

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL CARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“CÁLCULO Y ANÁLISIS DE FISURAS” EN ARCOS
FLEXIBLES DE HORMIGÓN ARMADO CON
EMPOTRAMIENTO EN SUS ARRANQUES**

ELABORADO POR:

LUÍS MIGUEL MEDINA HERNÁNDEZ

DICIEMBRE – 2010

TARIJA – BOLIVIA

V° B°

Ing. Walter Ricardo Cox Hoyos
PROFESOR GUÍA

Ing. Luís Alberto Yurquina Flores
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

Lic. Gustavo Succi
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Ernesto Álvarez

Ing. Oscar Chávez

Ing. Carola Miranda

El tribunal calificador del Presente Proyecto de grado, no se solidariza con la forma, termino, modos y siendo las misma únicamente responsabilidad del autor

Agradecimientos:

En primer lugar indicar mi agradecimiento a los Profesores guía Ing. Oscar Chávez y Ing. Walter Ricardo Cox por sus conocimientos y voluntad durante la realización de mi investigación; Sin duda a Dios por guiarme y enseñarme el verdadero camino, a mis padres y hermanos por apoyarme y brindarme los medios para terminar este trabajo, a mi novia Noemy García por su apoyo ya que gracias a ella no estaría donde estoy, ni habría conseguido completar este trabajo de investigación.

Dedicatoria:

A mi madre Benita Hernández, mi padre Anselmo Medina, mi hermano José María Hernández.

En especial a mi novia y futura esposa Noemy García López

Y para todos aquellos quienes creen en el amor antes que en el dinero.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	2
1.1.1 ARCOS.....	2
1.1.2 ANÁLISIS DE FISURAS	4
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
1.3 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
1.3.1 ARCOS FLEXIBLES DE HORMIGÓN ARMADO	7
1.3.2 FISURACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	8
1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO	10
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	11
2.1 ESTUDIO DE LOS ARCOS.....	12
2.1.1 GENERALIDADES.....	12
2.1.2 COORDENADAS DE EJES PARABÓLICOS	13
2.1.3 GEOMETRÍA DE LOS MIEMBROS CURVOS	13
2.2 MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ARCOS	14
2.2.1 TEORÍA DE GRANDES DEFORMACIONES O TEORÍA DE LA ELASTICIDAD.....	14
2.2.2 FORMULACIÓN DE EQUILIBRIO DE FUERZAS	15
2.2.3 MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS	16
2.3 ESTUDIO SOBRE PANDEO DE LOS ARCOS	20
2.3.1 FORMULACION DE PANDEO DE ARCO.....	20

2.4 FISURACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO.....	22
2.4.1 FISURAS NO ESTRUCTURALES	23
2.4.1.1 FISURACIÓN POR ASIENTO PLÁSTICO.....	23
2.4.1.2 FISURACIÓN POR REATRACCIÓN PLÁSTICA	25
2.4.1.3 FISURACIÓN POR CONTRACCIÓN TÉRMICA INICIAL	26
2.4.1.4 FISURACIÓN POR REATRACCIÓN HIDRÁULICA	27
2.4.1.5 FISURACIÓN EN MAPA	28
2.4.2 FISURAS ESTRUCTURALES	31
2.4.2.1 FISURACIÓN DEBIDAS A FLEXIÓN	31
2.4.2.2 FISURACIÓN DEBIDAS A TRACCIÓN	33
2.4.2.3 FISURACIÓN DEBIDAS A COMPRESIÓN	33
2.4.2.4 FISURACIÓN DEBIDAS A CORTE	34
2.5 INVESTIGACIÓN REALIZADA SOBRE RESPUESTA ESTRUCTURAL	35
2.5.1 TEORÍA CLÁSICA DE FISURACIÓN	36
2.5.2 TEORÍA DE SALIGER	39
2.5.3 TEORÍA DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN	39
2.5.4 TEORÍA DE FISURACIÓN PROPUESTO POR BROMS	41
2.5.4.1 FORMACIÓN Y DESARROLLO DE FISURAS PROPUESTO POR BROMS.....	45
2.6 LIMITACIÓN DE LA FISURACIÓN SEGÚN DIVERSAS NORMATIVAS	46
2.6.1 INSTRUCCIÓN ESPAÑOLA (EHE – 08).....	47
2.6.2 INSTRUCCIÓN NORTEAMERICANA (ACI – 05)	49

3. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	50
3.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	51
3.2 MODELOS SELECCIONADOS PARA EL CÁLCULO Y ANALISIS DE FISURAS	52
3.3 VARIABLES EN ESTUDIO	53
3.4 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	53
3.4.1 TRABAJO DE GABINETE.....	53
4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	55
4.1 DISEÑO DE ARCOS.....	56
4.2 VERIFICACIÓN DEL PANDEO DE LOS ARCOS	59
4.3 ESQUEMAS DE FISURACIÓN	64
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
5.1 ANÁLISIS DEL MOMENTO DE FISURACIÓN	68
5.2 ANÁLISIS DEL ANCHO DE FISURAS	69
5.3 PROPUESTA PARA MEJORAR EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ARCOS	86
6. CONCLUSIONES	87
6.1 CONCLUSIONES	88
7. BIBLIOGRAFÍA.....	90
8. ANEXOS.....	92

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/5$) (50X100).....	93
ANEXO 2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/6$) (50X90).....	111
ANEXO 3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/6$) (50X100)....	121
ANEXO 4 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/7$) (50X90).....	140
ANEXO 5 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/7$) (50X100)....	150
ANEXO 6 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/8$) (50X90).....	169
ANEXO 7 RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODELO ($f/l = 1/8$) (50X100)....	188
ANEXO 8 ESTUDIO DE CARGAS	207

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 FISURAS DEBIDAS A TENSIONES DE TRACCION Y FLEXION EN EL HORMIGON ORIGINADOS POR ESFUERZOS	8
FIGURA N° 2-1 COEFICIENTE DE PANDEO DE ARCO	21
FIGURA N° 2-2 FISURACIÓN POR ASENTAMIENTO PLÁSTICO PARA EL CASO DE UNA PLACA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN.....	24
FIGURA N° 2-3 FISURACIÓN POR ASENTAMIENTO PLÁSTICO EN CABEZA DE PILAR	25
FIGURA N° 2-4 FISURACIÓN POR RETRACCIÓN PLÁSTICA	26
FIGURA N° 2-5 FISURACIÓN POR CONTRACCIÓN TÉRMICA INICIAL	27
FIGURA N° 2-6 FISURACIÓN POR RETRACCIÓN HIDRÁULICA EN LA CORONACIÓN DEL MURO	28
FIGURA N° 2-7 FISURACIÓN EN MAPA EN MUROS Y LOSAS	29
FIGURA N° 2-8 FISURA POR CORROSIÓN EN UNA CABEZA DE PILAR	30
FIGURA N° 2-9 PERDIDA DE ADHERENCIA EN LA PROXIMIDAD DE LAS FISURAS	30
FIGURA N° 2-10 FISURAS DE FLEXIÓN SIMPLE	32
FIGURA N° 2-11 FISURAS DE FLESIÓN COMPUESTA	32
FIGURA N° 2-12 ROTURA POR TRACCIÓN	33
FIGURA N° 2-13 ROTURA POR COMPRESIÓN SIMPLE	33
FIGURA N° 2-14 FISURAS DE CORTANTE	34

