



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN AVANZADA

**EFFECTO POR TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE
PARA PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

11541363 MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS

11751179 RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA

ASESOR TEMÁTICO: ING. MARCO TULIO CANALES CHÁVEZ

ASESORA METODOLÓGICA: ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

UNITEC, CAMPUS TEGUCIGALPA; OCTUBRE, 2020.

Dedico este proyecto a mis padres, Gloria María Rodas y Oscar Roberto Acosta por brindarme su apoyo incondicional y alentarme a cumplir cada una de mis metas. A mis hermanos, Gustavo Teodoro, Oscar Roberto y José Roberto, por motivarme siempre a dar lo mejor de mí en cada uno de mis proyectos.

María José Acosta Rodas

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, Ana Zúniga Cáceres y Rony Tróchez Nolasco por estar a mi lado y apoyarme en cada uno de mis pasos los cuales permitieron que hoy sea la persona que soy. A mis hermanas, Nicolle y Sylvanna por creer en mi para superar cualquier obstáculo.

Rony Jefferson Tróchez Zúniga

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por brindarnos fortaleza y sabiduría para afrontar cada uno de los retos presentados durante nuestra vida estudiantil.

En segundo lugar, un agradecimiento mutuo como compañeros de proyecto por compartir la experiencia de trabajar en esta investigación, por la dedicación y empeño demostrados en cada una de las etapas, lo que requirió compromiso y responsabilidad.

En tercer lugar, al asesor temático y autor de la investigación original, Doctor Marco Tulio Canales Chávez y a la asesora metodológica, Ingeniera Karla Antonia Uclés Brevé, por habernos brindado sus conocimientos, consejos, paciencia y disposición para poder realizar un proyecto a la altura de las expectativas de Unitec.

A cada uno de ustedes, gracias por su apoyo y por ser parte importante para el desarrollo de esta meta.

María José Acosta Rodas

Rony Jefferson Tróchez Zúniga

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación ha consistido en el análisis del *"Performance study of link slab continuity in prestressed concrete bridges"* (Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado) realizado en 2019 por Marco Tulio Canales Chávez, PhD en Ingeniería Estructural, en el cual se consideró la carga viva y el gradiente de temperatura para determinar cómo afectan estas variables el diseño de los apoyos para puentes de concreto presforzado con losas de enlace.

Como parte de los trabajos realizados se ha complementado el análisis mediante un modelo de líneas para diferentes tipos de puentes, incluyendo las deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto. Para el análisis del efecto por temperatura uniforme se utilizaron las *"Especificaciones de diseño para puentes AASHTO LRFD 2012"*, utilizando una temperatura de 70°F (21.1°C), consistente en la diferencia entre la temperatura promedio máxima y mínima para puentes de concreto del Estado de Louisiana, para lo que se ha calculado una deformación por temperatura uniforme para la sección compuesta de cada modelo de líneas. Para el análisis del efecto por retracción del concreto fue utilizada la *"Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08"*, donde se ha calculado la deformación por retracción para losas en puentes de concreto presforzado, a los 28, 84 y 140 días.

Se han calculado las deformaciones provocadas por el efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto para modelos de líneas en condiciones de apoyo flotante y fijo, de donde se ha determinado que las fuerzas axiales en la losa de enlace, calculadas mediante el programa STAAD.Pro se ven afectadas directamente por ambos efectos.

Se ha determinado gráficamente que existe una relación directa entre la fuerza axial en la losa de enlace y la rigidez de los apoyos elastoméricos, sin embargo, la fuerza axial no es considerablemente afectada por el tipo de condición de apoyo ubicado debajo de la losa de enlace para dos tramos, sin embargo, en tres tramos si existe una variación significativa, a diferencia del efecto provocado por la carga viva y el gradiente de temperatura bajo las mismas condiciones de apoyo, los cuales afectan las fuerzas axiales sin importar el número de tramos, según se demostró en estudios anteriores.

Palabras clave: axial, continuidad, deformación, elastomérico, modelo.

ABSTRACT

This research has consisted of the analysis of the "Performance study of link slab continuity in prestressed concrete bridges" carried out in 2019 by Marco Tulio Canales Chávez, PhD in Structural Engineering, in which the live load and the temperature gradient were considered to determine how these variables affect the design of supports for prestressed concrete bridges with link slabs.

As part of the work carried out, the analysis was complemented by means of a line model for different types of bridges, including effects due to deformations for uniform temperature and shrinkage. For the analysis of the effect by uniform temperature, the "Bridge design specifications AASHTO LRFD 2012" was used, using a temperature of 70°F (21.1°C), consisting of the difference between the maximum and minimum average temperature for concrete bridges of the State of Louisiana, for which a uniform temperature deformation has been calculated for the composite section of each line model. For the analysis of the effect shrinkage, the "Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete ACI 209.2R-08" was used, where the shrinkage deformation for slabs in prestressed concrete bridges was calculated, at 28, 84 and 140 days.

The deformations caused by the effect of uniform temperature and shrinkage have been calculated for line models under floating and fixed support conditions, from which it has been determined that the axial forces in the link slab, calculated using STAAD.Pro they are directly affected by both effects.

It has been graphically determined that there is a direct relationship between the axial force in the link slab and the stiffness of the elastomeric bearings, however, the axial force is not considerably affected by the type of support condition located under the link slab, for two spans, however, in three spans there is a significant variation, unlike the effect caused by the live load and temperature gradient under the same support conditions, which significantly affects the axial forces regardless of the number of spans, as shown in previous studies.

Keywords: axial, continuity, deformation, elastomeric, model.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del Problema	3
2.1 Precedentes del Problema.....	3
2.2 Definición del Problema.....	4
2.3 Justificación.....	4
2.4 Preguntas de Investigación.....	4
2.5 Objetivos.....	5
2.5.1 Objetivo General	5
2.5.2 Objetivos Específicos	5
III. Marco Teórico	6
3.1 Puentes.....	6
3.1.1 Elementos de un puente.....	6
3.1.2 Puentes de acuerdo con la estructura longitudinal.....	10
3.1.3 Puentes de acuerdo con la estructura transversal	12
3.2 Continuidad en puentes.....	13
3.2.1 Puente no continuo	13
3.2.2 Puente continuo.....	14
3.2.3 Puente parcialmente continuo.....	15
3.3 Especificaciones de diseño para losas de enlace.....	17
3.4 Proceso constructivo de losas de enlace	17
3.5 Modelación para continuidad parcial	22
3.5.1 Modelos 2D.....	22
3.5.2 Modelos 3D.....	22

3.6 Soluciones analíticas previas de la continuidad parcial	23
3.6.1 Enfoque a flexión	23
3.6.2 Enfoque a flexión revisado	24
3.6.3 Ecuación de tres momentos modificada.....	24
3.6.4 Solución analítica de forma cerrada	26
3.7 Estudio paramétrico.....	29
3.7.1 Diseño de los puentes del estudio paramétrico	31
3.8 Condiciones de apoyo	32
3.8.1 Apoyos fijos.....	33
3.8.2 Apoyos móviles	33
3.8.3 Apoyos de cojinete elastomérico	34
3.9 Cargas en puentes.....	35
3.9.1 Cargas verticales.....	36
3.9.2 Cargas longitudinales.....	37
3.9.3 Fuerzas producidas por cambio de temperatura	38
3.10 Efecto por temperatura uniforme (TU).....	39
3.10.1 Modelo de predicción (TU) según Norma AASHTO LRFD 2012.....	39
3.10.2 Modelo de predicción (TU) según Norma Eurocódigo 1	42
3.10.3 Modelo de predicción (TU) Kuppa.....	44
3.10.4 Modelo de predicción (TU) Emerson	46
3.11 Efecto por retracción del concreto (RC).....	48
3.11.1 Modelo de predicción (RC) según ACI 209R-92.....	51
3.11.2 Modelo de predicción (RC) según EC ₋₂₋₁	62
3.11.3 Modelo de predicción (RC) B4	64
IV. Metodología.....	66

4.1 Enfoque.....	66
4.2 Variables de investigación.....	66
4.2.1 Variables dependientes o explicadas.....	66
4.2.2 Variables independientes o explicativas	67
4.2.3 Variables Intervinientes	67
4.2.4 Diagrama de interacción entre variables	68
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	69
4.3.1 Modelo lineal.....	69
4.3.2 Modelo de rigidez equivalente.....	71
4.3.3 STAAD.Pro	74
4.3.4 Excel	74
4.3.5 Notepad++	74
4.4 Población y muestra	74
4.5 Metodología de estudio.....	74
4.5.1 Modelos de predicción.....	75
4.5.2 Cálculo de deformaciones.....	75
4.5.3 Hoja de cálculo MS Excel	75
4.5.4 STAAD.Pro	75
4.5.5 Gráficas	75
4.5.6 Resultados	75
4.6 Metodología de validación	75
V. Resultados y Análisis	77
5.1 Análisis y validación de los modelos de predicción	77
5.1.1 Deformación debido al efecto de temperatura uniforme.....	77
5.1.2 Deformación debido al efecto por retracción del concreto	78

5.2 Creación de modelos de líneas	80
5.3 Recopilación de resultados de los modelos de líneas.....	83
5.4 Análisis de resultados de los modelos de líneas.....	85
5.4.1 Efecto por retracción del concreto en puentes de concreto presforzado con losas de enlace y apoyos fijos.....	85
5.4.2 Efecto por temperatura uniforme en puentes de concreto presforzado con losas de enlace y apoyos fijo	88
5.4.3 Efecto por retracción del concreto en puentes de concreto presforzado con losas de enlace y apoyos flotantes	90
5.4.4 Efecto por temperatura uniforme en puentes de concreto presforzado con losa de enlace y apoyos flotantes	92
5.4.5 Efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto en puentes de concreto presforzado con losa de enlace con apoyos fijos y flotantes.....	94
VI. Conclusiones.....	96
VII. Recomendaciones.....	98
VIII. Aplicabilidad e Implementación.....	99
IX. Evolución de Trabajo Actual y Trabajo Futuro	100
X. Bibliografía	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sustitución de junta de expansión por losa de enlace.....	3
Ilustración 2 Vista longitudinal de los elementos de un puente.....	6
Ilustración 3 Sección transversal de la superestructura.....	7
Ilustración 4 Sección longitudinal de estribo y pila.....	8
Ilustración 5 Tipos de cimentaciones.....	9
Ilustración 6 Ubicación del neopreno.....	10
Ilustración 7 Arcos de tablero superior, intermedio e inferior.....	11
Ilustración 8 Sección longitudinal de puente colgante.....	11
Ilustración 9 Sección longitudinal de puente atirantado.....	12
Ilustración 10 Posibles secciones transversales de un puente losa.....	12
Ilustración 11 Tramo típico de un puente viga-losa.....	13
Ilustración 12 Puente no continuo.....	13
Ilustración 13 Puente continuo.....	15
Ilustración 14 Puente parcialmente continuo.....	15
Ilustración 15 Losa de enlace.....	16
Ilustración 16 Detalle de la losa de enlace.....	17
Ilustración 17 Puente de Grove Street previo a rehabilitación de la estructura.....	18
Ilustración 18 Remoción de superficie de rodadura de asfalto.....	18
Ilustración 19 Demolición de la plataforma del puente.....	19
Ilustración 20 Limpieza de vigas e instalación de nuevas conexiones.....	19
Ilustración 21 Instalación de encofrado fijo.....	20
Ilustración 22 Instalación de acero de refuerzo y encofrado de la losa de enlace.....	20
Ilustración 23 Fundición de losa de enlace.....	21
Ilustración 24 Estructura actual del puente de Grove Street, Michigan, USA.....	21

Ilustración 25 Líneas de influencia del momento de continuidad para un puente de dos tramos.....	25
Ilustración 26 Líneas de influencia del momento positivo para un puente de dos tramos	26
Ilustración 27 Configuración de apoyo Rodillo-Fijo-Fijo-Rodillo.....	27
Ilustración 28 Configuración de apoyo Fijo-Rodillo-Rodillo-Fijo.....	27
Ilustración 29 Modelos de resortes equivalentes.....	29
Ilustración 30 Sistema de articulación en concreto.....	33
Ilustración 31 Sistema de apoyo móvil	33
Ilustración 32 Sistema de apoyo elastomérico.....	34
Ilustración 33 Condición de apoyo fijo.....	35
Ilustración 34 Condición de apoyo flotante	35
Ilustración 35 Mapa de isotermas para determinar temperaturas máximas de diseño en puentes de losas y vigas de concreto.....	40
Ilustración 36 Mapa de isotermas para determinar temperaturas mínimas de diseño en puentes de losas y vigas de concreto.....	41
Ilustración 37 Mapa de isotermas para determinar temperaturas máximas de diseño en puentes de losas y vigas de acero.....	41
Ilustración 38 Mapa de isotermas para determinar temperaturas mínimas de diseño en puentes de losas y vigas de acero.....	42
Ilustración 39 Correlación entre temperatura del aire a la sombra y componente de temperatura uniforme	44
Ilustración 40 Tipos de retracción e importancia	49
Ilustración 41 Grietas por retracción	51
Ilustración 42 Diagrama de interacción entre variables.....	68
Ilustración 43 Modelo de elementos finitos de losa de enlace para dos tramos	69
Ilustración 44 Modelo de rigidez equivalente	71

Ilustración 45 Análisis de resorte equivalente	72
Ilustración 46 Deformación por efecto de temperatura uniforme	78
Ilustración 47 Deformación por efecto de retracción del concreto	80
Ilustración 48 Carpetas para modelos con apoyos fijos con temperatura ambiente y separación de vigas	81
Ilustración 49 Carpetas para modelos de apoyos fijo para dos y tres tramos	81
Ilustración 50 Carpetas para apoyos fijos para cada variante de dos y tres tramos.....	82
Ilustración 51 Archivo de texto con los datos necesarios para cada modelo	83
Ilustración 52 Fuerza axial y rigidez de los apoyos.....	85
Ilustración 53 Efecto por retracción del concreto para apoyo fijo (T1 vs. K2L).....	86
Ilustración 54 Efecto por retracción del concreto para apoyo fijo (T2 vs. K2L).....	87
Ilustración 55 Efecto por temperatura uniforme para apoyo fijo (T1 vs. K2L).....	88
Ilustración 56 Efecto por temperatura uniforme para apoyo fijo (T2 vs. K2L).....	89
Ilustración 57 Efecto por retracción del concreto para apoyo flotante (T1 vs. K2L)	90
Ilustración 58 Efecto por retracción del concreto para apoyo flotante (T2 vs. K2L)	91
Ilustración 59 Efecto por temperatura uniforme para apoyo flotante (T1 vs. K2L)	92
Ilustración 60 Efecto por temperatura uniforme para apoyo flotante (T2 vs. K2L)	93
Ilustración 61 Efecto por temperatura uniforme y retracción para apoyo fijo y flotante	94
Ilustración 62 Efecto por temperatura uniforme y retracción para apoyo fijo y flotante	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros utilizados en estudio paramétrico.....	30
Tabla 2 Resumen de casos utilizados en Estudio Paramétrico.....	31
Tabla 3 Rangos de temperatura del procedimiento A.....	40
Tabla 4 Tipo de tableros en puentes.....	43

