Show
	OK Cance			
	X X	Show Enlarged Sketch.		Cancel

Figura 297. Asignación de la carga de asfalto



• En la siguiente figura se tiene ya asignados todos los parámetros del puente como se puede observar en la parte inferior de la ventana, finalmente hacer clic en "Ok" para cerrar el objeto puente

P. MIXTO		EJE PRINCIPAL	Coordinate 9	Gystem	▼ Units
) efine Bridge Object Befere	nceline	,			Iodifu/Show Assignments
Span Label	Station m	Span Type			Bpans Jser Discretization Points
ESTRIBO INICIO	<u> </u> 0	Start Abutment		E E	Bents
ESTRIBO INICIO	0.	Start Abutment		Add	n-Span Hinges (Expansion Jt: n-Span Cross Diaphragms
TRAMO ACERO	25.	Full Span to End Bent	м	lodify	Superelevation
	40:	T di oparito Ena Abdancha	D	elete	Girder Rebar
				[ī	Line Load Assigns 🛛 🚬
Note: 1. Bridge object loca ridge Object Plan View (X-)	tion is based on br	idge section insertion point followin	g specified layout line.	lete All	ine Load Assigns 🔹
Note: 1. Bridge object loca tridge Object Plan View (X* Video Object Plan View (X* North	tion is based on br ? Projection)	idge section insertion point followin	g specified layout line.	lete All	ine Load Assigns ▼
Note: 1. Bridge object loca Iridae Object Plan View IX- View IX- North	tion is based on br	idge section insertion point followin	g specified layout line.	lete All	ine Load Assigns ▼ Modify/Show

Figura 298. Ventana del objeto puente



• Después de haber definido todos los parámetros del puente se actualiza en la opción "Update", se abrirá una ventana de dialogo en la cual se debe configurar "Update as Area Object Modal" con un valor de uno y también se cambia a uno el ancho de la discretización especificado en el literal "Discretization Information"

	D*										
Home Layout	Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced										
Р. MIXTO	Trisz Strisz Stris Strisz Strisz Strisz										
X-Y Plane @ Z=0											
Update Bridge Structural Model											
	Select a Bridge Object and Action Bridge Object Action P. MCXTD Update Linked Model Modify/Show Selected Bridge Object Update as Spine Model Usion Erame Objects Discretization Information Update as Solid Object Model Maximum Segment Length for Deck Spans 1. Maximum Segment Length for Bent Columns 1.										
	Cancel										

Figura 299. Actualización del modelo

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.16. Visualizar las cargas sobre el puente

Una vez asignadas las cargas se pueden visualizar como actúan sobre el tablero del puente, para ello dirigirse al menú "Home", dar clic en "Show Bridge Loads", elegir la carga a observar en el enunciado "Load Pattern", la primera carga es "Asfalto", como es una carga en área será de color "Magenta" y hacer clic en "ok"

Home Layout Components	Loads Bridge Analysis	Design/Rating Advanced
Bridge Wizard Wizard Q Q Q W Wizard Wizard ✓ R ✓ Nore	All R Select Snap Select	Deselect More Display Bridge Object Loads
3-D View		
		Load Pattern Asfato
		Bridge Object Show Loads for All Bridge Objects Show Loads for Specified Linked Bridge Object Bridge Object
		Load Type © Force C Moment
		Loads Displayed and Factors
		Iveral pads Scale Factor 1.
A		Obsplay Area Loads as Pressures Obsplay Area Loads as Discretized Line Loads Set Scale Factors to Default Values
		OK Cancel

Figura 300.Configuración de la carga de asfalto

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- A continuación se muestra la ventana aplicada la carga de "Asfalto"

Figura 301. Visualización de la carga de asfalto

 La carga que se muestra a continuación es la de la baranda siguiendo el mismo proceso ya mencionado, elegir la opción "Bar", y como es una carga lineal será de color amarillo por último dar clic en "Ok"



Figura 302.Configuración de la carga de baranda

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la figura que se muestra a continuación se observa la aplicación de la carga de baranda



Figura 303. Visualización de la carga de baranda

• La última carga a observar es la de los postes siguiendo la misma secuencia de pasos, elegir la opción **"Pos**" y como son cargas puntuales se mostraran de color azul.

Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating	Advanced
Bridge Object Loads (Bar)	Load Patter Load Patter Bridge Object © Show L Brid Load Type © Force Loads Display © Point L © Area LC © C C	Name n Control Bridge Objects Control Bridge Object Ge Object Ge Object Ce Moment red and Factors Ce Moment red and Factors Sociele Factor 11 Control T Control T Display Area Loads as Discretized Line Loads Set Scale Factors to Default Values DK Cancel DK Cancel

Figura 304.Configuración de la carga de postes

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la siguiente figura se muestra como están aplicadas las cargas de postes anteriormente asignadas



Figura 305. Visualización de las cargas de postes

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.17. Selección de las combinaciones de carga

 Para elegir las combinaciones de carga a emplear en el análisis, ir al menú "Desing/Rating" elegir el icono "Add Defaults", se despliega el siguiente cuadro de dialogo en la cual se escoge el item "Bridge Design" y después dar clic en el enunciado "Set Load Combination Data"



Figura 306. Configuración de las combinaciones de carga

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

- A continuación se abre la siguiente ventana en la cual se elige las combinaciones de carga a trabajar en el puente, en este caso se emplean la combinación de Resistencia 1"Strength I" y Servicio 1"Service I", quienes constan de las siguientes consideraciones.
- **Resistencia I:** Combinación de carga básica para el camión normal sin viento.
- Servicio I: Combinación de cargas que representa la operación normal del puente. También se relaciona con el control de las deflexiones de las

estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y de las estructuras de hormigón armado.

	Strength II	Г	Strength III	Strength	uV.	Strength V				
Service I	Service II	Г	Service III	Service	IV	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
Extreme Event I	🔲 Extreme Ev	rent II 🛛	Fatigue							
Load Factors for Permanent and Transient Loads										
Set Load Factors	for Permanent and Tra	ansient Loads	1							
			-							
Choose Load Cases to U	Jse for Limit State									
Limit State Stron	ath I									
Limit State Stren	ngth I 💌									
Limit State Stren	ngth I 📃 💌			- Load Cases for User D	efined Load Co	mbinations				
Limit State Stren -List of Load Cases Load Case Name	ngth I 💽	Design Load Typ	be	⊂Load Cases for User D Load Case Name	efined Load Co Load Case	mbinations Type_Design Load Typ				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren Fren Jacobal	Load Case Type [Design Load Typ DTHER DTHER	De	Load Cases for User D Load Case Name Asfalto	efined Load Co Load Case LinStatic	mbinations Type Design Load Typ WEARING SURI				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren MDDAL Viento	Igth I	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER DTHER	0e >>	- Load Cases for User D Load Case Name Asfalto Bar Camion	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinStatic LinMoving	mbinations Type Design Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren MODAL Viento	Load Case Type D LinStatic LinModal LinStatic	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER DTHER		Load Cases for User D Load Case Name Asfalto Bar Camion DEAD Poe	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic	Investign Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE DEAD DEAD MANUEAI				
Limit State Stren List of Load Cases	Load Case Type D LinStatic LinModal I LinStatic I	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER DTHER	be →> <<	Load Cases for User D Load Case Name Asfalto Bar Camion DEAD Pos	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinMoving LinStatic LinStatic	mbinations Type Design Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE DEAD DEAD MANUFAI DEAD MANUFAI				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren MDDAL Viento Show Only Load	Ingth I	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER DTHER gn Load Types	De → ≪	Load Cases for User D Load Case Name Astato Bar Camion DEAD Pos	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinMoving LinStatic LinStatic	mbinations Fype Design Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE DEAD DEAD MANUFAI Service I				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren MDDAL Viento Show Only Load	Load Case Type I LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic I d Cases with Valid Desig	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER DTHER gn Load Types		Load Cases for User D Load Case Name Astate Bar Camion DEAD Pos Copy	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic	mbinations Type Design Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE DEAD MANUFAI DEAD MANUFAI Service I				
Limit State Stren List of Load Cases Load Case Name Fren MDDAL Viento	Load Case Type I LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic I d Cases with Valid Desig	Design Load Typ DTHER DTHER DTHER gn Load Types	w Load Case D	Load Cases for User D Load Case Name Astato Bar Camon DEAD Pos Copy efinition	efined Load Co Load Case LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic LinStatic	mbinations Type Design Load Typ WEARING SURI DEAD MANUFAI VEHICLE LIVE DEAD DEAD MANUFAI Service I				

Figura 307. Elección de las combinaciones de carga



• Se crean automáticamente las combinaciones de carga seleccionadas con su respetiva envolvente como se muestra en la siguiente figura

	J	Home	e La	ayout	Componer	nts Loads	Bridge	Analysis	Desig	n/Rating
	D+L StrIGrou	D+ 	D+	D+L X	D+L Add Defaults	CODE Preferences	Design Requests	Run Opt	\ timize	Preference
	StrIG	iroup1		-	Fa.	S	uperstructur	e Design		
	Str-I	1		=	5)					
ľ	Str-L	2								
	Str-E	3								
	Str-I4	4								
	Str-I	5								
	Str-I	6								
	Str-I	7								
	Str-I	8								
	Ctr_I	0		Ψ.						

