



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación y rehabilitación de puentes vehiculares de la carretera
Central utilizando el MBE – AASHTO en el 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Reysa Mishell De La Vega Jaramillo

ASESOR:

Dr. Ing. Abel Muñiz Paucarmayta

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2016

PÁGINA DEL JURADO

DEDICATORIA

Dedico principalmente el proyecto de tesis a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi formación profesional y por haberme enseñado a valorar cada día más los momentos difíciles. A mis padres por acompañarme incondicionalmente durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida. Con sus consejos han sabido guiarme para culminar una de mis metas. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Reysa Mishell De La Vega Jaramillo.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar dando gracias a Dios, por haberme acompañado durante mis estudios dándome inteligencia, salud y valor para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres y hermanos, que día a día me apoyan demostrándome su amor y paciencia.

Al ingeniero César Alvarado, mi asesor temático por su paciencia e impartirme sus conocimientos durante el desarrollo de la tesis.

Al ingeniero Abel Muñoz, mi asesor metodológico por su asesoría y colaboración en la elaboración de esta tesis.

Gracias a todas las personas que participaron directa o indirectamente leyendo, opinando, corrigiendo, dándome ánimo, acompañándome en todo el proceso para realizar mi proyecto de tesis.

Reysa Mishell De La Vega Jaramillo.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Reysa Mishell De La Vega Jaramillo con DNI N° 72101709, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, diciembre del 2016

Reysa Mishell De La Vega Jaramillo

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Evaluación y rehabilitación de los puentes vehiculares de la Vía Expresa de la Ciudad de Lima en el 2016”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Civil.

La Autora.

Índice

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XVI
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	19
1.2. TRABAJOS PREVIOS	20
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	22
1.3.1. Evaluación de puentes	22
1.3.1.1. Elementos estructurales de un puente	25
Superestructura	25
Subestructura	26
Elementos de apoyo	26
1.3.1.2. Tipos de puentes	27
Puentes viga	27
Puente en ménsula	27
Puente en arco	28
Puentes colgantes	28
Puentes atirantados	28
1.3.1.3. Método de análisis para la evaluación de los puentes	28
Análisis estadístico por el método SCAP	28
Análisis por el método LRFR	31
Ensayos para la evaluación de puentes	32
Ensayo Esclerométrico	33
Ensayo Vibracional	35
1.3.2. Rehabilitación de puentes	35
1.3.2.1. Fibras de carbono	36
1.3.2.2. Presforzado externo	37
1.3.2.3. Aumento de sección resistente	38
1.4. Marco conceptual	39
1.5. Formulación del problema	40

1.6.	Justificación del estudio.....	41
1.7.	Hipótesis.....	41
1.8.	Objetivos.	42
II.	MÉTODO.	43
2.1.	Diseño de la investigación.....	43
2.2.	Variables, Operacionalización.	44
2.3.	Población y muestra.....	46
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	47
2.5.	Procesamiento de información.	48
2.5.1.	Descripción de la zona de estudio.....	49
2.5.2.	Características generales de las unidades de investigación.	49
2.5.3.	PUENTE PAN DE AZÚCAR.	52
	Ubicación.....	52
	Descripción de las características del puente	53
	Elementos de la estructura.....	53
	Estado actual del puente.....	55
	Resumen de información de campo y laboratorio.....	61
1.	Fichas SCAP “Sistema Computarizado de Administración de Puentes”.....	61
2.	Ensayo de Impacto (Bump Test).....	64
3.	Resultado del ensayo Vibracional en el Puente Pan de Azúcar.....	65
4.	Modelamiento de la estructura en el CSIBRIDGE.....	67
4.1.	Frecuencia Fundamental Bump Test VS. Modelo CSIBRIDGE V.18.2.	67
5.	Metodología LRFR.....	71
	ELEMENTO EN COMPRESIÓN (AASHTO LRFR)	80
2.5.4.	PUENTE SAN FÉLIX.	90
	Ubicación.....	90
	Descripción de las características del puente.	91
	Elementos de la estructura.....	91
	Estado actual del puente.....	93
	Resumen de información de campo y laboratorio.....	97
1.	Fichas SCAP “Sistema Computarizado de Administración de Puentes”.....	97
2.	Ensayo de Impacto (Bump Tests).....	100
3.	Resultados del ensayo Vibracional en el Puente San Félix.....	101
4.	Modelamiento de la estructura en el CSIBRIDGE.....	103
4.1.	Frecuencia Fundamental Bump Test VS. Modelo CSIBRIDGE V.18.2.	103

