

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. METODOLOGÍA .....	2
1.4. ALCANCES.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. DISEÑO PARAMÉTRICO.....	4
2.2. DISEÑO GENERATIVO.....	6
2.3. HERRAMIENTAS DIGITALES.....	7
2.3.1. Rhinoceros 3D.....	7
2.3.2. Grasshopper.....	8
2.3.2.1. GhExcel.....	10
2.3.2.2. Parametric FEM Toolbox.....	11
2.3.2.3. Galápagos.....	13
2.3.3. Dlubal RFem .....	15
2.4. PUENTES .....	16
2.4.1. Definición.....	16
2.4.2. Puentes de Vigas Longitudinales .....	17
2.4.3. Norma AASHTO Standard 2002 .....	17
2.4.4. Cargas y Combinaciones según AASHTO Standard 2002 .....	18
<b>3. MODELACIÓN PARAMÉTRICA .....</b>	<b>19</b>
3.1. MODELO ESTRIBO .....	19
3.1.1. Geometría.....	19
3.1.2. Apoyos .....	22
3.1.3. Materiales y Secciones .....	26
3.1.4. Empujes de Suelo .....	27
3.1.5. Cargas.....	28
3.1.6. Casos y Combinaciones de Carga .....	28
3.1.7. Exportación a RFem.....	31
3.1.8. Ejemplos de Exportación de Estribos.....	35
3.2. MODELO SUPERESTRUCTURA Y CEPAS .....	38
3.2.1. Geometría.....	38
3.2.2. Apoyos .....	40
3.2.3. Materiales y Secciones de Área.....	43
3.2.4. Asignación de Vigas por Vano.....	46
3.2.5. Cargas.....	48
3.2.6. Casos, Combinaciones y Resultados de Carga.....	48
3.2.7. Exportación a RFem.....	50
3.2.8. Ejemplos de Exportación de Modelos Generales.....	55
<b>4. COMPARACIÓN RESULTADOS RFEM/SAP2000 .....</b>	<b>59</b>
4.1. MODELO ESTRIBO .....	59

4.1.1.	Resumen .....	59
4.1.2.	Momento y Carga Axial en Pilotes .....	60
4.1.3.	Diagramas de Interacción para Pilotes .....	63
4.1.4.	Reacciones en Apoyos .....	65
4.1.5.	Deformación en Ala .....	67
4.1.6.	Esfuerzos en Muro Espaldar y Frontal .....	69
4.1.7.	Esfuerzos en Muro Ala.....	70
4.2.	MODELO SUPERESTRUCTURA Y CEPAS .....	71
4.2.1.	Resumen .....	71
4.2.2.	Momento en Pila/Pilotes .....	73
4.2.3.	Diagramas de Interacción para Pila/Pilotes en Cepa de Entrada.....	76
4.2.4.	Reacciones en Apoyos .....	77
4.2.5.	Deformaciones en Losa.....	79
4.2.6.	RESUMEN ANÁLISIS DE CONVERGENCIA .....	81
<b>5.</b>	<b>MODELACIÓN GENERATIVA .....</b>	<b>84</b>
5.1.	RESUMEN.....	84
5.2.	SOLICITACIONES Y RESTRICCIONES .....	85
5.3.	OPTIMIZACIÓN CON GALÁPAGOS.....	88
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS .....</b>	<b>92</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>.....</b>	<b>96</b>
	ANEXO A. Código de Python para cálculo de empujes en estribo.....	96
	ANEXO B. Información y parámetros importantes de proyectos de puentes ejemplificados.....	98
	ANEXO C. Códigos de Python para cálculos de propiedades mecánicas y cálculos de cargas vivas, cargas muertas y momentos.....	103
	ANEXO D. Códigos de Python para verificación de tensiones y momentos admisibles de viga...	106
	ANEXO E. Estado tensional en el ejemplo de viga pretensada optimizada con Grasshopper.....	108