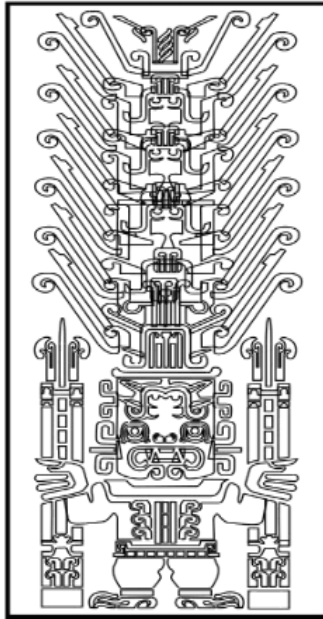


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR EL FENÓMENO EL NIÑO EN EL ACCESO DE LA QUEBRADA PASAMAYITO MEDIANTE EL MODELO HEC RAS”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**AYLIN STEFANY GUTIERREZ CHIARA**

**Lima – Perú**

**2016**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
ANTECEDENTES.....	10
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA.....	11
OBJETIVOS.....	11
METODOLOGÍA.....	12
HIPÓTESIS.....	12
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	
<b>1.1 FENÓMENO EL NIÑO (ENSO)</b>	
1.1.1 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL FENÓMENO EL NIÑO.....	13
1.1.2 REGISTROS HISTÓRICOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN EL PERÚ.....	17
1.1.3 EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO 1997-1998 EN EL PERÚ.....	20
<b>1.2 COMPORTAMIENTO DE PUENTES ANTE TRÁNSITO DE AVENIDAS</b>	
1.2.1 DEFINICIÓN Y PARTES DE UN PUENTE.....	24
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES.....	26
1.2.3 FALLAS EN PUENTES.....	29
FALLAS OBSERVADAS EN ESTRUCTURA VIALES POR EFECTOS HIDROLÓGICOS EN EL PERÚ.....	31
1.2.4.1 FALLAS POR SOCAVACIÓN.....	32
1.2.4.1 FALLAS POR INUNDACIÓN.....	33
<b>1.3 FENÓMENO DE SOCAVACIÓN</b>	
1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO EL NIÑO.....	42
1.3.2 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA SOCAVACIÓN.....	44
1.3.3 COMPONENTES DE LA SOCAVACIÓN.....	45
1.3.4 TIPOS DE SOCAVACIÓN.....	50
1.3.4.1 SOCAVACIÓN GENERAL.....	50
1.3.4.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN.....	51
1.3.4.2.1 MÉTODOS PARA CÁLCULO DE SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN.....	51
1.3.4.2.1.1 MÉTODO DE LISCHTVAN-LEVEDIEV.....	51
1.3.4.2.1.2 MÉTODO DE STRAUB.....	57

1.3.4.2.1.3	MÉTODO DE LAURSEN.....	58
1.3.4.3	SOCAVACIÓN LOCAL DEL PILAS.....	61
1.3.4.3.1	MÉTODO DE LAURSEN Y TOCH (1953-1956).....	63
1.3.4.3.2	MÉTODO DE MAZA-SANCHEZ (1966).....	65
1.3.4.3.3	MÉTODO DE YAROSLAVTZIEV (1966).....	69
1.3.4.3.4	MÉTODO DE LARRAS (1966).....	71
<b>CAPÍTULO 2: BASE DE DATOS</b>		
<b>2.1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA QUEBRADA PASAMAYITO</b>	
2.1.1	DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	73
2.1.2	ANTECEDENTES DE LA QUEBRADA PASAMAYITO.....	74
2.1.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	77
2.1.3.1	TOPOGRAFÍA.....	78
2.1.3.2	GEOLOGÍA.....	79
2.1.3.3	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	83
<b>CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA</b>		
<b>3.1</b>	<b>ANÁLISIS Y RECONSTRUCCIÓN DE LO SUCEDIDO EN LOS AÑOS 1983 Y 1998</b>	
3.1.1	DELIMITACIÓN DE CUENCA Y TOPOGRAFÍA.....	91
3.1.2	NÚMERO DE CURVA.....	92
3.1.3	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	94
3.1.4	PLUVIOMETRÍA.....	94
3.1.5	MODELO HIDROLÓGICO EN HEC HMS.....	95
3.1.6	SECCIONAMIENTO DEL CAUCE MEDIANTE LA EXTENSIÓN HEC GEO RAS.....	99
3.1.7	MODELO HIDRÁULICO EN HEC RAS.....	100
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL ANTE UN EVENTO EXTRAORDINARIO</b>	
3.2.1	DELIMITACIÓN DE CUENCA Y TOPOGRAFÍA.....	110
3.2.2	NÚMERO DE CURVA.....	110
3.2.3	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	110
3.2.4	PERIODO DE RECURRENCIA.....	110
3.2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	111
3.2.6	ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	117