5. Metodología LRFR.....	108
ELEMENTOS EN TENSIÓN (AASHTO LRFD).....	108
ELEMENTO EN COMPRESIÓN (AASHTO LRFR).....	116
2.5.5. PUENTE PAUCARTAMBO.....	126
Ubicación.....	126
Descripción de las características del puente.....	127
Elementos de la estructura.....	127
Estado actual del puente.....	129
Resumen de información de campo y laboratorio.....	135
1. Fichas SCAP “Sistema Computarizado de Administración de Puentes”	135
2. Ensayo de Impacto (Bump Test):.....	138
3. Resultado del ensayo Vibracional en el puente Paucartambo	139
4. Modelamiento de la estructura en el CSIBRIDGE.....	141
4.1. Frecuencia Fundamental Bump Test VS. Modelo CSIBRIDGE V.18.2.	141
5. METODOLOGÍA LRFR.....	145
ELEMENTOS A TENSIÓN (AASHTO LRFD).....	145
1.9. Aspectos éticos	160
III. RESULTADOS	161
IV. DISCUSIÓN.....	165
V. CONCLUSIÓN.....	166
VI. RECOMENDACIÓN.....	168
VII. REFERENCIAS	169
Bibliografía.....	169
VIII. ANEXOS.....	171
• Instrumento.....	171
• Validación de los instrumentos.....	171
• Matriz de consistencia	171
• Panel fotográfico	171
• Planos de la estructura.....	171

ÍNDICE DE FIGURA

Figura Nº 1: Diagrama de flujo del ciclo de vida deseable.....	23
Figura Nº 2: Diagrama de flujo del ciclo de vida fatal.....	24
Figura Nº 3: Plano en planta de puente continuo.....	25
Figura Nº 4: Plano en elevación de puente continuo.....	26
Figura Nº 5: Plano típico con sus elementos.....	27
Figura Nº 6: Actividades de mantenimiento de puentes.....	29
Figura Nº 7: Diagrama del ciclo de vida "Fatal".....	30
Figura Nº 8: Diagrama del ciclo de vida "Deseable".....	30
Figura Nº 9: Metodología de evaluación.....	32
Figura Nº 10: Prueba de carga estática "Puente Pan de Azúcar".....	33
Figura Nº 11: Prueba de carga estática "Puente San Félix".....	34
Figura Nº 12: Prueba de carga estática "Puente Paucartambo".....	34
Figura Nº 13: Ensayo de Bump Test en el Puente San Félix.....	35
Figura Nº 14: Plano de Localización del puente Pan de Azúcar.....	52
Figura Nº 15: Elevación del puente Pan de Azúcar.....	53
Figura Nº 16: Vista panorámica del fondo desde estribo izquierdo.....	54
Figura Nº 17: Vista panorámica, brida superior.....	54
Figura Nº 18: Vista del estribo izquierdo.....	55
Figura Nº 19: Prueba de ensayo Bump Test.....	64
Figura Nº 20: Diagrama del ensayo en el centro de luz del puente.....	64
Figura Nº 21: Amplitud de Deformación Unitaria.....	65
Figura Nº 22: Velocidad y Desplazamiento de Vibración.....	65
Figura Nº 23: Espectros de las Deformaciones Unitarias.....	66
Figura Nº 24: Espectros de la Velocidad y Desplazamiento de Vibración.....	66
Figura Nº 25: Puente Pan de Azúcar idealizado en el CSIBRIDGE.....	67
Figura Nº 26: Modelamiento del puente.....	68
Figura Nº 27: Primer modelamiento, se modificó la Elasticidad.....	69
Figura Nº 28: Segundo modelamiento, se modificó el peso propio de 1 a 1.1.....	70
Figura Nº 29: Tercero modelamiento, se cambia el peso propio de 1 .05 a 1.1.....	70
Figura Nº 30: Cuarto modelamiento, se cambia el peso propio de 1.1. a 1.2.....	71
Figura Nº 31: Sección transversal de la brida inferior.....	73
Figura Nº 32: Propiedades geométricas del puente Pan de Azúcar.....	74
Figura Nº 33: Propiedades mecánicas.....	75
Figura Nº 34: Diagrama de fuerza axial de carga viva.....	76
Figura Nº 35: Diagrama fuerza axial de la carga viva + vereda.....	77
Figura Nº 37: Diagrama fuerza axial de la sobrecarga.....	77
Figura Nº 38: Sección transversal de la brida inferior con refuerzo.....	79
Figura Nº 39: Diagrama de la brida superior.....	82
Figura Nº 40: Propiedades geométricas de la brida superior.....	83
Figura Nº 41: Propiedades mecánicas.....	84
Figura Nº 42: Diagrama De Fuerza axial para la carga viva.....	86
Figura Nº 44: Diagrama de fuerza axial para la carga muerta.....	86
Figura Nº 43: Diagrama de fuerza axial para la carga viva + vereda.....	86
Figura Nº 45: Diagrama de fuerza axial para la sobrecarga.....	87
Figura Nº 46: Sección transversal de la brida superior con reforzamiento.....	89