Tabla 5 Rangos máximos de temperatura diaria para puentes de concreto.....	47
Tabla 6 Factores que afectan la deformación y retracción del concreto y variables consideradas en el método de predicción recomendado	53
Tabla 7 Factores de corrección de contracción para el curado húmedo inicial, $\gamma_{sh, tc}$	56
Tabla 8 Factores de corrección de contracción para grosor promedio de miembros, $\gamma_{sh, d}$	58
Tabla 9 Valores para K_h	63
Tabla 10 Deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme para cada longitud de tramo.....	77
Tabla 11 Deformaciones debido al efecto por retracción del concreto desde 7 a 140 días	79
Tabla 12 Datos para cada modelo de líneas	82
Tabla 13 Reacciones en los nodos	84
Tabla 14 Fuerzas y momentos en los extremos de los elementos	84

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Rango de movimiento térmico de diseño.....	39
Ecuación 2 Rango de contracción máximo del componente de temperatura uniforme	44
Ecuación 3 Rango de expansión máximo del componente de temperatura uniforme ...	44
Ecuación 4 Rango del componente de temperatura uniforme.....	44
Ecuación 5 Temperatura promedio del puente	44
Ecuación 6 Temperatura extrema máxima promedio del puente.....	45
Ecuación 7 Temperatura extrema mínima promedio del puente	45
Ecuación 8 Temperatura promedio mínima diaria del puente (°C).....	46
Ecuación 9 Temperatura promedio mínima diaria del puente (°F).....	47

Ecuación 10 Temperatura promedio máxima del puente(°F)	47
Ecuación 11 Temperatura promedio máxima del puente (°C)	48
Ecuación 12 Deformación por retracción $\epsilon_{sh}(t, t_c)$	54
Ecuación 13 Coeficiente f por Sistema Internacional.....	54
Ecuación 14 Coeficiente f por Sistema Inglés	54
Ecuación 15 Deformación por retracción final para condiciones no estándar	55
Ecuación 16 Producto acumulativo de los factores de corrección aplicables.....	55
Ecuación 17 Factor de curado húmedo inicial.....	56
Ecuación 18 Factor de humedad relativa ambiental	56
Ecuación 19 Factor de relación volumen-superficie para Sistema Internacional	57
Ecuación 20 Factor de relación volumen-superficie para Sistema Inglés	57
Ecuación 21 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) \leq 1$ año (SI)	58
Ecuación 22 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) \leq 1$ año (SI).....	58
Ecuación 23 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) \leq 1$ año (FPS)	58
Ecuación 24 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) \leq 1$ año (FPS)	59
Ecuación 25 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) > 1$ año (SI)	59
Ecuación 26 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) > 1$ año (SI).....	59
Ecuación 27 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) > 1$ año (FPS)	59
Ecuación 28 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) > 1$ año (FPS)	59
Ecuación 29 Factor de revenimiento γ_{sh} (SI).....	60
Ecuación 30 Factor de revenimiento γ_{sh} (FPS)	60
Ecuación 31 Factor de agregado fino $\gamma_{sh, \psi}$ para $\psi \leq 50\%$	60

Ecuación 32 Factor de agregado fino $\gamma_{sh, \psi}$ para $\psi > 50\%$	61
Ecuación 33 Factor de contenido de cemento $\gamma_{sh, c}$ (SI).....	61
Ecuación 34 Factor de contenido de cemento $\gamma_{sh, c}$ (FPS)	61
Ecuación 35 Factor de contenido de aire $\gamma_{sh, \alpha}$	61
Ecuación 36 Deformación por retracción total.....	62
Ecuación 37 Deformación por retracción de secado	62
Ecuación 38 Factor de reducción de la retracción de secado	63
Ecuación 39 Deformación por retracción autógena.....	64
Ecuación 40 Factor de reducción de la retracción autógena.....	64
Ecuación 41 Valor final de la contracción autógena.....	64
Ecuación 42 Evolución temporal de retracción por secado	65
Ecuación 43 Evolución de la retracción autógena	65
Ecuación 44 Rigidez de los apoyos.....	71
Ecuación 45 Rigidez rotacional de la sección compuesta.....	71
Ecuación 46 Rigidez axial de la viga.....	72
Ecuación 47 Resorte equivalente de la rigidez axial de la sección compuesta y la rigidez horizontal del apoyo de cojinete al extremo de la viga.....	73
Ecuación 48 Rigidez equivalente global	73
Ecuación 49 Deformación debido al efecto por temperatura uniforme AASHTO.....	77
Ecuación 50 Deformación debido al efecto por retracción del concreto ACI	79

LISTA DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials; Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes
ACI	American Concrete Institute; Instituto Americano del Concreto
EEB	Expansion Elastomeric Bearing; Cojinete Elastomérico de Expansión
FEB	Fixed Elastomeric Bearing; Cojinete Elastomérico Fijo
FHWA	Federal Highway Administration; Administración Federal de Carreteras
FRRF	Fijo-Rodillo-Rodillo-Fijo
LADOTD	Louisiana Department of Transportation and Development; Departamento de Transporte y Desarrollo de Louisiana
LRFD	Load and Resistance Factor Design; Diseño de Factor de Carga y Resistencia
RFFR	Rodillo-Fijo-Fijo-Rodillo
STAAD.Pro	Structural Analysis and Design Program; Programa de Análisis y Diseño Estructural

GLOSARIO

Apoyo elastomérico: consiste en un bloque generalmente rectangular o circular de elastómero, que trabaja como un material de transición entre la superestructura y la subestructura, permitiendo movimientos en todas las direcciones por medio de desplazamientos y/o rotaciones elásticas (Manrique, 2004).

Apoyo fijo: cojinete elastomérico fijo que brinda alta rigidez la cual restringe el desplazamiento longitudinal y no permite mayores traslaciones longitudinales y expansiones (Canales, 2019).

Apoyo flotante: cojinete elastomérico de expansión que brinda poca restricción traslacional y puede disminuir la restricción rotacional brindada por la losa de enlace (Canales, 2019).

Fuerza axial: Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme (Parro, 2020).

Juntas de expansión: son utilizadas para acomodar los movimientos térmicos en la plataforma y otros movimientos de la plataforma a corto y largo plazo causados por fluencia, contracción, cambios de humedad, tráfico de vehículos y otras cargas (El-Safty & Okeil, 2008).

Losa de enlace: Losa de concreto reforzado que típicamente conecta tramos de puentes simplemente apoyados. Se diseña para flexionarse debido a las deflexiones de las vigas y transmite fuerzas de compresión y tensión mediante la losa junto con los apoyos (Ho & Lukashenko, 2011).

"Performance study of link slab continuity in prestressed concrete bridges", "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado",

(por su traducción al español): estudio donde se analizó cómo el efecto de carga viva y gradiente de temperatura afectan el diseño de los apoyos para puentes de concreto presforzado con losas de enlace.

Rigidez: es la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones o, dicho de otra manera, la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente (Claros, 2020).

I. INTRODUCCIÓN

La "*Federal Highway Administration*" (FHWA) (Administración Federal de Carreteras) & "*Department of Transportation*" (DOT) (Departamentos Estatales de Transporte) de Estados Unidos promueven la eliminación de las juntas de expansión en los puentes para abordar los problemas de durabilidad de manera que sean sustituidas por elementos estructurales que permitan el movimiento en la superestructura provocado por contracción, fluencia y efectos térmicos, por lo que típicamente las juntas de expansión son reemplazadas por losas de enlace en puentes de varios tramos (Haikal, Ramirez, Jahanshahi, Villamizar, & Abdelaleim, 2019).

En 2019 Marco Tulio Canales Chávez demostró, a través del "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado" que las cargas que actúan en este tipo de puentes afectan considerablemente el diseño de los apoyos, sin embargo, en el estudio analizado se consideraron únicamente los efectos producidos por la carga viva y el gradiente de temperatura, por lo que en la presente investigación se determinará cómo la deformación, debido al efecto por temperatura uniforme y la retracción del concreto afectan la fuerza axial en las losas de enlace en puentes de concreto presforzado, lo que se demostrará mediante el análisis utilizando diferentes modelos de líneas validados en el estudio previo.

Las deformaciones causadas debido al efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto se obtendrán mediante modelos de predicción de acuerdo con el manual de la AASHTO y el ACI, respectivamente.

Se analizarán modelos de líneas mediante el programa STAAD.Pro, a través del cual se determinará la fuerza de tensión y compresión en las losas de enlace considerando la rigidez de los apoyos, diferentes longitudes, temperaturas, separaciones entre vigas, número de tramos continuos, condiciones de apoyo, deformaciones debidas por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto.

Se graficarán las fuerzas axiales obtenidas mediante el programa STAAD.Pro para cada uno de los efectos analizados y las rigideces de los apoyos flotantes y fijos para determinar la tendencia de los datos y definir si existe una relación entre las variables

analizadas que proporcione información suficiente para determinar un rango de valores para las fuerzas axiales de las losas de enlace en puentes de dos y tres tramos.

Adicionalmente, se definirá si existe diferencia en la magnitud de la fuerza axial en la losa de enlace para las condiciones de apoyo fijo y flotante, tal como se ha demostrado para los efectos de carga viva y gradiente de temperatura.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Los puentes no continuos son aquellos que contienen múltiples tramos simplemente apoyados, con una junta de expansión por tramo, con el propósito de absorber los movimientos horizontales producidos por efectos de temperatura, retracción del concreto, fluencia, entre otros.

Las juntas de expansión cumplen el propósito de permitir movimientos horizontales en la estructura, con el inconveniente de que requieren de mantenimiento periódico debido a que los desperdicios o elementos del medio ambiente se introducen en los espacios libres, ocasionando disminución o restricción de los movimientos horizontales en la estructura lo que, a largo plazo, provoca daño y disminuye la vida útil de los puentes.

En un programa de investigación realizado por la Administración Federal de Carreteras (FHWA) se descubrió que, en un período de evaluación de cinco años, el 60% de las juntas evaluadas de un puente permitieron infiltración de agua y el 40% estaban experimentando problemas de deterioro (Fincher, 1983).

Una solución planteada por otras investigaciones propone utilizar losas de enlace en sustitución de las juntas de expansión, pero el uso de losas de enlace crea una continuidad parcial en el puente, lo que afecta el diseño de los apoyos.

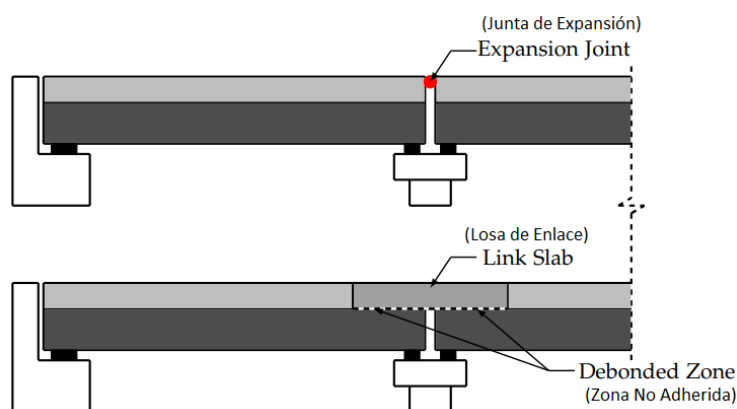


Ilustración 1 Sustitución de junta de expansión por losa de enlace

Fuente: (Haikal, Ramirez, Jahanshahi, Villamizar, & Abdelaleim, 2019)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las losas de enlace utilizadas en los puentes de concreto presforzado generan una continuidad parcial que provoca efectos que afectan el diseño de los apoyos, por lo que se debe de analizar cada uno de los factores que producen fuerzas en el elemento, sometiendo los modelos a diferentes solicitaciones. Por lo que es necesario realizar pruebas haciendo uso de modelos de líneas representativos del comportamiento del sistema para determinar si los efectos por temperatura uniforme y retracción del concreto afectan considerablemente el diseño de los apoyos.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Trabajos de investigación realizados sobre el desempeño de las losas de enlace en puentes de concreto presforzado han determinado cómo la carga viva y el gradiente de temperatura afectan considerablemente el diseño de los apoyos, por lo que a través de esta investigación se complementarán los análisis previos, determinando el efecto provocado por temperatura uniforme y retracción del concreto mediante el programa STAAD.Pro, considerando que en el estudio paramétrico se validó el modelo de líneas, consistente en puentes con vigas de concreto presforzado, las cuales típicamente son utilizadas en puentes de dos o más tramos para considerar mayores longitudes y salvar la luz entre apoyos lo que se generarán resultados que determinarán las deformaciones que se presenten debido a las solicitaciones y las fuerzas producidas en las losas de enlace, variables que serán consideradas para el análisis de diferentes modelos de líneas.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Puede ser de utilidad un análisis matemático para determinar qué relación existe entre las diferentes variables involucradas en el análisis de las deformaciones provocadas por el efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto en puentes presforzados?
2. ¿Es posible calcular la magnitud del impacto generado por las fuerzas axiales en las losas de enlace a través del análisis de las deformaciones ocasionadas por el efecto de temperatura uniforme y retracción utilizando modelos de líneas?

