

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 DEFINICIÓN DE UN PERFIL XL:	1
1.2 MOTIVACIÓN:	2
1.3 OBJETIVOS:	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL:	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
1.4 ALCANCES:	4
2. ANTECEDENTES	5
2.1 NORMAS:	5
2.1.1 NCH2369. OF 2003:	5
2.1.2 ANSI / AISC 360-16:	6
2.1.3 ANSI / AISC 341-16:	8
2.2 ESTUDIOS ANALÍTICOS, NUMÉRICOS Y EXPERIMENTALES:	10
2.2.1 MOLINA, 2014:	10
2.2.2 CLAVERIE, 2016 / CLAVERIE & HERRERA, 2017:	10
2.2.3 BEULAH GNANA ANANTHI, VISHUVARDHAN, & SAMUEL KNIGHT, 2015:	14
2.2.4 GURU AGASTHEESH & SENTHIL SELVAN, 2016:	15
2.2.5 VISHNUVARDHAN & SAMUEL KNIGHT, 2008:	15
2.2.6 HAIFENG, XUMING, & JUNKE, 2016:	16
2.2.7 WOLMARANS & KRIGE, 1991:	18
2.2.8 TEMPLE, SCHEPERS, & KENNEDY, 1986:	18
2.3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	19
3. DISEÑO DE PERFILES	20
3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES:	20
3.2 LIMITACIONES DEL DISEÑO:	21
3.3 VERIFICACIÓN DE PERFILES XL:	22
3.3.1 LÍMITES DE ESBELTEZ:	22
3.3.2 RESISTENCIA A LOS DISTINTOS MODOS DE FALLA:	23
3.3.3 CONEXIONES:	23
4. METODOLOGÍA	25
4.1 MONTAJE EXPERIMENTAL:	25
4.1.1 ANCLAJE DEL ACTUADOR HIDRÁULICO:	26
4.1.2 UNIÓN RIOSTRA – ACTUADOR:	27
4.1.3 APOYO DESLIZANTE:	28
4.1.4 APOYO SIMPLE:	31
4.2 INSTRUMENTACIÓN:	33
4.2.1 DESPLAZAMIENTO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL:	34
4.2.2 GIRO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL:	36
4.2.3 CAMBIO DE LONGITUD DEL PERFIL XL:	37
4.2.4 MOVIMIENTO DEL APOYO SIMPLE:	39
4.2.5 DESPLAZAMIENTO APLICADO Y REACCIÓN DEL PERFIL XL:	40
4.2.6 CALIBRACIONES:	40
4.3 PREPARACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	43

5. ENSAYOS DE MATERIALES	45
5.1 FABRICACIÓN Y ENSAYO DE PROBETAS:	45
5.2 RESULTADOS:	46
5.2.1 PROBETAS DE ÁNGULO:	46
5.2.2 PROBETAS DE PLACAS:	47
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
6.1 TRABAJO DE DATOS:	48
6.1.1 DESPLAZAMIENTO DEL ACTUADOR:	48
6.1.2 ENERGÍA DISIPADA:	48
6.1.3 DEFORMACIÓN INELÁSTICA ACUMULADA:	49
6.2 PERFILES INTERMEDIOS:	49
6.2.1 MONOTÓNICO:	49
6.2.2 CÍCLICO:	53
6.3 PERFILES LARGOS:	59
6.3.1 MONOTÓNICO:	59
6.3.2 CÍCLICO:	63
6.4 PERFILES CORTOS:	67
6.4.1 MONOTÓNICO:	67
6.4.2 CÍCLICO:	71
6.5 RESUMEN:	74
7. CONCLUSIONES	78
7.1 RESULTADOS DE LOS PERFILES XL:	78
7.2 RECOMENDACIONES PARA EXPERIMENTOS:	79
7.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	83
A. CURVAS DE ENSAYO DE MATERIALES:	83
I. PROBETAS DE ÁNGULO:	83
II. PROBETAS DE PLACA:	86
B. REGISTRO DE DATOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO:	88
I. INTERMEDIO MONOTÓNICO:	88
II. INTERMEDIO CÍCLICO:	91
III. LARGO MONOTÓNICO:	94
IV. LARGO CÍCLICO:	97
V. CORTO MONOTÓNICO:	100
VI. CORTO CÍCLICO:	103
C. GRÁFICOS EXTRA DE RESULTADOS:	106
I. INTERMEDIO MONOTÓNICO:	106
II. INTERMEDIO CÍCLICO:	107
III. LARGO MONOTÓNICO:	109
IV. LARGO CÍCLICO:	110
V. CORTO MONOTÓNICO:	112
VI. CORTO CÍCLICO:	113

