



UCT

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN LA
SUBESTRUCTURA DEL PUENTE HUATATAS PARA
EL MEJORAMIENTO DE SU VIDA ÚTIL, EN EL
DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA PROVINCIA
DE HUAMANGA- AYACUCHO, 2017**

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

AUTOR:

ORTEGA MACHACA, SMITH LINNEO

ORCID: 0000-0003-0397-2529

ASESOR:

RETAMOZO FERNÁNDEZ, SAÚL WALTER

ORCID: 0000-0002-3637-8780

**AYACUCHO - PERÚ
2020**

TÍTULO DE LA TESIS

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE HUATATAS PARA EL MEJORAMIENTO DE SU VIDA UTIL, EN EL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA PROVINCIA DE HUAMANGA-AYACUCHO, 2017.

EQUIPO DE TRABAJO

AUTOR

Ortega Machaca, Smith Linneo
ORCID: 0000-0003-0397-2529
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
Estudiante de Pregrado
Ayacucho-Perú

ASESOR

Retamozo Fernández, Saúl Walter
ORCID: 0000-0002-3637-8780
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
Facultad de Ingeniería
Escuela profesional de Ingeniería Civil
Ayacucho-Perú

JURADO

Purilla Velarde, Jesús Luis
ORCID: 0000-0002-2103-3077
Esparta Sánchez, José Agustín
ORCID: 0000-0002-7709-2279
Sánchez Quiñones, Víctor Andrés
ORCID: 0000-0002-6949-864X

FIRMA DE JURADO Y ASESOR

Retamozo Fernández, Saúl Walter
ORCID: 0000-0002-3637-8780
Asesor

Purilla Velarde, Jesús Luis
ORCID: 0000-0002-2103-3077
Presidente

Esparta Sánchez, José Agustín
ORCID: 0000-0002-7709-2279
Miembro

Sánchez Quiñones, Víctor Andrés
ORCID: 0000-0002-6949-864X
Miembro

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y por las muchas bendiciones, sabiduría e inteligencia.

Agradecimiento infinito a mis queridos padres: León Ireneo Ortega Alvizuri y Toribia Machaca Núñez.

Agradezco a mi Asesor por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento, con los cuales han hecho fácil lo difícil.

Agradezco a mis compañeras de la carrera profesional de Ingeniería Civil por el acompañamiento, comprensión e interacción en los momentos de aprendizaje y grupos de trabajo.

DEDICATORIA

A mis queridos padres: León Ireneo Ortega Alvizuri y Toribia Machaca Núñez, quienes siempre me apoyan, aconsejan y alientan para ser un hombre útil a la sociedad.

A mis queridos hermanos: Heinz, Jesús, Liger y Lucio con quienes comparto mi vida.

A mis profesores(as) de la escuela de Ingeniería Civil, en especial al Ing. Ramón Godoy Palomino y Ing. Edward León Palacio.

A la memoria de mi querido compañero de música Abogado Carlos Gonzalo Chávez Montoya.

RESUMEN

El puente Huatatas se encuentra ubicado en la jurisdicción del Distrito de San Juan Bautista en el lugar denominado ccachamolino, el cual presenta ciertos problemas patológicos que en el futuro podrían afectar muy seriamente las estructuras, principalmente la subestructura del puente como la cimentación, los estribos, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo la identificación y evaluación de las diferentes patologías en la subestructura del Puente Huatatas, que permitirá caracterizar la patología de mayor incidencia, las anomalías más comunes que suelen presentar en los puentes son la socavación de las cimentaciones, especialmente en aquellas pilas y elementos situados en el interior de cauces de ríos. Este trabajo de investigación pretende analizar e identificar los tipos de patologías presentes en los elementos estructurales del puente Huatatas para determinar los niveles de deterioro de los elementos estructurales del puente para ello se desarrollarán las fichas de inspección propuesto por el manual de Invias Colombia y el manual de inspección del MTC. Finalmente en función a los resultados obtenidos se planificarán las acciones necesarias que permitirá preservar la vida útil de las estructuras del puente Huatatas, para ello se realizarán una inspección visual y detallada mediante un archivo fotográfico, mediciones y toma de muestras no destructivas del puente, comprendiendo de esta forma un estudio de tipo no experimental.

Palabras clave: Puente, inspección, evaluación, reparación.

ABSTRACT

The Huatatas bridge is located in the jurisdiction of the San Juan Bautista District in the place called ceachamolino, which presents certain pathological problems that in the future could seriously affect the structures, mainly the substructure of the bridge such as the foundation, the abutments, The objective of this research work is to identify and evaluate the different pathologies in the Huatatas Bridge substructure, which will allow characterizing the pathology with the highest incidence. The most common anomalies that usually occur in bridges are undermining of foundations, especially in those piles and elements located inside riverbeds.

Keywords: Bridge, inspection, evaluation, repair.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO DE LA TESIS	i
EQUIPO DE TRABAJO	ii
FIRMA DE JURADO Y ASESOR	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
I INTRODUCCIÓN.	1
II REVISIÓN DE LA LITERATURA.	3
2.1 Antecedentes.	3
2.1.1 Antecedentes Locales.	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales.	6
2.1.3 Antecedentes Internacionales.	13

2.2	Marco teórico.	16
2.2.1	Puente.	16
2.2.1.1	Clasificaciones de puentes.	16
2.2.2	Definición de términos básicos.	17
2.2.2.1	Deterioro Estructural.	17
2.2.2.2	Vida de servicio.	17
2.2.2.3	Paso a desnivel.	18
2.2.2.4	Vado.	18
2.2.2.5	Claro vertical libre o Gálibo.	18
2.2.3	Codificación, calificación y catálogo de daños.	18
2.2.4	Tablas de evaluación de puentes.	19
2.2.5	Área hidráulica del puente.	20
2.2.5.1	Información sobre el sitio.	20
2.2.5.2	Estudios hidrológicos.	20
2.2.5.3	Estudios hidráulicos.	21
2.2.6	Socavación.	21
2.2.7	Tipos de socavación.	22
2.2.7.1	Socavación general.	22
2.2.7.2	Socavación en estrechamientos.	22
2.2.7.3	Socavación en curvas.	23
2.2.7.4	Socavación local en estribos.	23
2.2.8	Patologías estructurales.	23
2.2.9	Daños en puentes de concreto.	24
2.2.9.1	Fisuras.	24
	Fisuras por flexión (FIF):	25
	Fisuras por Cortante (FIC):	25
2.2.9.2	Daños por construcción.	26
2.2.9.3	Socavación.	27

III HIPÓTESIS.	28
3.1 Hipótesis general.	28
3.2 Hipótesis específicas.	28
IV METODOLOGÍA.	29
4.1 Diseño de la investigación.	29
4.2 Población y muestra.	29
4.2.1 Población.	29
4.2.2 Muestra.	29
4.3 Definición y operacionalización de variables e indicadores.	29
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	29
4.4.1 Técnicas.	31
4.4.1.1 Técnicas de evaluación visual.	31
4.4.2 Instrumentos.	31
4.4.2.1 Hec ras v4.0.	31
4.4.2.2 Cuaderno para la toma de apuntes.	31
4.4.2.3 CAD, GIS	31
4.4.2.4 Tabla propuesta por el SCS	31
4.4.2.5 Libros y/o manuales de referencia.	31
4.5 Plan de análisis.	31
4.6 Matriz de consistencia.	32
4.7 Principios éticos.	32
V RESULTADOS.	34
5.1 Resultados.	34
5.1.1 Tipos de patologías identificados en la superestructura del puente Huatatas.	34
5.1.2 Superestructura del puente Huatatas.	34
5.1.3 Subestructura del puente Huatatas.	35

5.1.4	Niveles de daños encontrados en la subestructura del puente Huatatas.	37
5.1.4.1	Pilas del puente Huatatas.	37
5.1.4.2	Cimentación del puente Huatatas.	38
5.1.4.3	Estimación del nivel erosión en la cimentación del puente Huatatas.	38
5.1.4.4	Determinar las propuestas de protección en el puente Huatatas.	56
	VI CONCLUSIONES.	60
	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Vista en planta de las características hidráulicas de paso de flujo. Fuente: (Guía para inspección de puentes 2006 Perú MTC).	20
2.2	Patrón de fisuramiento en vigas simplemente apoyadas. Fuente: (Invias, 2006.)	25
2.3	Fractura por cortante en la Pila. Puente U Shi, Taiwan. Fuente: (Invias, 2006.)	26
2.4	Socavación en un estribo. Fuente: (Invias, 2006.)	27
5.1	Sección transversal del río Huatatas se mide el nivel del agua. Fuente: Elaboración propia.	41
5.2	Sección transversal del río Huatatas. Fuente: Elaboración propia.	41
5.3	Vista satelital forma del cauce del río Huatatas. Fuente: Elaboración propia. . .	43
5.4	Vista panorámica del río Huatatas. Fuente: Elaboración propia.	43
5.5	Downstream along left bank from above. Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho.	45
5.6	Upstream from left bank. Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho.	45
5.7	Secciones para diferentes periodos de retorno. Fuente: Software Hecras v4.1. . .	49
5.8	Perfiles Para diferentes periodos de retorno. Fuente: Software Hecras v4.1. . .	49
5.9	Puente Huatatas. Fuente: Elaboracion propia.	50
5.10	Geometría del puente Huatatas. Fuente: Elaboracion propia.	50
5.11	Estribos alejados del cauce principal. Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho. . .	51
5.12	Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	52
5.13	Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	53
5.14	Coeficiente que depende de la forma del estribo. Fuente: Elaboración propia. . .	54
5.15	Estribo del puente Huatatas. Fuente: Elaboración propia.	54

5.16 Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	55
5.17 Ángulo de Flujo . Fuente: Elaboración propia.	55
5.18 Ángulo de Flujo . Fuente: Elaboración propia.	55
5.19 Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	56
5.20 Geometría defensa tipo Gaviones. Fuente: Elaboración propia.	57
5.21 Verificación del muro completo. Fuente: Elaboración propia.	57
5.22 Carga de diseño actuando en el centro de la zapata. Fuente: Elaboración propia.	58
5.23 Carga de servicio actuando en el centro de la zapata. Fuente: Elaboración propia.	58
5.24 Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación. Fuente: Elaboración propia.	58
5.25 Verificación de la junta constructiva. Fuente: Elaboración propia.	59
5.26 Verificación de la junta constructiva. Fuente: Elaboración propia.	59
6.1 Profundidad de socavación en el puente Huatatas . Fuente: Elaboración propia.	60

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Condición global de un puente. Fuente: (Guía para inspección de puentes 2006 Perú MTC).	19
4.1	Matriz de operacionalización de variables. Fuente: Elaboración propia.	30
4.2	Matriz de consistencia. Fuente: Elaboración propia.	33
5.1	Ficha de inspección de la superestructura. Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.	35
5.2	Ficha de inspección de la superestructura. Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.	36
5.3	Daños en la pila del puente Huatatas. Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.	37
5.4	Daños en la cimentación del puente Huatatas. Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.	38
5.5	Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	39
5.6	Coefficientes de la ecuación regional. Fuente: Elaboración propia.	39
5.7	Resumen de caudales máximos método regional. Fuente: Elaboración propia.	40
5.8	Elevación vs distancia. Fuente: Elaboración propia.	42
5.9	Características hidráulicas TR=10 AÑOS. Fuente: Software Hecras v4.1.	46
5.10	Características hidráulicas TR=25 AÑOS. Fuente: Software Hecras v4.1.	47
5.11	Características hidráulicas TR=50 AÑOS. Fuente: Software Hecras v4.1.	47
5.12	Características hidráulicas TR=100 AÑOS. Fuente: Software Hecras v4.1.	47
5.13	Características hidráulicas TR=500 AÑOS. Fuente: Software Hecras v4.1.	48
5.14	Niveles de agua para distintos periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.	48

5.15 Dimensiones de puente Huatatas. Fuente: PVN -Ayacucho 2010.	51
5.16 Profundidad de socavación. Fuente: Elaboración propia.	53
5.17 Ecuación. Fuente: Elaboración propia.	56
6.1 Profundidad de socavación método de Liu y Chang. Fuente: Elaboración propia.	61

I. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación se desarrolla porque en la actualidad el puente Huatatas presenta anomalías que pueden observarse a simple vista, según los pobladores del lugar mencionan el último evento hidrológico extremo acaecido en el año 2010 deterioró aún más la estructura principalmente la subestructura conformada por los apoyos centrales (pilares) que apoyan directamente la superestructura y la cimentación que se encarga de transmitir todos los esfuerzos al terreno.