Figura 308. Combinaciones de carga creadas

9.1.2.18. Definición de los arriostramientos horizontales

• El primer paso para definir los arriostramientos horizontales es desactivar la opción de juntas invisibles ir al menú "Home" y elegir el icono " " y desactivar la opción "Invisible"

Home Layout Components	Loads Bridge Analysis	Design/Rating Advanced					
Image: Wizard Wizard Image: Wizard Wizard Image: Wizard Wizard Wizard Image: Wizard Wizard Wizard Wizard Image: Wizard Wizard Wizard Wizard Wizard Image: Wizard Wizard Wizard Wizard Wizard Wizard Image: Wizard Wiza	H4 ALL R ALL R PS SS Snap Select Select Select Select Select	Age Age Deselect More etct Age	Named Display Display				
Bridge Object Loads (Pos)							
	Display Options For Active Wine	wob					
	Joints Labels ✓ Restraints ✓ Springs Local Aves ✓ Invisible ✓ Not in View	Frames/Cables/Tendons Gene Labels Image: Cables/Tendons Releases Image: Cables/Tendons Releases Image: Cables/Tendons Releases Image: Cables/Tendons Releases Image: Cables/Tendons Cables Not in View Image: Cables/Tendons Not in View Solids Image: Cables Lobels Image: Cables/Tendons Sections Image: Cables/Tendons Local Axes Image: Cables/Tendons Not in View Image: Cables/Tendons	stal Shrink Dbjects Extrude View Fill Objects Show Edges Show Ref. Lines Show Bounding Boxes Show Bounding Boxes Labels Properties Load Axes Not in View	View by Colors of C Dibjects C Sections C Materials C Color Printer White Background, Black Objects C Selected Groups Select Groups Miscellaneous Show Analysis Model (If Available) Show Joints Only For Objects In View			
	OK Cancel						
			đ				

Figura 309.Configuración de la visibilidad de las juntas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Esto ocasionará que se visualicen las juntas de todo el puente como se muestra en la figura.



Figura 310. Visualización de las juntas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego hacer clic en el eje "XY" para obtener la vita en planta

Home Layout Components Bridge Wizard Wizard Wizard	Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
Set XY View (Shift+F2) Switch to a 2D plan view in the XY plane.		
	Figura 311.Vista en el plano "XY"	

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• El siguiente paso es ir al icono **"More"** elegir la opción **"Set 2D View"** y se abrirá un cuadro de dialogo



Figura 312.Configuración del puente para la vista en 2D

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Después en el cuadro de dialogo dirigirse hacia el plano "XY" y colocar con respecto a "Z" una altura de -1.34 m de la viga metálica sin la platabanda más el espesor del tablero.



Figura 313.Vista en 2D

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Una vez culminado el paso anterior se observan solo las juntas de las vigas metálicas en la parte inferior donde se ubican los arriostramientos horizontales como se muestran en los detalles de las vigas metálicas. Para dibujar estos elementos ir al menú "Advance" hacer clic en el icono dibujar, y se abrirá una pequeña ventana en la cual se debe seleccionar el ángulo de 100x100x8 mm y en la opción "Moment Releases" especificar como "Continuous" para simular el efecto de soldadura.

1 20	> 🔓 🏟	• •							
Home Home	Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/Rating	Advanced		
Points Lines	Areas	More Defin Defin		R √ . N X I Drav	More	A A Joints Fram	es Areas Assign	A More	A to A Joints Fr
🕥 X-Y Plane @ 2	Z=-1.34								
				Propertie	es of Object		E		
				Line Obj	ect Type	Straight Fr	ame		
				Section		L (100x10	0x8)		
				Moment	Releases	Continuo	us		
				XY Plan	e Offset Normal	0.			
				Drawing	Control Type	None <spac< th=""><th>e bar></th><th></th><th></th></spac<>	e bar>		
				<u> </u>		_			
			,						
		÷							
		1							
		•••→ x		•	•	•	•		•

Figura 314. Elección de la sección a dibujar

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego se procede a dibujar como se muestra en la figura.

	9966	(e) ÷												
н	Home Layou	Components	Loads	Bridge Analysi	s Design/Rat	ting Advance	в							
Points	Lines Areas	More Def	ine ine	t √ / x ≡ m Draw	A Joints	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	A More	A L Joints	A Frames Assign	Areas	↓↓↓ <u>A</u> ∠_ More	Analyze Analyze	D Steel	Concrete Mor
X-Y	Plane @ Z=-1.34													
	· · · ·		>>					<u> </u>			Properties c Line Object Section Moment Rel XY Plane O Drawing Co	of Object Type eases ffset Normal introl Type	Stra L (10 Co None	Bit Frame b0x100x8) ntnuous 0.

