

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA INGENIERIA CIVIL**

**DPTO. DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE PUENTES LOSA SOBRE  
LA CONVENIENCIA DE USAR LOSA MACIZA ALVEOLADA O  
NERVADA”**

**Por:**

**GROVER RODRIGO UGARTE MOGRO**

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para obtener el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**Gestión 2015**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA INGENIERIA CIVIL**

**DPTO. DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE PUENTES LOSA SOBRE  
LA CONVENIENCIA DE USAR LOSA MACIZA ALVEOLADA O  
NERVADA”**

**Por:**

**GROVER RODRIGO UGARTE MOGRO**

**Gestión 2015**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Grover Ugarte e Irene del Carmen Mogro y a mis hermanas Daniela, Eliana y Noelia por su incondicional apoyo y confianza.

# INDICE

	Página
<b>CAPITULO I. INTRODUCCION.</b>	
1.1. EL PROBLEMA.....	1
1.1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.2. PLANTEAMIENTO.....	1
1.1.3. FORMULACIÓN.....	2
1.1.4. SISTEMATIZACIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. TEÓRICA.-.....	3
1.3.2. METODOLÓGICA.....	3
1.3.3. PRÁCTICA.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
1.5. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	5
1.5.1. TIPO DE ESTUDIO.....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO.</b>	
2.1. INTRODUCCIÓN.....	6
2.1.2. DEFINICIÓN.....	6
2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES.....	7
2.1.4. PARTES DE LA ESTRUCTURA.....	8
2.1.4.1. LA SUPERESTRUCTURA.....	8
2.1.4.2. LA SUBESTRUCTURA O INFRAESTRUCTURA.....	8
2.2. SUPERESTRUCTURA PUENTE LOSA.....	9
2.2.1. TABLERO.....	10
2.2.1.1. TABLERO DE LOSA MACIZA.....	10
2.2.1.2. TABLERO DE LOSA NERVADA.....	10
2.2.1.3. TABLERO DE LOSA ALVEOLADA.....	11
2.2.2. ACCESORIOS.....	11
2.2.2.1. BARANDADO.....	11

2.2.2.2. VEREDA.....	11
2.2.2.3. BARRERA DE SEGURIDAD.....	11
2.3. NORMATIVA A USAR PARA EL DISEÑO.....	12
2.3.1. FILOSOFÍA DE DISEÑO.....	12
2.3.1.1. REQUISITOS GENERALES.....	12
2.3.2. ESTADOS LÍMITES.....	12
2.3.2.1. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	13
2.3.2.2. ESTADO LÍMITE DE FATIGA Y FRACTURA.....	13
2.3.2.3. ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA.....	13
2.3.2.4. ESTADO LÍMITE CORRESPONDIENTE A EVENTOS EXTREMOS.....	13
2.3.3. FACTORES Y COMBINACIONES DE CARGA.....	13
2.3.4. MODIFICADORES DE CARGA.....	16
2.3.4.1. DUCTILIDAD.....	16
2.3.4.2. REDUNDANCIA.....	16
2.3.4.3. IMPORTANCIA OPERATIVA.....	17
2.4. CARGAS DE DISEÑO FACTORES Y COMBINACIONES DE CARGAS.....	17
2.4.1. PESO PROPIO (DD).....	19
2.4.2. PESO PROPIO (DW).....	19
2.4.3. FUERZA DE COLISIÓN DE UN VEHÍCULO (CT).....	19
2.4.4. SOBRECARGA VEHICULAR.....	19
2.4.4.1. NÚMERO DE CARRILES CARGADOS.....	19
2.4.4.2. PRESENCIA DE MÚLTIPLES SOBRECARGAS.....	19
2.4.5. SOBRECARGA VEHICULAR DE DISEÑO (LL).....	20
2.4.5.1. CAMIÓN DE DISEÑO.....	20
2.4.5.2. TÁNDEM DE DISEÑO.....	21
2.4.5.3. CARGA DE CARRIL.....	21
2.4.6. INCREMENTO POR CARGA DINÁMICA (IM).....	21
2.4.7. SOBRECARGA PEATONAL (PL).....	22
2.4.8. VIENTO SOBRE LA SOBRECARGA (WL).....	22
2.4.9. VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA (WS).....	22
2.5. EMPLAZAMIENTO.....	22
2.5.1. ANGULO DE OBLICUIDAD.....	22
2.5.2. LONGITUD Y LUZ DE CÁLCULO.....	23
2.5.2.1. LONGITUD.....	23
2.5.2.2. LUZ DE CÁLCULO.....	24