3.2.7	MODELO HIDRÁULICO.....	118
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS</b>		
	CONCLUSIONES.....	130
	RECOMENDACIONES.....	131
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
	ANEXOS.....	135

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfica 1: Las cuatro regiones del Océano pacífico en las que los científicos centran su atención para estudiar los vientos, las temperaturas de la superficie del mar y las precipitaciones. (NOAA 2016).
- Gráfica 2: Disminución del I.O.S. (NOAA 2016).
- Gráfica 3: Partes principales de un puente en río. (Ramón 2015).
- Gráfica 4: Estadística realizada por Smith. (Bridge failures, 1976).
- Gráfica 5: Puente destruidos en El Niño “Peor que una Guerra”. (Caretas, 1998).
- Gráfica 6: Colapso del “Puente Reque”. (Reque City, 2011).
- Gráfica 7: Vista Panorámica del desplome del puente del 14 de marzo de 1998. (Reque City, 2011).
- Gráfica 8: Colapso del “Puente Chosica”. (Caretas, 1998).
- Gráfica 9: Colapso del “Puente Bolognesi”. (Vásquez, 2004).
- Gráfica 10: Foso de la erosión local en el Nuevo Puente Independencia en el río Piura. (Vásquez, 2004).
- Gráfica 11: Pilar hundido en el Viejo “Puente Independencia” que falló en 1983. (Vásquez, 2004).
- Gráfica 12: “Puente Independencia” en plena temporada del fenómeno “El niño” 1998. (Reyes, 2012).
- Gráfica 13: “Puente Yanango”, se construyó en el año 1998. (Reyes, 2012).
- Gráfica 14: “Puente Yanango” colapsó en el 2005 por las fuertes lluvias. (Reyes, 2012).
- Gráfica 15: “Puente Yanango” después de haber sido arrasado por una corriente de lodo. (Reyes, 2012).
- Gráfica 16: Puente en Piura, en plena temporada del fenómeno “el niño” 1998. (Reyes, 2012).
- Gráfica 17: Quebrada del “Puente Pasamayito” caso aplicativo del presente estudio. (Reyes, 2012).
- Gráfica 18: Quebrada del “Puente Pasamayito” desvío construido después del colapso del 1998. (Reyes, 2012).
- Gráfica 19: Quebrada del “Puente Cáceres” mostrando el riesgo de inundación en el tramo urbano en el año 1998. (Reyes, 2012).
- Gráfica 20: Impactos en las estructuras debido al arrastre de sedimentos. (Melville y coleman, 2000).
- Gráfica 21: Depósito de materiales en el fondo de un río. (Melville y coleman, 2000).
- Gráfica 22: Socavación por contracción. (Maza 1968).
- Gráfica 23: Socavación local en estribos. (Melville y coleman 2000).

Gráfica 24: Características del flujo alrededor de una pila. (Kothyari y ranga raju 2002).

Gráfica 25: Sección transversal del cauce. (Juárez badillo e. y Rico Rodriguez a.1992).

Gráfica 26: Velocidad de caída ( $w$ ) para partículas de arena. (HEC18. 1993).

Gráfica 27: Comparación de ecuaciones para el cálculo de socavación local con socavaciones medidas en el campo, según Jones. (HEC18. 1993).

Gráfica 28: Coeficiente K1 Método de Laursen y toch. (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. 1992).