La antigüedad del puente huatatas es otro factor determinante, que con el transcurso de los años ha sufrido cambios en cuanto al volumen de tráfico y el tipo de vehículos que transitan, lo cual en el futuro generará inseguridad en la estructura.

El presente trabajo permitirá determinar e identificar la patología de mayor incidencia en el Puente Huatatas, dentro del marco normativo según las guías de inspección de puentes directiva N 01- 2006 - MTC/14-Perú y el Manual para la inspección visual de puentes y pontones de Invías (2006)-Colombia, así mismo se evaluarán los máximos caudales en la sección del puente del río huatatas afín de conocer el desarrollo del nivel de deterioro por socavación para diferentes escenarios cuando se presenta un evento hidrológico extremo y mediante pruebas no destructivas proponer medidas de intervención en el Puente Huatatas, con la evaluación se pretende estimar las principales fallas que el puente puede presentar sobre todo en la cimentación de las pilas lo cual pone en alto riesgo la vida útil del mismo de no tomarse las medidas necesarias para su mantenimiento y/o reforzamiento.

Los resultados obtenidos estarán enfocado en la estimación del nivel de erosión local en las pilas del puente huatatas, según la inspección realizada se determinó que

el puente huatatas presenta serias anomalías con mayor incidencia en la subestructura, se determinan las avenidas máximas y estiman los niveles de agua con el Software Hecras se obtuvieron las características hidráulicas en la sección inmediata al puente para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Antecedentes Locales.

ESTUDIO HIDRÁULICO Y ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN EN EL PUENTE INTERCONEXIÓN MUYURINA - AYACUCHO. El puente carrozable interconexión Muyurina sufrió el asentamiento del pilar central y del estribo derecho a causa de la socavación el 16 de febrero del 2011 día de precipitación máxima, esto ha hecho que la superestructura de concreto armado se fracture y sufra una torsión encontrándose intransitable. El presente estudio es el resultado de la comparación y estimación de socavación del expediente técnico y la investigación del presente estudio. El presente trabajo trata de fijar y Desarrollar los fundamentos para la estimación de socavación máxima, A partir del desarrollo de modelos determinísticos, para el puente Muyurina se hizo uso de la forma del estribo (trapezoidal) con un ancho de 3.10m, Luz de 9.20m. y tamaños de partícula $d_{50} = 13,23\text{mm}$ y determinar en que medida afecta la variación de los tiempos de retorno en el análisis de socavación. Como resultado de la investigación se obtiene la profundidad de socavación del Puente Interconexión Muyurina con resultados del expediente técnico con un Periodo de retorno de 200años y un Caudal de $460\text{m}^3/\text{s}$ y la socavación promedio de 3.02m a comparación del presente Estudio con un caudal de $189.40\text{m}^3/\text{s}$ y una estimación de socavación promedio de 3.99m con la utilización de diferentes Formulas empíricas [1].

AUSCULTACIÓN VISUAL DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN

EL TRAMO PUENTE ALAMEDA DE VALDELIRIOS – ARCO DE RUDACCASA DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, AGOSTO – 2016. En la investigación se realizó la auscultación visual de las patologías del concreto para obtener el índice de condición del pavimento rígido del tramo de la vía puente alameda Valdelirios – arco de Rudaccasa, del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; Con el objetivo de evaluar las patologías del concreto y obtener el índice de condición del pavimento rígido para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial y proponer el tipo de intervención de reconstrucción o rehabilitación, para lograr el objetivo planteado de la tesis se aplicó la metodología de investigación del tipo descriptivo y analítica de diseño no experimental, siguiendo procedimientos de identificación, clasificación y evaluación de las patologías, a través de una inspección visual de las unidades de muestras, análisis de los registros de las patologías y el cálculo del índice de condición del pavimento; obteniéndose como resultado un valor numérico de PCI=33, lo cual nos permitió determinar que el estado de conservación actual del pavimento rígido es MALO. En el proceso de evaluación también, se identificaron los daños más frecuentes siendo, las grietas lineales, sello de junta y parche grande, en porcentajes de 69%, 55% y 29% respectivamente, y las patologías de mayor incidencia en el índice de condición del pavimento resultaron ser las losas divididas de alta severidad, media severidad y las grietas lineales de alta severidad, alcanzando valores individuales más altos de los valores deducidos (VAR) de 46, 45 y 31 respectivamente. Se concluye que Tomando en consideración los resultados de PCI de cada cuadra de las calles del tramo Puente Alameda de Valdelirios – Arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, se propone que desde la primera cuadra (1B), hasta el final de la cuarta cuadra de la Av. Carmen Alto (puente alameda de Valdelirios), deben ser renovadas en su totalidad por construcción de nuevo pavimento rígido y a partir de la primera cuadra (1A) de la Av. Carmen Alto, más la primera cuadra de la Av. Perú y las cuatro cuadras de la Av. Mariscal Cáceres,

se debe intervenir con una rehabilitación y/o refacción [2].

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL PUENTE HUANCHUY EN EL RÍO CAACHI, AYACUCHO - HUANCAVELICA. Esta investigación propone el estudio de variables hidrológicas e hidráulicas que sirven de parámetros de diseño en puentes mediante el uso de hojas de cálculo y softwares con el objetivo de desarrollar un manual que permita establecer caudales máximos para diferentes periodos de retorno y profundidades de agua a través de diferentes métodos, para alcanzar las metas propuestas, se preparan algoritmos para luego conformar las hojas de cálculo que requieran la introducción de datos de la cuenca a tratar y luego obtener valores de dichas variables hidrológicas e hidráulicas que representen y definan de una manera práctica e inmediata las características del río Cachi en el tramo Huanchuy en el lugar del puente. Se hará una validación de resultados con la información de la estaciones meteorológicas del Proyecto Cachi. Representativas de la cuenca del Río Cachi, de forma tal de comprobar el uso del manual. A su vez se realizó el análisis del fenómeno de la socavación general y local alrededor de obstáculos (pilas y jo estribos) puede afectar significativamente la estabilidad de un puente, es por esto que la evaluación de la profundidad desarrollada permitirá tomar decisiones correctas en el diseño, construcción y mantenimiento de la estructura. El presente trabajo recopila una serie de método empíricos y semiempíricos que determinan dicha profundidad, que luego de ser comparados se ha propuesto dos relaciones para pilas (Yaroslavtziev, Laursen y Toch) y una para estribos (Artamanov) que brindan resultados confiables de una manera fácil y sencilla [3].

MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA CONTROL DE SOCAVACIÓN DE ESTRIBOS DEL PUENTE MARITA DE LA CARRETERA SANCOS - SACSAMARCA, PROVINCIA DE HUANCA SANCOS - AYACUCHO. El presente trabajo tiene como objetivo fundamental realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico para controlar la socavación de los estribos del puente Marita, que se ubica sobre el río Caracha en la carretera Sancos - Sacsamarca, considerando los

caudales máximos para evitar el colapso de dicho puente con el análisis hidrológico de la cuenca del río Caracha hasta el punto de aforo que es el lugar donde se tiene el puente carrozable Marita, donde se inicia los estudios topográficos, el estudio hidrológico y el posterior tránsito hidráulico y así el análisis a nivel de hidráulica fluvial para finalmente derivar cierta cantidad de agua por un aliviadero y llegar a una conclusión. Para el presente trabajo fue necesario recopilar informaciones teóricas, obtener datos de la zona de estudio, datos de precipitaciones pluviales, levantamiento topográfico de la zona de estudio, estudio del suelo para el cálculo de la socavación, así como el estudio del material de transporte y software como el HEC HMS y el HEC RAS, con lo que se hizo un modelamiento hidráulico y así conocer los niveles de agua adecuado en el puente y el aliviadero respectivo. Concluyendo que reduciendo el paso del agua por debajo del puente y derivando la diferencia por una alcantarilla de alivio, se controlará la socavación de los estribos del puente Marita [4].

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

EVALUACIÓN DE LAS FALLAS ESTRUCTURALES DEL PUENTE CHONTA DE LA RED VIAL CAJAMARCA - BAÑOS DEL INCA. Polanco K. (2010), menciona soluciones en las estructuras falladas mediante la reparación y reforzamiento mediante una observación directa y haciendo uso de diversos formatos y tablas de evaluación de diferentes instituciones para realizar un conteo de los vehículos que transitan por el puente para determinar el incremento del IMD, así como el tipo de los mismos identificando de esta manera el cambio en la carga de diseño en la estructura y su prioridad de reparación según su estado. Se pudo comprobar que el puente presenta fallas en la sub y superestructura lo cual pone en alto riesgo la vida útil del mismo de no tomarse las medidas necesarias para su mantenimiento y/o reforzamiento. Después de haberse realizado el análisis o evaluación se concluye que además de la antigüedad del puente Chonta como factor determinante, este ha sufrido cambios en cuanto al volumen de tráfico y el tipo de vehículos que transitan por él, lo

cual ha generado inseguridad en la estructura y ha ido deteriorándolo arriesgando su estabilidad, por lo tanto la clasificación del puente Chonta dentro de la norma peruana dada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se encuentra dentro de la calificación 3 considerado un estado de Malo y según la norma mexicana se ubica en la categoría B [5].

ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUENTES COLGANTES. En nuestro país es muy escasa la información sobre los procedimientos y detalles del análisis y diseño de puentes colgantes. Los puentes colgantes de luces importantes que se han construido han sido adquiridos generalmente en el extranjero, incluyendo el diseño estructural dentro del monto del contrato [6].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LAS CUADRAS: 6,7,8,9 Y 10 DE LA AVENIDA AMAZONA, DISTRITO DE CALLERÍA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – CIUDAD DE PUCALLPA – REGIÓN: UCAYALI – JULIO - 2018. El presente trabajo de investigación tiene como problema de investigación: ¿En qué medida la determinación y evaluación de las patologías del pavimento rígido de las cuadras: 6, 7, 8, 9 y 10 de la avenida Amazonas AA.HH José Carlos Mariategui - distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo y región Ucayali, nos permitirá conocer el nivel de severidad patológica que presentan los tramos mencionados? La metodología de la investigación empleada es descriptivo, no experimental y de corte transversal. Nivel de investigación, descriptivo, explicativo y correlacional. Su objetivo general es Determinar y evaluar las patologías del pavimento rígido de las cuadras: 6, 7, 8, 9 y 10 de la avenida Amazonas AA.HH José Carlos Mariategui - distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo y región Ucayali. Se concluye que los cinco tramos del pavimento rígido en estudio presentan patologías, siendo los más recurrentes pulimentos de agregados, daño de sello de junta y los daños menores son: grieta en esquina, Punzonamiento y descascamiento de junta, desconchamiento, parcheo grande y parcheo pequeño, popouts, grieta lineal. El Nivel de severidad encontrado

en las patologías analizadas es BAJO, el pavimento presenta un PCI BUENO de 67.1%. Esta investigación se realizó con mucha dedicación y esperamos que sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado o posgrado, respecto a los procedimientos a considerar a la hora de determinar y evaluar las patologías del pavimento rígido [7].

EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA AV. LOS TRÉBOLES – DISTRITO DE CHICLAYO – PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE.

En este trabajo se considera la situación problemática que se observa un constante deterioro, como el tránsito vehicular intenso, la falta de criterio y planeación (expediente técnico), no tomarse en cuenta cómo funciona el sistema de alcantarillado y otros problemas son las diferentes patologías como: Fisuras, Deformaciones, pérdida de capas estructurales, daños superficiales, entre otros que producen la pérdida del pavimento. Se justifica en la necesidad de conocer las patologías que tiene la estructura del pavimento asfáltico en la Avenida Los Tréboles del Distrito de Chiclayo, en función a las deficiencias de los pavimentos. Tuvo como objetivos determinar el tipo de patologías del pavimento asfáltico, identificar los factores que perjudican de una forma directa al pavimento flexible, determinar el estado físico de la estructura del pavimento mediante calicatas, determinar las características de la Sub Rasante, Sub Base, Base, carpeta asfáltica y verificar de qué forma influye este problema en el ámbito social y económico. Las técnicas de investigación utilizadas fueron la observación, estudio de tráfico, ensayos de laboratorio y análisis de documentos. En el tipo de patologías del pavimento asfáltico se pudo encontrar las deficiencias superficiales como desgaste superficial en un 48% esto debido a la deficiencia de la carpeta de rodadura y su antigüedad, actualmente cuenta con un espesor de 5 cm. Esto se puede deducir del ensayo del lavado asfáltico que se cuenta con bajos índices de contenido de asfalto. Existe pérdida del pavimento en su totalidad lo que es causado directamente por filtraciones de aguas residuales. Se concluye que se determinó el tipo

de patologías del pavimento asfáltico, las más comunes que se pueden encontrar vienen a ser deficiencias superficiales como desgaste superficial que representa un 48% esto debido a la deficiencia de la carpeta de rodadura y su antigüedad, actualmente cuenta con un espesor de 5 cm. Esto se puede deducir del ensayo del lavado asfáltico ya que se cuenta con bajos índices de contenido de asfalto. Existe pérdida del pavimento en su totalidad lo que es causado directamente por filtraciones de aguas residuales [8].