D. MEMORIAS DE CÁLCULO:	115
I. PERFIL XL CORTO:	115
II. PERFIL XL INTERMEDIO:	120
III. PERFIL XL LARGO:	125
E. PLANO DE FABRICACIÓN DE PERFILES:	130
F. EQUIVALENCIA DE UNIDADES SI	131

Índice de Tablas

TABLA 2.1: RESTRICCIONES DE DESPLAZAMIENTOS DE LOS MODELOS DE CLAVERIE (2016). R=RESTRINGIDO, F=LIBRE.	11
TABLA 2.2: RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS DE ESBELTEZ DE LOS PERFILES XL Y SU MODO DE FALLA, OBTENIDO POR CLAVERIE (2016).	12
TABLA 3.1: PROPIEDADES DE LOS ACEROS QUE CONFORMAN LOS DISTINTOS ELEMENTOS DE LOS PERFILES XL.	20
TABLA 3.2: PERNOS, TUERCAS Y GOLILLAS PARA LA CONEXIÓN DE LOS EXTREMOS DE LA RIOSTRA.	20
TABLA 3.3: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ELECTRODO DE SOLDADURA.	21
TABLA 3.4: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PERFILES XL EN ESTUDIO.	22
TABLA 3.5: VERIFICACIÓN DE LOS LÍMITES DE ESBELTEZ DE LOS PERFILES EN ESTUDIO (“SI” = CUMPLE CON EL LÍMITE; “NO” = NO CUMPLE CON EL LÍMITE).	22
TABLA 3.6: RESISTENCIA DE LOS PERFILES XL A CADA MODO DE FALLA EN BASE A LAS DISPOSICIONES DE LA ANSI / AISC 360-16.	23
TABLA 4.1: CONSTANTES DE PROPORCIONALIDAD DE LOS LVDT.	41
TABLA 4.2: CONSTANTES DE PROPORCIONALIDAD DE LOS INCLINÓMETROS.	41
TABLA 4.3: ORDEN Y FECHAS DE LOS ENSAYOS DE LOS PERFILES XL.	44
TABLA 5.1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS DE ÁNGULO.	47
TABLA 5.2: RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS DE PLACA.	47
TABLA 6.1: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE OBSERVAN DURANTE EL PANDEO DE LOS PERFILES XL.	75
TABLA 6.2: RESUMEN DE LA CAPACIDAD EXPERIMENTAL DE LOS PERFILES XL Y SU COMPARACIÓN CON EL CÁLCULO (TABLA 3.6) (VERDE = PERFIL CUMPLE CAPACIDAD CALCULADA; NARANJO = PERFIL NO CUMPLE CAPACIDAD CALCULADA).	76
TABLA 6.3: RESUMEN DE LA DEFORMACIÓN INELÁSTICA ACUMULADA Y EL MÁXIMO GIRO DE LOS PERFILES XL.	76