3. ¿Qué efecto provocan los apoyos fijos y flotantes en las fuerzas axiales resultantes de las deformaciones provocadas por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto?
4. ¿Es recomendable seleccionar los tipos de apoyo considerando la relación que existe entre las fuerzas axiales en la losa de enlace y la rigidez de los apoyos para puentes de dos y tres tramos?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si el efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto afectan la fuerza axial a la cual está sometida una losa de enlace en puentes de concreto presforzado de continuidad parcial sobre apoyos elastoméricos.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las deformaciones ocasionadas por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto utilizando modelos de predicción de deformación para identificar la relación entre las variables involucradas.
2. Analizar las deformaciones ocasionadas por el efecto de temperatura uniforme y la retracción del concreto mediante modelos de líneas para determinar el impacto de las fuerzas axiales en las losas de enlace.
3. Analizar las fuerzas axiales en las losas de enlace provocadas por las deformaciones ocasionadas por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto considerando las rigideces de los apoyos flotantes y fijos.
4. Analizar los modelos de líneas para puentes de dos y tres tramos para determinar la relación entre las fuerzas axiales en la losa de enlace y las rigideces de los apoyos flotantes y fijos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 PUENTES

Los puentes son estructuras que forman parte de las diferentes obras viales, necesarios para permitir el paso sobre un obstáculo natural como un río, valle o bahía y sobre obstáculos artificiales u otra vía de circulación como carreteras o avenidas dentro de una ciudad (Palacios, 2012).

Otra definición califica los puentes como “una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos y propiciar transporte de animales y mercancías, entre otras” (Muñoz, 2012, pág. 47).

3.1.1 ELEMENTOS DE UN PUENTE

Los puentes se conforman por cuatro elementos constructivos: superestructura, subestructura, cimentación y elementos de conexión.

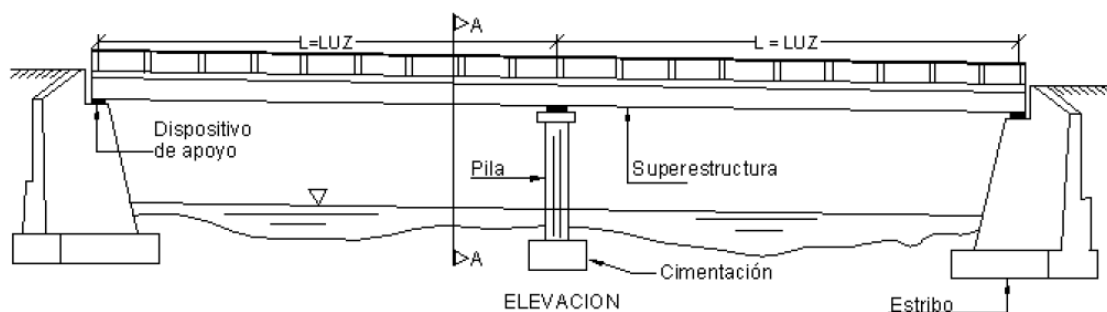


Ilustración 2 Vista longitudinal de los elementos de un puente

Fuente: (Palacios, 2012)

3.1.1.1 Superestructura

La superestructura es el elemento constructivo de un puente, conformada por el tablero o losa y la estructura principal o vigas, elementos que se encargan principalmente de recibir las cargas de los vehículos que transitan por un puente (Torres, 2013).

- Tablero o superficie de rodadura

El tablero o superficie de rodadura (losa) está constituido por elementos estructurales que soportan en primera instancia las cargas de los vehículos, las que son

transmitidas a la estructura principal. En la mayoría de los puentes se utiliza una losa de concreto como elemento portante o tablero, en otros puentes de grandes luces se utiliza un tablero orto trópico que consiste en planchas de acero reforzado con rigidizadores sobre el cual se coloca material asfáltico como superficie de rodadura (Palacios, 2012).

El tablero es el elemento estructural que recibe directamente las cargas de tráfico vehicular, típicamente conformado por una losa de concreto armado, la cual está apoyada sobre las vigas. El material que lo constituye debe ser altamente resistente, ya que estará expuesto a los efectos provocados por la intemperie y al desgaste ocasionado por los vehículos (Torres, 2013).

- Estructura principal o vigas

La estructura principal o conjunto de vigas se encarga de soportar el tablero o losa y salva el espacio entre los apoyos y a la vez transmite las cargas a la subestructura. En los puentes tipo viga estas estructuras se conocen como vigas longitudinales y vigas transversales (diafragmas) (Palacios, 2012).

El conjunto de vigas o estructura principal se conectan al tablero para conformar la estructura que recibe las cargas vehiculares, definidos como los principales elementos resistentes del puente, construidas de acero, concreto armado o concreto presforzado (Torres, 2013).

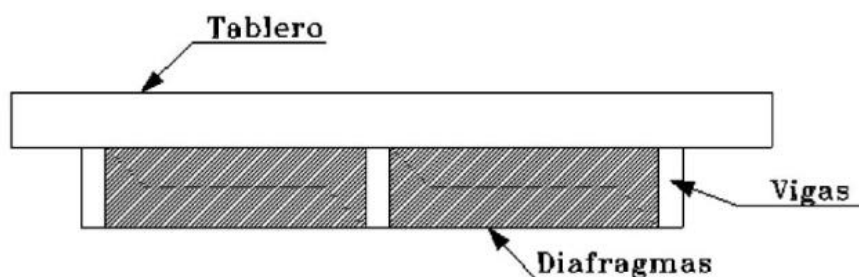


Ilustración 3 Sección transversal de la superestructura

Fuente: (Torres, 2013)

3.1.1.2 Subestructura

La segunda sección de un puente es la subestructura, los elementos estructurales que la forman son los que se encargan de soportar la superestructura y transmitir estas cargas a la cimentación. Está conformada por estribos los cuales son los apoyos de los

extremos del puente que pueden estar hechos de concreto ciclópeo o concreto reforzado, y pilas que son los apoyos intermedios que pueden estar hechas de concreto reforzado o presforzado (Palacios, 2012).

Las pilas son las que reciben fundamentalmente las acciones provenientes de la superestructura, las cargas de viento horizontales transversales, fuerza centrífuga, sismos y en algunos casos, donde el puente pase sobre un cuerpo de agua, estas deberán de soportar los efectos hidrodinámicos producidos por las corrientes de agua y colisiones de objetos flotantes. Los estribos son los que separan al puente del terraplén de acceso al mismo y además de recibir las mismas cargas que las pilas excepto carga de viento, estos reciben empujes de suelos que se originan de la discontinuidad de los terraplenes de acceso (Somenson, 2015).

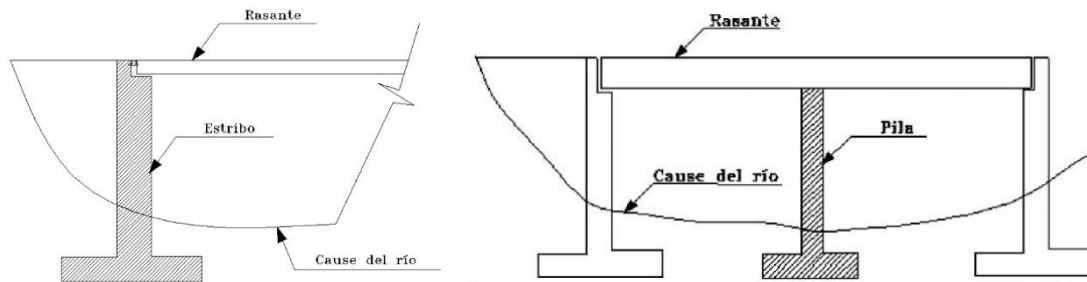


Ilustración 4 Sección longitudinal de estribo y pila

Fuente: (Torres, 2013)

3.1.1.3 Cimentación

La tercera sección de un puente es la cimentación, los elementos que la componen son zapatas que típicamente están hechas de concreto reforzado y pilotes que están hecho de concreto reforzado o presforzado, esta se encarga de soportar la superestructura y subestructura, la cimentación está encargada de transmitir las cargas al suelo (Palacios, 2012).

La cimentación dependerá de las cargas que estará soportando el puente y el tipo de suelo que se tenga en la zona, determinado por los estudios geotécnicos. Se caracteriza por estar solicitada por cargas horizontales y verticales, es muy importante considerar, en puentes donde existe un curso de agua, estudiar los fenómenos de

socavación ya que estos pueden afectar completamente las condiciones iniciales de diseño (Somenson, 2015).

Según Somenson (2015) las cimentaciones que se pueden utilizar dependiendo las solicitaciones y características del suelo, son las siguientes; cimentación superficial (bases de fundación), cimentación semi profunda (cilindros) y cimentación profunda (pilotes).

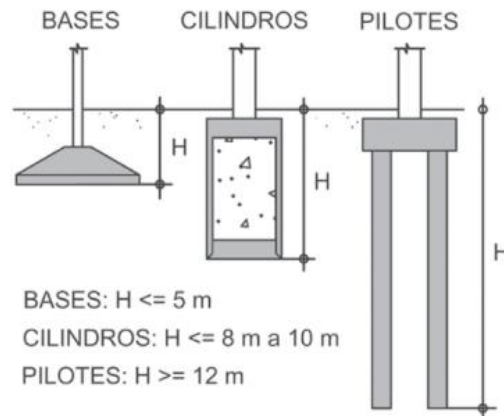


Ilustración 5 Tipos de cimentaciones

Fuente: (Somenson, 2015)

3.1.1.4 Elementos de conexión

La cuarta y última sección en la cual se divide un puente son los elementos de conexión, estos están ubicados entre la superestructura y subestructura. Estos dispositivos deben de ser analizados y diseñados cuidadosamente ya que su comportamiento es muy importante durante sismos y cambios de temperatura (Palacios, 2012).

Estos se encargan de transmitir directamente las cargas provenientes de la superestructura a la subestructura. Tienen mucha importancia ya que estos definirán restricciones al puente, existen varios tipos, placas de plomo, rodillos metálicos, articulaciones metálicas o concreto, placas metálicas y el más utilizado, caucho sintético conocido como neopreno (Torres, 2013).

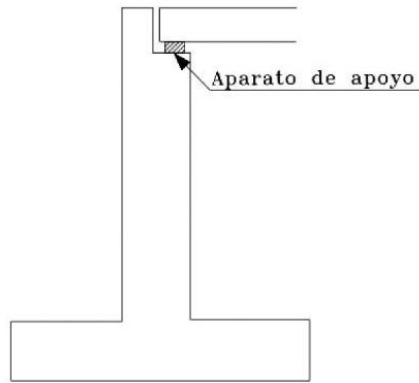


Ilustración 6 Ubicación del neopreno

Fuente: (Torres, 2013)

3.1.2 PUENTES DE ACUERDO CON LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL

De acuerdo con su estructura longitudinal, los puentes se clasifican en tramo recto, arcos y colgantes.

3.1.2.1 Puentes de tramo recto

Son aquellos que la superestructura está formada por elementos rectos y entre estos se encuentran los puentes de (1) tramo sencillo que se componen de vigas simplemente apoyadas, (2) tramos múltiples, que se componen de varios tramos de vigas simplemente apoyadas, (3) tramos continuos, consisten en puentes hiperestáticos, (4) tramos compensados, se les llama así porque compensan los momentos flectores con voladizos o elementos de anclaje, (5) puentes de pórticos, siempre con la idea de reducir los momentos flectores pero en este caso se unen las vigas a los estribos haciéndolas continuas de modo que trabaje como pórtico y finalmente (6) tramos con ménsula, están formados por tramos de volados y tramos simplemente apoyados en voladizo (Palacios, 2012).

3.1.2.2 Puentes de arco

Estos puentes utilizan un arco como su estructura principal para desviar un conjunto de cargas hacia los apoyos mediante una sollicitación a compresión dominante. Esta propiedad única de los arcos hace que en su construcción se pueda utilizar materiales sin resistencia a la tracción (Somenson, 2015).

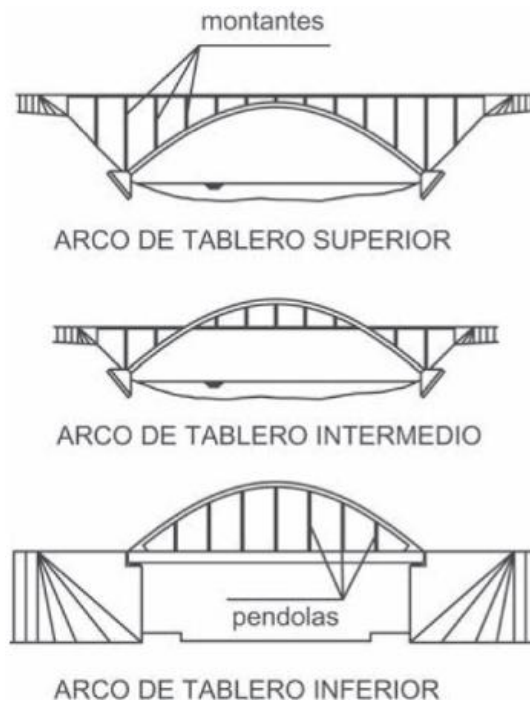


Ilustración 7 Arcos de tablero superior, intermedio e inferior

Fuente: (Somenson, 2015)

3.1.2.3 Puentes de cables de acero

El principal elemento de este tipo de puentes son los cables, suspendidos de torres y anclados por sus extremos a pilares de sujeción. Los cables generalmente están compuestos por alambres de acero galvanizado de 5 milímetros de diámetro agrupados para formar una sección circular, enrollados en espiral. Estos puentes se dividen en puentes con cables curvos (colgantes) y cables rectos (atirantados) (Palacios, 2012).