2.6. MATERIALES .....	24
2.6.1. HORMIGÓN .....	24
2.6.2. ACERO DE REFUERZO .....	26
2.6.3. RECUBRIMIENTO .....	28
2.7.1. DISEÑO A FLEXIÓN .....	31
2.7.1. MÉTODO APROXIMADO DE LAS FAJAS .....	29
2.7.1.1. CONDICIONES DE APLICABILIDAD .....	29
2.7.1.2. ARMADURA DE DISTRIBUCIÓN .....	29
2.7.1.3. ANCHOS DE FAJA EQUIVALENTES .....	30
2.8. DISEÑO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO .....	31
2.8.1.1. BLOQUE DE COMPRESIONES.....	32
2.8.1.2. ARMADURA NECESARIA .....	34
2.8.1.3. CUANTÍA BALANCEADA.....	35
2.8.1.4. CUANTÍA MÁXIMA .....	36
2.8.1.5. ARMADURA MÁXIMA.....	36
2.8.1.6. ARMADURA MÍNIMA .....	36
2.8.2. DISEÑO A CORTANTE.....	37
2.8.2.1. RESISTENCIA AL CORTANTE DEL HORMIGON SIMPLE .....	37
2.8.2.2. CAPACIDAD RESISTENTE A CORTE DEL HORMIGON SIMPLE .....	38
2.8.2.3. CORTANTE RESISTIDO POR EL ACERO.....	39
2.8.2.4. NÚMERO DE ESTRIBOS.....	39
2.8.2.5. ESFUERZO UNITARIO DE CORTE ULTIMO.....	40
2.8.2.6. ESFUERZO UNITARIO EQUIVALENTE DEL ACERO DE REFUERZO.....	40
2.8.2.7. SEPARACIÓN DE LOS ESTRIBOS .....	40
2.8.2.8. LIMITES PARA EL ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO DE CORTANTE.....	41
2.8.2.9. SECCIÓN CRÍTICA DE DISEÑO .....	41
2.9. CONSTRUCCION .....	42
2.9.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TABLERO LOSA MACIZA .....	42
2.9.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TABLERO LOSA NERVADA .....	44
2.9.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TABLERO LOSA NERVADA .....	45
2.9.4. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA.....	46
<b>CAPITULO III. INGENIERIA DEL PROYECTO.</b>	
3.1. BARANDADO .....	47
3.1.1. GEOMETRÍA DEL BARANDADO.....	47
3.1.2. PASAMANOS .....	48

3.1.2.1. ANALISIS DE CARGAS PASAMANOS.....	48
3.1.2.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PASAMANOS.....	49
3.1.2.3. ESFUERZOS DE DISEÑO DEL PASAMANOS. ....	50
3.1.2.4. DISEÑO DEL PASAMANOS. ....	51
3.1.3. POSTE. ....	52
3.1.3.1. ANALISIS DE CARGAS POSTE. ....	52
3.1.3.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL POSTE.....	53
3.1.3.3. ESFUERZOS DE DISEÑO POSTE. ....	53
3.1.3.4. DISEÑO A FLEXIÓN DEL POSTE. ....	55
3.1.3.5. DISEÑO A CORTE DEL POSTE. ....	56
3.3. BARRERA DE SEGURIDAD. ....	57
3.3.1. GEOMETRÍA DE LA BARRERA DE SEGURIDAD. ....	57
3.3.2. DISEÑO DE LA BARRERA DE SEGURIDAD.....	57
3.4. TABLERO.....	58
3.4.1. REQUISITOS MINIMOS DE LA GEOMETRÍA DEL TABLERO.....	58
3.4.1.1. ANCHO DEL PUENTE.....	58
3.4.1.2. ALTURA MINIMA DE LA LOSA.....	58
3.4.1.3. DIMENSIONES MINIMAS DE LAS NERVADURAS.....	59
3.4.1.4. DIMENSIONES MINIMAS DE LOS ALVEOLOS.....	59
3.4.2. ANALISIS DE CARGAS.....	59
3.5. TABLERO DE LOSA MACIZA. ....	61
3.5.1. GEOMETRÍA TABLERO LOSA MACIZA.....	61
3.5.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL MOMENTOS FLECTORES FAJA INTERIOR.....	61
3.5.2.1. CARGAS PERMANENTES FAJA INTERIOR.....	61
3.5.2.2. CARGAS TRANSITORIAS FAJA INTERIOR.....	62
3.5.3. ANCHOS DE FAJA EQUIVALENTES. ....	64
3.5.3.1. PARA UN CARRIL CARGADO.....	64
3.5.3.2. PARA DOS O MAS CARRILES CARGADOS.....	64
3.5.4 MOMENTO FLECTOR DE DISEÑO FAJA INTERIOR. ....	65
3.5.5. DISEÑO A FLEXIÓN DE LA FAJA INTERIOR. ....	65
3.5.5.1. ARMADURA PRINCIPAL. ....	65
3.5.5.2. ARMADURA DE DISTRIBUCIÓN. ....	67
3.5.5.3. ARMADURA SUPERIOR.....	67
3.5.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL MOMENTOS FLECTORES FAJA DE BORDE.....	68
3.5.6.1. ANCHO DE FAJA DE BORDE. ....	68