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO - SURCO – LIMA. En la actualidad, debido al aumento del parque automotor en Lima, los pavimentos se someten a más y mayores solicitaciones. Por lo cual es de gran importancia que los pavimentos presenten características mínimas como, ser resistente a las cargas durante su vida útil, proporcionarnos una circulación cómoda, eficiente y económica, tener un drenaje adecuado de tal forma que la transitabilidad sea permanente y segura, de tal modo que no afecte la durabilidad. Sin embargo, existen diferentes factores que producen fallas en el pavimento antes de cumplir su tiempo de vida útil, tales como, defectos constructivos, volúmenes de tránsito no esperados, malos y/o nulos mantenimientos, cargas excesivas, etc. Por ello, la presente tesis aplicará la metodología del Índice de Condición de Pavimento (PCI) con el cual se permite calificar al pavimento en un rango de valores que van de 0 a 100, mediante una inspección visual del tipo de daños, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento. La metodología de la presente tesis es no experimental de tipo descriptiva, donde se analizará el tipo de daños, la severidad y cantidad o densidad del pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N1 a la cuadra N8 en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco. Se concluye que la sección se califica como un pavimento en mal estado y es probable que no tenga vida residual, La falla que mayor incidencia presentó en esta sección es la denominada piel de cocodrilo causada por fatiga. Las obras a ejecutar en esta sección son la reconstrucción total de la sección [9].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA RAMON ROMERO DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE - PIURA, NOVIEMBRE 2017. El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Avenida Ramón Romero II etapa –Piura; Considerando que los pavimentos contribuyen a facilitar nuestra movilización tanto vehicular como peatonal y le dan una agradable vista al lugar. Los pavimentos están formados por un conjunto de capas de material que cumple con las condiciones reglamentarias, para soportar las cargas del tránsito y la transmiten a los estratos inferiores en forma reducida. Los objetivos de esta investigación es: Identificar las patologías que se presentan en los pavimentos flexibles de la Avenida Ramón Romero II etapa –Piura, Determinar el Nivel o Grado de afectación de las patologías que se presentan en el pavimento en estudio y Obtener el estado actual y condición de servicio del pavimento flexible. Siendo el principal objetivo determinar y evaluar las patologías o fallas existentes en el pavimento flexible de la Avenida Ramón Romero II etapa –Piura, aplicando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) a través de la inspección visual para determinar el índice de condición del pavimento, tomando como muestra 780.8 metros lineales, los que serán evaluados detalladamente para identificar las patologías existentes y lograr obtener el estado actual. La tesis se ha dividido en IX capítulos, detallando en el capítulo IV definiciones puntuales de pavimentos, clasificación, fallas o patologías más comunes, procedimiento del método del PCI. Se concluye que la Avenida Ramón Romero II etapa –Piura, lugar de estudio de la tesis en mención, las patologías que se pudieron encontrar donde el 74.64% es desprendimiento de agregados, el 1.32% es huecos, el 0.90% es abultamiento y hundimiento, el 0.71% es piel de cocodrilo, el 0.28% es ahuellamiento y el 0.08% es desnivel de carril o berma. Siendo la patología de mayor incidencia: desprendimiento de agregados con un: 74.64% y llegando a determinar que el estado actual del pavimento; es: muy malo. Finalmente se consideró necesario incluir algunas recomendaciones de acuerdo a las fallas presentes, aunque no estaba incluido en los objetivos de la tesis. [10].

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LOSAS CORTAS (TCP) EN PAVIMENTOS SEGÚN TENSIONES. En la presente investigación se desarrolló el estudio de las losas cortas TCP, para ello se realizó la recolección de información del material de préstamo, diseño de mezcla y resultados de resistencia de rotura del Concreto. Así mismo se realizaron cálculos para determinar los coeficientes de balasto k de la subbase según el Manual de carreteras (sección suelos y pavimentos) y las variaciones de temperatura con las fórmulas empleadas en EEUU las cuales están ajustadas a su realidad, pero para la presente investigación se usaron datos de la realidad de la región. Con ello se determinó los gradientes de temperatura c/cm positiva y negativa, y por último se realizó la distribución de cargas por eje del camión C3. Para el diseño TCP se verificó que las propiedades que deben de cumplir los materiales de préstamo es contener material fino menor o igual al 8% esto se logra cuando el material se encuentra dentro de la gradación A, la cantera analizada para el proyecto Villa San Cristóbal cumple con estas propiedades por ello fue considerado como apto para el presente diseño. Con todos los datos recabados se realizaron los análisis con el software SAP 2000 encontrándose resultados de tensiones para el diseño TCP menores que al diseño de AASHTO ello se logró con la reducción de las dimensiones de las losas esto permitió que las ruedas o un set de ruedas actúen de manera independiente en cada losa lo cual no ocurre en el AASHTO. Estas reducciones de tensiones permitieron reducir los espesores en 3 cm con ello se logro obtener tensiones semejantes a los obtenidos en losas tradicionales. En cuanto a deformaciones por carga resultaron ser mayores, mientras para las deformaciones por alabeo resultaron ser menores a los obtenidos por diseño tradicionales, basándose en la información recopilada, el análisis de ésta y el diseño comparativo planteado en un tramo de prueba, se puede concluir que el empleo del diseño **TCP** en los pavimentos es relativamente nueva, si bien hay experiencias en los países de Chile, Guatemala y algunas obras privadas en Perú. A pesar de ello en nuestro medio aún no es de conocimiento masivo. El alto rendimiento de colocación y la economía lograda frente

a los Pavimentos de concreto convencional, debido a la reducción de espesores con la misma vida útil como se demostró en la investigación, hacen del diseño TCP una alternativa potencial de aplicación [11].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIÓN OPERACIONAL DE LA SUPERFICIE DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL JIRÓN TARMA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CHANCHAMAYO, REGIÓN JUNÍN, ENERO – 2019. La presente investigación pretende determinar el Índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de los Pavimentos rígidos del jirón Tarma, a partir de la identificación y evaluación de las patologías presentes en dicha infraestructura. Para el recojo de información la muestra fue dividida en seis unidades, en el que se utilizaron fichas técnicas de evaluación propuestos en el Manual técnico: Pavement Maintenance Management, y el Pavement Condition Index (PCI). Se concluye que de las seis unidades de muestra uno tiene condición operacional de Bueno, uno Regular, dos Malo y dos Muy Malo. Las patologías del concreto con mayor incidencia fueron, Daño del sello de la junta (28.25%) y Pulimento de agregados (29.59%); finalmente se concluye que el jirón Tarma tiene un Índice de integridad estructural general (PCI) igual a **36.59** y una condición operacional de un pavimento **MALO** [12].

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL USO DE GEOMALLAS COMO REFUERZO DE BASES GRANULARES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES. La presente investigación consiste en el análisis del uso de geosintéticos, en específico las geomallas, como refuerzo de bases granulares dentro de una estructura de pavimento flexible, lo que se busca es determinar si son una alternativa económicamente viable sin disminuir la capacidad estructural de la vía proyectada en el proyecto analizado. Con este propósito se realizó un diseño de tres alternativas bajo los mismos parámetros de diseño: la primera alternativa es una sección convencional o no reforzada; mientras que las dos alternativas adicionales consisten en secciones reforzadas con geomallas

biaxiales y multiaxiales respectivamente. Para obtener un diseño alternativo óptimo es necesario conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado actualmente, para ello se hizo una clasificación de las mismas y se mostraron sus aplicaciones típicas. Concluyendo que se describieron los mecanismos de refuerzo relacionados con el uso de geomallas dentro de estructuras de pavimento y los beneficios que estos permiten lograr. De acuerdo al análisis realizado de las diferentes secciones estudiadas podemos concluir lo siguiente: los espesores de las secciones no reforzadas son mayores en todos los casos a los espesores obtenidos en las secciones reforzadas (tanto con geomallas biaxiales como con multiaxiales). Esta diferencia es, en promedio, de alrededor de un 35%, para el caso de las secciones reforzadas con geomallas biaxiales; mientras que llega a ser casi un 45%, en promedio, para el caso del refuerzo con geomallas multiaxiales [13].

2.1.3 Antecedentes Internacionales.

EVALUACIÓN, DIAGNOSTICO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DEL PUENTE ROMERO AGUIRRE 2014. Contreras C, Reyes E, 2014 mencionan que el estudio de investigación tiene por objetivo evaluar y diagnosticar los daños presentes en el puente Romero Aguirre, utilizando el Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones de INVIAS (2006) y mediante la realización de ensayos no destructivos, con la finalidad de dar propuestas de intervención para el mantenimiento y rehabilitación de la estructura. Se realizó la evaluación y diagnóstico patológico del puente Romero Aguirre ubicado entre los barrios Crespo y Canapote de la ciudad de Cartagena. La importancia del estudio está en la necesidad hacer una revisión del estado actual del puente y realizar un proceso de rehabilitación y conservación de la estructura debido al deterioro evidente, donde se pueden identificar y caracterizar los daños. Para ello se identificará y caracterizará las patologías presentes en el puente a través de inspección visual detallada y ensayos no destructivos, además se determinará cualitativamente la vulnerabilidad del puente, lo

cual permitirá proponer medidas para la intervención y rehabilitación del puente [14].

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN PUENTES DE CARRETERAS URBANAS Y RURALES. Tadeu N, Lenz A. 2010 mencionan que los Puentes de tamaños mediano y pequeño tienen relevancia significativa en el desarrollo económico y social del país, pues deben garantizar el tránsito de personas, vehículos, materias primas y productos locales. Sin embargo, las precarias condiciones de los puentes en las zonas urbanas y rurales hacen difícil el desplazamiento, causando incomodidad e inseguridad para los usuarios. Por otro lado, los costos de transporte para los productores y el mantenimiento para los gobiernos locales continúan aumentando. Este artículo tiene la intención de evaluar las condiciones de conservación de puentes pequeños y medianos en la región urbana y rural de Campiñas (SP)-Brasil. Así, este estudio se basa en el análisis de cuatro puentes de esta región, en los que se presentan varios ejemplos sobre el terreno de las manifestaciones patológicas en puentes de concreto, acero y madera. Este artículo también se centra en el diseño de puentes y la relación con su estado patológico estableciendo conceptos que podrían aplicarse al método correctivo y a la identificación de la patología en puentes de concreto, acero y madera. Por último, el objetivo de este trabajo de investigación es concluir que la forma más adecuada para evitar un estado patológico es el mantenimiento preventivo [15].

LAS PATOLOGÍAS MÁS FRECUENTES DETECTADAS EN LAS INSPECCIONES DE PUENTES DE LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO. Matute L, Pulido I, Sánchez V y Redero A mencionan que los daños y patologías más habituales que suelen presentar los diferentes elementos que conforman los puentes son tres: cimentaciones, especialmente en aquellas pilas y elementos situados en el interior de cauces; aparatos de apoyo, independientemente de su tipología y tamaño; y los sistemas de drenaje e impermeabilización, incluyendo entre estos a las juntas de dilatación. Muchos de estos daños y patologías no se detectan únicamente en puentes antiguos sino que muchos de ellos se encuentran en puentes modernos, de menos

de 10-15 años, estructuras cuya envergadura suele ser un importante condicionante en la solución y reparación de los daños, sin considerar la propia gravedad de los mismos, tanto desde un punto de vista funcional situados normalmente en vías de alta intensidad de tráfico como estructural debido a las mayores dimensiones y tecnologías utilizadas en la actualidad. A lo largo del presente artículo se exponen los daños más frecuentes detectados en las numerosas inspecciones de puentes realizadas por IDEAM a lo largo de los últimos años, con objeto de intentar concienciar a todas las partes implicadas en el diseño y construcción de los puentes: Administraciones, Proyectistas y Constructores, en la importancia del cuidado de los detalles constructivos, tanto en su definición como en su ejecución y conservación, lo que mejorará la vida útil de los puentes y retrasará y facilitará las tareas de reparación [16].