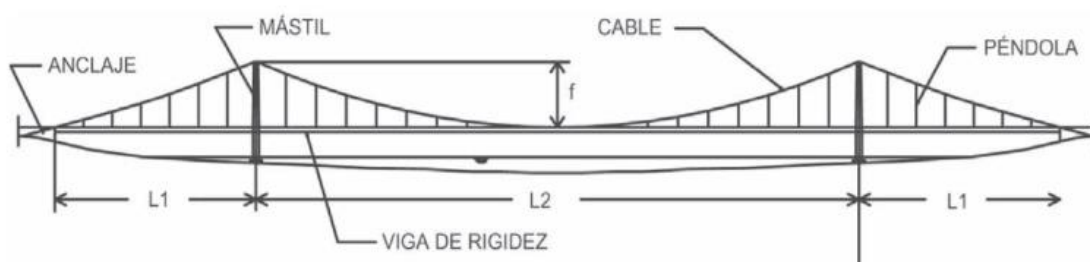


Ilustración 8 Sección longitudinal de puente colgante

Fuente: (Somenson, 2015)

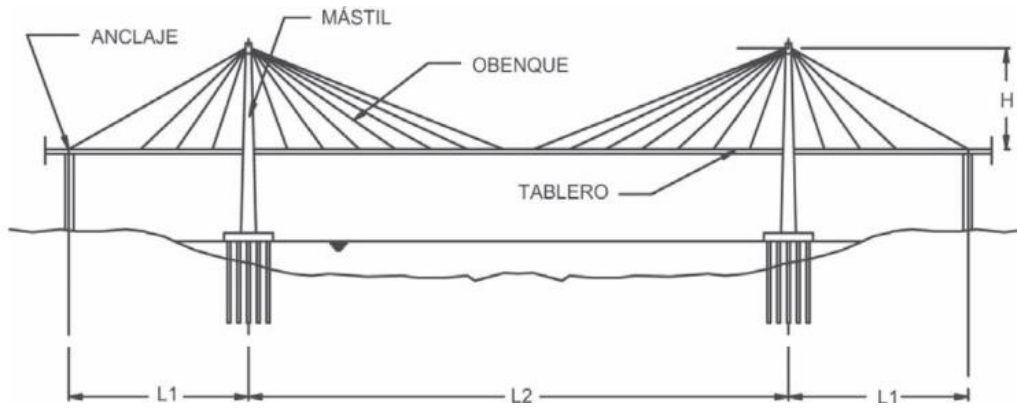


Ilustración 9 Sección longitudinal de puente atirantado

Fuente: (Somenson, 2015)

3.1.3 PUENTES DE ACUERDO CON LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL

De acuerdo con su estructura transversal, los puentes se clasifican en losa y viga-losa.

3.1.3.1 Puentes de losa

Son los puentes más simples ya que su único elemento estructural, la losa, sirve como calzada y como estructura de sostén. Este tipo de puente no tiene direcciones de trabajo privilegiadas como un puente de viga-losa, trabaja en todas las direcciones. Son puentes de luces bastante pequeñas, pero su versatilidad se adapta a diversas formas, rectangulares, oblicuas, trapezoidales, curvas e irregulares (Somenson, 2015).

Se utiliza este tipo de puente típicamente para luces menores o iguales a 15 metros, cuando es en concreto reforzado, ya que, para este intervalo de luces, resulta ser una solución competitiva desde el punto de vista económico comparado con los puentes viga (Muñoz, 2012).

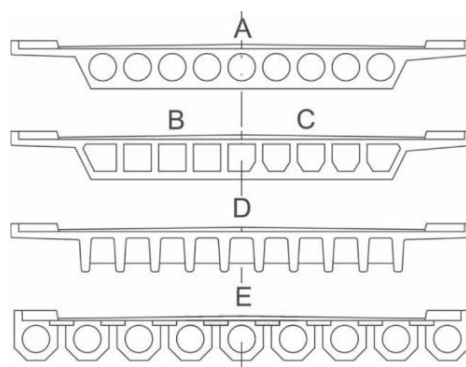


Ilustración 10 Posibles secciones transversales de un puente losa

Fuente: (Somenson, 2015)

3.1.3.2 Puentes de viga-losa

Este tipo de puente es caracterizado por poseer un elemento estructural resistente que, orientado según el eje longitudinal del puente, desvía las cargas hacia los apoyos mediante flexión y cortante (Somenson, 2015). Este puente puede utilizar vigas rectangulares, vigas T, vigas doble T y vigas cajón (Palacios, 2012).

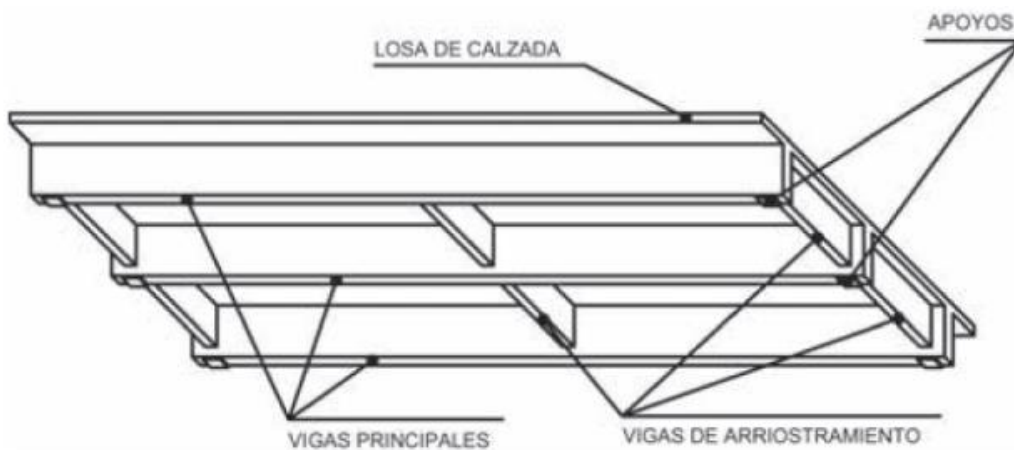


Ilustración 11 Tramo típico de un puente viga-losa

Fuente: (Somenson, 2015)

3.2 CONTINUIDAD EN PUENTES

La continuidad en los puentes es aquella que se obtiene cuando la losa y/o vigas de cada tramo son unidas por un elemento de continuidad. Según su continuidad los puentes se dividen en, no continuo, continuo y parcialmente continuo.

3.2.1 PUENTE NO CONTINUO

Los puentes más convencionales son los no continuos que contienen tramos de varias vigas simplemente apoyadas donde cada tramo actúa de manera independiente y entre cada dos tramos se coloca una junta de expansión.

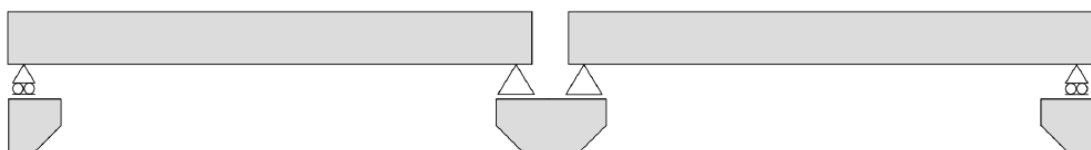


Ilustración 12 Puente no continuo

Fuente: (Canales, 2019)

3.2.1.1 Juntas de expansión

Las juntas de expansión son utilizadas con el propósito de acomodar los movimientos del puente provocados por variaciones de temperatura, que causan que la losa se expanda o contraiga, cargas de los vehículos, asentamientos, etc. (Chang & Lee, 2001).

La mayor ventaja que tiene el uso de juntas de expansión es que simplifica el diseño de un puente no continuo, no obstante, conlleva a costos adicionales de mantenimiento, acumulación de escombros restringiendo el libre movimiento, diferencia de elevación en las juntas causando fuerzas de impacto adicionales, incomodidad al momento de manejar y se vuelven una fuente de deterioro ya que la infiltración de agua contaminada corroe la subestructura (Canales, 2019) (Thippeswamy, GangaRao, & Franco, 2002). Las desventajas mencionadas anteriormente llevarán a grandes pérdidas directas e indirectas. Las pérdidas directas están relacionadas con el mantenimiento de las juntas de expansión y otros elementos del puente, las pérdidas indirectas son debido a los retrasos ocasionados por el mantenimiento. La eliminación o reducción de las juntas de expansión sin duda tendrá un impacto económicamente positivo (Okeil & ElSafty, 2005).

3.2.2 PUENTE CONTINUO

La mayoría de los puentes son construidos con elementos prefabricados ya que esto ofrece ventajas de acelerar la construcción, menos uso de encofrado y mejora el control de calidad, debido a estas ventajas, el 80% de los puentes son construidos con elementos prefabricados (Hossain, 2012).

Los puentes continuos son aquellos que conectan individualmente los elementos prefabricados para obtener un puente estructuralmente continuo, esto se puede realizar con puentes integrados donde la superestructura se construye íntegramente con la subestructura, superestructura parcialmente integrada y superestructura completamente integrada la cual se obtiene utilizando diafragmas de continuidad. A través de ensayos de campo y modelos validados de elementos finitos fue determinado un índice de continuidad para una superestructura completamente integrada un valor de hasta 0.88, siendo 1.0 continuidad completa, (Hossain, 2012).

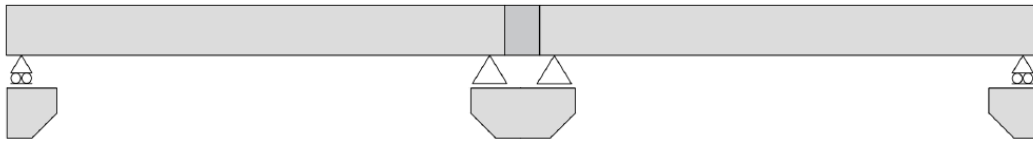


Ilustración 13 Puente continuo

Fuente: (Canales, 2019)

Pruebas realizadas indicaron que las ventajas que se obtienen cuando se logra integrar completamente la superestructura en la junta, reducirá el momento positivo debido a la carga viva en el centro del tramo, lo que permitirá construir tramos más largos y con mejor distribución de esfuerzo y lo más importante, logrará eliminar las juntas de expansión y los problemas que estas ocasionan (Hossain, 2012). La desventaja de este tipo de puentes es la dificultad del proceso constructivo de volver la superestructura continua que transfiera adecuadamente las fuerzas axiales en la junta (Okeil & ElSafty, 2005).

3.2.3 PUENTE PARCIALMENTE CONTINUO

Los puentes parcialmente continuos son aquellos que contienen las vigas discontinuas y su continuidad solamente está presente en la losa. Se pueden construir puentes nuevos sin juntas o puentes existentes que requieran de mantenimiento de juntas de expansión y utilizar una "losa de enlace" para unir ambos tramos por la losa y brindar una continuidad parcial (Okeil & ElSafty, 2005).

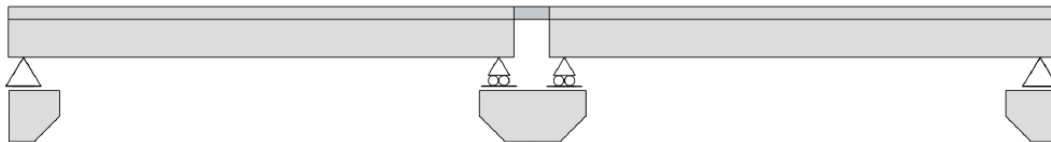


Ilustración 14 Puente parcialmente continuo

Fuente: (Canales, 2019)

Utilizar puentes parcialmente continuos tiene la ventaja que elimina utilizar juntas de expansión y los problemas que estas ocasionan, pero una preocupación de estos es

que se ocasionarían agrietamientos justo en la zona donde iría la junta de expansión producidos por los esfuerzos de tensión y compresión ocasionados por efectos a largo plazo y de temperatura, pero este agrietamiento se puede eliminar utilizando una longitud no adherida entre la viga y la losa (Au, Lam, Au, & Tharmabala, 2013).

A medida que la longitud no adherida entre losa y la viga incrementa, la sección compuesta se reduce. En el método de elementos finitos desarrollado por Zia, Caner, & ElSafty (1995) se determinó que la longitud óptima sin adherencia anda en el rango de 2% y 6% de la longitud de la viga, dependiendo de los apoyos y cargas del sistema.

3.2.3.1 Losas de enlace

Las losas de enlace se encargan de proveer la continuidad parcial y entre las ventajas están, sustituir las juntas de expansión y los problemas que estas ocasionan, facilidad de construcción y el costo de construir losas de enlace en puentes existentes no continuos para que funcionen como puentes parcialmente continuos, lo cual representa una ventaja sobre el uso del diafragma de continuidad (Saber & Reddy, 2012), reduce el momento ocasionado por la carga viva en el centro del tramo debido al grado de continuidad que brindan las losas de enlace y de esta manera incrementa la capacidad de carga de las vigas (Mothe, 2006). Las desventajas de las losas de enlace están en la complejidad al momento de analizar, se desconoce las interacciones de ciertas cargas y que la continuidad generada inducirá esfuerzos secundarios como temperatura, retracción, etc. que pueden causar daños estructurales (Burke, 2004).

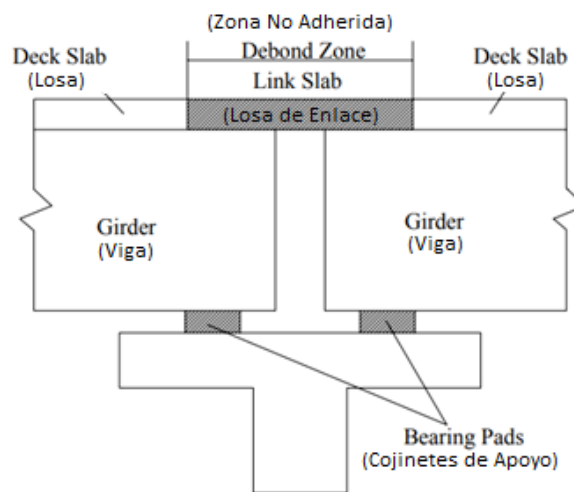


Ilustración 15 Losa de enlace

Fuente: (Mothe, 2006)

La efectividad de las losas de enlace en proveer cierto grado de continuidad ha demostrado que depende considerablemente de las condiciones de apoyo, específicamente la posibilidad de permitir el desplazamiento horizontal (El-Safty & Okeil, 2008).

3.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA LOSAS DE ENLACE

Las especificaciones de diseño para losas de enlace en los departamentos de transporte de Estados Unidos varían para cada estado, sin embargo, la mayoría de los DOTs sigue el concepto propuesto por (Caner & Zia, 1998).

El procedimiento asume que las losas de enlace proporcionan una continuidad insignificante al sistema de puentes, ya que tienen una rigidez menor en comparación con la de las vigas. Por lo tanto, las vigas del puente y las losas se consideran como la sección compuesta y como simplemente apoyadas para cargas vivas y muertas. Las losas de enlace se detallan con una zona no adherida equivalente al 5% de cada tramo del puente adyacente, como se muestra en la siguiente ilustración.