Figura 315.Dibujo de los arriostramientos horizontales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Al terminar de dibujar se encuentra de la siguiente forma



Figura 316. Vista de los arriostramientos horizontales

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Para volver a tener la vista 3D del puente elegir el icono "3D"



Figura 317.Vista en 3D

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Para poder visualizar los rigidizadores verticales y los arriostramientos horizontales ir al menú "Home" y dirigirse al icono "Select" luego seleccionar la opción "Properties"



Figura 318.Seleccionar las propiedades

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Se despliega una nueva ventana en la cual se debe seleccionar la opción "Frame Section"



Figura 319. Elegir las secciones creadas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 A continuacion se despliega la siguiente ventana en la cual se elige la seccion de los diafragmas metlicos y los arriostramientos que seria el "L100x100x8"

Select Sections BRD1 BRD2 Extrama Pris (1064:90) L (100x100x8) Vig (1155x450) Viga Estri (70x30) Viga Principal (40x126)	OK Cancel
	Clear All

Figura 320.Selección del ángulo de (100x100x8)

• En la siguiente figura indica los elementos seleccionados



Figura 321.Elementos seleccionados

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Después ir al icono "More", elegir el literal "Show Section Only" lo cual permitirá visualizar solo los elementos seleccionados



Figura 322. Configuración para visualizar la estructura metálica

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En la figura siguiente se puede observar solo los diafragmas y los arriostramientos horizontales.



Figura 323. Arriostramientos horizontales y diafragmas

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• En seguida de verificar que se encuentren los arriostramientos horizontales con sus respectivos diafragmas regresar a la vista en 3D para lo cual hacer clic en "More" y elegir la opción "Show All"



Figura 324.Configurar ver todo el puente

- Hore Layout Components Loads Bridge Analysis Design/Rating Advanced

 Bridge
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 Q
 <
- Al elegir la opción "Show All" se obtiene la Vista en 3D del puente

Figura 325.Vista en 3D

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.19. Enviar analizar el puente

Inmediatamente después de crear todas las condiciones del puente se envió a analizarlo, para ello ir al menú "Analisys" y seleccionar el icono "Run Analisys", se abrirá una ventana en la cual se debe elegir la opción "Run Now" que significa correr ahora

Image: Status P+L Image: Status Pors Image: Status Model Model Image: Status Model Image: Status Model Image: Status Model Image: Status Image: Status </th <th>Home Layout Components Loads</th> <th>Bridge Analysis Design/Rating Advanced</th> <th></th>	Home Layout Components Loads	Bridge Analysis Design/Rating Advanced	
Set Load Cases to Run Case Name Type Status Action DEAD Linear Static Not Run Run Adatalo Linear Static Not Run Run Bar Linear Static Not Run Run Pos Linear Static Not Run Run Canion Moving Load Not Run Run Pos Linear Static Not Run Run Canion Moving Load Not Run Run Analysis Monitor Options Analysis Show Model Aline	Type DEAD Load Cases - All	L TE L TE	
Set Load Cases to Run DEAD Linear Static Not Run Run MDDAL Model Not Run Run Adatio Linear Static Not Run Run Bar Linear Static Not Run Run Pos Linear Static Not Run Run Camion Moving Load Not Run Run Analysis Monitor Options Analysis Monitor Options Model Aline	3-D View		_
C Never Show		Set Load Cases to Run Case Name Type Status Action DEAD Linear Static Not Run Run M0DAL Modal Not Run Run Astato Linear Static Not Run Run Bar Linear Static Not Run Run Pos Linear Static Not Run Run Camion Moving Load Not Run Run Pos Linear Static Not Run Run Camion Moving Load Not Run Run Analysis Monitor Options - - Analysis Monitor Options C Always Show - Modal Alive	

Figura 326.Correr el análisis



• Después de unos minutos aparecerá esta ventana la cual indica que ha completado el análisis

Analysis Complete - MODELO DE LA PROPUESTA T	ERE 1 final	
File Name: D:\Respaldos 2765\Mis Documentos\TESIS\C Start Time: 14/05/2016 11:06:59 Elap Finish Time: 14/05/2016 11:09:10 Bur	CSIBRIDGE\OMDELODELAPROPUESTA\M ased Time: 00:02:11 • Status: Done - Analusis Complete	IODELO Less
NUMBER OF EIGEN MODES FOUND	= 12	*
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS	= 7 = 0	
RESPONSE-SPECTRUM AN	ALYSIS	11:09:05
CASE: ESPECTRO		
USING MODES FROM CASE: MODAL NUMBER OF DYNAMIC MODES TO BE USED	= 12	
MOVING LOAD ANALYSIS		11:09:05
CASE: CAMION		
USING INFLUENCE LINES FROM CASE:		
ANALYSIS COMPLETE	2016/05/14	11:09:09

Figura 327.Proceso de análisis
9.1.2.20. Análisis de resultados

• Aparecerá la deformada por carga muerta o "Dead"



Figura 328.Deformada por carga muerta

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Se procede a realizar el chequeo de la deflexión con la envolvente de las cargas de servicio 1"Service I" de acuerdo a lo especificado en la AASHTO LRFD

FORMULAS PARA CALCULAR LA D	EFORMACION
CARGA	FORMULAS
Vehicular	L/800
Vehicular y/o peatonal	L/1000
vehicular sobre voladizos	L/300
vehicular y/o peatonal sobre voladizos	L/375

Tabla 25. Fórmulas para el cálculo de las deformaciones

Fuente: AASHTO LRFD, sección 2.5.2.2

• El puente analizado es solo Vehicular por ende se toma la deflexión para la carga vehicular.