ESCURRIMIENTO EN PAVIMENTOS DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO: UN ABORDAJE EXPERIMENTAL. La presente investigación con el aporte de ingenieros de Brasil, evalúa la reducción del escurrimiento superficial en pavimentos contruidos con bloques rectangulares de suelo-cemento. Los ensayos fueron realizados en un pavimento piloto con bloques de suelo-cemento, asentados en una caja metálica de 50 cm 50 cm (área = 2500 cm²), con pendientes de 1, 3 y 5%. Se utilizaron intensidades medias de 76.9 mm/h y 117.7 mm/h, valores próximos a las intensidades calculadas por la curva intensidad-duración-frecuencia (i-d-f) de la ciudad del Salvador, Brasil, para tiempo de retorno de 2 y 5 años, respectivamente. El coeficiente de escurrimiento medio fue $C = 0.61$, este valor es cercano al coeficiente de pavimento con bloques rectangulares ($C = 0.6$) y es inferior al valor del coeficiente de pavimento de bloque de concreto ($C = 0.78$). Se concluye que si consideramos que las áreas mayores que 2500cm² son compuestas por el acoplamiento de unidades de área de 50 50 centímetros, entonces, las pérdidas por salpicamiento forman parte del escurrimiento superficial, obteniendo el coeficiente $C_{superficial+salpicamiento}$, el cual presentó valores en la faja de 0.74 a 0.89; estos valores se encuentran cerca del coeficiente de pavimento de bloque de cemento ($C = 0.78$) y son inferiores al de

pavimento de concreto ($C = 0.95$) [17].

EL INVENTARIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DE LAS VÍAS INTERNAS DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. La presente investigación se enfoca en presentar una propuesta técnica de mejoramiento que recupere su serviciabilidad y garantice la comodidad de circulación dentro del campus universitario. La evaluación de pavimentos incluye evaluaciones funcionales y estructurales a través de las metodologías del Índice de condición del pavimento (PCI), Índice de rugosidad internacional (IRI) y extracción de calicatas. Se concluyó que la necesidad de intervenir una gran parte de la red vial interna de la Ciudadela Universitaria de acuerdo a las necesidades de cada tramo, para lo que se proponen rediseños, actividades de mantenimiento, reparación o rehabilitación de los pavimentos, evaluando la conveniencia técnica y económica de estas medidas [18].

2.2 Marco teórico.

2.2.1 Puente.

Según Mosqueira (2011) , un puente es una estructura la cual puede estar construida a base de concreto reforzado, hacer, madera, mampostería o una combinación de estos materiales, la función principal de un puente es unir dos puntos inaccesibles entre sí, salvar un obstáculo o cruzar otra vía a un nivel superior al de la misma [18].

2.2.1.1 Clasificaciones de puentes.

A los puentes los podemos clasificar según su función y utilización, materiales de construcción y tipo de estructura. Según su función y utilización se les puede clasificar en:

- Puentes peatonales.

- Puentes, viaductos o pasos carreteros.
- Puentes, viaductos o pasos ferroviarios.

Según sus materiales de construcción, los puentes podrán ser de:

- Madera.
- Mampostería.
- Acero Estructural.
- Concreto Armado.
- Concreto Presforzado.

2.2.2 Definición de términos básicos.

2.2.2.1 Deterioro Estructural.

Mosqueira (2011) menciona que el deterioro de las estructuras de concreto se puede dividir en dos grupos dependiendo de si se presenta en el concreto o en el acero que conforman la estructura, en el concreto, los diferentes tipos de agrietamiento, el descascaramiento, el ataque químico, los huecos y los estallamientos son la causa principal de su deterioro. En el acero estructural, la corrosión es la causa más importante de la merma en sus propiedades y, consecuentemente, de las de la estructura.

2.2.2.2 Vida de servicio.

Viene a ser el periodo en el cual la estructura no presentará falla alguna, aceptando los cambios que puede sufrir se considera mayor a 25 años.

2.2.2.3 Paso a desnivel.

Según el Manual de Inspección de Puentes 2007, el paso a desnivel es una estructura construida para cruzar una vía existente. Si el alineamiento de la nueva carretera cruza sobre la vía existente se denomina paso superior, de lo contrario se denomina paso inferior [?].

2.2.2.4 Vado.

Según el Manual de Inspección de Puentes 2007 el vado es una estructura conformada por más de cuatro celdas que no permite el paso permanente de vehículos, porque se diseña para un determinado caudal inferior al de avenida máxima y con una capacidad hidráulica limitada de la estructura, por ejemplo son funcionales en verano y con pequeñas crecidas en invierno [?].

2.2.2.5 Claro vertical libre o Gálibo.

Según el Manual de Inspección de Puentes 2007, el claro vertical libre o gálibo es la altura libre existente entre el elemento más bajo de la superestructura y el fondo de lecho o rasante del camino o cota de riel, para el caso de que el puente) ubique sobre un camino o línea férrea [?].

2.2.3 Codificación, calificación y catálogo de daños.

Evaluar los daños de la estructura permite obtener una calificación del estado de un puente. Para que la inspección sea eficiente es necesario tener definidos los daños a observar, su calificación y códigos, para esto se utilizará una codificación de daños basada en el trabajo de DICTUC (DICTUC, 2006) y BRIME (Woodward, 1999), en la tesis de Mosqueira ,2011. La codificación de daños se realiza en base a un código numérico de 4 dígitos que representa un daño presente en la estructura el listado de daños por material se observa en la Tabla N° 01: denominado Condición global de

un puente. Para calificar los elementos del puente se calificará cada elemento en una escala de 0 a 5 donde una mayor calificación corresponde a un muy buen estado [18].

2.2.4 Tablas de evaluación de puentes.

Se entiende por inspección al conjunto de acciones de gabinete y campo desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado.

Calificación	Descripción de la Condición
0	Muy bueno : No se observa problemas
1	Bueno : Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
2	Regular : Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	Malo : La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	Muy Malo : Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. <ul style="list-style-type: none"> – Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto – La socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura. – Conviene cerrar el puente a menos que este monitoreado .
5	Pésimo : Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. <ul style="list-style-type: none"> – Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura – El puente se cierra al tráfico pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.

Tabla 2.1: Condición global de un puente.
Fuente:(Guía para inspección de puentes 2006 Perú MTC).

2.2.5 Área hidráulica del puente.

Mosqueira (2011) menciona determinación del área hidráulica del puente es un elemento esencial para lograr un proyecto económico y confiable, para ello es necesario realizar estudios en el sitio propuesto los que deberán formar parte del anteproyecto del puente [18].

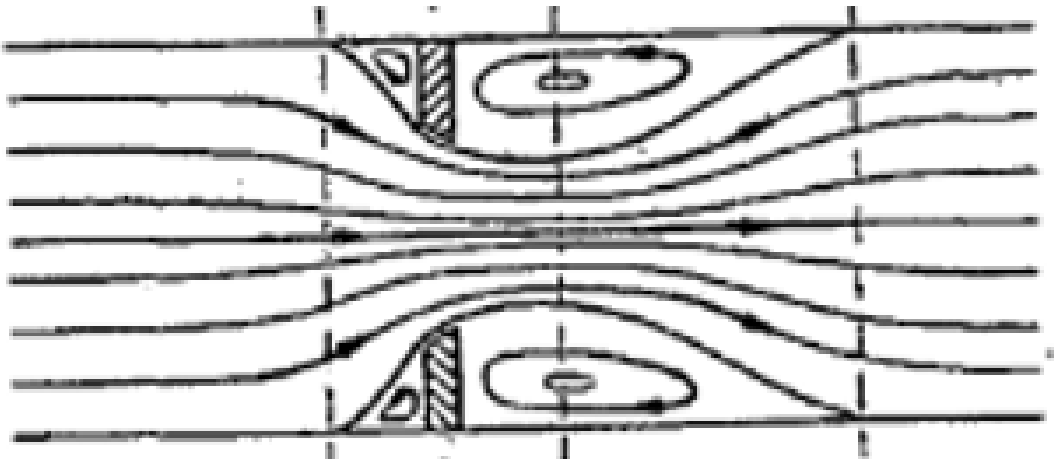


Figura 2.1: Vista en planta de las características hidráulicas de paso de flujo.

Fuente:(Guía para inspección de puentes 2006 Perú MTC).

2.2.5.1 Información sobre el sitio.

- Mapas, secciones transversales de la corriente y fotografías aéreas, información completa sobre los puentes ya existentes, incluyendo fechas de construcción y su comportamiento durante las avenidas registradas.
- Niveles de aguas máximas extraordinarias, así como las fechas en que ocurrieron.
- Datos sobre materiales flotantes y estabilidad de cauce.

2.2.5.2 Estudios hidrológicos.

- Recopilación de datos sobre avenidas que permitan estimar el gasto máximo en el cauce, incluyendo tanto las avenidas máximas registradas como las conocidas

históricamente.

- Determinación de la curva avenida.
- Frecuencia correspondiente al sitio.
- Determinación de la distribución del gasto y de las avenidas en el cauce para considerar el gasto de las avenidas en el proyecto de la estructura.
- Curva tirante – gasto en el cauce.

2.2.5.3 Estudios hidráulicos.

- Estimación de remansos y cálculo de las velocidades medias en el sitio para diferentes longitudes tentativas del puente y evaluación de gastos.
- Estimación de la profundidad de socavación en los estribos de las estructuras propuestas.

2.2.6 Socavación.

Mosqueira (2011) define la socavación a la excavación profunda causada por el agua, uno de los tipos de erosión hídrica .Puede deberse al embate de las olas contra acantilado, a los remolinos del agua, especialmente allí donde encuentra algún obstáculo la corriente, y al roce con las márgenes de las corrientes que han sido desviadas por los lechos sinuosos. En este último caso es más rápida en la primera fase de las avenidas. La socavación provoca el retroceso de las cascadas y de los acantilados que, al ser privados de apoyo en su base, se van desplomando progresivamente. También representa un papel esencial en la formación y migración de los meandros [18].

2.2.7 Tipos de socavación.

2.2.7.1 Socavación general.

Es un fenómeno de largo plazo, que podríamos llamar natural, se da en la parte alta de las cuencas hidrográficas, donde la pendiente del thalweg es elevada. Como consecuencia, la velocidad del agua y la capacidad de arrastre de la corriente es elevada. En la medida que el flujo arrastra más material, el flujo alcanza rápidamente su capacidad potencial de arrastre, el mismo que es función de la velocidad. En ese punto ya no produce socavación, la sección, márgenes y fondo son estables. A medida que se avanza en el curso del río o arroyo, la pendiente disminuye, consecuentemente disminuye la velocidad, y la corriente deposita el material que transportaba [18].

2.2.7.2 Socavación en estrechamientos.

Se entiende por socavación en estrechamientos la que se produce por el aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de área hidráulica en su cauce. El efecto es muy importante en puentes, donde por lo común y por razones de economía suelen ocurrir las mencionadas reducciones, si bien puede presentarse en otros lugares del curso del río, en que un estrechamiento más o menos brusco tenga lugar. Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:

- Cambio de la velocidad del flujo del agua en el cauce principal.
- Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia Abajo del puente. Esto origina un mayor arrastre del material del fondo en la sección del cauce y, cuando ello es posible, un ensanchamiento del cauce.

2.2.7.3 Socavación en curvas.

Cuando un río describe una curva existe una tendencia en los filetes líquidos situados más lejos del centro de curvatura a caminar más aprisa que los situados más hacia el interior; como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de los primeros es mayor que la de los segundos y la profundidad de erosión es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior. El efecto es importante y ha de ser tenido en cuenta en la construcción de puentes en curvas de río o en el diseño de enrocamientos de protección en los mismos lugares pues al disminuir la velocidad la curva aumenta el depósito en esta zona y, por ello, disminuye la zona útil para el flujo del agua y al aumentar la profundidad y el área hidráulica, aumenta el gasto.

2.2.7.4 Socavación local en estribos.

Desde el punto de vista de definición, la socavación local en estribos es análoga a la que se presenta en las pilas de los puentes, sin embargo, se le distingue por existir algunas diferencias en los métodos teóricos y aun experimentales para su evaluación, los casos más típicos de socavación localizada son:

- Al pie de un talud, lo que podrá provocar su derrumbe, si no se toman medidas;
- Alrededor de los pilares, o debajo de la cimentación de la cabecera de un puente, pudiendo provocar la caída del mismo.
- Inmediatamente aguas abajo de un embalse. En efecto, el embalse retiene casi la totalidad del transporte sólido del río, así, el agua que es descargada aguas debajo de la represa está casi totalmente libre de sedimentos, teniendo por lo tanto una capacidad de socavación considerable.