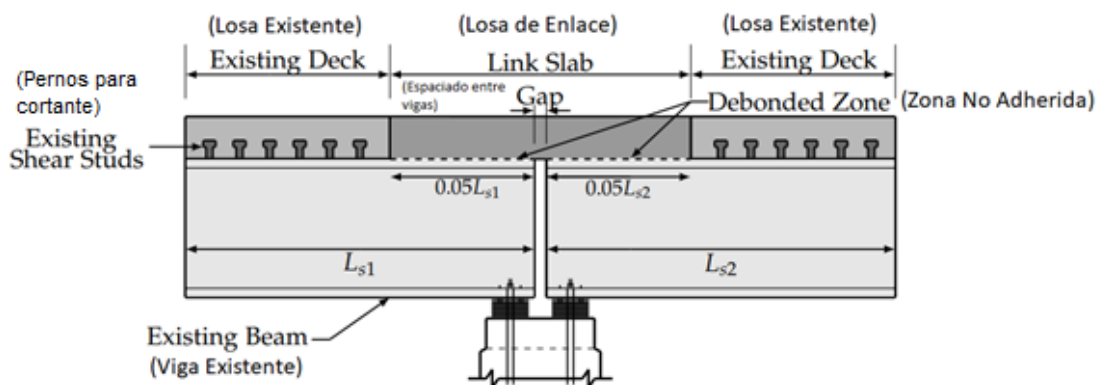


Ilustración 16 Detalle de la losa de enlace

Fuente: (Haikal, Ramirez, Jahanshahi, Villamizar, & Abdelaleim, 2019)

3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS DE ENLACE

Los beneficios del uso de losas de enlace incluyen costos reducidos de mantenimiento y menos acero de refuerzo en la plataforma, lo que resulta en menos tiempo y costo de construcción. Actualmente, las losas de enlace se están instalando en nuevos puentes y también se utilizan para reemplazar las juntas de expansión en la rehabilitación de estructuras existentes (Ho & Lukashenko, 2011).

Un ejemplo de rehabilitación de estructuras existentes es el puente de Grove Street ubicado en Ypsilanti, Detroit, Michigan, USA. Inicialmente el puente estaba conformado por juntas de expansión, las cuales se vieron deterioradas a través del tiempo como se observa en la ilustración 17.



Ilustración 17 Puente de Grove Street previo a rehabilitación de la estructura

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

Para comenzar la rehabilitación de la estructura se procedió a remover la superficie de rodadura de asfalto del puente, como se muestra a continuación.



Ilustración 18 Remoción de superficie de rodadura de asfalto

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

El siguiente paso consistió en la demolición de la plataforma y preparación de las vigas de acero existentes.



Ilustración 19 Demolición de la plataforma del puente

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

Al finalizar la demolición, se procedió a limpiar las vigas de acero, remover las conexiones deterioradas, instalación de encofrado fijo e instalación de conexiones nuevas.



Ilustración 20 Limpieza de vigas e instalación de nuevas conexiones

Fuente: (ACE-MRL, 2011)



Ilustración 21 Instalación de encofrado fijo

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

El siguiente paso consistió en la instalación de barras de acero de refuerzo de la plataforma y preparación del encofrado de la losa de enlace.

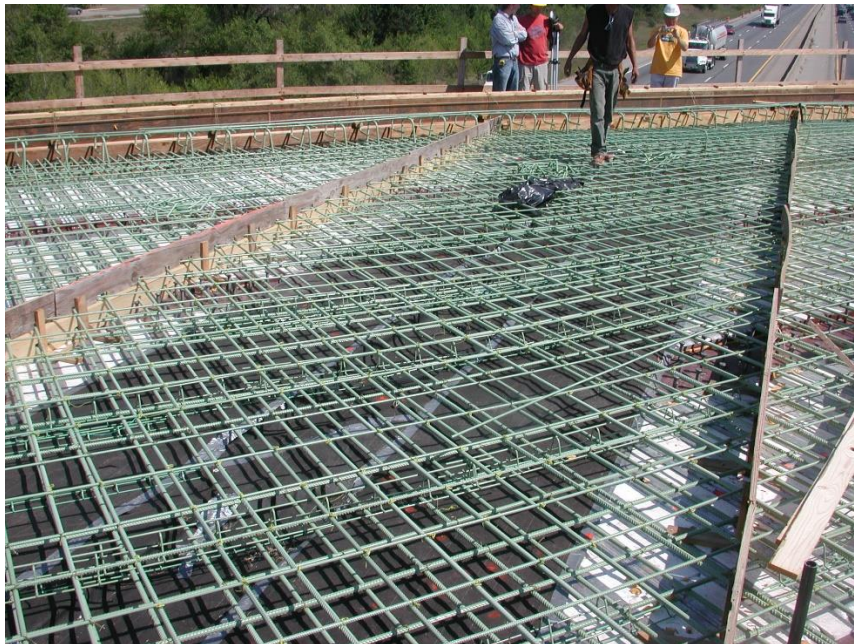


Ilustración 22 Instalación de acero de refuerzo y encofrado de la losa de enlace

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

Al finalizar el encofrado se procedió a verter el concreto.



Ilustración 23 Fundición de losa de enlace

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

Posteriormente, se procedió a la construcción de la acera de concreto, el muro de barrera, instalación de barandillas de metal y losas de acceso a puente, finalizando la rehabilitación de la estructura existente y la implementación de la losa de enlace como se observa en la ilustración 24.



Ilustración 24 Estructura actual del puente de Grove Street, Michigan, USA

Fuente: (ACE-MRL, 2011)

3.5 MODELACIÓN PARA CONTINUIDAD PARCIAL

La modelación para continuidad parcial consiste en la representación de puentes conformados por losas de enlace para el análisis de su comportamiento frente a las solicitaciones. Canales (2019) menciona que debido a la naturaleza no convencional causada en la ubicación de la losa de enlace se dificulta el proceso de cálculo de reacciones utilizando método de la viga conjugada y ecuación de tres momentos, por lo que es recomendable utilizar modelos 2D o 3D.

3.5.1 MODELOS 2D

Es viable construir un modelo de elementos finitos en 2D utilizando un elemento iso-paramétrico para las vigas y un elemento tipo resorte para las losas de enlace (Gastal & Zia, 1989). La losa de enlace proveerá a las vigas una restricción rotacional, esto se no se deberá a la rigidez a flexión, sino debido a la rigidez axial en combinación con la posición de desfase desde el centroide de la sección compuesta. A pesar de que la losa de enlace tendrá una rigidez a flexión, cuando se considere la diferencia entre este valor y el valor de rigidez a flexión de la viga, se sugiere que esa contribución se puede desconsiderar ya que tendrá poco impacto en la exactitud de los resultados (Canales, 2019).

Se demostró que la validación del modelo de líneas en 2D tiene una adecuada compatibilidad con datos analíticos y de laboratorio (Gastal & Zia, 1989).

3.5.2 MODELOS 3D

Actualmente los programas de análisis estructural son lo suficientemente robustos para encargarse de realizar el análisis de puentes parcialmente continuos con losas de enlace a un alto nivel de detalle. La desventaja de realizar modelos 3D está en que toma mucho tiempo realizarlos y en términos de diseño esto no es práctico ya que el interés está en realizar procedimientos más simplificados para obtener resultados adecuados (Canales, 2019).

3.6 SOLUCIONES ANALÍTICAS PREVIAS DE LA CONTINUIDAD PARCIAL

El diseño complejo de las losas de enlace ha evitado el uso de estos elementos, lo que ha causado que se desarrollen soluciones analíticas simplificadas para su implementación en los puentes.

3.6.1 ENFOQUE A FLEXIÓN

Este método separa el procedimiento para diseñar una losa de enlace en cuatro pasos.

El primer paso consiste en diseñar cada tramo como simplemente apoyado. Esto se tomó en consideración debido a que la racionalización de losa de enlace es suficientemente pequeña para considerarse despreciable en el punto de unión entre dos tramos. Sin tomar en cuenta la rigidez a flexión de la losa de enlace, ambos tramos se consideran que pueden rotar de manera libre en la junta (Caner, Dogan, & Zia, 2002).

El segundo paso considera determinar una longitud no adherida para la losa de enlace. Se han desarrollado investigaciones donde la primera indica que la longitud no adherida debe ser de 5% de la longitud del tramo (Gastal & Zia, 1989), (ElSafty, 1994) y la segunda indica que la longitud no adherida óptima debe ser entre 2% y 6% de la longitud del tramo dependiendo de las cargas y condiciones de apoyo (Zia, Caner, & ElSafty, 1995).

El tercer paso se enfoca en determinar la rotación al final de las vigas asumiendo condiciones simplemente apoyadas. Esta consideración se puede tomar como conservativa especialmente tomando en cuenta que el principal objetivo de las losas de enlace brinda una continuidad parcial. Desconsiderando la continuidad parcial y calculando las rotaciones como libres se tendrán sin duda alguna, mayores rotaciones de lo esperado (Zhao et al, 2012).

El cuarto paso se encarga de determinar el momento de continuidad utilizando rotaciones estimadas. Este momento de continuidad se puede utilizar para determinar el refuerzo requerido para la losa de enlace (Canales, 2019).

3.6.2 ENFOQUE A FLEXIÓN REVISADO

El enfoque mencionado previamente no toma en cuenta la compatibilidad de los desplazamientos que pueden surgir entre la losa y viga en la longitud no adherida (Canales, 2019).

El punto mencionado anteriormente surge a partir de la idea de que la flexión de la losa se verá afectada por la viga en la parte del tramo donde no está adherido. Esto se hizo con el objetivo de mantener una solución simple y segura. Se realizó una investigación para reevaluar el enfoque a flexión para permitir obtener una consideración más realista de los desplazamientos que ocurrirán debido a la compatibilidad entre losa y viga donde los resultados obtenidos fueron evaluados por modelos de escala, consideraciones analíticas y observaciones de ensayos de campo (Au, Lam, Au, & Tharmabala, 2013). A pesar de que los resultados muestran un grado de aceptación, se debe tomar en cuenta que en general esta delineación representará una partida hacia los resultados conservativos ya que la corrección del factor considerado siempre resultará en un valor mayor (Canales, 2019).

3.6.3 ECUACIÓN DE TRES MOMENTOS MODIFICADA

Los siguientes procedimientos representan una manera simplificada de estimar el momento de continuidad al cual la losa de enlace estará trabajando, esto se puede tomar como muy conservativo y contradictorio por la razón de que determina los esfuerzos que surgirán en la continuidad no tomando en cuenta la idea de que la junta es continua, es decir que existe una losa de enlace. La rigidez de la losa y viga no debe ser comparada en términos de la restricción rotacional en la junta debido a que la losa de enlace no tiene su centroide a la misma altura que la viga. Tomando en cuenta esta excentricidad, la restricción rotacional surge debido a la distancia entre los centroides y la rigidez axial de la losa de enlace (Canales, 2019).

Debido a que la fuerza axial que se desarrolla en la losa de enlace depende considerablemente de las condiciones de apoyo. Para poder analizar los efectos que las configuraciones de los apoyos pueden ocasionar, dos tramos continuos se consideraron con una losa de enlace que provee continuidad parcial entre cada uno de ellos. Las configuraciones de apoyos consideradas de ambos tramos fueron RFFR, FRRF, FRFR,

FRRR y RRRR. Se determinó que, de las diferentes configuraciones de apoyo, las dos más relevantes fueron RFFR y FRRF ya que estas condiciones representan dos tramos estáticamente estables que pueden ser tomados como límite superior e inferior de las posibilidades de desplazamiento lateral del apoyo (Canales, 2019).

Se realizó el análisis de línea de influencia utilizando una versión modificada de la ecuación de momentos. Se alteró la rigidez en términos de que influenciará el momento de continuidad para incluir la restricción rotacional producida por la rigidez axial de la losa de enlace y su excentricidad, se obtuvieron fórmulas para estimar el momento en la continuidad. Las fórmulas permitieron realizar el análisis de la línea de influencia en ambos momentos positivos en el centro de cada tramo de la viga, así como los momentos negativos en la junta (Canales, 2019).

En la siguiente ilustración se puede observar la comparación de los diagramas de líneas de influencia de ambas condiciones de apoyo consideradas RFFR y FRRF, el de una viga completamente continua y viga simplemente apoyada, aquí se puede observar cómo las condiciones de apoyo afectan en la continuidad (Canales, 2019).