Figura N° 47: Plano de localización del Puente San Félix.....	90
Figura N° 48: Vista del Puente San Félix	91
Figura N° 49: Vista de losa del puente.....	92
Figura N° 50: Vista frontal del estribo.....	92
Figura N° 51: Prueba de ensayo Bump Test	100
Figura N° 52: Diagrama del ensayo en el centro de luz del puente	100
Figura N° 53: Amplitud de Deformación Unitaria	101
Figura N° 54: Espectro de las Deformaciones Unitarias	101
Figura N° 55: Espectro de la Velocidad y Desplazamiento de Vibración.....	102
Figura N° 56: Velocidad y Desplazamiento de Vibración.....	102
Figura N° 57: Puente San Félix idealizado en el CSIBRIDGE	103
Figura N° 58: Modelamiento del puente en el primer Modal	104
Figura N° 59: Modelamiento del puente en el segundo modal	104
Figura N° 60: Modelamiento del puente en el tercer modal	105
Figura N° 61: Modelamiento del puente en el cuarto modal	105
Figura N° 62: Primer modelamiento, se modificó la Elasticidad	107
Figura N° 63: Sección transversal de la brida inferior	109
Figura N° 64: Propiedades geométricas de la brida inferior.....	110
Figura N° 65: Datos de las propiedades del material	111
Figura N° 66: Diagrama de fuerza axial para la carga viva.....	113
Figura N° 67: Diagrama de fuerza axial para la carga viva + vereda	113
Figura N° 68: Diagrama de fuerza axial para la carga muerta.....	113
Figura N° 69: Diagrama de fuerza axial para la sobrecarga	114
Figura N° 70: Sección transversal de la brida inferior reforzada	116
Figura N° 71: Sección transversal de la brida superior	118
Figura N° 72: Propiedades geométricas de la brida superior.....	119
Figura N° 73: Datos de las propiedades del material	120
Figura N° 74: Diagrama de fuerza axial para la carga viva	122
Figura N° 75: Diagrama de fuerza axial para la carga viva + vereda	122
Figura N° 76: Diagrama de fuerza axial para la carga muerta.....	122
Figura N° 77: Diagrama de fuerza axial para la sobrecarga.....	123
Figura N° 78: Sección transversal a reforzar	125
Figura N° 79: Plano de localización del puente Paucartambo	126
Figura N° 80: Elevación del Puente Paucartambo.....	127
Figura N° 81: Vista de la losa del puente Paucartambo.....	128
Figura N° 82: Vista panorámica, arriostre superior.....	128
Figura N° 83: Vista de fondo de losa y el estribo izquierdo	129
Figura N° 84: Prueba de ensayo Bump Test	138
Figura N° 85: Diagrama del ensayo en el centro de luz del puente	138
Figura N° 86: Amplitud de Deformación Unitaria	139
Figura N° 87: Espectros de las Deformaciones Unitarias.....	139
Figura N° 88: Velocidad de desplazamiento de Vibración.....	140
Figura N° 89: Espectros de la Velocidad y Desplazamiento de Vibración	140
Figura N° 90: Puente Paucartambo idealizado en el CSIBRIDGE	141
Figura N° 91: Modelamiento del puente Paucartambo.....	142
Figura N° 92: Primer modelamiento, se modificó la Elasticidad	143
Figura N° 93: Segundo modelamiento, se modificó el peso propio de 1 a 1.1.	144