2.2.8 Patologías estructurales.

De acuerdo con Ripper y Souza (1998) en la tesis de Tadeu N, Lenz A. 2010 se ha designado como Patología Estructural, el campo de la Ingeniería en Edificaciones

que estudia los orígenes, formas manifiestas, consecuencias y mecanismos de ocurrencia de fallas y sistemas de daños en las estructuras. También es parte de ella el área de la Ingeniería que trata patologías, incluyendo sistemas, mecanismos, causas y orígenes de fallas en obras civiles, es decir estudia las partes que componen el diagnóstico del problema. Las patologías estructurales que se presentan en los puentes varían en intensidad e incidencia, provocando muchas veces altos gastos de reparación, como describió Raina (2003). En un aspecto similar, siempre existirán consideraciones estéticas y, a menudo, reducciones de la capacidad de resistencia, a veces conduciendo a una parcial o total falla estructural. Dado el constante aumento de situaciones de patología estructural, se ha investigado en esta área, no sólo en busca de la sistematización patológica, sino que también en el fomento de nuevos conceptos tecnológicos. Algunos nuevos conceptos, no tan difundidos sino hasta hace poco, son el rendimiento, durabilidad, entorno, conformidad, ciclo de vida útil y mantención [15].

2.2.9 Daños en puentes de concreto.

A continuación se presenta una síntesis de los diferentes daños o defectos que inciden en el deterioro de los elementos de un puente, por una sucesión de procesos que atentan la durabilidad de la estructura.

2.2.9.1 Fisuras.

Las fisuras son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales. Normalmente cualquier elemento de concreto reforzado es propenso a que se presente fisuraciones bajo las cargas normales de servicio, sin embargo, cuando el ancho de las fisuras producidas es grande (mayor a 0,5 mm) se considera como una manifestación patológica y pueden afectar el funcionamiento de la estructura. El factor de fisuramiento generalmente se debe describir mediante las siguientes dimensiones: el espesor, la longitud, la dirección de la fisura y la distancia entre éstas; anotando las

observaciones que se consideren relevantes sobre el elemento en el cual se presentan las fallas.

Fisuras por flexión (FIF): Las fisuras por flexión en una viga o una losa generalmente se presentan en la cara inferior de los elementos, se localizan en la zona central de la luz, nacen en la fibra inferior y se extienden hasta llegar al eje neutro de la sección; al principio crecen verticalmente y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos. El ancho de las fisuras indica el nivel del esfuerzo de tracción al que han sido sometidas las barras de refuerzo; anchos pronunciados indican altos esfuerzos por exceso de carga y/o por insuficiencia de refuerzo longitudinal principal.

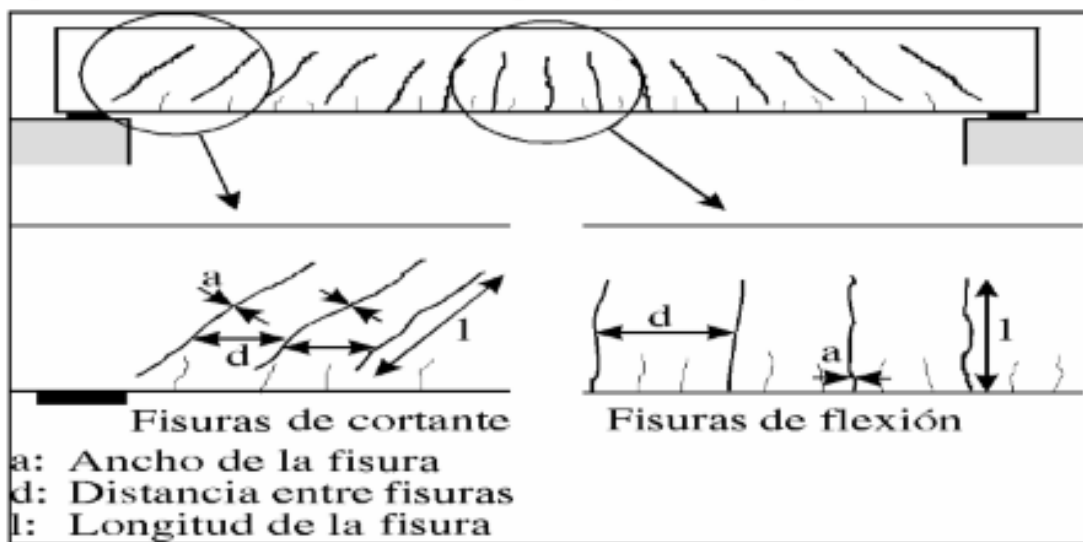


Figura 2.2: Patrón de fisuramiento en vigas simplemente apoyadas.

Fuente:(Invias, 2006.)

Fisuras por Cortante (FIC): En la Figura se observa las causas de los esfuerzos de corte en vigas y losas que generan fisuras oblicuas generalmente formando un ángulo de 45 con la dirección del acero principal (longitudinal), las fisuras presentan un ancho variable y separación máxima correspondiente a la separación del refuerzo transversal. Normalmente las fisuras por cortante se presentan en las zonas cercanas a los apoyos, sin embargo también pueden presentarse en el centro de la luz del elemento

si hay cargas puntuales o pocos estribos. Frecuentemente se presentan varias fisuras paralelas, con separación variable.



Figura 2.3: Fractura por cortante en la Pila. Puente U Shi. Taiwan.

Fuente: (Invias, 2006.)

2.2.9.2 Daños por construcción.

Estos daños pueden originarse por la utilización de los materiales con calidad inadecuada (cemento, agregados, agua), problemas en la dosificación, la producción, el transporte, la colocación y el curado. Las fallas más comunes durante el proceso de construcción se dan por las siguientes causas:

- Inadecuada interpretación de los planos.
- Equivocada localización del refuerzo.
- Descimbrado inadecuado o anticipado.
- Desplazamiento del acero de refuerzo durante el vaciado.

- Prácticas deficientes en la colocación y compactación del concreto.
- Empleo de concretos con dosificación inadecuada.
- Ausencia o mala protección y curado del concreto.
- Carga prematura de la estructura.
- Falta de control de calidad de los materiales.

2.2.9.3 Socavación.

En la figura 2.4 puede observarse la socavación que es causada por el agua o por materiales abrasivos transportados por una corriente, la cual genera desgaste del concreto y fallas de estabilidad. La socavación es típica de los estribos, aletas, pilas, cimentación de los puentes y lecho de los ríos [15].



Figura 2.4: Socavación en un estribo.

Fuente: (Invias, 2006.)

III. HIPÓTESIS.

3.1 Hipótesis general.

La determinación de patologías, permite conocer las medidas de rehabilitación e implementar acciones para prolongar su vida útil, las principales patologías del puente Huatas.

3.2 Hipótesis específicas.

- Se podrán identificar las patologías de la sub estructura del puente Huatatas ubicado en el departamento de Ayacucho.
- Se podrán determinar el nivel de patologías de la sub estructura del puente Huatatas ubicado en el departamento de Ayacucho.

IV. METODOLOGÍA.

4.1 Diseño de la investigación.

La presente investigación es descriptivo, no experimental, y cuantitativo.

4.2 Población y muestra.

4.2.1 Población.

Constituido por los puentes ejecutados por pro vías nacional PVN desde el 1985 al 2016 en el departamento de Ayacucho.

4.2.2 Muestra.

Constituida por la muestra de las estructuras del puente Huatatas del distrito de San Juan Bautista.

4.3 Definición y operacionalización de variables e indicadores.

Ver la Tabla 4.1.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE HUATATAS PARA EL MEJORAMIENTO DE SU VIDA ÚTIL, EN EL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA PROVINCIA DE HUAMANGA- AYACUCHO, 2017		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente:		
Patología en la subestructura del puente Huatatas.	Cambios de humedad y Cambios de temperatura.	Nivel de severidad: - Nivel de severidad Baja. - Nivel de severidad Media. - Nivel de severidad Alta.
	Desprendimientos, erosión por abrasión, cavitación, socavación, fisuras, grietas y fracturas en la cimentación.	Tipo de presencia de patologías en forma: - Vertical. - Horizontal. - Oblicuo.
	Causas biológicas microorganismos (bacterias, hongos, algas, líquenes y musgos).	Grado de afectación: -Alta. -Media. -Baja.
Variable dependiente:		
Mejoramiento de la Vida útil del puente Huatatas.	Serviciabilidad en condiciones normales.	Rango de Calificación : - Menor o igual a 5 años. - 5 - 10 años. - 10 - 25 años.

Tabla 4.1: Matriz de operacionalización de variables.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Técnicas.

4.4.1.1 Técnicas de evaluación visual.

Se hará una primera inspección visual del lugar en estudio y las poblaciones que serán beneficiadas.

4.4.2 Instrumentos.

4.4.2.1 Hec ras v4.0.

Para el modelamiento hidráulico del río Huatatas..

4.4.2.2 Cuaderno para la toma de apuntes.

Para registrar las variables que afectan al estado del pavimento.

4.4.2.3 CAD, GIS .

Para la delimitación de la cuenca del rio Huatatas.

4.4.2.4 Tabla propuesta por el SCS

Para la estimación del CN.

4.4.2.5 Libros y/o manuales de referencia.

Para tener información acerca de la descripción, medición y relación del pavimento.

4.5 Plan de análisis.

El análisis se realizará, teniendo el conocimiento general de la ubicación del área que está en estudio. Según los diferentes ejes y tramos proyectados en los planos para mejor evaluación. -Evaluando de manera general, todos los elementos

estructurales del puente, podremos determinar los diferentes tipos de patologías que existen y con ello realizar las tablas de evaluación.

- Procedimiento de recopilación de información de campo, mediante mediciones para obtener tablas informativos de tipos de patologías.

4.6 Matriz de consistencia.

Ver la Tabla 4.2.

4.7 Principios éticos.

Como profesional de Ingeniería Civil, debemos promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de nuestra profesión, sirviendo con fidelidad al público, a nuestros empleadores y clientes, esforzándonos por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería, además de apoyar a las instituciones profesionales y académicas.

Estaremos al servicio de la sociedad, teniendo como obligación el contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de cada tarea profesional que nos sean asignadas a lo largo de nuestro ejercicio como ingeniero.

Como principios éticos, debemos comprometernos son:

- La relación con el público.
- La relación con la sociedad.
- El ejercicio profesional.

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE HUATATAS PARA EL MEJORAMIENTO DE SU VIDA ÚTIL, EN EL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA PROVINCIA DE HUAMANGA- AYACUCHO, 2017			
PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS
			METODOLOGÍA
¿ Qué patologías presenta la subestructura del puente Huatatas y que medidas deben implementarse para prolongar su vida útil en el distrito de San Juan Bautista- Ayacucho-2017. ?	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar las patologías existentes en la subestructura, para el mejoramiento de la vida útil del puente Huatatas del departamento de Ayacucho.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los tipos de patologías que se presentan en la subestructura del puente Huatatas. 2. Determinar los niveles de severidad en la subestructura del puente Huatatas. 	<p>La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer el estado actual de la subestructura, del puente Huatatas ubicado en el departamento de Ayacucho.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La determinación de patologías, permite conocer las medidas de rehabilitación e implementar acciones para prolongar su vida útil del puente Huatatas.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se podrán identificar las patologías de la sub estructura del puente Huatatas ubicado en el departamento de Ayacucho. 2. Se podrán determinar el nivel de patologías de la sub estructura del puente Huatatas ubicado en el departamento de Ayacucho.
			<p>Tipo:</p> <p>El proyecto de investigación es de tipo exploratorio.</p> <p>Nivel:</p> <p>El proyecto de investigación es de nivel cualitativo.</p> <p>Enfoque:</p> <p>La investigación tiene un enfoque descriptivo.</p> <p>Diseño:</p> <p>Elaborar, buscar, analizar y diseñar los instrumentos para evaluar el estado de la subestructura del puente Huatatas del distrito de San Juan Bautista, provincia de Huamanga.</p> <p>Universo y muestra:</p> <p>Puente Huatatas del distrito de San Juan Bautista, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.</p>

Tabla 4.2: Matriz de consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

V. RESULTADOS.

5.1 Resultados.

En las tablas 08 y 09 se muestran como están distribuidos los niveles de deterioro en los elementos estructurales de la superestructura y subestructura del puente Huatatas.

5.1.1 Tipos de patologías identificados en la superestructura del puente Huatatas.

En las tablas 06 y 07 se muestran los resultados correspondientes al diagnóstico y la evaluación de cada uno de las estructuras del puente Huatatas.

5.1.2 Superestructura del puente Huatatas.

Según la ficha de inspección en el tabla 07 se obtienen la calificación del estado actual de los elementos estructurales que conforman la superestructura.