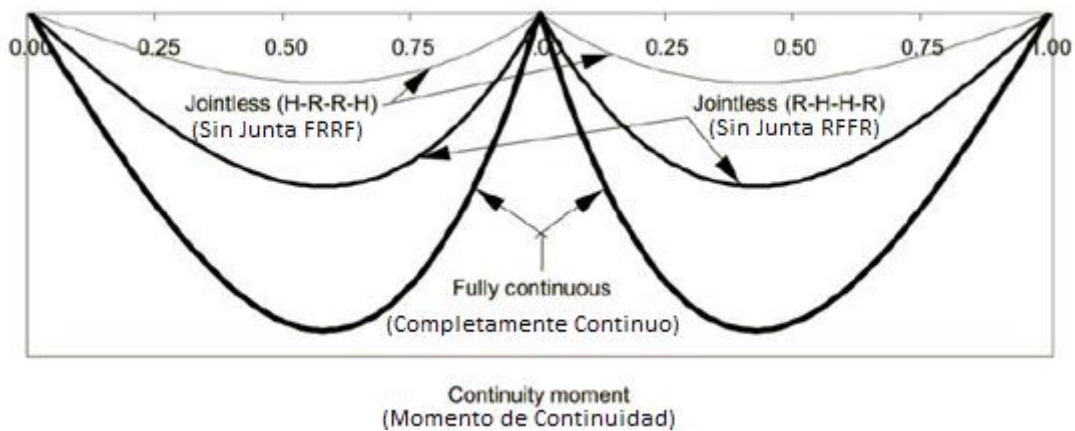


Ilustración 25 Líneas de influencia del momento de continuidad para un puente de dos tramos

Fuente: (El-Safty & Okeil, 2008)

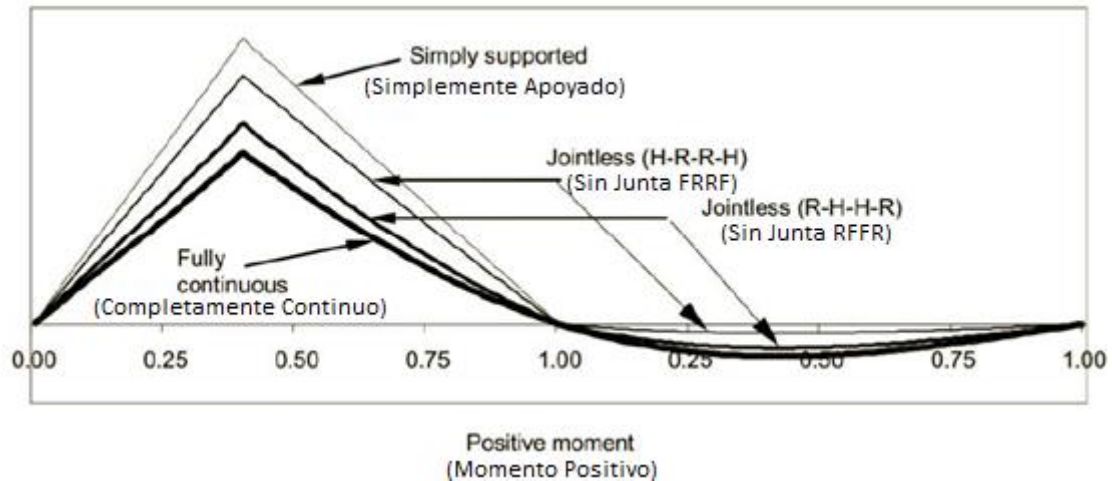


Ilustración 26 Líneas de influencia del momento positivo para un puente de dos tramos

Fuente: (El-Safty & Okeil, 2008)

En las ilustraciones de las líneas de influencia se puede observar como la configuración FRRF brinda menos continuidad que la configuración RFFR. Considerando el momento de continuidad que genera la losa de enlace, es posible obtener una fuerza de tensión que pueda ser utilizada para diseñar el refuerzo de la losa de enlace (Canales, 2019).

3.6.4 SOLUCIÓN ANALÍTICA DE FORMA CERRADA

Debido a la dificultad encontrada para la aplicación de los métodos convencionales en sistemas conformados por losas de enlace, se desarrolló una solución analítica de forma cerrada. Para determinar los efectos de la continuidad parcial, se utilizó una versión modificada de la ecuación de tres momentos. Este método considera la compatibilidad de las rotaciones de los extremos de la viga para determinar el momento de continuidad en la junta. En tramos de continuidad parcial, la losa de enlace se utiliza como condición de compatibilidad. Para analizar esta condición, se utilizaron configuraciones de puente de dos y tres tramos variando las relaciones de longitud de tramo teniendo en cuenta las condiciones de apoyos idealizados y las condiciones de apoyos de cojinetes para determinar el efecto causado por ambos tipos de apoyo en la continuidad parcial. El momento positivo en el centro del claro se calculó utilizando la carga de camión HL-93 (Canales, 2019).

3.6.4.1 Apoyos idealizados

Se analizaron los efectos de continuidad para dos condiciones de apoyo: tipo fijo y tipo rodillo (Canales, 2019).

En la primera condición denominada Rodillo-Fijo-Fijo-Rodillo (RFFR) se consideró que los extremos de las vigas que están en contacto con la losa de enlace están sobre apoyos fijos y los extremos lejanos a la losa de enlace están sobre rodillos. El desplazamiento está restringido y a medida que la viga recibe la acción de la flexión, la parte superior de los extremos exteriores de la viga giran hacia adentro de la viga y los extremos interiores giran hacia afuera desde la losa de enlace, produciendo una fuerza de tensión fuerte (Canales, 2019).

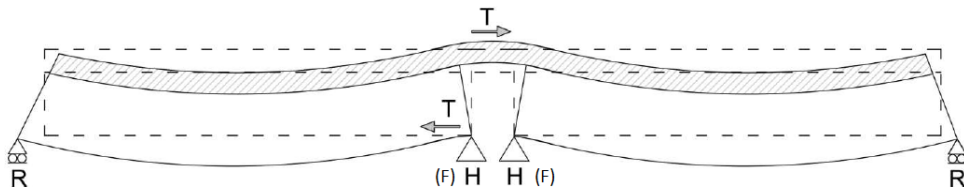


Ilustración 27 Configuración de apoyo Rodillo-Fijo-Fijo-Rodillo

Fuente: (Canales, 2019)

Con esta condición de apoyo se obtienen los valores máximos para tensiones en la losa de enlace dado que, la fuerza de tensión que se origina en la rotación está directamente equilibrada entre el apoyo fijo y la losa de enlace sin interacción axial desde la viga. Una mayor interacción de la losa de enlace da como resultado un índice de continuidad más alto, dado que la rigidez de la junta es mayor debido a la naturaleza del apoyo (Canales, 2019, p. 22).

La segunda condición denominada Fijo-Rodillo-Rodillo-Fijo (FRRF) se consideró que los extremos de las vigas que están en contacto con la losa de enlace están sobre apoyos de rodillo y los extremos lejanos a la losa de enlace están sobre apoyos fijos.

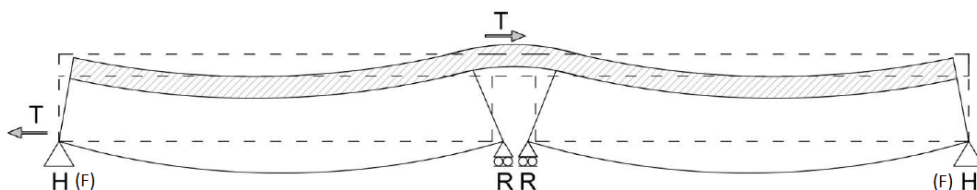


Ilustración 28 Configuración de apoyo Fijo-Rodillo-Rodillo-Fijo

Fuente: (Canales, 2019)

Mediante esta condición de apoyo se obtienen los valores más bajos de tensión en la losa de enlace de una viga simplemente apoyada, dado que la fuerza de tensión ahora también debe interactuar con la rigidez axial de la viga. La fuerza de tensión que se desarrolla en la losa de enlace requiere que la reacción horizontal se transmita desde el extremo opuesto por medio de la viga misma. Se presentan valores más bajos de deformación en la losa de enlace y también un índice de continuidad más bajo, dado que la rigidez de la junta ahora es más baja debido a la posibilidad de movimiento en el apoyo con la única restricción longitudinal que proviene del apoyo al otro extremo de la viga (Canales, 2019).

Cabe mencionar que, ambos casos de apoyo discutidos anteriormente representan casos extremos y no se ajustan a las técnicas de construcción reales utilizadas, ya que no es posible obtener la rigidez longitudinal cero del apoyo de rodillo, ni la rigidez longitudinal infinita del apoyo fijo, sino que tendrían valores intermedios para ambos (Muscarella & Yura, 1995).

3.6.4.2 Apoyos de cojinete

Los cojinetes presentan una rigidez longitudinal finita y, por lo tanto, generan un desplazamiento y una reacción en el apoyo. El hecho de que se considere que ambos apoyos tienen una rigidez lateral finita, a diferencia de la rigidez longitudinal infinita que puede proporcionar un apoyo fijo, la rigidez general del sistema es menor que la de un puente con vigas simplemente apoyadas (Cook, 2009).

En este caso, la fuerza de tensión que se presenta debido a las rotaciones del extremo de la viga estará equilibrada entre la losa de enlace y ambos apoyos (Canales, 2019).

Debido a la interacción con la rigidez axial de la viga, la porción de la fuerza que ocurre en el apoyo lejano interactúa con la losa de enlace de manera similar al caso FRRF. La porción que ocurre en el soporte en la junta puede equilibrarse directamente con la losa de enlace, esto es similar a el caso RFFR. También debe tenerse en cuenta que la fuerza de reacción combinada total será menor que para cualquier caso de un puente con vigas simplemente apoyadas (FRRF o RFFR) dado que ambos apoyos de cojinete experimentarán un desplazamiento debido a la naturaleza de su rigidez (Canales, 2019).

Para completar este análisis, tres modelos de resortes equivalentes fueron construidos para tomar en cuenta los efectos de variación de la rigidez del apoyo de cojinete.

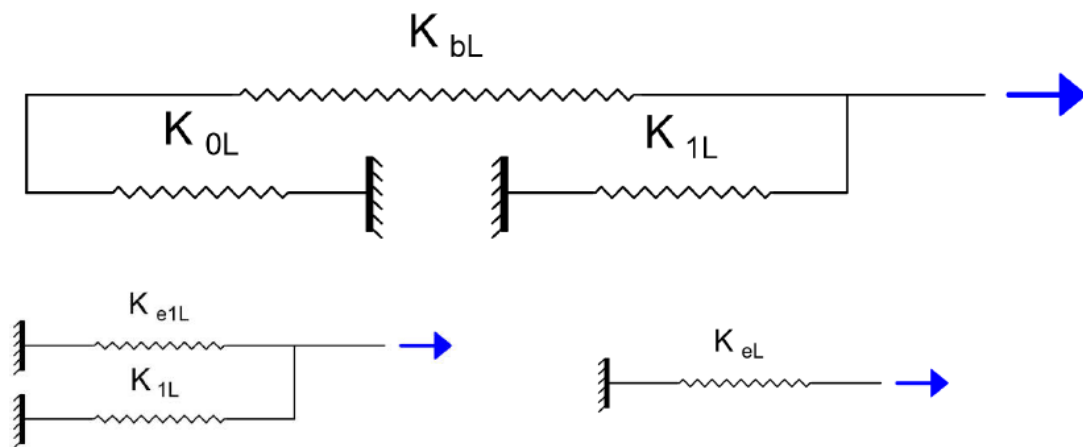


Ilustración 29 Modelos de resortes equivalentes

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

K_1 : es el resorte equivalente para la rigidez del apoyo de cojinete lejano en el tramo izquierdo de la junta

K_{2L} : es el resorte equivalente para la rigidez del apoyo de cojinete en el extremo de la viga en la junta del tramo izquierdo

K_{bL} : es el resorte equivalente para la rigidez axial de la viga

K_{e1L} : combinación del resorte equivalente para la rigidez axial de la viga y la rigidez del apoyo de cojinete del apoyo lejano en el tramo izquierdo

K_{eL} : es el resorte equivalente para todo el sistema en el tramo izquierdo

3.7 ESTUDIO PARAMÉTRICO

En el estudio paramétrico se ilustraron las relaciones entre los factores que se sabe que influyen en el comportamiento de los puentes parcialmente continuos. Los parámetros considerados fueron el número de tramos, la longitud del tramo del puente, las relaciones de longitud del tramo, el espaciamiento de la viga y las condiciones de temperatura ambiente. Cabe señalar que incluir la temperatura ambiente en la lista de parámetros, se consideró necesario debido al hecho de que afecta la rigidez de la almohadilla del rodamiento, al utilizar apoyos de cojinete, lo que influye en el comportamiento del sistema de losas de enlace (Canales, 2019).

En la siguiente tabla se muestran los parámetros considerados en el estudio paramétrico.

Tabla 1 Parámetros utilizados en estudio paramétrico

Número de tramos	2
	3
Apoyos	apoyos de cojinete-fijos
	apoyos de cojinete-flotantes
Longitud total (pies)	100 - 150
	150 - 225
	200 - 300
Relación de longitud de tramo (β)	0.5
	0.7
	1.0
Separación de vigas (pies)	6.0
	7.0
	8.0
Temperatura (°F)	0.0 (-17.8°C)
	36.0 (2.2°C)
	73.0 (22.8°C)

Fuente: (Canales, 2019)

Mediante los parámetros establecidos en la tabla anterior, se determinó un conjunto típico de casos de diseño el cual consistió en un total de 18 combinaciones por cada espacio de viga considerando 2 o 3 segmentos de tramo, 3 configuraciones de longitud y 3 relaciones de longitud de tramo. Teniendo en cuenta las 3 separaciones de vigas, se obtuvieron 54 combinaciones de diseño únicas que se pudieron probar bajo diferentes condiciones de apoyo y continuidad para medir cada uno de sus efectos cuando se someten a diferentes tipos de carga. Aunque la variante de temperatura no afectó el diseño de la viga, sí tuvo un efecto en la rigidez horizontal de los apoyos de cojinete, que se descubrió que altera los resultados de manera significativa. (Canales, 2019, p. 27)

Para efectos de comparación, se consideraron los conjuntos de casos, sin continuidad, con continuidad completa y continuidad parcial. Las combinaciones mencionadas en la siguiente tabla fueron sometidas a carga viva y gradiente de temperatura para determinar los efectos de cada una de las variables.

Tabla 2 Resumen de casos utilizados en Estudio Paramétrico

Continuidad	Condiciones de apoyo consideradas	Número de casos
Continuidad completa	Apoyos idealizados	54
	Apoyos idealizados	54
No continuidad	Apoyos de cojinete-Fijos	162
	Apoyos de cojinete-Flotantes	162
Continuidad parcial (Losa de enlace)	Apoyos idealizados R-F-F-R	54
	Apoyos idealizados F-R-R-F	54
	Apoyos de cojinete-Fijos	162
	Apoyos de cojinete-Flotantes	162
Total de casos		864

Fuente: (Canales, 2019)

El modelo utilizado para analizar cada caso fue dependiente de las condiciones de apoyo considerada. Finalmente se logró obtener una solución de forma cerrada para continuidad parcial con apoyos idealizados mediante las ecuaciones de momento de continuidad utilizando modelos matemáticos obtenidos del software MathCAD que fueron validados con el uso de modelos de elementos finitos desarrollados en STAAD.Pro, sin embargo, no se obtuvieron soluciones de forma cerrada para los casos de apoyos de cojinete (Canales, 2019).

3.7.1 DISEÑO DE LOS PUENTES DEL ESTUDIO PARAMÉTRICO

La sección compuesta fue representada dentro de un modelo matemático, como dentro de un modelo de elementos finitos. Para el caso de la representación matemática se tomó cada propiedad de las tablas correspondientes dentro del Manual de Diseño de Puentes (LADOTD, 2005) utilizando las Especificaciones de Diseño de Puentes (AASHTO, 2012) y se incorporaron dentro de la ecuación para el momento de continuidad para cada caso de apoyo correspondiente. Para el caso de los modelos de elementos finitos, estas propiedades se incorporaron dentro de la herramienta asistente de sección dentro de STAAD.Pro (Canales, 2019).