Con la formula L/800 donde L=Longitud del puente, en este caso se analiza la deflexión para el tramo de acero y para el de hormigón.

9.1.2.20.1. Tramo de acero

L=25m

$$\frac{25m}{800} = 0.031m * 100cm = 3.1cm$$

Nota: La deflexión máxima permitida para el tramo de Acero es de 3.1 cm

Para visualizar en el software ir a la opción "Show deformed Shape", en el enunciado "Case /combo Name" elegir la envolvente de la carga de servicio luego ir a elegir un contorno de área respecto a "Uz" y dar en "Ok".

Home Layout Compon Q Q Q Q Q X Bridge Wizard X Xz YZ (4) 63 View View	Ints Loads Bridge Analysis Design/Rating A Deformed Shape Case/Combo Case/Combo Name Stollforce54	dvanced
Deformed Shape (DEAD)	Casel ontoo name PENDODOs Malivalued Options Casing Casi	

Figura 329. Configuración de la deformada

• Rápidamente aparecerá la siguiente ventana en la cual cambiaremos las unidades a kg/cm para poder observar la deformación en centímetros.



Figura 330.Deflexión con la carga de servicio

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego acercamos el cursor hacia el centro donde se produce la mayor deflexión y al hacer clic derecho aparece el cuadro de dialogo en donde indica que tiene una deflexión de 2.52 cm con respecto al eje vertical "U3"



Figura 331.Deflexión tramo metálico

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Nota: La deformación obtenida es de 2.52 cm mientras que la máxima permisible es de 3.1 cm lo cual indica que el diseño del tramo de acero se encuentra dentro de los parámetros permitidos por la AASHTO

9.1.2.20.2. Tramo de concreto

L=21m

$$\frac{21m}{800} = 0.026m * 100cm = 2.6cm$$

Nota: La deflexión máxima permitida para el tramo de Concreto es de 2.6 cm

• En la misma deformada del tramo de acero acercamos el cursor hacia el centro del tramo de concreto donde se produce la mayor deflexión y al hacer clic derecho aparece el cuadro de dialogo en donde indica que tiene una deflexión de 1.75 cm con respecto al eje vertical "U3"



Figura 332.Deflexión del tablero de concreto

Nota: La deformación obtenida es de 1.75 cm mientras que la máxima permisible es de 2.6 cm lo cual indica que el diseño del tramo de concreto se encuentra dentro de los parámetros permitidos por la AASHTO LRFD

9.1.2.20.3. Desplazamiento con respecto a la carga de resistencia

 Después se determinar los desplazamientos producidos en los estribos y en la pila por efectos de la carga de resistencia, para ello ir a la opción "Show deformed Shape" se abrirá la ventana de dialogo y en el enunciado "Case /combo Name" elegir la envolvente de la carga "StrlGroup1"luego ir a elegir un contorno de área respecto a "Uz"y dar en "Ok".



Figura 333. Configuración del desplazamiento con la combinación de resistencia

• Posteriormente se presenta la deformada con la carga de resistencia para lo cual, acercamos el cursor hacia el extremo del tablero y al hacer clic derecho aparecerá un cuadro de dialogo en donde se elige el valor de "U1", obteniendo como desplazamiento 0.30 cm



Figura 334. Desplazamiento en el estribo con la combinación de resistencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.20.4. Diagramas de Momentos y cortantes de las vigas con el combo de "Resistencia 1"

 Para obtener los diagramas de momento de las vigas ir a la opción "Show Bridge Superstructure Forces/Stresses", se desplegará la siguiente ventana en la cual se muestra el diagrama de momento de todo el puente respecto a la carga muerta.



Figura 335.Diagrama de momento respecto a la carga muerta

Diagrama de momentos de la Viga exterior izquierda

Para configurar la ventana ir a la opción "Show Results For", elegir "Left Exterior Girder", verificar que se encuentre en el combo de carga "StrIGroup 1" y las unidades cambiara T-m, para obtener valores de momento solo se debe mover el cursor por el contorno del diagrama y en la parte inferior muestra tal valor con su respectiva distancia mientras que en la parte inferior derecha se indica el valor máximo del momento positivo igual a 262.32 T-m y el valor del momento negativo es de -3.00T-m



Figura 336.Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga exterior

Diagrama de momentos de la Viga interior

Se realiza la misma configuración para observar los resultados de la viga interior, el único cambio es en la opción "Show Results For", elegir "Interior Girder I", así se obtiene un valor máximo del momento positivo igual a 271.08 T-m y el valor del momento negativo es de -2.1-m