3.5.6.2. CARGAS PERMANENTES FAJA DE BORDE.....	69
3.5.6.3. CARGAS TRANSITORIAS FAJA DE BORDE.....	69
3.5.6.4. MOMENTO DE DISEÑO DE FAJA DE BORDE.....	70
3.5.7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL FUERZAS CORTANTES.....	70
3.5.8 CORTANTE DE DISEÑO.....	72
3.5.9. DISEÑO A CORTE.....	72
3.6. TABLERO DE LOSA NERVADA.....	73
3.6.1. GEOMETRÍA DEL TABLERO.....	73
3.6.1.1. SECCION TRANSVERSAL LOSA NERVADA.....	73
3.6.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL MOMENTO FLECTOR FAJA INTERIOR.....	74
3.6.3. ANCHOS DE FAJA EQUIVALENTES.....	74
3.6.4 MOMENTO FLECTOR DE DISEÑO FAJA INTERIOR.....	75
3.6.5. DISEÑO A FLEXIÓN DE LA FAJA INTERIOR.....	75
3.6.5.1. ARMADURA PRINCIPAL.....	75
3.6.5.2. ARMADURA DE DISTRIBUCIÓN.....	77
3.6.5.3. ARMADURA SUPERIOR.....	77
3.6.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL FUERZAS CORTANTES.....	78
3.6.7. CORTANTE DE DISEÑO.....	79
3.6.8. DISEÑO A CORTE.....	80
3.7. TABLERO DE LOSA ALVEOLADA.....	81
3.7.1. GEOMETRÍA DEL TABLERO.....	81
3.7.1.1. SECCION TRANSVERSAL LOSA ALVEOLADA.....	81
3.7.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL MOMENTO FLECTOR FAJA INTERIOR.....	82
3.7.3. ANCHOS DE FAJA EQUIVALENTES.....	82
3.7.4. MOMENTO FLECTOR DE DISEÑO FAJA INTERIOR.....	83
3.7.5. DISEÑO A FLEXIÓN DE LA FAJA INTERIOR.....	83
3.7.5.1. ARMADURA PRINCIPAL.....	83
3.7.5.2. ARMADURA DE DISTRIBUCIÓN.....	85
3.7.5.3. ARMADURA SUPERIOR.....	85
3.7.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL FUERZAS CORTANTES.....	86
3.7.7. CORTANTE DE DISEÑO.....	87
3.7.8. DISEÑO A CORTE.....	88
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS.</b>	
4.1. RESUMEN DISEÑO TABLERO DE LOSA MACIZA LONGITUD 6M, 8M, 10M, 12M, 14M, 16M, 18M, 20M.....	89



4.2. RESUMEN DISEÑO TABLERO DE LOSA NERVADA LONGITUD 6M, 8M, 10M, 12M, 14M, 16M, 18M, 20M.....	93
4.3. RESUMEN DISEÑO TABLERO DE LOSA ALVEOLADA LONGITUD 6M, 8M, 10M, 12M, 14M, 16M, 18M, 20M.....	97
4.4. CUADROS COMPARATIVOS.....	101

**CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1. CONCLUSIONES.....	106
5.2. RECOMENDACIONES.....	108
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>.....</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
CUADRO 2.3.3.A. FACTORES Y COMBINACIONES DE CARGA.....	14
CUADRO 2.3.3.B. FACTORES DE CARGA PARA CARGAS PERMANENTES $\gamma_p$ .....	14
CUADRO 2.4.4.2. FACTOR DE PRESENCIA MÚLTIPLE. ....	20
CUADRO 2.4.6. INCREMENTO POR CARGA DINÁMICA (IM). ....	21
CUADRO 2.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS DE HORMIGÓN SEGÚN SU CLASE. ....	25
CUADRO 2.6.2.1. BARRAS DE REFUERZO ESTÁNDAR DE LA ASTM. ....	26
CUADRO 2.6.2.2. RESUMEN DE REQUISITOS MINIMOS DE RESISTENCIA DE LA ASTM. ....	27
CUADRO 2.6.3. RECUBRIMIENTO PARA LAS ARMADURAS PRINCIPALES NO PROTEGIDAS.....	28
CUADRO 2.9.4. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA. ....	46
CUADRO 4.1.1. TABLERO DE 6M. ....	89
CUADRO 4.1.2. TABLERO DE 8M. ....	89
CUADRO 4.1.3. TABLERO DE 10M. ....	90
CUADRO 4.1.4. TABLERO DE 12M. ....	90
CUADRO 4.1.5. TABLERO DE 14M. ....	91
CUADRO 4.1.6. TABLERO DE 16M. ....	91
CUADRO 4.1.7. TABLERO DE 18M. ....	92
CUADRO 4.1.8. TABLERO DE 20M. ....	92
CUADRO 4.2.1. TABLERO DE 6M. ....	93
CUADRO 4.2.2. TABLERO DE 8M. ....	93
CUADRO 4.2.3. TABLERO DE 10M. ....	94
CUADRO 4.2.4. TABLERO DE 12M. ....	94
CUADRO 4.2.5. TABLERO DE 14M. ....	95
CUADRO 4.2.6. TABLERO DE 16M. ....	95
CUADRO 4.2.7. TABLERO DE 18M. ....	96
CUADRO 4.2.8. TABLERO DE 20M. ....	96
CUADRO 4.3.1. TABLERO DE 6M. ....	97
CUADRO 4.3.2. TABLERO DE 8M. ....	97
CUADRO 4.3.3. TABLERO DE 10M. ....	98
CUADRO 4.3.4. TABLERO DE 12M. ....	98
CUADRO 4.3.5. TABLERO DE 14M. ....	99
CUADRO 4.3.6. TABLERO DE 16M. ....	99
CUADRO 4.3.7. TABLERO DE 18M. ....	100
CUADRO 4.3.8. TABLERO DE 20M. ....	100

CUADRO 4.4.1. PESO PROPIO VS LONGITUD .....	101
CUADRO 4.4.2. ARMADURA LONGITUDINAL VS LONGITUD .....	102
CUADRO 4.4.3. ARMADURA TRANSVERSAL VS LONGITUD .....	103
CUADRO 4.4.4. RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA .....	103
CUADRO 4.4.5. COSTO VS LONGITUD .....	104

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 2.1. PARTES DE LA ESTRUCTURA.....	8
FIGURA 2.2. FUERZAS INTERNAS EN LA LOSA. ....	9
FIGURA 2.3. TABLERO DE LOSA MACIZA. ....	10
FIGURA 2.4. TABLERO DE LOSA NERVADA. ....	10
FIGURA 2.5. TABLERO DE LOSA ALVEOLADA. ....	11
FIGURA 2.6. CAMIÓN DE DISEÑO.....	20
FIGURA 2.7. TÁNDEM DE DISEÑO. ....	21
FIGURA 2.8.1. PUENTE RECTO.....	23
FIGURA 2.8.2. PUENTE ESVAJADO. ....	23
FIGURA 2.9. LONGITUD Y LUZ DE CÁLCULO. ....	23
FIGURA 2.10. DIAGRAMA DE DEFORMACIONES UNITARIAS Y DE ESFUERZOS.....	31

FIGURA 2.11. RECTÁNGULO DE COMPRESIÓN EQUIVALENTE.....	32
FIGURA 2.12. ALIGERAMIENTOS LOSA ALVEOLADA. ....	46
FIGURA 3.1. DIMENSIONES BARANDADO .....	47
FIGURA 3.2. SECCION TRANSVERSAL PASAMANOS. ....	48
FIGURA 3.3. SOBRECARGA DE DISEÑO.....	49
FIGURA 3.4.1. GEOMETRÍA POSTE. ....	52
FIGURA 3.4.2. SECCION TRANSVERSAL POSTE.....	52
FIGURA 3.5. SOBRECARGA DE DISEÑO POSTE. ....	52
FIGURA 3.6. BARRERA DE SEGURIDAD SIMPLE TIPO NJ.....	57
FIGURA 3.7. ANCHO DEL TABLERO.....	58
FIGURA 3.8. TEOREMA DE BARRÉ .....	60