Gráfica 29: Coeficiente K2 Método de Laursen y toch. (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. 1992).

Gráfica 30: Coeficientes  $\phi$ , métodos de Laursen y toch, Breusers, Nicollet y Shen, Malvilla y Sutherland. Adaptada de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1992)

Gráfica 31: Cálculo de la socavación local para una pila rectangular. (Maza-Alvarez 1987).

Gráfica 32: Cálculo de la socavación local para una pila circular. (Maza-Alvarez 1987).

Gráfica 33: Cálculo de la socavación local para una pila elongada. (Maza-Alvarez 1987).

Gráfica 34: Coeficiente K1 en función a la forma del pilar para la fórmula de Larras.

Gráfica 35: Coeficiente K2 en función a la forma del pilar para la fórmula de Larras.

Gráfica 36: Ubicación geopolítica de la quebrada en estudio.

Gráfica 37: Sistema de drenaje instalada en 1983.

Gráfica 38: Sistema de drenaje instalada en 1986.

Gráfica 39: Mapa geológico regional. (INGEMMET).

Gráfica 40: Vista en planta del área de estudio

Gráfica 41: Ubicación geográfica de la estación Mallares. (SENAMHI).

Gráfica 42: Ubicación de la estación Mallares. (SENAMHI).

Gráfica 43: Red vial que cruza la quebrada en estudio y estaciones cercanas. (SENAMHI).

Gráfica 44: Delimitación de cuenca. (Elaboración propia).

Gráfica 45: Digitalización de la topografía

Gráfica 46: Creación del Modelo digital de terreno

Gráfica 47: Datos de entrada de modelo base para el modelo de 1983.

Gráfica 48: Datos de entrada de modelo meteorológico para el modelo de 1983.

Gráfica 49: Datos de entrada de especificaciones de control para el modelo de 1983.

Gráfica 50: Cuadro de resultados del modelo hidrológico.

Gráfica 51: Datos de entrada de modelo base para el modelo de 1998.

Gráfica 52: Datos de entrada de modelo meteorológico para el modelo de 1998.

Gráfica 53: Datos de entrada de especificaciones de control para el modelo de 1998.

Gráfica 54: Cuadro de resultados del modelo hidrológico.

Gráfica 55: Seccionamiento del río.  
Gráfica 56: Interfaz del modelo hidráulico para el año 1983.  
Gráfica 57: Topografía importada para el año 1983.  
Gráfica 58: Estado de la estructura antes del impacto del Fenómeno del Niño de 1983.  
Gráfica 59: Interfaz que muestra el resultado del nivel de agua alcanzado en el evento de 1983.  
Gráfica 60: Resultado en vista isométrica del proceso ante el evento de 1983.  
Gráfica 61: Resultado en la sección transversal ante el evento de 1983.  
Gráfica 62: Resultado en la sección longitudinal ante el evento de 1983.  
Gráfica 63: Resultado del perfil transversal de la alcantarilla1 ante el evento de 1983.  
Gráfica 64: Resultado del perfil transversal de la alcantarilla2 ante el evento de 1983.  
Gráfica 65: Resultado del perfil longitudinal ante el evento de 1983.  
Gráfica 66: Resultado del perfil longitudinal ante el evento de 1983.  
Gráfica 67: Interfaz del modelo hidráulico para el año 1998.  
Gráfica 68: Topografía importada para el año 1998.  
Gráfica 69: Estado de la estructura antes del impacto del Fenómeno del Niño de 1998.  
Gráfica 70: Resultado en vista isométrica del proceso ante el evento de 1998.  
Gráfica 71: Resultado en la sección transversal ante el evento de 1998.  
Gráfica 72: Resultado en la sección longitudinal ante el evento de 1998.  
Gráfica 73: Resultado del perfil transversal de la alcantarilla1 ante el evento de 1998.  
Gráfica 74: Resultado del perfil transversal de la alcantarilla2 ante el evento de 1998.  
Gráfica 75: Resultado del perfil longitudinal ante el evento de 1998.  
Gráfica 76: Resultado del perfil longitudinal ante el evento de 1998.  
Gráfica 77: Digitalización de la topografía      Gráfica 78: Creación del Modelo digital de terreno.  
Gráfica 79: Resultados de análisis para un periodo de retorno de 174años.  
Gráfica 80: Resultados de análisis para un periodo de retorno de 500años.  
Gráfica 81: Resultados de análisis para un periodo de retorno de 1000años.  
Gráfica 82: Interfaz del modelo hidráulico para una próxima avenida extraordinaria.  
Gráfica 83: Topografía actual.  
Gráfica 84: Estructura actual.  
Gráfica 85: Resultado en vista isométrica de la topografía actual ante una avenida extraordinaria  
Gráfica 86: Caudales para sus respectivos periodos de retorno.  
Gráfica 87: Resultado en la sección transversal ante una avenida extraordinaria.  
Gráfica 88: Resultado en la sección longitudinal ante un posible evento extraordinario.