Figura 337.Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga interior

Diagrama de cortante viga exterior izquierda

En la misma ventana dirigirse al enunciado "Moment About horizontal Axis(M3)" cambiar a "Shear Vertical (V2)" y en la opción "Show Results For", elegir "Left Exterior Girder", así se obtiene un valor máximo de cortante positivo igual a 48.73 T-m y el valor del cortante negativo es de - 48.84-m



Figura 338.Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga exterior

Diagrama de cortante de la viga interior

 Para observar el diagrama de corte cambiar en la opción "Show Results For" y elegir "Interior Girder", así se obtiene un valor máximo de cortante positivo igual a 53.54 T-m y el valor del cortante negativo es de -53.49T-m



Figura 339.Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga interior

9.1.2.21. Diseño y Evaluación de las vigas.

 Ir al menú "Design/Rating", crear la solicitud de diseño seleccionar el icono "Design Request" y se abrirá una ventana de dialogo en la cual elegir la opción "Add New Request".

	8 9	R 🔒	(e) ÷								
U	Home	Layout	Components	Loads	Bridge	Analysis	Design/Ra	ting	Advanced		
D+L D StrIGrou	D+L up1 Load	Combinatic	D+L + Add Defaults	CODE Preferences	Design Requests	Run Oj Super Design	Dotimize Pr	4 reference	es Design Requests Seismic Design	Report	Preferences R Re
3	-D View	_									
	D Hell		1	Bridge Desig	n Requests -	AASHTO LRF	D 2007				
				Requests Find this r	equest:		Cli	ck to:	Add New Request Add Copy of Request Addiy/Show Request Delete Request		
						0	ĸ	Cancel			
			Ċ	-	~		$\langle \rangle \langle$	$\langle \rangle$	V V		

Figura 340. Añadir las solicitudes de diseño

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

En la ventana que se muestra a continuación se plantea la primera solicitud de diseño que sería el análisis a flexión de las vigas de concreto, empleando la combinación de resistencia 1, donde debe constar de los siguientes parámetros: en la opción "Check Type" seleccionar el enunciado "Precast Comp Flexure", en el combo elegir la envolvente de la combinación "StrlGroup1" y por último escoger el método para la distribución de la carga viva en el enunciado "Method" optar por el ítem "Use Directly Girder Forces From Analisys" donde se indica que use directamente las fuerzas de las vigas desde el análisis.

Namo	e				FLEXION C	COMB 1	
Notes	\$				Moo	dify/Show	
Bridge	e Object				P. MIXTO	•	
Check	k Type				Precast Con	mp Flexure 🔹	
Stati	on Ranges—						
	Location 1	ype	Start Type	Start Station	End Type	End Station	Add
	0.0.0		Deiden Cherk		Deidee Cod		
)esig	Both In Request P	aramet	Bridge Start ers		Bridge End	dify/Show	Delete
Desig	Both In Request P. Iand Sets	aramet	Bridge Start ers Corr	bo	Bridge End	dify/Show	Delete
Desig Dem Dan DSc	Both In Request Pa Iand Sets me et1	aramet	Bridge Start ers Com StrlG	ibo iroup1	Bridge End Mod Paramete Modify/Shr	dify/Show	Delete Add Delete
Live Met	Both In Request Pa and Sets et1 Load Distribu	aramet ution (L se Dire	Eridge Start ers Con StrlG LD) to Girders actly Girder For	itroup1 ces from Analysis	Bridge End Mod Paramete Modify/Shr	dify/Show	Delete Add Delete

Figura 341. Solicitud de diseño por flexión con el combo 1

La segunda solicitud de diseño es a resistencia para el tramo de vigas metálicas empleando la combinación envolvente de resistencia 1 "StrlGroup1" los demás parámetros se los configura de la siguiente manera: en la opción "Check Type" seleccionar el enunciado "Steel Comp Strength", en el combo elegir la envolvente de la combinación "StrlGroup1" y por último escoger el método para la distribución de la carga viva en el enunciado "Method" optar por el ítem "Use Directly

Girder Forces From Analisys" donde se indica que use directamente las fuerzas de las vigas desde el análisis.