Índice de Figuras

FIGURA 1.1: VISTA ISOMÉTRICA DE UN PERFIL XL CON 3 PLACAS INTERCONECTORAS SOLDADAS Y CON UNA CONEXIÓN SOLDADA.....	1
FIGURA 1.2: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN PERFIL XL.....	2
FIGURA 1.3: FALLAS DE PERFILES XL PRODUCTO DEL TERREMOTO DEL MAULE DE 2010: (A) PANDEO LOCAL; (B) FALLA DE CONEXIÓN POR PANDEO TORSIONAL; (MONTECINOS ET AL., 2012).	3
FIGURA 2.1: ÁNGULO LAMINADO PARA LAS DEFINICIONES DE LA NCH2369. OF 2003.....	5
FIGURA 2.2: REQUERIMIENTO DE DISTANCIA RIOSTRA-GUSSET PARA LOGRAR PANDEO FUERA DEL PLANO (AISC, 2016A).....	9
FIGURA 2.3: GEOMETRÍA DE LOS CONECTORES INTERMEDIOS Y DE LA PLACA GUSSET DEL PERFIL XL (CLAVERIE, 2016).....	11
FIGURA 2.4: PUNTOS DE RESTRICCIÓN DE DESPLAZAMIENTOS UTILIZADOS POR CLAVERIE (2016).....	11
FIGURA 2.5: PROTOCOLO DE DESPLAZAMIENTOS UTILIZADO POR CLAVERIE (2016).....	12
FIGURA 2.6: ZONA DE FORMACIÓN DE LA RÓTULA PLÁSTICA EN MODELOS. (A) RIOSTRAS CON 3 PLANCHAS; (B) RIOSTRAS CON 7 PLANCHAS. ESCALA DE COLORES INDICA NIVEL DE DEFORMACIÓN (CLAVERIE, 2016).....	13
FIGURA 2.7: SECCIÓN TRANSVERSAL UTILIZADA EN EL TRABAJO DE BEULAH GNANA ANANTHI ET AL. (2015).....	14
FIGURA 2.8: FALLA POR PANDEO TORSIONAL EN EL MODELO DE ELEMENTOS FINITOS DE BEULAH GNANA ANANTHI ET AL. (2015).	14
FIGURA 2.9: PANDEO TORSIONAL DE UN PERFIL XL CON CONEXIÓN APERNADA (VISHNUVARDHAN & SAMUEL KNIGHT, 2008).	16
FIGURA 2.10: CONFIGURACIÓN RECOMENDADA DE CONECTORES INTERMEDIOS EN PERFILES XL (WOLMARANS & KRIGE, 1991).	18
FIGURA 3.1: PERFILES XL LISTOS PARA EL DESPACHO.	24
FIGURA 4.1: ACTUADOR HIDRÁULICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.	25
FIGURA 4.2: MODELO 3D DEL MONTAJE EXPERIMENTAL. LA PERSONA SE UBICA AL NORTE DE LA RIOSTRA Y SIRVE COMO REFERENCIA DE TAMAÑO.	26
FIGURA 4.3: PIEZAS DE ANCLAJE DEL ACTUADOR HIDRÁULICO AL MURO DE REACCIÓN: (A) MODELO 3D DE PIEZA ANCLADA AL MURO MEDIANTE BARRAS TENSADAS, CONECTOR “HEMBRA”; (B) MODELO 3D DE PIEZA QUE VA APERNADA AL ACTUADOR, CONECTOR “MACHO”; (C) PIEZAS REALES UNIDAS ENTRE SÍ MEDIANTE EL PASADOR, CON EL ACTUADOR APERNADO Y ANCLADO AL MURO, SIN TENSAR.	26
FIGURA 4.4: SISTEMA DE TENSADO PARA LAS BARRAS DE ANCLAJE DEL MURO.....	27
FIGURA 4.5: PIEZAS PARA UNIR EL ACTUADOR A LA RIOSTRA: CONECTOR “HEMBRA” PARA LA CABEZA DEL ACTUADOR (A) MODELO 3D (B) REAL; DOBLE T PARA ANCLAR LA RIOSTRA (C) MODELO 3D (D) REAL.	28
FIGURA 4.6: PIEZAS QUE COMPONEN EL APOYO DESLIZANTE: (A) COLUMNA DE ANCLAJE; (B) VIGA PARA RESTRINGIR MOVIMIENTOS VERTICALES; (C) VIGA PARA RESTRINGIR MOVIMIENTOS HORIZONTALES.....	29
FIGURA 4.7: APOYO DESLIZANTE DEL ENSAYO: (A) ENSAMBLADO; (B) (C) MODIFICADO.....	30
FIGURA 4.8: SISTEMA DE TENSADO PARA LAS BARRAS DE ANCLAJE DEL APOYO DESLIZANTE.....	31
FIGURA 4.9: APOYO SIMPLE DEL ENSAYO.	32
FIGURA 4.10: SISTEMA DE TENSADO PARA LAS BARRAS DEL APOYO SIMPLE EN SU POSICIÓN PARA LAS RIOSTRAS MÁS LARGAS.	32
FIGURA 4.11: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN: (A) LVDT’S; (B) INCLINÓMETRO.....	33
FIGURA 4.12: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS. NO SE PUEDE APRECIAR LA CAJA CONECTORA DEBIDO A QUE SE ENCUENTRA DETRÁS DEL PC DE ADQUISICIÓN.	34
FIGURA 4.13: CONFIGURACIÓN Y SOPORTE DE LOS LVDT HORIZONTAL Y VERTICAL EN EL ENSAYO MONOTÓNICO DE LA RIOSTRA INTERMEDIA (VISTA DESDE EL NORTE DEL PERFIL). NOTAR QUE LOS INCLINÓMETROS NO ESTÁN EN SU POSICIÓN DE MEDICIÓN.	35
FIGURA 4.14: CAMBIO DE SOPORTE PARA PERMITIR ROTACIÓN DEL LVDT EN EL ENSAYO CÍCLICO DE LA RIOSTRA INTERMEDIA (VISTA DESDE EL NORTE DEL PERFIL).....	35
FIGURA 4.15: POSICIÓN ALEJADA DE LOS LVDT VERTICAL Y HORIZONTAL PARA LOS ENSAYOS MONOTÓNICO Y CÍCLICO DE LAS RIOSTRAS LARGA Y CORTA (VISTA DESDE EL SUROESTE DEL PERFIL).	36
FIGURA 4.16: PRIMERA CONFIGURACIÓN DE INCLINÓMETROS (VISTA DESDE EL SUR DE LA RIOSTRA).	37
FIGURA 4.17: CONFIGURACIÓN DE INCLINÓMETROS PARA EL ENSAYO CÍCLICO DEL PERFIL CORTO (VISTA DESDE EL NORTE DE LA RIOSTRA).	37
FIGURA 4.18: SISTEMA DE SOPORTE Y MONTAJE DEL LVDT SUPERIOR PARA MEDIR DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL PERFIL XL (VISTA DESDE EL SUR DE LA RIOSTRA).....	38
FIGURA 4.19: SISTEMA DE SOPORTE Y MONTAJE DEL LVDT INFERIOR PARA MEDIR DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL PERFIL XL (VISTA DESDE EL NORTE DE LA RIOSTRA).	38
FIGURA 4.20: ÁNGULO DE ALUMINIO DE SOPORTE PARA EL CABLE DE LOS LVDT’S LONGITUDINALES.	39
FIGURA 4.21: LVDT’S PARA MEDIR EL MOVIMIENTO DEL APOYO SIMPLE DEL ENSAYO (VISTA DESDE EL NORESTE DE LA RIOSTRA).	39