Gráfica 89: Resultado en la sección transversal para un periodo de retorno de 174años.  
Gráfica 90: Resultado en la sección transversal para un periodo de retorno de 500años.  
Gráfica 91: Resultado en la sección transversal para un periodo de retorno de 1000años.  
Gráfica 92: Perfil longitudinal con las secciones de análisis.  
Gráfica 93: Modelo en planta con las secciones de análisis.  
Gráfica 94: Perfil longitudinal del modelo con las secciones de análisis.



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Intensidad del ENSO (NOAA 2005).

Tabla 2: Cronología de eventos del Niño. (Trenberth).

Tabla 3: Investigadores de socavación y fallas en puentes.

Tabla 4: Resumen de Factores que influyen en la socavación (Maza, 1966).

Tabla 5: Determinación del cauce.

Tabla 6: Factor de corrección por contracción del cauce  $\mu$  (Juárez Badillo E. y Rico Rodriguez A., 1992).

Tabla 7: Valores del coeficiente  $k_1$  (Hec-18, 1993).

Tabla 8: Factor de corrección  $f_c$  Método de Maza-Sánchez.

Tabla 9: Datos de la estación Pluviométrica en la zona de estudio. (SENAMHI)

Tabla 10: Precipitación máxima 24 horas de la Estación Mallares. (SENAMHI)

Tabla 11: Parámetros fisiográficos de la cuenca en estudio.

Tabla 12: Determinación del número de curva. (Fuente: Aparicio Francisco.- Fundamentos de Hidrología de Superficie).

Tabla 13: Tiempo de concentración.

Tabla 14: Estación pluviométrica en la zona de estudio.

Tabla 15: Años de Interés del Registro histórico de precipitaciones de la estación Mallares.

Tabla 16: Periodo de retorno para las estructuras en función de la vida útil y riesgo.(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje).

Tabla 17: Registro histórico de la estación Mallares.

Tabla 18: Análisis estadístico

Tabla 19: Resultado del análisis en la distribución Tipo Gumbel.

Tabla 20: Resultado del análisis en la distribución Tipo Log normal.

Tabla 21: Resultado del análisis en la distribución Tipo Normal.

Tabla 22: Resumen de análisis de ajuste.

Tabla 23: Precipitación ingresada al modelo hidrológico.

Tabla 24: Precipitación ingresada al modelo hidrológico.

Tabla 25: Resultados del análisis hidráulico.

Tabla 26: Resumen de la determinación de socavación "Puente Charanal-Pasamayito".

## LISTA DE SÍMBOLOS

$q$	Caudal para un periodo de retorno determinado.
$T_r$	Tiempo de retorno.
$t_c$	Tiempo de concentración.
$L$	Longitud del cauce principal.
$S$	Pendiente media del cauce principal.
$F_r$	Número de Froude.
$V$	Velocidad de la corriente.
$g$	Aceleración de la gravedad.
$H_s$	Tirante de la corriente.
$\gamma_w$	Viscosidad cinemática.
$H_S$	Profundidad socavada por método de straub.
$B_1$	Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción.
$B_2$	Ancho de las superficies libre del cauce en la contracción.
$h_1$	Tirante de agua hacia aguas arriba de la contracción.