ame			RESISTENC	CIA COM 1	
otes			Moo	dify/Show	
ridge Object			P. MIXTO		
heck Type		(Steel-I Comp	o Strength 🗸 💌	
Station Ranges					
Location Type	Start Type	Start Station	End Type	End Station	Add
1.1 Both	Bridge Start		I Bridge End		
esign Request Param	eters		Mod	dify/Show	Delete
esign Request Param Jemand Sets Name	eters	0	Mod Paramete	dify/Show	Delete
esign Request Param Demand Sets Name Mdnc Combo	eters Comb StrlGro	o up1	Mod Paramete Modify/Sh	dify/Show	Delete Add Delete
esign Request Param)emand Sets Name Mdnc Combo Mdc Combo	eters Comb StriGro StriGro	0 up1 up1	Mod Paramete Modify/Sho Modify/Sho	dify/Show	Delete Add Delete
esign Request Param Jemand Sets Name Mdnc Combo Mdc Combo DSet1	eters Combo StriGro StriGro StriGro	թ աթ1 աթ1 աթ1	Modify/Sha Modify/Sha Modify/Sha	dify/Show	Delete Add Delete
esign Request Param Demand Sets Mane Combo Mdc Combo DSet1	eters Combo StrlGro StrlGro StrlGro (LLD) to Girders —	թ up1 up1 up1	Modify/Sha Modify/Sha Modify/Sha	dify/Show	Delete Add Delete

Figura 342. Solicitud de diseño por resistencia combo 1

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

La tercera solicitud de diseño es a corte para el tramo de vigas de concreto empleando la combinación envolvente de resistencia 1 "StrlGroup1"los demás parámetros se los configura de la siguiente manera: en la opción "Check Type" seleccionar el enunciado "Precast Comp Shear", en el combo elegir la envolvente de la combinación "StrlGroup1" y por último escoger el método para la distribución de la carga viva en el enunciado

"Method" optar por el ítem "Use Directly Girder Forces From Analisys" donde se indica que use directamente las fuerzas de las vigas desde el análisis

lam	ne			CORTE CO	MB 1]
Notes				Mod	dify/Show	
Bridg	je Object			P. MIXTO	-]
Chec	ck Type		C	Precast Com	np Shear 💌	Þ
Stat	tion Ranges					
	Location Tune	Start Tune	Chart Station	End Tune	E d Chatland	
_	Location Type	Julie Type	Juan Juanon	cur i Ahe	End Station	
1.	gn Request Parame	Bridge Start		Bridge End	lify/Show	
1. Desig	gn Request Parame	Bridge Start		Bridge End Mod	lify/Show	 Delete
1. Desig Dem DS	gn Request Parame nand Sets	eters Combo		Bridge End Moc Paramete Modify/Shc	tity/Show	Add Delete Add Delete
1. Dem Da DS	gn Request Parame nand Sets	Start Type Bridge Start eters Combr StriGro		Paramete Modify/Sho	ify/Show	Add Delete Add Delete

Figura 343. Solicitud de diseño a corte

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Una vez definidas todas las solicitudes de diseño se obtiene la siguiente ventana donde se puede apreciar todas las solicitudes creadas

Bridge Design Requests - AASHTO LRFD 2007	
- Requests Find this request:	Click to:
	Add New Request
FLEXION COMB 1 RESIST COMBO 1	Add Copy of Request
CORTE COMB 1	[Modify/Show Request]
	Delete Request
OK	Cancel

Figura 344. Solicitudes de diseño creadas

• A continuación dirigirse al icono "**Run Super**" y al hacer clic sobre él se desplegara la siguiente ventana en al cual se envía a diseñar las solicitudes creadas para ello dar clic en "**Design Now**"

Home Layout Co	omponents Loads Brid	ge Analysis Design/Rat	ing Advanced	
D+L D+L D+L StriGroup1 V Load Combinations	Add efaults	Run sts ctur Design	eferences Design Requests Seismic Seismic Design	Preferences Rating Requests Load R
Deformed Shape (StrIGroup	p1)			
	Perform Bridge Design - Sup Request Name Bridg FLEXION COMB 1 P. M RESIST COMB 1 P. M CORTE COMB 1 P. M	erstructure e Object Check Type Status XTO Superstructure Desig XTO Superstructure Desig	Action ned Design ned Design Design Design Design Design Cancel	iign/Do Not Design e Design for Request gn/Do Not Design All relete All Designs

Figura 345.Diseño de la superestructura

9.1.2.21.1. Resultados de la evaluación Demanda/ Capacidad

- Luego de haber corrido el diseño se abre automáticamente la siguiente ventana de resultados.
- Se analiza la primera solicitud o "Requests" llamada "Flexión Combo1" para la viga izquierda "Left Exterior Girder", en el tramo de concreto



Figura 346. Ventana que aparece después de correr en programa

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Al hacer clic en **"Positive Resistance"** y **"Negative Resistance"** indican la capacidad de la viga para soportar el momento con las líneas de color tomate que se muestra en la siguiente figura, las cuales indican que el acero de refuerzo positivo y negativo cumple con el armado colocado.



Figura 347. Evaluación de la viga exterior de concreto con el combo de resistencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

 Luego se cambia la solicitud de diseño en la opción "Requests" elegir "Resistencia Combo1"para la viga izquierda "Left Exterior Girder", ahora se analiza las vigas del tramo de acero, en este caso hacer clic en "D/C Limit" para visualizar la demanda capacidad de la viga en donde indica que cubre el momento requerido.