Datos Generales de la Estructura				
Localización: Puente Huatatas				
Superestructura:				FICHAN
Elementos estructurales de concreto Armado				1.00
Año de construcción:	Uso	historia	Inspección:	Fecha
1985	Vehicular	clínica	Smith Ortega Machaca	30/10/2017
VALORACION VISUAL				
Elementos estructurales	Calificación			
	0-1 bueno	2-3 regular	4-5 Malo	
Vigas	1			
Pilas		2		
Losa	1			
Barandas	1			
Aceros	1			
Estribos		2		
Carriles	1			
Ancho			4	
Altura	1			
<p>Los elementos estructurales que conforman la superestructura como la Losa, viga, barandas, carriles según la valoración se encuentran en estado bueno.</p>				

Tabla 5.1: Ficha de inspección de la superestructura.

Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.

5.1.3 Subestructura del puente Huatatas.

La subestructura conformada principalmente por la cimentación se encuentra en un estado malo como puede observar en la tabla 08.


Datos Generales de la Estructura				
Localización: Puente Huatatas				
Estructura:				FICHA N
CIMENTACION				2.00
Año de construcción:	Uso	historia	Inspección:	Fecha
1985	Vehicular	clínica	Smith Ortega Machaca	30/10/2017
SUBESTRUCTURA				
Sistema estructural en cada sentido y material del cual está constituido				
Elemento estructural	Calificación			
	0-1 bueno	2-3 regular	4-5 Malo	
Cimentación			4	
pilas		2		
Estribos		2		
VALORACION VISUAL				
<p>-La cimentación del puente Huatatas presenta un estado malo existe desprendimiento del concreto a causa del lavado erosivo de caudales en épocas de máximas avenidas.</p> <p>- Estado de las Pilas: Se encuentra en estado regular, aunque se evidencio que hay ciertas patologías físicas debido a la socavación y a la presencia de humedad.</p> <p>-El ancho de la Sección Transversal del puente presenta erosión socavación a causa de avenidas máximas.</p> <p>-El estado de los Estribos es regular, el Drenaje es Insuficiente se evidenciaron goteras.</p>				

Tabla 5.2: Ficha de inspección de la superestructura.

Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.

5.1.4 Niveles de daños encontrados en la subestructura del puente Huatatas.

5.1.4.1 Pilas del puente Huatatas.



Anomalia	Humedad	
Material	concreto	
Lugar	Pila 1	
Sintomas de la lesion		
principalmente se observa la humedad en la pila por mal drenaje del agua de lluvias		
Ensayo e investigacion		
Inspeccion visual		
Observacion		
El color oscuro debido a la humedad		
Analisis de Causas y Efecto		
Efecto :		
* alteracion volumetrica de concreto debido a la presencia constante de humedad		
*Desintegracion de la pasta de concreto debido ala dislucion de componentes del concreto		
Causa :		
Mal drenaje de aguas de lluvias el cual esta en contacto directamente en la superficie del concreto de la pila 1		
Tratamiento o Reparacion		
Impermeabilizacion y conduccion de aguas por un adecuado sistema de drenaje		

Tabla 5.3: Daños en la pila del puente Huatatas.

Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.

5.1.4.2 Cimentación del puente Huatatas.


Anomalia	Socavacion	
Material	concreto	
Lugar	cimentacion, pilas	
Sintomas de la lesion		
Daños en la cimentacion por socavación debido al arrastre de las partículas sólidas del lecho del cauce producida por el paso del agua		
Ensayo e investigacion		
Inspeccion visual		
Observacion		
La erosión local se produce en presencia de obstáculos en los cauces como son los estribos y pilas, junto con sus respectivas cimentaciones		
Analisis de Causas y Efecto		
Efecto :		
El agua al chocar frontalmente y a gran velocidad contra estos obstáculos, produce un flujo de partículas descendentes que, al chocar con el fondo del cauce, producen una serie de vórtices violentamente el material del fondo de la cimentación.		
Causa :		
Ocurrencia de eventos hidrológicos extremos, falta de encauzamientos, inexistencia de defensas ribereñas		
Tratamiento o Reparacion		
Encauzamientos, obras de defensas ribereñas como gaviones, construcción de colchones de enrocado		
Aguas arriba y aguas abajo de la estructura del puente Huatatas		

Tabla 5.4: Daños en la cimentación del puente Huatatas.

Fuente: Invias Colombia y guía de puentes Perú MTC.

5.1.4.3 Estimación del nivel erosión en la cimentación del puente Huatatas.

Según la inspección realizada se determinó que el puente presenta serias anomalías con mayor incidencia en la cimentación del puente.

- a) **Cálculo de máximas avenidas.** Con la ecuación de la figura (5.5) se calcula los máximos caudales, se usó el método regional.

$$Q_{Tr} = (C1 + C2) \text{Log}Tr \cdot A^{m \cdot A^n - n}$$

Tabla 5.5: Ecuación.

Fuente:Elaboración propia.

Q_{Tr} = Caudal máximo instantáneo para un periodo de retorno Tr años.

A = Área de la cuenca en Km².

Tr = Periodo de retorno en años, de acuerdo al tipo de estructura a proyectar.

C1 = 0.18 coeficiente de característica geomorfológico de la zona REGION 6.

C2 = 0.31 coeficiente de característica geomorfológico de la zona REGION 6.

m = 1.24 coeficiente de característica geomorfológico de la zona REGION 6.

n = 0.04 coeficiente de característica geomorfológico de la zona REGION 6.

Según la tabla 5.6, la región de Ayacucho se encuentra en la región 6, cuyos coeficientes geomorfológicos son 0.18, 0.31, 1.24 y 0.04 respectivamente.

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Tabla 5.6: Coeficientes de la ecuación regional.

Fuente:Elaboración propia.

Descripción	Área de la Cuenca Km ²	Tr Años	Coeficientes				C ₁ +C ₂	Log T	A ^{ma^(C₁+C₂)} _n	Caudal avenida m ³ /s
			C ₁	C ₂	m	n				
Río Huatatas	155.30	10	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	1.00	166.15	81.41
Río Huatatas	155.30	25	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	1.40	166.15	113.81
Río Huatatas	155.30	50	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	1.70	166.15	138.32
Río Huatatas	155.30	100	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	2.00	166.15	162.83
Río Huatatas	155.30	200	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	2.30	166.15	187.34
Río Huatatas	155.30	500	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	2.70	166.15	219.73
Río Huatatas	155.30	1000	0.18	0.31	1.24	0.04	0.49	3.00	166.15	244.24

Tabla 5.7: Resumen de caudales máximos método regional.

Fuente:Elaboración propia.

b) **Modelamiento hidráulico del río Huatatas.** La estimación de las características hidráulicas, perfiles de inundación para diferentes periodos de retorno en el río Huatatas, fueron estimados con el software Hec ras v4.1, es necesario conocer la siguiente información:

- **Forma del cauce:** En la época de estiaje, encajonado en las terrazas aluviales, de un promedio de 0.35 m de espesor y 13.0 m de ancho y en época de avenidas se extiende en un ancho de 22m, laminándose, según el recorrido hacia ambas márgenes o indistintamente hacia una de ellas.



Figura 5.1: Sección transversal del río Huatatas se mide el nivel del agua.
Fuente: Elaboración propia.

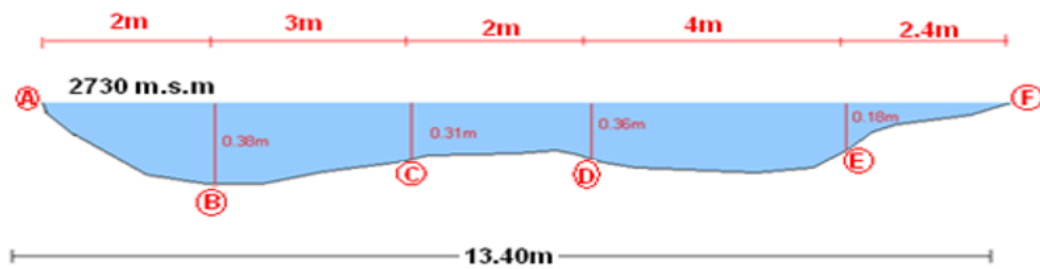


Figura 5.2: Sección transversal del río Huatatas.
Fuente: Elaboración propia.

Punto	Distancia	Elevación (msnm)
A	0	2730.00
B	2	2729.62
C	5	2729.69
D	7	2729.64
E	11	2729.82
F	13.4	2730.00

Tabla 5.8: Elevación vs distancia.

Fuente: Elaboración propia.

- c) **Forma del curso del río:** Recorrido es divagante a lo largo del cauce. En la zona del emplazamiento del tramo crítico, el curso del cauce es meándrico y recto con características estables.



Figura 5.3: Vista satelital forma del cauce del río Huatatas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.4: Vista panorámica del río Huatatas.

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de Manning

Para la estimación de la rugosidad del cauce del río se recurrió a las recomendaciones de la SURFACE-WATER FIELD TECHNIQUES Clearwater River at Kamiah, Idaho $n = 0.033$

Ubicación del medidor

Lat 46 grados 14 minutos, largo 116 grados 01 minuto, en sec. 1, T. 33 N., R. 3 E., en la orilla izquierda 0.25 millas aguas abajo del puente de la carretera en Kamiah, 0.75 millas río abajo de Lawyer Creek, y 6 millas río abajo de South Fork. La sección 1 está a unos 5,8 millas aguas abajo de la galga.

Área de drenaje

4,850 sq mi, aproximadamente.

Fecha de la inundación

29 de mayo de 1948.

Altura del medidor

19,22 pies en el calibrador: 46,17 pies en la sección.

Descarga máxima.

99,000 cfs

Coefficiente de rugosidad estimado.

Manning $n = 0,033$



Figura 5.5: Downstream along left bank from above.
Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho.



Figura 5.6: Upstream from left bank.
Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho.

Según SURFACE-WATER FIELD TECHNIQUES para el río Huatatas se estima el Manning $n = 0,033$.

Pendiente longitudinal promedio

0.00937 km/km.

Ancho del cauce

Estiaje 13.4 m. y avenidas 22m.

El Coeficiente de contracción y expansión; sin olvidar que siempre la pérdida de energía que hay en una contracción es inferior a la que se produce en una expansión y considerando que en este caso el coeficiente debe ser suave en función a las características del cauce determinamos que:

Coef. de contracción = 0.1

Coef. de expansión = 0.3

d) **Características hidráulicas del río Huatatas.** Con el Software Hecras se obtuvieron las características hidráulicas en la sección inmediata al puente ubicado en el río Huatatas.

E.G. Elev (m)	2732.12	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.80	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.038
W.S. Elev (m)	2731.32	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	2731.32	Flow Area (m ²)	3.03	8.32	9.76
E.G. Slope (m/m)	0.014253	Area (m ²)	3.03	8.32	9.76
Q Total (m ³ /s)	81.41	Flow (m ³ /s)	8.87	36.71	35.83
Top Width (m)	13.40	Top Width (m)	2.00	5.00	6.40
Vel Total (m/s)	3.86	Avg. Vel. (m/s)	2.93	4.41	3.67
Max Chl Dpth (m)	1.70	Hydr. Depth (m)	1.51	1.66	1.53
Conv. Total (m ³ /s)	681.9	Conv. (m ³ /s)	74.3	307.5	300.2
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	3.36	5.00	7.73
Min Ch El (m)	2729.62	Shear (N/m ²)	125.93	232.54	176.47
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	641.56	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m ³)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m ²)			

Tabla 5.9: Características hidráulicas TR=10 AÑOS.

Fuente: Software Hecras v4.1.

E.G. Elev (m)	2732.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.01	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.038
W.S. Elev (m)	2731.72	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	2731.72	Flow Area (m2)	3.82	10.30	12.30
E.G. Slope (m/m)	0.013843	Area (m2)	3.82	10.30	12.30
Q Total (m3/s)	113.81	Flow (m3/s)	11.96	51.65	50.20
Top Width (m)	13.40	Top Width (m)	2.00	5.00	6.40
Vel Total (m/s)	4.31	Avg. Vel. (m/s)	3.13	5.01	4.08
Max Chl Dpth (m)	2.10	Hydr. Depth (m)	1.91	2.06	1.92
Conv. Total (m3/s)	967.3	Conv. (m3/s)	101.6	439.0	426.7
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	3.76	5.00	8.13
Min Ch El (m)	2729.62	Shear (N/m2)	138.07	279.67	205.40
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	641.56	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 5.10: Características hidráulicas TR=25 AÑOS.

Fuente: Software Hecras v4.1.