3.7.1.1 Propiedades de la sección de la losa, viga y losa de enlace

El enfoque de este estudio fueron los puentes de losa sobre viga. La losa de enlace se asumió de concreto reforzado con la cuantía mínima de acero en base a los planos del puente "Ouachita River Bridge" ubicado en Harrisonburg, Louisiana. Se asumió una sección compuesta entre la losa de 7.5 pulg de espesor sobre vigas AASHTO de concreto

pretensado. La resistencia a la compresión para el tablero se tomó como 4000 psi para la losa de concreto y 8000 psi para las vigas. El ancho del puente fue elegido para acomodar los espacios entre vigas considerados en este estudio. Se eligió el tipo de viga AASHTO basado en la longitud máxima del tramo para cada caso. Esto se logró utilizando tablas del Manual de Diseño de Puentes de LADOTD (Canales, 2019).

3.7.1.2 Cojinetes en los apoyos

Los apoyos de cojinete para cada caso requirieron un procedimiento de diseño individual basado en disposiciones de la Sección 14 de las Especificaciones de Diseño de Puentes (AASHTO, 2012). Fueron diseñados como cojinetes elastoméricos reforzados con acero. Como se mencionó anteriormente, se tomaron en cuenta dos condiciones de apoyo durante el proceso de diseño, una con EEB diseñado para adaptarse a la traslación y rotación en el soporte, y uno con FEB donde los cojinetes tendrán suficiente anclaje para restringir la traslación en un segmento. El procedimiento de diseño en este estudio cumple con los requisitos del Método B de la Sección 14.7.5 de las Especificaciones de Diseño de Puentes (AASHTO, 2012), que dieron como resultado diferentes tamaños de cojinetes para adaptarse a las variaciones consideradas en cada caso. Luego de haber diseñado los cojinetes, se calculó su rigidez al cortante y se modeló como un resorte horizontal en los extremos de las vigas. Después de considerar algunos casos, se decidió que los FEB, que restringen la traslación, tienen un valor de rigidez al corte 6 veces mayor que el de las almohadillas EEB. Los mismos valores de rigidez fueron asumidos para la condición de apoyo flotante (Canales, 2019).

3.8 CONDICIONES DE APOYO

En los puentes, los apoyos son los elementos estructurales que sirven como transición entre la superestructura y la subestructura; esta transición debe adoptar un sistema bajo el cual se transmitan adecuadamente de las cargas. Los sistemas de apoyo se diferencian por las restricciones que puedan presentar, en algunos casos pueden permitir el giro libre o los desplazamientos y en otros pueden restringir estas acciones (Torres, 2013).

Según Torres (2013) los sistemas de apoyos dependen de la magnitud de las cargas y el tipo de condicionamiento deseado. Considerando estos parámetros, los apoyos pueden dividirse en fijos, móviles y elastoméricos.

3.8.1 APOYOS FIJOS

Se caracterizan por permitir giros, pero restringen el desplazamiento horizontal. Dentro de este grupo se encuentran las articulaciones, las cuales son capaces de transmitir y resistir fuerzas verticales y horizontales (Torres, 2013).

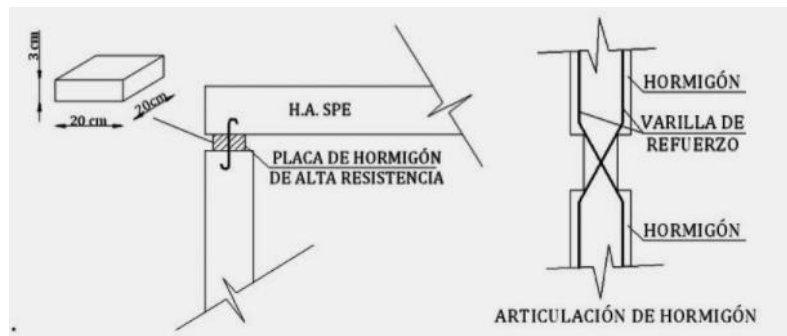


Ilustración 30 Sistema de articulación en concreto

Fuente: (Torres, 2013)

3.8.2 APOYOS MÓVILES

Permiten el desplazamiento horizontal y también el giro de la estructura. Por esta razón, el diseño contempla la seguridad del sistema por fuerzas de compresión generadas al concentrar las cargas en un punto relativamente pequeño: la superficie de contacto entre el rodillo y la placa de apoyo. Se dividen en apoyos pendulares y apoyos de rodillo (Torres, 2013).

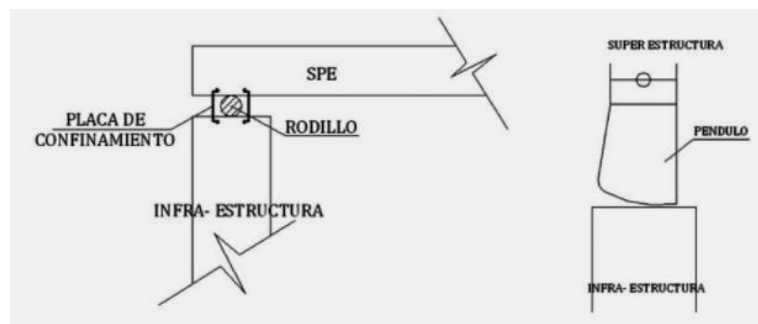


Ilustración 31 Sistema de apoyo móvil

Fuente: (Torres, 2013)

3.8.3 APOYOS DE COJINETE ELASTOMÉRICO

Son apoyos que están conformados por una o varias capas de caucho sintético, material conocido como neopreno. Al recibir la carga, pueden permitir desplazamientos o giros en la superestructura, en base a sus deformaciones específicas (Torres, 2013).

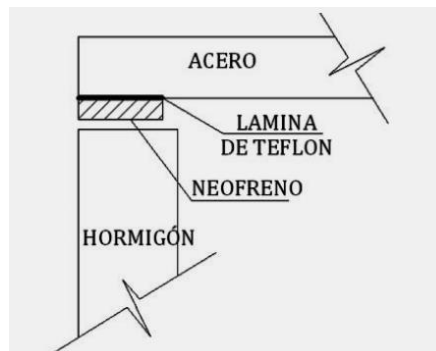


Ilustración 32 Sistema de apoyo elastomérico

Fuente: (Torres, 2013)

Para el análisis de la presente investigación se consideraron dos condiciones principales de apoyos elastoméricos con valores de rigidez que eran representativos a las condiciones de campo, las cuales fueron fija y flotante.

3.8.3.1 Condición de apoyo fijo

En la condición fija se emplean tanto las almohadillas de cojinete elastomérico fijo (FEB) como las almohadillas de cojinete elastomérico de expansión (EEB). En esta condición, se considera que una de las juntas del sistema tiene valores de rigidez más altos; es decir, FEB, mientras que se considera que los demás apoyos en el sistema tienen cojinetes con menor rigidez; es decir, EEB, que es una práctica típica en la construcción de puentes (Canales, 2019).

La rigidez de las almohadillas FEB restringirán el desplazamiento longitudinal más que las almohadillas EEB, que permiten mayores traslaciones longitudinales y expansión que podrían ser necesarias para acomodar el movimiento térmico que pueden experimentar los tramos del puente. Esta condición, si bien es similar en concepto a algunas condiciones idealizadas de apoyos fijos y apoyos de rodillos, es diferente debido al hecho de que pueden formarse reacciones horizontales en todos los apoyos, aunque a diferentes niveles. La distribución de las reacciones

horizontales afectará las fuerzas generales que pueden desarrollarse en la conexión de losa de enlace. (Canales, 2019, p. 35)

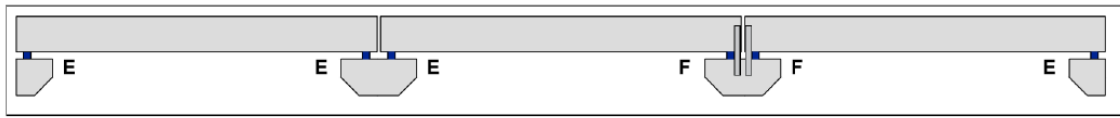


Ilustración 33 Condición de apoyo fijo

Fuente: (Canales, 2019)

3.8.3.2 Condición de apoyo flotante

En la condición flotante considera únicamente almohadillas EEB. Esta condición proporciona una restricción traslacional más baja y se puede esperar que el tramo del puente flotante pueda disminuir severamente cualquier restricción de rotación proporcionada por la losa de enlace. Esta condición de apoyo es la más cercana a un caso simplemente apoyado. Aunque se formarán reacciones laterales en cada apoyo, dada la baja restricción traslacional, estos tenderán a ser mínimos y harán que el momento de continuidad sea significativamente menor que en las otras condiciones (Canales, 2019).



Ilustración 34 Condición de apoyo flotante

Fuente: (Canales, 2019)

3.9 CARGAS EN PUENTES

Según Torres (2013) el estudio de puentes contempla la acción de cargas verticales y longitudinales, donde las cargas verticales se dividen en carga muerta y carga viva, y las cargas longitudinales se dividen en fuerza de frenado, fuerza de retracción o contracción, fuerzas por temperatura, entre otras. Por otra parte, Monleón (2017) señala que las cargas pueden clasificarse también de acuerdo a su naturaleza, como directas o indirectas, de acuerdo a su variación espacial, siendo fijas o libres, por la respuesta estructural que producen, siendo estáticas, casi estáticas o bien acciones dinámicas y de acuerdo a su variación en el tiempo, como permanentes, variables y accidentales.

3.9.1 CARGAS VERTICALES

Las cargas verticales se dividen en carga muerta y carga viva.

3.9.1.1 Carga muerta

Según Monleón (2017) las cargas muertas son acciones que actúan de forma permanente en la estructura y se dividen en cargas permanentes de valor constante y cargas permanentes de valor no constante.

Las cargas permanentes de valor constante representan el peso de todos los elementos colocados en forma permanente en la estructura, constantes en posición y magnitud. Este grupo de acciones se produce debido al peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre los elementos estructurales, tales como pavimento de la calzada y aceras, elementos de contención (barreras y barandillas), conductos de servicios, entre otras. En cambio, las cargas permanentes de valor no constante varían en magnitud, en donde se consideran las pre-solicitaciones, acciones que abarcan todas las formas posibles de introducir esfuerzos en una estructura antes de entrar en servicio, con el fin de mejorar su respuesta al conjunto de solicitaciones a las que posteriormente se verá sometida. Este tipo de acciones se debe al pretensado, asientos del terreno de cimentación, entre otras (Monleón, 2017).

Cabe mencionar que, en el "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado", la carga muerta no fue considerada en el análisis de continuidad. Esta decisión se tomó debido a que la mayoría de los efectos de carga muerta; es decir, el peso propio de la viga en la estructura ya estaría en su lugar en el momento en que se construye la losa de enlace. Por lo tanto, las cargas muertas no tienen ningún efecto en el comportamiento de la losa de enlace una vez que entra en servicio cuando su concreto se fragua (Canales, 2019).

3.9.1.2 Carga viva

Las cargas vivas son acciones variables externas a la estructura y pueden actuar o no, y si lo hacen, pueden tener diferentes valores (Monleón, 2017).

La característica principal de la carga viva en el diseño de puentes se trata de una carga en movimiento y que, por lo tanto, produce efectos dinámicos en la estructura. Para este tipo de carga, se deben considerar los pesos de los vehículos que pueden circular por la estructura (Torres, 2013).

El efecto debido a una carga viva en una cubierta de puente parcialmente continua puede tener un valor menor que el efecto debido a la gradiente de temperatura. Aunque el gradiente de temperatura produce sus efectos máximos durante el verano, estos efectos serán contrarios a los producidos por las cargas de servicio. Durante el invierno, aunque más leve, los efectos de un gradiente de temperatura negativo se combinarán con los efectos de la carga viva. (Canales, 2019, p. 185)

3.9.2 CARGAS LONGITUDINALES

Dentro de las cargas longitudinales se encuentran las fuerzas de frenado, fuerzas de contracción o retracción, fuerzas producidas por cambio de temperatura, entre otras.

3.9.2.1 Fuerzas de frenado

Se refiere a la fuerza producida cuando un vehículo frena sobre un puente, particularmente afecta los elementos de anclaje o sistemas de apoyo. La fuerza es producida por el rozamiento entre la rueda del vehículo y la capa de rodadura. La intensidad de la carga se debe a diversos factores como el peso del vehículo, velocidad y el tiempo requerido para reducir la velocidad (Torres, 2013).

“La fuerza de frenado dará lugar a una fuerza horizontal uniformemente distribuida en la dirección longitudinal de la carretera soportada por el puente, y se supondrá aplicada al nivel de la superficie del pavimento” (Monleón, 2017, p. 20).

Para la fuerza de frenado la relación entre la tensión en la losa de enlace y la rigidez en los apoyos es inversa y es menos incidente al compararla con las cargas por gradiente de temperatura y carga viva. Por lo tanto, la fuerza de frenado es menos crítica que el gradiente de temperatura y la carga viva. Sin embargo, esto no significa que se pueda omitir la carga de frenado en el análisis de puentes conformados por losas de enlace. La fuerza de frenado puede ocasionar fuerzas de tensión y compresión en la losa

de enlace dependiendo de su posición y de la cantidad de fuerzas de frenado, sin embargo, el efecto solo se considera relevante si la fuerza produce tensión en la losa de enlace o cuando existen múltiples fuerzas de frenado ocasionando tensión (Maradiaga, 2020).

3.9.2.2 Fuerzas de retracción

El fenómeno del fraguado en la estructura de concreto produce un cambio de temperatura dentro de la masa interna, que genera distorsiones en la longitud del elemento estructural. Así, los elementos de concreto se contraen generando entonces fuerzas de retracción que deben ser consideradas en el diseño. (Torres, 2013, p. 126)

Las fuerzas de retracción se deben al acortamiento que experimenta el concreto debido a las pérdidas de humedad. El valor de la retracción depende fundamentalmente de las condiciones ambientales de humedad y del espesor medio del elemento analizado. Al igual que la fluencia, la retracción se calcula en función del tiempo (Somenson, 2015).