Figura N° 94: Tercer modelamiento, se cambia el peso propio de 1.05 a 1.1	144
Figura N° 95: Cuarto modelamiento, se cambia el peso propio de 1.1 a 1.2.	145
Figura N° 96: Sección transversal de la brida inferior	147
Figura N° 97: Propiedades geométricas de la brida superior.....	148
Figura N° 98: Datos de las propiedades del material	149
Figura N° 99: Diagrama de fuerza axial par la carga viva	151
Figura N° 100: Diagrama de fuerza axial para la carga viva + vereda	151
Figura N° 101: Diagrama de fuerza axial para la carga muerta.....	151
Figura N° 102: Diagrama de fuerza axial para la sobrecarga	152
Figura N° 103: Valor para la constante k, sacado del MBE.....	153
Figura N° 104: Sección transversal de la brida superior.....	154
Figura N° 105: Datos de la brida superior a compresión	155
Figura N° 106: Datos de las propiedades del material	156
Figura N° 107: Diagrama fuerza axial de la carga viva	158
Figura N° 108: Diagrama fuerza axial de la carga viva + vereda	158
Figura N° 109: Diagrama a de fuerza axial de carga muerta	159
Figura N° 110: Diagrama de fuerza axial de la sobrecarga.....	159
Figura N° 111: Vista longitudinal del puente Pan de Azúcar.....	180
Figura N° 112: Vista frontal del puentes Pan de Azúcar.....	180
Figura N° 113: Junta de dilatación del Puente Pan de Azúcar	181
Figura N° 114: Vista de losa y vereda del puente Pan de Azúcar.....	181
Figura N° 115: Vista longitudinal del puente San Félix	182
Figura N° 116: Vista Frontal del puente San Félix.....	182
Figura N° 117: Vista de la junta de dilatación del puente San Félix.....	183
Figura N° 118: Vista de losa y vereda del puente San Félix	183
Figura N° 119: Vista frontal del puente Paucartambo.....	184
Figura N° 120: Vista longitudinal del puente Paucartambo	184
Figura N° 121: Vista de la junta de dilatación y vereda del puente Paucartambo	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N 1: Operacionalización de variables	45
Tabla N 2: Frecuencia obtenida del primer modelamiento en el CSIBRIDGE.....	68
Tabla N 3: Valor para la constante k, sacado del MBE	81
Tabla N 4: Frecuencia obtenida del primer modelamiento en el CSIBRIDGE :	106
Tabla N 5: Frecuencias obtenidas para los 4 primeros modales	107
Tabla N 6: Valor de la constante K.	117
Tabla N 7: Frecuencia obtenida del primer modelamiento puente Paucartambo	142
Tabla N 8: Ficha de evaluación de puentes "SCAP"	173
Tabla N 9: Ficha de inventario de puentes	174
Tabla N 10: Matriz de Consistencia	179

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación nos conllevaron a desarrollar la Evaluación y Rehabilitación de puentes vehiculares de la Carretera Central cumpliendo dos funciones: Asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura y detectar las deficiencias existentes. Para ello, se utilizaron dos metodologías el Sistema Computarizado de Administración de Puentes “SCAP” y el Factor de Capacidad de Carga “LRFR”.