E.G. Elev (m)	2733.15	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.16	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.038
W.S. Elev (m)	2732.00	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	2732.00	Flow Area (m2)	4.37	11.68	14.06
E.G. Slope (m/m)	0.013653	Area (m2)	4.37	11.68	14.06
Q Total (m3/s)	138.32	Flow (m3/s)	14.18	63.21	60.93
Top Width (m)	13.40	Top Width (m)	2.00	5.00	6.40
Vel Total (m/s)	4.59	Avg. Vel. (m/s)	3.25	5.41	4.33
Max Chl Dpth (m)	2.37	Hydr. Depth (m)	2.18	2.34	2.20
Conv. Total (m3/s)	1183.8	Conv. (m3/s)	121.3	540.9	521.5
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	4.03	5.00	8.41
Min Ch El (m)	2729.62	Shear (N/m2)	145.15	312.64	224.00
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	641.56	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 5.11: Características hidráulicas TR=50 AÑOS.

Fuente: Software Hecras v4.1.

E.G. Elev (m)	2733.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.29	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.038
W.S. Elev (m)	2732.26	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	2732.26	Flow Area (m2)	4.91	13.03	15.79
E.G. Slope (m/m)	0.013348	Area (m2)	4.91	13.03	15.79
Q Total (m3/s)	162.83	Flow (m3/s)	16.30	74.98	71.55
Top Width (m)	13.40	Top Width (m)	2.00	5.00	6.40
Vel Total (m/s)	4.83	Avg. Vel. (m/s)	3.32	5.76	4.53
Max Chl Dpth (m)	2.64	Hydr. Depth (m)	2.45	2.61	2.47
Conv. Total (m3/s)	1409.4	Conv. (m3/s)	141.1	649.0	619.3
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	4.30	5.00	8.67
Min Ch El (m)	2729.62	Shear (N/m2)	149.43	340.94	238.22
Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	641.56	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 5.12: Características hidráulicas TR=100 AÑOS.

Fuente: Software Hecras v4.1.

E.G. Elev (m)	2734.44	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.61	Wt. n-Val.	0.038	0.038	0.038
W.S. Elev (m)	2732.83	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	2732.83	Flow Area (m2)	6.04	15.85	19.40
E.G. Slope (m/m)	0.013092	Area (m2)	6.04	15.85	19.40
Q Total (m3/s)	219.73	Flow (m3/s)	21.00	102.95	95.78
Top Width (m)	13.40	Top Width (m)	2.00	5.00	6.40
Vel Total (m/s)	5.32	Avg. Vel. (m/s)	3.48	6.50	4.94
Max Chl Dpth (m)	3.21	Hydr. Depth (m)	3.02	3.17	3.03
Conv. Total (m3/s)	1920.4	Conv. (m3/s)	183.5	899.8	837.1
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	4.86	5.00	9.24
Min Ch El (m)	2729.62	Shear (N/m2)	159.35	406.83	269.57
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	641.56	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 5.13: Características hidráulicas TR=500 AÑOS.

Fuente: Software Hecras v4.1.

e) **Determinación de los niveles de agua.**

De la modelación con el software Hec ras se obtuvieron los niveles de agua para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años como puede observarse en las figuras 2.14y 2.15.

Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Velocidad(m/s)	Tirante de Agua(m)	Número Froude
10	81.41	3.86	1.70	1.09
25	113.81	4.31	2.10	1.11
50	138.32	4.59	2.37	1.13
100	162.83	4.83	2.64	1.14
500	219.73	5.32	3.21	1.16

Tabla 5.14: Niveles de agua para distintos periodos de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

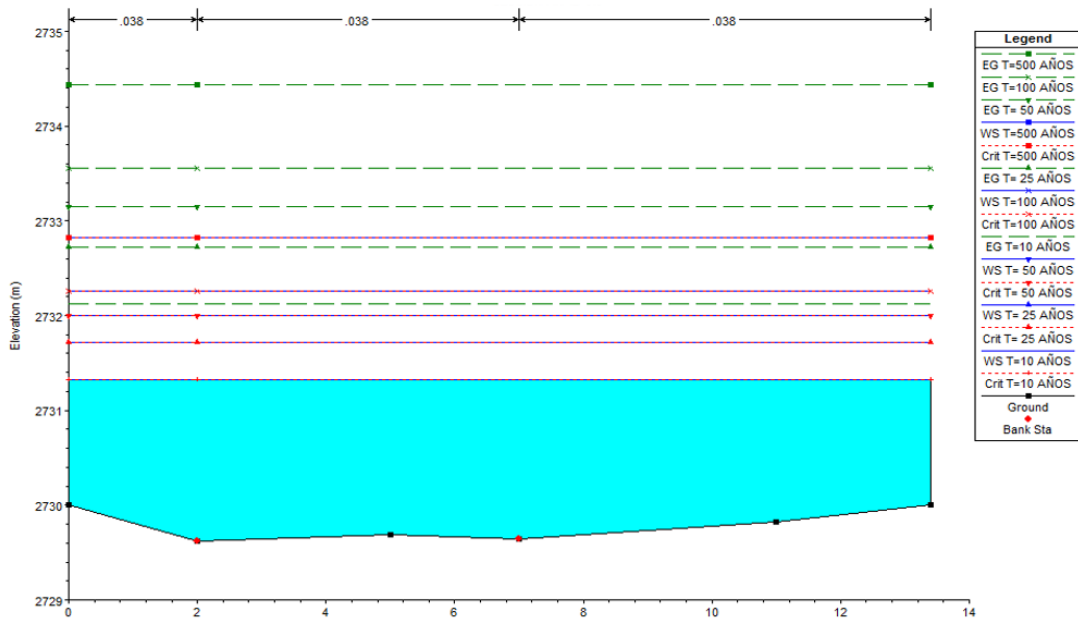


Figura 5.7: Secciones para diferentes periodos de retorno.

Fuente: Software Hecras v4.1.

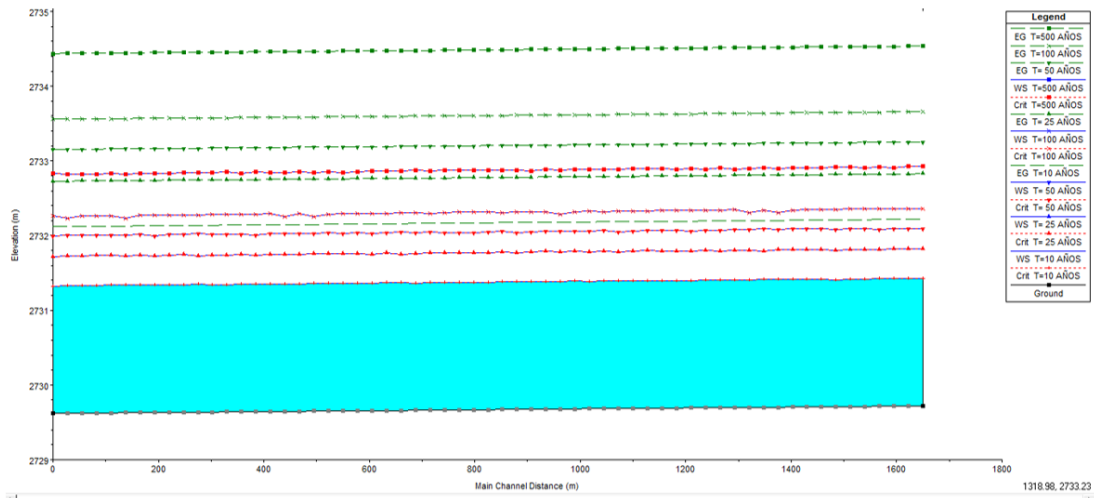


Figura 5.8: Perfiles Para diferentes periodos de retorno.

Fuente: Software Hecras v4.1.

En el gráfico se tiene los niveles de inundación en el perfil de la longitud del río aguas arriba para diferentes periodos de retorno

En la figura se tiene la sección del puente después de la ocurrencia del evento hidrológico desarrollado en el 2010, en el cual puede observarse la magnitud de la socavación aguas abajo del puente.



Figura 5.9: Puente Huatatas.
Fuente: Elaboracion propia.

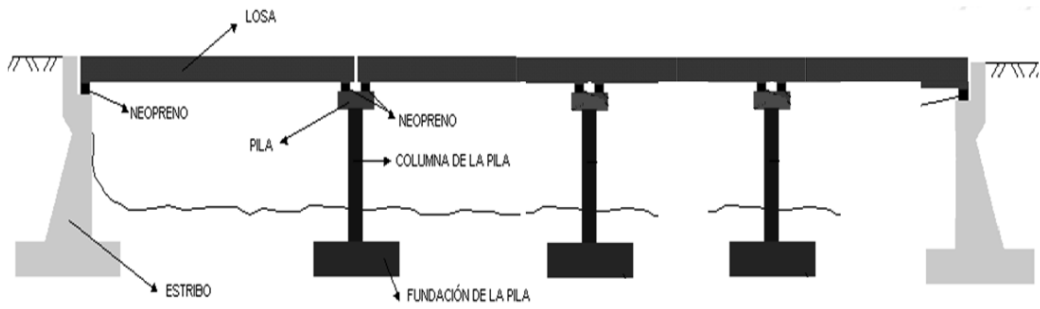


Figura 5.10: Geometría del puente Huatatas.
Fuente: Elaboracion propia.

Sección de control	Puente Principal
Largo puente	40.00
Cota del tablero del puente	6.50
Cantidad de pilares	3.00
Ancho de Pilas 1,2,3	3.00
Largo de pilas 1,2 ,3	7.00

Tabla 5.15: Dimensiones de puente Huatatas.

Fuente: PVN -Ayacucho 2010.

f) Determinación de la erosión.

Para estimación de la erosión en el cauce del río Huatatas se usa los métodos propuestos por Liu, Chang y Skinner y el método de Froehlich desarrollados en el libro con nombre “Introducción a la Hidráulica de ríos” Autor: Arturo Rocha Felices.

- **Socavación Local**

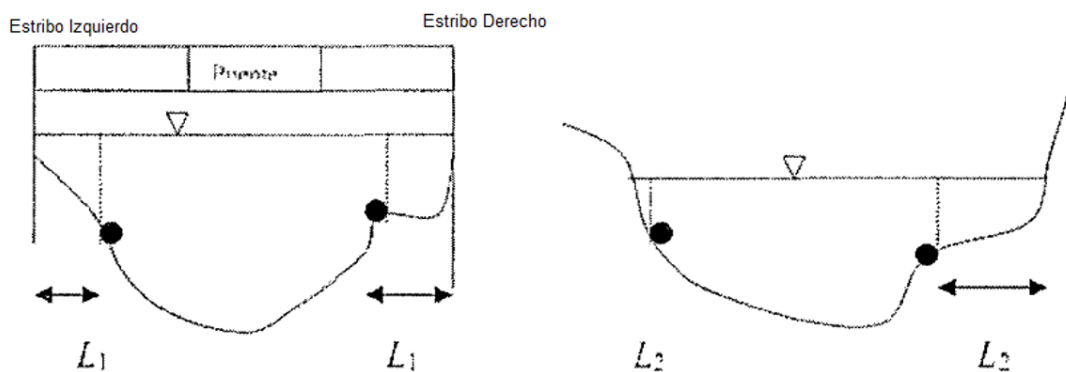


Figura 5.11: Estribos alejados del cauce principal.

Fuente: Clearwater River at Kamiah, Idaho.

- **Método de Liu, Chang y Skinner**

$$\frac{d_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h} \right)^{0.4} Fr^{0.33}$$

Figura 5.12: Ecuación.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

ds = Profundidad de socavación de equilibrio medida desde el nivel medio del lecho hasta el fondo del hueco de socavación (m).

h = Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m).

L = Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m).

Fr = Número de Fraude en la sección de aguas arriba.

V = Velocidad media del flujo aguas arriba (m/s).

kf= Coeficiente de corrección por la forma del estribo.

kf= 1.10 (Para estribos con pared inclinada hacia el cauce).

kf= 2.15 (Para estribos con pared vertical).

Datos:

V = 3.86m/s

h = 1.70

Fr = 1.09

L= 3.00

Kf= 1.10

ds= 2.41m

Periodo de retorno	K_f	Velocidad (m/s)	Fr (número de Froude)	Tirante de aguas h(m)	Profundidad socavación(m) ds
10	1.10	3.86	1.09	1.70	2.41
25	1.10	4.31	1.11	2.10	2.75
50	1.10	4.59	1.13	2.37	2.98
100	1.10	4.83	1.14	2.64	3.19
500	1.10	5.32	1.16	3.21	3.61

Tabla 5.16: Profundidad de socavación.

Fuente: Elaboración propia.

• **Método de Froehlich**

$$\frac{d_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Figura 5.13: Ecuación.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

ds= Profundidad de socavación (m).

he= Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación. obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m).