FIGURA 4.22: MONTAJE PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS LVDT'S E INCLINÓMETROS.	40
FIGURA 4.23: SIGNOS PARA LOS DATOS DE LOS LVDT'S E INCLINÓMETROS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL.....	42
FIGURA 4.24: SIGNOS PARA LOS DATOS DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES DEL PERFIL.	42
FIGURA 4.25: SIGNOS PARA LOS DATOS DE LOS LVDT'S DEL LAPOYO SIMPLE.	43
FIGURA 4.26: PROTOCOLO DE DESPLAZAMIENTOS NORMALIZADO (PARA UN DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA DE 1 [MM]).....	44
FIGURA 5.1: DIMENSIONES DE LA PROBETA DE ÁNGULO (PLACA) PARA EL ENSAYO DE TENSIÓN EN BASE A LA ASTM A370 - 17.	45
FIGURA 5.2: PROBETA DE ÁNGULO Y TRAMO ORIGINAL UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN.	45
FIGURA 5.3: ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES: (A) PROBETA MONTADA EN LA MÁQUINA UNIVERSAL; (B) EXTENSÓMETRO DE LA PROBETA.	46
FIGURA 5.4: PROBETAS FRACTURADAS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN.	47
FIGURA 6.1: PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO LISTO PARA SER ENSAYADO.	50
FIGURA 6.2: PANDEO GLOBAL DEL PERFIL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	50
FIGURA 6.3: PANDEO LOCAL DEL PERFIL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	50
FIGURA 6.4: FALLA DE LA SOLDADURA DEL PERFIL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	51
FIGURA 6.5: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	52
FIGURA 6.6: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL INFERIOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.....	52
FIGURA 6.7: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	53
FIGURA 6.8: PRIMER PANDEO DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO: (A) GLOBAL; (B) LOCAL.	54
FIGURA 6.9: DEFORMACIÓN DE LAS PLACAS GUSSET DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO: (A) PLACA CERCANA A LA RÓTULA (OESTE); (B) PLACA CONTRARIA A LA RÓTULA (ESTE).	55
FIGURA 6.10: DEFORMACIÓN EN LA RÓTULA PLÁSTICA DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.....	56
FIGURA 6.11: FRACTURA DEL ALA HORIZONTAL DEL ÁNGULO SUPERIOR EN EL PUNTO DE LA RÓTULA PLÁSTICA DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	56
FIGURA 6.12: UBICACIÓN RELATIVA DE LA RÓTULA PLÁSTICA Y EL PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.....	57
FIGURA 6.13: PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO. NOTAR QUE EL PERFIL SE ENCUENTRA PRÁCTICAMENTE RECTO.	57
FIGURA 6.14: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	58
FIGURA 6.15: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL SUPERIOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	58
FIGURA 6.16: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.....	59
FIGURA 6.17: PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO LISTO PARA SER ENSAYADO.....	60
FIGURA 6.18: RÓTULA PLÁSTICA DEL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	60
FIGURA 6.19: PANDEO GLOBAL DEL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO: (A) VISTA DESDE EL ESTE; (B) VISTA DESDE EL OESTE.	61
FIGURA 6.20: GRIETAS EN LA RÓTULA PLÁSTICA (VISTA INFERIOR) AL FINAL DEL ENSAYO DEL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.....	61
FIGURA 6.21: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	62
FIGURA 6.22: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL INFERIOR PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	62
FIGURA 6.23: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	63
FIGURA 6.24: PANDEO DEL PERFIL XL LARGO CÍCLICO: (A) GLOBAL; (B) LOCAL.	64
FIGURA 6.25: FRACTURA DEL ALA DEL ÁNGULO SUPERIOR DEL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	64
FIGURA 6.26: PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	65
FIGURA 6.27: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	65
FIGURA 6.28: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL SUPERIOR PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.....	66
FIGURA 6.29: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	66
FIGURA 6.30: PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO LISTO PARA SER ENSAYADO.....	67
FIGURA 6.31: PANDEO DEL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO: (A) GLOBAL; (B) LOCAL.	68
FIGURA 6.32: PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	68
FIGURA 6.33: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.....	69
FIGURA 6.34: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL SUPERIOR PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	69
FIGURA 6.35: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	70
FIGURA 6.36: PANDEO DEL PERFIL XL CORTO CÍCLICO: (A) GLOBAL; (B) LOCAL.....	71
FIGURA 6.37: PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	72
FIGURA 6.38: UBICACIÓN RELATIVA DE LA RÓTULA PLÁSTICA Y EL PANDEO EN TRACCIÓN DEL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	72
FIGURA 6.39: DESGARRAMIENTO DEL ALA HORIZONTAL DEL ÁNGULO SUPERIOR DEL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	72
FIGURA 6.40: HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	73
FIGURA 6.41: HISTÉRESIS DEL LVDT LONGITUDINAL SUPERIOR PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.....	73