FIGURA N° 2-15 TENSIONES TRAS PRIMERA Y SEGUNDA FISURA	37
FIGURA N° 2-16 INTERVALO DE FORMACIÓN DE LA SEGUNDA FISURA	37
FIGURA N° 2-17 DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES TANGENCIALES	40
FIGURA N° 2-18 REDISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS POR EFECTO DE AGRIETAMIENTO	41
FIGURA N° 2-19 ZONA DE ESFUERZOS DE TENSIÓN ELEVADA	41
FIGURA N° 2-20 ZONA DE ESFUERZOS	42
FIGURA N° 2-21 PREDISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN AMBOS LADOS DE LA FISURA	43
FIGURA N° 2-22 AGRIETAMIENTO DE UN ELEMENTO SUJETO A TENSIÓN SEGÚN EL MECANISMO PROPUESTO POR BROMS	43
FIGURA N° 2-23 SEPARACIÓN DE FISURAS SEGÚN EL MECANISMO PROPUESTO POR BROMS	44
FIGURA N° 2-24 CONFIGURACIÓN DE FISURACIÓN DE UN ESPÉCIMEN SUJETO A TENSIÓN SEGÚN EN MECANISMO PROPUESTO POR BROMS	45
FIGURA N° 2-25 CONFIGURACIÓN DE FISURACIÓN DE UN ESPÉCIMEN SUJETO A FLEXIÓN SEGÚN EN MECANISMO PROPUESTO POR BROMS	46
FIGURA N° 2-26 DEFINICIÓN DEL ÁREA EFICAZ DE HORMIGÓN EN LA ZONA TRACCIONADA SEGÚN EHE – 08	48

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 2-1 CONSTANTE DE PANDEO SEGÚN ASSTHO	20
TABLA N° 2-2 ANCHO MÁXIMO DE FISURA SEGÚN CLASE DE EXPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA PLANTEADA POR EHE – 08	47
TABLA N° 3-1 MODELOS SELECCIONADOS PARA EL ANALISIS	52
TABLA N° 4-1 DATOS DE ESFUERZOS ENVOLVENTE “M”	56
TABLA N° 4-2 CÁLCULO DE ARMADURA (TRADICIONAL)	57
TABLA N° 4-3 CÁLCULO DE ARMADURA (TRAMO)	58
TABLA N° 4-4 PANDEO DE ARCOS CON LAS RELACIONES $f/l = 1/5 - 1/8$	63
TABLA N° 5-1 ANÁLISIS DE MOMENTO DE FISURACIÓN Y ESFUERZOS DE ACERO ($f/l = 1/8, 50X100$)	68
TABLA N° 5-2 ANÁLISIS DEL ANCHO DE FISURAS SEGÚN (f/l)	72
TABLA N° 5-3 ANÁLISIS DEL ANCHO DE FISURAS SEGÚN EL DIÁMETRO	75
TABLA N° 5-4 ANÁLISIS DEL ANCHO DE FISURAS SEGÚN SECCIÓN	78
TABLA N° 5-5 ANÁLISIS DEL ESFUERZO vs ANCHO DE FISURAS	81

INDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA N° 4-1 PANDEO DE ARCOS CON LAS RELACIONES $f/l = 1/5 - 1/8$	63
GRÁFICA N° 4-2 FISURACIÓN FIBRA SUPERIOR FORMA TRADICIONAL ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	64
GRÁFICA N° 4-3 FISURACIÓN FIBRA INFERIOR FORMA TRADICIONAL ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	64
GRÁFICA N° 4-4 FISURACIÓN FIBRA SUPERIOR FORMA TRAMO ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	65
GRÁFICA N° 4-5 FISURACIÓN FIBRA INFERIOR FORMA TRAMO ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	65
GRÁFICA N° 4-6 DIAGRAMA DE MOMENTOS DE SERVICIO Y DE FISURACIÓN ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	65
GRÁFICA N° 5-1 COMPARACIÓN EN LA FIBRA INFERIOR SEGÚN LAS RELACIONES ($f/l = 1/5 - 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	73
GRÁFICA N° 5-2 COMPARACIÓN EN LA FIBRA SUPERIOR SEGÚN LAS RELACIONES ($f/l = 1/5 - 1/8$, 50x100, d = 32 mm)	74
GRÁFICA N° 5-1 COMPARACIÓN EN LA FIBRA INFERIOR SEGÚN LOS DIÁMETROS ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 25 - 32 mm)	76
GRÁFICA N° 5-1 COMPARACIÓN EN LA FIBRA SUPERIOR SEGÚN LOS DIÁMETROS ($f/l = 1/8$, 50x100, d = 25 - 32 mm)	77