Kf= Coeficiente que depende de la forma del estribo.

Kθ = Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo.

L = longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua proyectada normalmente al flujo.

Fre = Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

Descripción	K_f
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cause	0.55

Figura 5.14: Coeficiente que depende de la forma del estribo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.15: Estribo del puente Huatatas.

Fuente: Elaboración propia.

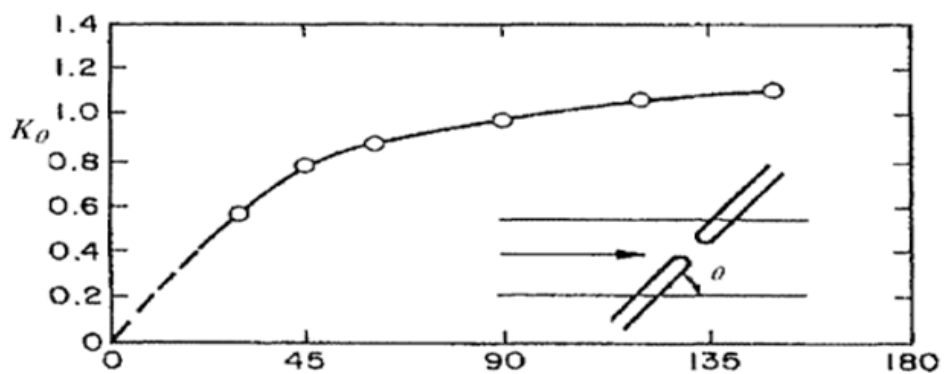
El estribo del puente del río Huatatas es un tipo de estribo con pared vertical alejados del cauce principal.

Por lo tanto $K_f = 1.00$

Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo

$$K_{\theta} = \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0.13}$$

Figura 5.16: Ecuación.
Fuente: Elaboración propia.



Valores de θ

Figura 5.17: Ángulo de Flujo .
Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de ataque de flujo es 90 a las paredes verticales por lo tanto Según la tabla de valores se obtiene que:

$$K_{\theta} = \left(\frac{90}{90} \right)^{0.13}$$

Figura 5.18: Ángulo de Flujo .
Fuente: Elaboración propia.

$$K_{\theta} = 1.00$$

Cálculo de Profundidad de Socavación ds:

Datos:

$$V = 3.86 \text{ m/s}$$

$$h_e = 1.70 \text{ m}$$

$$L = 3.00 \text{ m}$$

$$K_f = 1.00$$

$$K_\theta = 1.00$$

$$Fr_e = 1.09$$

$$d_s = 4.05 \text{ m}$$

$$\frac{d_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} Fr_e^{0.61} + 1$$

Figura 5.19: Ecuación.

Fuente: Elaboración propia.

Periodo de retorno	K_f	K_θ	Velocidad (m/s)	Fr (número de Froude)	Tirante de aguas he(m)	Profundidad socavación(m)
10	1.00	1.00	3.86	1.09	1.70	6.89
25	1.00	1.00	4.31	1.11	2.10	8.02
50	1.00	1.00	4.59	1.13	2.37	8.78
100	1.00	1.00	4.83	1.14	2.64	9.49
500	1.00	1.00	5.32	1.16	3.21	10.96

Tabla 5.17: Ecuación.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.4 Determinar las propuestas de protección en el puente Huatatas.

Como manera de restauración y protección del cauce aguas arriba del puente Huatatas se plantea la construcción de Sistema de defensa tipo Gaviones, a fin de disipar la energía de flujos de caudales máximos y por la cantidad de material de canto rodado que se tiene en el cauce y así mismo por los costos de ubicación de la cantera de roca para el enmallado.

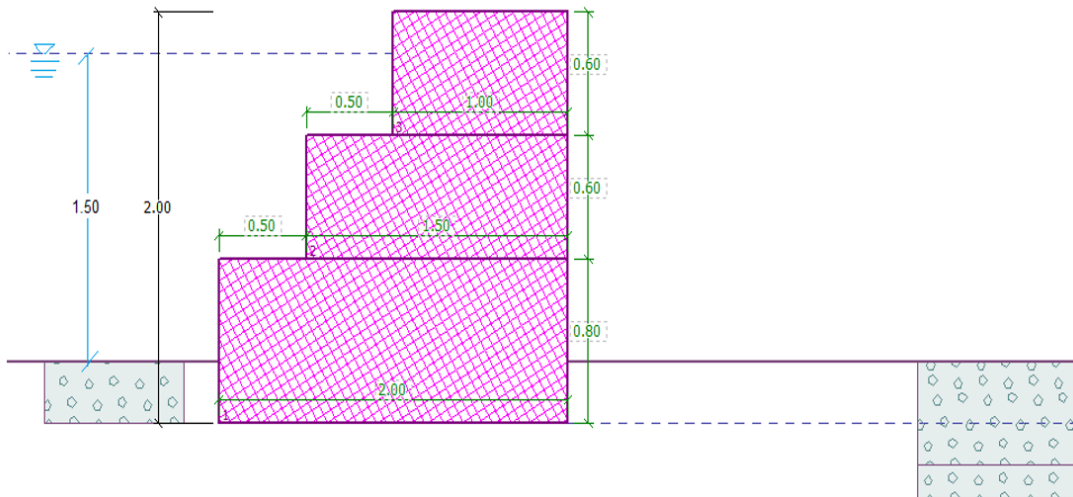


Figura 5.20: Geometría defensa tipo Gaviones.

Fuente: Elaboración propia.

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 65.25 \text{ kNm/m}$

Momento de vuelco $M_{OVR} = 0.71 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = $2.52 > 1.50$

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 32.22 \text{ kN/m}$

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 4.85 \text{ kN/m}$

Factor de seguridad = $2.82 > 1.50$

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Figura 5.21: Verificación del muro completo.

Fuente: Elaboración propia.

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	10.16	55.80	4.85	0.000	27.90

Figura 5.22: Carga de diseño actuando en el centro de la zapata.

Fuente: Elaboración propia.

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	10.16	55.80	4.85

Figura 5.23: Carga de servicio actuando en el centro de la zapata.

Fuente: Elaboración propia.

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata: Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.000$

Máxima excentricidad permitida $e_{al} = 0.333$
w

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 27.90$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 146.00$ kPa

Factor de seguridad = 3.20 > 1.50

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Figura 5.24: Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación.

Fuente: Elaboración propia.

Verificación de la junta constructiva sobre el bloque N° 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 13.20 \text{ kNm/m}$

Momento de vuelco $M_{OVR} = 1.69992050756095E74 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = $3.00 > 1.50$

Conjunto para estabilidad de vuelco **ES SATISFACTORIA**

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 8.66 \text{ kN/m}$

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 2.00 \text{ kN/m}$

Factor de seguridad = $2.14 > 1.50$

Junta para deslizamiento **ES SATISFACTORIA**

Máxima presión en la base del bloque	=	10.00 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior	=	0.00
Valor promedio de la presión en el frente	=	3.00 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción	=	5.77 kN/m

Figura 5.25: Verificación de la junta constructiva.

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad portante contra presión transversal:

Capacidad portante de la junta = 40.00 kN/m

Cálculo de estado de tensión = 1.33 kN/m

Factor de seguridad = $3.10 > 1.50$

Comprobar la presión transversal **ES SATISFACTORIA**

Comprobar la diaclasa entre bloques:

Malla de la capacidad port. del material = 40.00 kN/m

Cálculo de estado de tensión = 1.33 kN/m

Factor de seguridad = $2.80 > 1.50$

Junta entre bloques **ES SATISFACTORIA**

Actualmente la población ha desarrollado algunas actividades de defensa al colocar piedra de canto rodado en la orillas tal como se muestra.

Figura 5.26: Verificación de la junta constructiva.

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos se observa que la socavación de la cimentación es la Patología más incidente en el presente trabajo de investigación por ello se determinan la socavación por el Método de Liu, Chang y Skinner, es el método que mejor aproxima los resultados como puede observarse en la tabla (6.2).



Figura 6.1: Profundidad de socavación en el puente Huatatas .

Fuente: Elaboración propia.

Periodo de retorno	K_f	Velocidad (m/s)	Fr (número de Froude)	Tirante de aguas h(m)	Profundidad socavación(m)
10	1.10	3.86	1.09	1.70	2.41
25	1.10	4.31	1.11	2.10	2.75
50	1.10	4.59	1.13	2.37	2.98
100	1.10	4.83	1.14	2.64	3.19
500	1.10	5.32	1.16	3.21	3.61

Tabla 6.1: Profundidad de socavación método de Liu y Chang.

Fuente: Elaboración propia.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.

Luego de haber hecho la respectiva evaluación, de las sub estructuras del puente Huatatas donde se vio el estado de conservación de las estructuras del puente en mención se observo que el mayor problema que presenta es en cimentación

Por lo que es necesario hacer las recomendaciones del caso a fin de que la vida útil del puente se puedan incrementar, para ello es necesario hacer un mantenimiento en la cimentación del puente ya que esta se encuentra dañada por la socavación, para evitar que se sigan incrementando los daños o deterioros de la cimentación, se debe hacer mantenimiento y mejora de esta estructura a fin de evitar colapsos posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pavel Danny Enciso Navarro. Estudio hidráulico y estimación de socavación en el puente interconexión muyurina - ayacucho. *UNSCH*, 2015.
- [2] GILMAR QUISPE. Auscultación visual de las patologías del concreto para obtener el índice de condición del pavimento rígido en el tramo puente alameda de valdelirios – arco de rudaccasa del distrito de carmen alto, provincia de huamanga, departamento de ayacucho, agosto – 2016. *ULADECH*, 2017.
- [3] Antonio Soto León. Estudio hidrológico e hidráulico del puente huanchuy en el río caachi, ayacucho - huancavelica. *UNSCH*, 2015.
- [4] Nilo Armando Quispe Ccahuin. Modelamiento hidrológico e hidráulico para control de socavación de estribos del puente marita de la carretera sancos - sacsamarca, provincia de huanca sancos - ayacucho. *UNSCH*, 2019.
- [5] Karina Liliana Polanco Roque. Evaluación de las fallas estructurales del puente chonta de la red vial cajamarca - baños del inca. *UNCA*, 2013.
- [6] Luis Antonio Zegarra Ciquero. Análisis y diseño de puentes colgantes. *PUCP*, 2011.
- [7] JORGE GONZALES. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento rígido de las cuadras: 6,7,8,9 y 10 de la avenida amazona, distrito de calleria, provincia de coronel portillo – ciudad de pucallpa – región: Ucayali – julio - 2018. *ULADECH*, 2019.
- [8] JOSE PEREZ & JHONEL RAMIREZ. Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la av. los treboles – distrito de chichlayo – provincia de chichlayo - departamento lambayeque. *UNIVERSIDAD SENOR DE SIPAN*, 2018.
- [9] RAUL ROBLES. Cálculo del índice de condición del pavimento (pci) barranco - surco – lima. *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA*, 2015.
- [10] PAOLA CARHUAPOMA. Determinación y evaluación de las patologías en el pavimento flexible de la avenida ramon romero distrito veintiséis de octubre - piura, noviembre 2017. *ULADECH*, 2017.
- [11] HAMILTON MENDOZA. Evaluación del diseño de losas cortas (tcp) en pavimentos según tensiones. *UNSCH*, 2015.

- [12] RICHA ROCA. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de los pavimentos rígidos del jirón Tarma, distrito y provincia de Chanchamayo, región Junín, enero – 2019. *ULADECH*, 2019.
- [13] DANIEL ORREGO. Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. *PUCP*, 2014.
- [14] Contreras C and Reyes E. Evaluación, diagnósticos patológicos y propuesta de intervención del puente Romero Aguirre. *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*, 2014.
- [15] Tadeu N. Fundamento teórico planteada en tesis de, lenz a. 2010.
- [16] Matute L., Pulido I., Sánchez V., and Redero A. Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes. 2014.
- [17] JORGE ZEGARRA. Escorrentía en pavimentos de bloques de suelo-cemento: Un abordaje experimental. *UNAM*, 2015.
- [18] JUAN MERIZALDE. El inventario, evaluación y propuesta de mejoramiento de los pavimentos de las vías internas de la ciudadela universitaria de la universidad central del Ecuador. *UCE*, 2019.

ANEXOS

Anexo 1: Fotos descriptivas.



Fotografía 1: *Sección del río Huatatas.*



Fotografía 2: *Situación actual en la longitud del río Huatatas.*



Fotografía 3: *Puente Huatatas-lugar Ccachamolino.*



Fotografía 4: *Sección del puente.*



Fotografía 3: *Flujo actual en el puente.*