FIGURA 6.42: ENERGÍA DISIPADA DEL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	74
FIGURA 6.43: PERFILES XL ENSAYADOS: EL DE LA IZQUIERDA EN CADA PAR CORRESPONDE AL ESPÉCIMEN CÍCLICO.	77
FIGURA ANEXA 1: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A1 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.	83
FIGURA ANEXA 2: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A1 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DEL EXTENSÓMETRO.	83
FIGURA ANEXA 3: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A2 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.	84
FIGURA ANEXA 4: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A2 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DEL EXTENSÓMETRO.	84
FIGURA ANEXA 5: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A3 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.	85
FIGURA ANEXA 6: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE ÁNGULO A3 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DEL EXTENSÓMETRO.	85
FIGURA ANEXA 7: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE PLACA P1 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.	86
FIGURA ANEXA 8: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE PLACA P1 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DEL EXTENSÓMETRO.	86
FIGURA ANEXA 9: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE PLACA P2 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.	87
FIGURA ANEXA 10: CURVA DE TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE LA PROBETA DE PLACA P2 CON LOS DATOS DE DESPLAZAMIENTO DEL EXTENSÓMETRO.	87
FIGURA ANEXA 11: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	88
FIGURA ANEXA 12: REGISTRO DE LOS INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	88
FIGURA ANEXA 13: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES DEL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	89
FIGURA ANEXA 14: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	89
FIGURA ANEXA 15: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	90
FIGURA ANEXA 16: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	90
FIGURA ANEXA 17: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	91
FIGURA ANEXA 18: REGISTRO DE LOS INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	91
FIGURA ANEXA 19: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	92
FIGURA ANEXA 20: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	92
FIGURA ANEXA 21: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	93
FIGURA ANEXA 22: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	93
FIGURA ANEXA 23: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	94
FIGURA ANEXA 24: REGISTRO DE LOS INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	94
FIGURA ANEXA 25: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	95
FIGURA ANEXA 26: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	95
FIGURA ANEXA 27: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	96
FIGURA ANEXA 28: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	96
FIGURA ANEXA 29: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	97
FIGURA ANEXA 30: REGISTRO DE LOS INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	97
FIGURA ANEXA 31: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	98
FIGURA ANEXA 32: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	98
FIGURA ANEXA 33: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	99
FIGURA ANEXA 34: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	99
FIGURA ANEXA 35: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	100
FIGURA ANEXA 36: REGISTRO DE LOS INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	100
FIGURA ANEXA 37: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	101
FIGURA ANEXA 38: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	101
FIGURA ANEXA 39: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	102
FIGURA ANEXA 40: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	102
FIGURA ANEXA 41: REGISTRO DE LOS LVDT'S HORIZONTAL Y VERTICAL PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	103