Bridge Object Response Display	
Select Bridge Object Bridge Model Type P. MIXTO Area Object	Show Table Export To Excel Units
Select Display Component Show Results For Left Exterior Girder C Force C Stress C Design/Rating Include Tendon Forces Show Selected Girder Demand/Capacity Ratio - Positive Moment	Design/Rating Multivalued Options Requests Image: Second seco
Bridge Response Plot	
	Max Value = 0.2417 Min Value = 0.
Muura Brinteel eestier	
Mouse Pointer Location 25.22 Distance From Start of Bridge Object 25.22 Response Quantity Just Before Current Location	279 Irror Irror Snap to Computed Response Points Done

Figura 348. Evaluación de la viga exterior metálica combo de resistencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Viga interior

- Se analiza la solicitud o "Requests" llamada "Flexión Combo1" para la viga interior "Interior Girder 1", en el tramo de concreto
- Al hacer clic en **"Positive Resistance"** y **"Negative Resistance"** indican la capacidad de la viga para soportar el momento con las líneas de color tomate que se muestra en la siguiente figura, las cuales indican que el acero de refuerzo positivo y negativo cumple con el armado colocado.



Figura 349. Evaluación de la viga interior de concreto con el combo de resistencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

• Luego se cambia la solicitud de diseño en la opción "Requests" elegir "Resistencia Combo1" para la viga interior "Interior Girder 1", ahora se analiza las vigas del tramo de acero, en este caso hacer clic en "D/C Limit" para visualizar la demanda capacidad de la viga en donde indica que cubre el momento requerido.

ge Object Response Display	
Select Bridge Object P. MIXTO Image: Constraint of the second secon	Show Tabular Display of Current Plot Show Table Export To Excel Units
Select Display Component Show Results For Interior Girder 1 C Force C Stress C Design/Rating Include Tendon Forces Show Selected Girder Demand/Capacity Ratio - Positive Moment	Design/Rating Multivalued Options Requests RESIST COMBO 1 C Image: Comparison of the state of
, Bridge Bespanse Plat	
-1. ◀	Max Value = 0.2477 Min Value = 0. ▶
Mouse Pointer Location Distance From Start of Bridge Object Response Quantity Just Before Current Location Response Quantity Just After Current Location Q.2475	Snap Options Snap to Computed Response Points Done

Figura 350.Evaluación de la viga interior metálica combo de resistencia

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

9.1.2.21.2. Evaluación a Corte de las vigas de concreto con la combinación resistencia 1

Viga exterior

 Primero se evalúa la demanda capacidad a corte para la viga exterior izquierda "Left Exterior Girder"se debe configurar los siguientes parámetros: ir a la opción "Request" y elegir "Corte Combo 1", posteriormente seleccionar "D/C Limit", obteniendo como resultados que la capacidad de la viga se encuentra sobre la demanda.

Bridge Object Response Display	
Select Bridge Object Bridge Model Type	Show Tabular Display of Current Plot
P. MIXTO	Show Table Export To Excel Tonf, m, C
Select Display Component	Design/Rating Multivalued Options
Show Results For Left Exterior Girder	Requests CORTE COMB 1 C Envelope Max/Min
C Force C Stress C Design/Rating	D/C Limit C Envelope Max C Envelope Min
Include Lendon Forces Show Selected Girder	
Uontrolling Demand/Capacity Ratio	
Bridge Response Plot	
	Max Value - 0. 1707 Mill Value = 0.
Mouse Pointer Location 46. Distance From Start of Bridge Object 46. Response Quantity Just Before Current Location 0.17 Response Quantity Just After Current Location N.A	Snap Options 783 Done

Figura 351. Evaluación de la viga exterior izquierda a corte

Fuente: CSIBRIDGE V15.2 VERSION EVALUACIÓN

Viga interior

• A continuación se evalúa la demanda capacidad a corte para la viga interior "Interior Girder 1" con la solicitud "Request" de "Corte Combo 1", posteriormente seleccionar "D/C Limit", obteniendo como resultados que la capacidad de la viga se encuentra sobre la demanda.

ridge Object Response Display	
Select Bridge Object Bridge Model Type P. MIXTO Area Object	Show Tabular Display of Current Plot Units Show Table Export To Excel Tonf, m, C
Select Display Component Show Results For Interior Girder 1 C Force C Stress C Design/Rating Include Tendon Forces Show Selected Girder Controlling Demand/Capacity Ratio	Design/Rating Multivalued Options Requests CORTE COMB 1 C Image: D /C Limit Envelope Max C Envelope Min C Step
Bridge Response Plot	
	Max Value = 0.1959 Min Value = 0.
Mouse Pointer Location Distance From Start of Bridge Object Response Quantity Just Before Current Location Response Quantity Just After Current Location	Snap Options Snap to Computed Response Points Done

Figura 352. Evaluación de la viga interior a corte