La metodología aplicada en la Evaluación y Rehabilitación de puentes fue Cuantitativo, ya que nos conduce a ambientes naturales, el tipo de investigación Aplicada, porque nos lleva a desarrollar problemas existentes, el diseño se consideró de Nivel Explicativo porque es la descripción de conceptos, fenómenos o la relación entre conceptos. La población estuvo conformada por los puentes de la Carretera Central, considerando estructuras metálicas de la Región de Junín y Pasco con un total de aproximación de 30 puentes vehiculares y la muestra estuvo conformada por tres puentes.

Por consiguiente, los resultados obtenidos de los puentes en estudio se dieron en función al Factor de Capacidad de cada estructura, Puente Pan de Azúcar con una Frecuencia Fundamental de 1.8 Hz en campo, 2.3 Hz en la idealización y finalmente 2.1 Hz como resultado final. El Factor de Capacidad igual a 0.5 para tensión y 0.8 para compresión. Puente San Félix obtuvo Frecuencia Fundamental de 1.2 Hz en campo, 1.3 Hz en la idealización y resultado final. El Factor de Capacidad igual a 0.7 para tensión y 0.5 para compresión. Puente Paucartambo obtuvo Frecuencia Fundamental de 1.7 Hz en campo, 2.0 Hz en la idealización y finalmente 1.8 Hz resultado final. El Factor de Capacidad igual a 0.3 para tensión y 0.5 para compresión.

Por último, se concluye que el puente Pan de Azúcar y San Félix necesita reforzamiento debido a que su Factor de Capacidad es menor a 1 mayor a 0.5; mientras que en el puente Paucartambo no se requiere reforzamiento debido a que su Factor de Capacidad es menor a 0.5, la AASHTO nos indica que si el ratio

es menor a 0.33 no requiere reforzamiento sino se recomienda realizar un nuevo diseño y cambio de la estructura.

Palabras claves: reforzamiento, rehabilitación, capacidad.

ABSTRACT.

The present article leads us to develop the Evaluation and Rehabilitation of vehicular bridges of the Central Highway fulfilling two functions: To assure the traffic without risk on the structure and to detect the existing deficiencies. To do this, two methodologies were used: the Computerized Bridge Management System "SCAP" and the Load Capacity Factor "LRFR".

The methodology applied in Bridge Assessment and Rehabilitation is Quantitative, since it leads us to natural environments, the type of research is Applied, because it leads us to develop existing problems, the design is considered Explicative Level because it is the description of concepts, Phenomena or the relationship between concepts. The population is formed by the bridges of the Central Highway, considering metallic structures of the Region of Junín and Pasco with a total approximation of 30 vehicular bridges and the sample is conformed by three bridges.

Consequently, the results obtained from the bridges under study are given according to the Capacity Factor of each structure, Sugarloaf Bridge a Fundamental Frequency of 1.8 Hz in the field, 2.3 Hz in the idealization and finally 2.1 Hz as the final result. The Capacity Factor equal to 0.5 for tension and 0.8 for compression. San Félix Bridge obtained Fundamental Frequency of 1.2 Hz in the field, 1.3 Hz in the idealization and final result. The Capacity Factor equal to 0.7 for tension and 0.5 for compression. Paucartambo Bridge obtained Fundamental Frequency of 1.7 Hz in the field, 2.0 Hz in the idealization and finally 1.8 Hz final result. The Capacity Factor equal to 0.3 for tension and 0.5 for compression.

Finally, it is concluded that the Pan de Azucar and San Félix bridge needs reinforcement because its Capacity Factor is less than 1 greater than 0.5 while in the Paucartambo bridge there is no reinforcement because its Capacity Factor is less than 0.5, AASHTO indicates that if the ratio is less than 0.33 does not require reinforcement but it is recommended to perform a new design and structure change.

Key words: Reinforcement, structure, rehabilitation.