FIGURA ANEXA 42: REGISTRO DE INCLINÓMETROS PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	103
FIGURA ANEXA 43: REGISTRO DE LOS LVDT'S LONGITUDINALES PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	104
FIGURA ANEXA 44: REGISTRO DE LOS LVDT'S DEL APOYO SIMPLE PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	104
FIGURA ANEXA 45: REGISTRO DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	105
FIGURA ANEXA 46: REGISTRO DE LA CELDA DE CARGA PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	105
FIGURA ANEXA 47: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	106
FIGURA ANEXA 48: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	106
FIGURA ANEXA 49: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO MONOTÓNICO.	107
FIGURA ANEXA 50: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	107
FIGURA ANEXA 51: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	108
FIGURA ANEXA 52: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL INTERMEDIO CÍCLICO.	108
FIGURA ANEXA 53: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	109
FIGURA ANEXA 54: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	109
FIGURA ANEXA 55: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO MONOTÓNICO.	110
FIGURA ANEXA 56: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	110
FIGURA ANEXA 57: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	111
FIGURA ANEXA 58: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL LARGO CÍCLICO.	111
FIGURA ANEXA 59: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	112
FIGURA ANEXA 60: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	112
FIGURA ANEXA 61: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO MONOTÓNICO.	113
FIGURA ANEXA 62: HISTÉRESIS DEL LVDT VERTICAL PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	113
FIGURA ANEXA 63: HISTÉRESIS DEL LVDT HORIZONTAL PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	114
FIGURA ANEXA 64: MODIFICACIÓN DE LA HISTÉRESIS DEL LVDT DEL ACTUADOR PARA EL PERFIL XL CORTO CÍCLICO.	114

Símbolos

A_e	Área efectiva de la sección.
A_g	Área transversal total de la sección.
C_e	Capacidad esperada a compresión del perfil XL.
C_F	Resistencia del perfil XL al pandeo flexional.
C_{FT}	Resistencia del perfil XL al pandeo flexo-torsional.
C_L	Resistencia del perfil XL al pandeo local.
C_w	Constante de alabeo del perfil XL.
E	Módulo de Young del acero.
E_{Act}	Energía disipada a partir de las medidas modificadas del LVDT del actuador.
E_{Rios}	Energía disipada a partir de las medidas de un LVDT longitudinal de la riostra.
F_{cr}	Tensión crítica de pandeo.
F_{cre}	Tensión crítica de pandeo esperada.
F_e	Tensión de pandeo global elástico de Euler.
F_{el}	Tensión de pandeo local elástico de Euler.
F_u	Tensión de rotura del acero.
F_y	Tensión de fluencia del acero.
G	Módulo de corte del acero.
H	Altura del perfil XL.
I_b	Inercia del conector intermedio respecto al eje V.
I_{ch}	Inercia de un ángulo respecto al eje V.
$I_{u,v}$	Inercia de la sección XL respecto a su eje U o V.
J	Rigidez torsional del perfil XL.
K	Factor de largo efectivo de pandeo en el eje correspondiente.
K_i	Factor de pandeo para la longitud entre conectores intermedios (0,86 para XL).
L	Largo real del elemento.
M_e	Capacidad a flexión del perfil XL.
M_p	Momento plástico del perfil XL.
$N_{u,v,t}$	Carga crítica de pandeo para ejes U, V o torsión.
N_{vb}	Carga crítica de pandeo del eje V, para XL de conectores gruesos.
N_{vp}	Carga crítica de pandeo del eje V, para XL de conectores delgados.
P_n	Resistencia a la compresión del perfil XL.

R_t	Razón entre tensión de rotura esperada y rotura mínima especificada.
R_y	Razón entre tensión de fluencia esperada y fluencia mínima especificada.
T_e	Capacidad esperada a tracción del perfil XL.
T_R	Resistencia del perfil XL a la rotura del área neta efectiva.
T_Y	Resistencia del perfil XL a la fluencia del área bruta.
a	Separación longitudinal de los conectores intermedios (desde sus centros de gravedad).
b	Ancho de las alas del ángulo.
b_e	Ancho efectivo de las alas del ángulo.
$c_{1,2}$	Factores de ajuste para ancho efectivo por imperfección.
d'	Distancia entre los centros de gravedad de los ángulos del perfil XL.
r	Radio de giro del perfil XL en el eje correspondiente.
r_i	Menor radio de giro de un ángulo.
s_{vb}	Rigidez al corte de un perfil XL con conectores gruesos.
s_{vp}	Rigidez al corte de un perfil XL con conectores delgados.
t	Espesor de las alas del ángulo.
t_g	Espesor de la placa gusset.
Δ_{acum}	Deformación inelástica acumulada por la riostra durante el ensayo.
Δ_2	Desplazamiento del perfil XL producto de sus esfuerzos de corte.
δ_{Act}	Desplazamiento medido por LVDT del actuador.
δ_{ActR}	Desplazamiento corregido del LVDT del actuador.
δ'_{ActR}	Desplazamiento modificado del LVDT del actuador.
δ_{ALong}	Desplazamiento medido por el LVDT longitudinal del apoyo simple.
δ_L	Desplazamiento medido por un LVDT longitudinal de la riostra.
δ_y	Desplazamiento de fluencia del perfil XL.
ε_y	Deformación de fluencia del perfil XL.
λ_G	Esbeltez global del perfil XL.
$\lambda_{G/L}$	Razón entre la esbeltez global y local del perfil XL.
λ_L	Esbeltez local de los ángulos del perfil XL.
λ_r	Límite de esbeltez local.
λ_u	Esbeltez del perfil XL en torno al eje U-U.
λ_v	Esbeltez del perfil XL en torno al eje V-V.
$\lambda_{x,y}$	Esbeltez del perfil XL en torno al eje X-X e Y-Y.