3.9.3 FUERZAS PRODUCIDAS POR CAMBIO DE TEMPERATURA

Los puentes son estructuras que están directamente expuestas al medio ambiente y generalmente ubicados en sitios aislados donde se producen cambios significativos de temperatura. Dependiendo de la longitud del puente, estos cambios de temperatura generan deformación en la longitud estructural del elemento; estos pueden ser elongación o contracción y transmiten fuerzas longitudinales a los apoyos o sistemas de anclaje. (Torres, 2013, p. 125)

La sección 3.12 de las especificaciones de diseño para puentes de la Normativa AASHTO LRFD establece dos tipos de efectos por temperatura que se deben considerar en el diseño de puentes, los cuales son temperatura uniforme y gradiente de temperatura.

3.9.3.1 Temperatura uniforme

Este efecto causa un movimiento térmico de expansión y contracción en las losas de los puentes cuando ocurren aumento y disminución de temperatura en la estructura. Esto resulta en un cambio de temperaturas uniformes que, en una estructura no restringida, ocasionará cambios en la longitud del elemento (Eurocode 1, 2003).

3.9.3.2 Gradiente de temperatura

Este efecto genera esfuerzos internos y deformaciones en la estructura debido a valores de temperatura tanto positivos como negativos, los cuales se determinan según la condición de superficie (AASHTO, 2012).

Según el "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado", los efectos de las estaciones del año en los rangos de temperatura causan cambios de esfuerzos a las que están sometidas las losas de enlace. Debido a su gradiente de temperatura particular, las rotaciones del extremo de la viga en el invierno pueden invertirse en comparación con las del verano, esto se reflejó en las fuerzas que se desarrollan dentro de la losa de enlace, así como en la naturaleza y la posición de la grieta (Canales, 2019).

3.10 EFECTO POR TEMPERATURA UNIFORME (TU)

Las estructuras de los puentes están sometidas regularmente a variaciones de temperatura significativas afectadas por complejas interacciones de factores climáticos como la radiación solar, la temperatura del aire, la velocidad del viento y la radiación de calor de onda larga. La temperatura uniforme se refiere al cambio de temperatura promedio que inducen movimientos de expansión o contracción en puentes (He, Wang, & Muraleetharan, 2019).

Existen diferentes modelos matemáticos de predicción de la deformación por efecto de temperatura uniforme que toman en cuenta diferentes factores que pueden afectar la temperatura uniforme para predecir la deformación que se generará debido a este efecto.

3.10.1 MODELO DE PREDICCIÓN (TU) SEGÚN NORMA AASHTO LRFD 2012

La Normativa AASHTO LRFD establece que el rango de movimiento térmico de diseño se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\Delta T = \alpha L (T_{\text{máxima}} - T_{\text{mínima}})$$

Ecuación 1 Rango de movimiento térmico de diseño

Fuente: (AASHTO, 2012)

Donde:

ΔT : rango de movimiento térmico de diseño (pulg)

α : coeficiente de expansión térmica del material (pulg/pulg/°F)

L: longitud de expansión del elemento (pulg)

$T_{\text{máx.}}$: temperatura máxima de diseño (°F)

$T_{\text{mín.}}$: temperatura mínima de diseño (°F)

Las temperaturas de diseño pueden determinarse mediante cualquiera de los dos procedimientos mencionados a continuación (AASHTO, 2012).

El procedimiento A es el método más antiguo y puede emplearse para determinar las temperaturas de diseño en puentes de cualquiera de los materiales especificados en la siguiente tabla.

Tabla 3 Rangos de temperatura del procedimiento A

Clima	Acero o aluminio	Concreto	Madera
Moderado	0° a 120°F	10° a 80°F	10° a 75°F
Helado	-30 a 120°F	0° a 80°F	0 a 75°F

Fuente: (AASHTO, 2012)

El procedimiento B es utilizado para puentes de concreto con vigas de concreto o vigas de acero. Se establece que las temperaturas de diseño se determinaran mediante mapas de isotermas, que presentan las temperaturas límites registradas para cada material por estado.

Se utilizarán las siguientes ilustraciones de mapas de isotermas para determinar las temperaturas máximas y mínimas de diseño en puentes de losas y vigas de concreto.

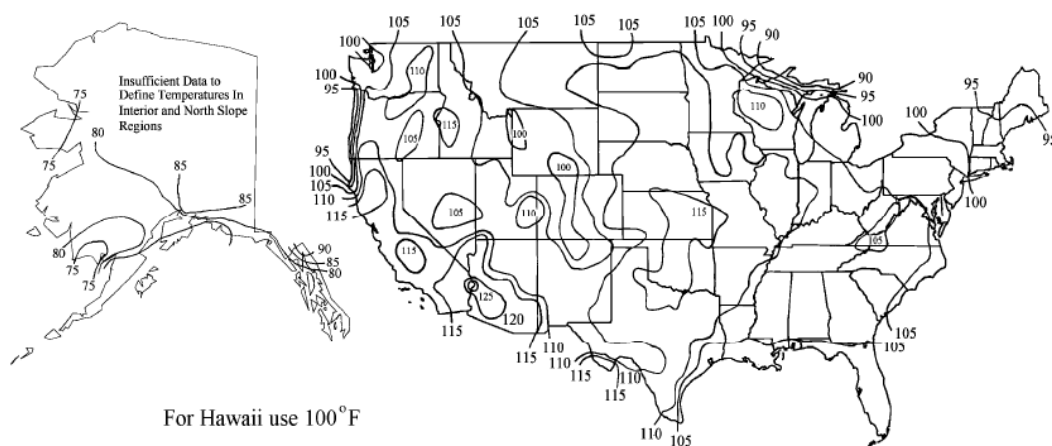


Ilustración 35 Mapa de isotermas para determinar temperaturas máximas de diseño en puentes de losas y vigas de concreto

Fuente: (AASHTO, 2012)

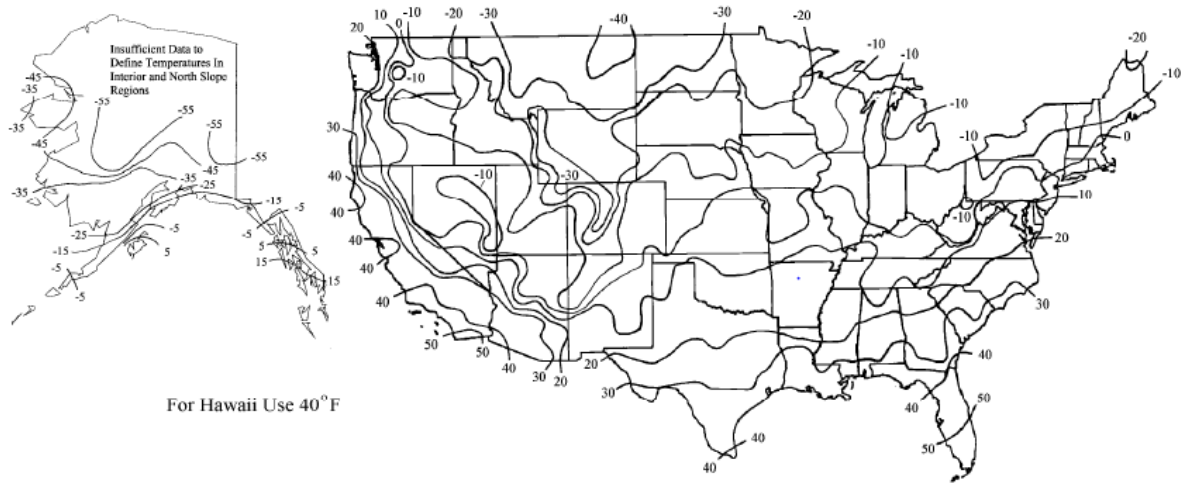


Ilustración 36 Mapa de isotermas para determinar temperaturas mínimas de diseño en puentes de losas y vigas de concreto

Fuente: (AASHTO, 2012)

Para determinar las temperaturas máximas y mínimas de diseño en puentes de losas de concreto y vigas de acero, se utilizarán las siguientes ilustraciones.

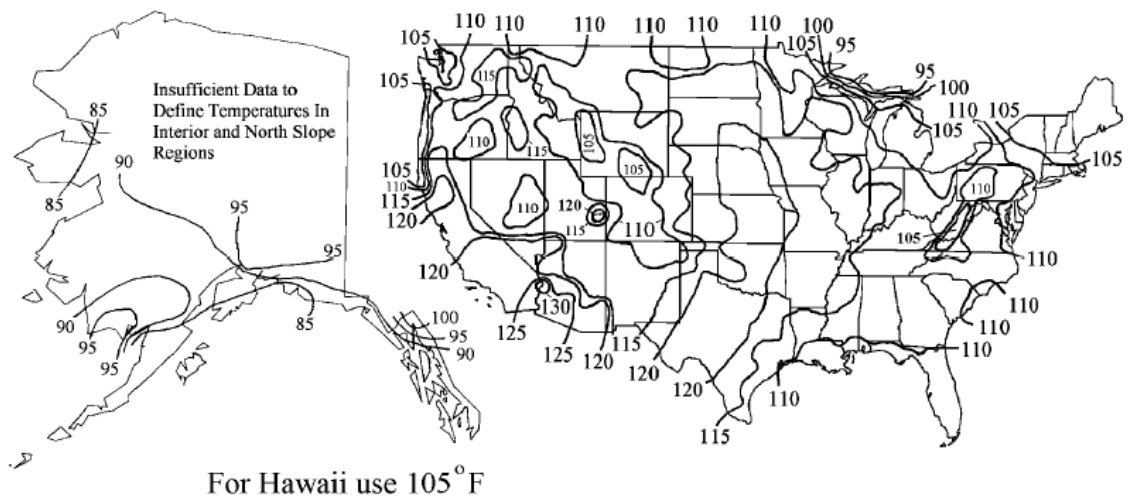


Ilustración 37 Mapa de isotermas para determinar temperaturas máximas de diseño en puentes de losas y vigas de acero

Fuente: (AASHTO, 2012)

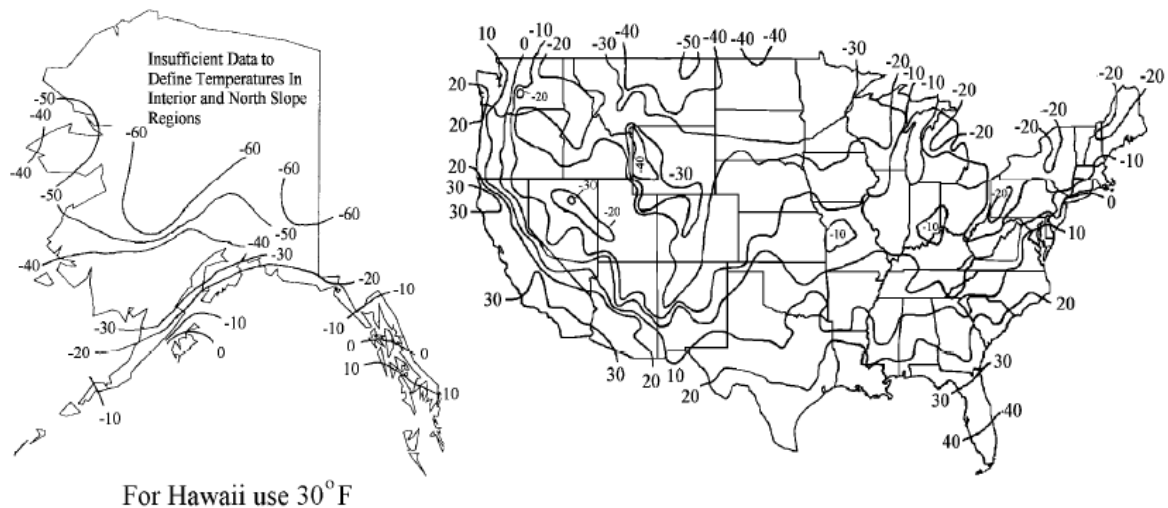


Ilustración 38 Mapa de isotermas para determinar temperaturas mínimas de diseño en puentes de losas y vigas de acero

Fuente: (AASHTO, 2012)

3.10.2 MODELO DE PREDICCIÓN (TU) SEGÚN NORMA EUROCÓDIGO 1

Para el cálculo de temperatura uniforme, el Eurocódigo toma en consideración la temperatura del aire a la sombra máxima y mínima ($T_{máx}$ & $T_{mín}$) y temperatura por acabar la construcción del puente (T_0), finalmente de esta manera determinar el componente de temperatura uniforme máximo y mínimo ($T_{e,máx}$ & $T_{e,mín}$).

Se deberá tomar en cuenta ciertos efectos cuando sea necesario, estos son los siguientes (Eurocode 1, 2003):

1. Restricción de la expansión o contracción debido al tipo de construcción. (Por ejemplo, marco de portal, arco, apoyos elastoméricos)
2. Fricción en los apoyos fijo y rodillo.
3. Efectos geométrico no lineales (efectos de segundo orden)
4. Para puentes de ferrocarril, los efectos de interacción entre el carriles y puentes pueden inducir fuerzas horizontales en los apoyos.

La temperatura máxima y mínima del aire a la sombra del sitio de la construcción se deberá obtener, estas se pueden obtener con mapas de isotermas. Estos valores característicos de temperatura del aire a la sombra dependen del clima y altitud del lugar

y, para un periodo de retorno de 50 años (esto equivale a una probabilidad anual de ser excedido de 0.002).

La temperatura por acabar la construcción del puente deberá se registrada, en caso de no conocer este dato, se podrá utilizar un valor de 10°C para poder calcular el rango de contracción y retracción máximo del componente de temperatura uniforme

El tipo de cubierta del puente se determina con la siguiente tabla.

Tabla 4 Tipo de tableros en puentes

Tipo 1	Tablero de acero	Viga cajón de acero
		Armadura de acero o viga de placa
Tipo 2	Tablero mixto	Acero y concreto
Tipo 3	Tablero de concreto	Losa de concreto
		Viga de concreto
		Viga cajón de concreto

Fuente: (Eurocode 1, 2003)

Conociendo el tipo de cubierta, temperatura máxima y mínima del aire a la sombra, se determinará el componente de temperatura uniforme máximo y mínimo con el siguiente gráfico.

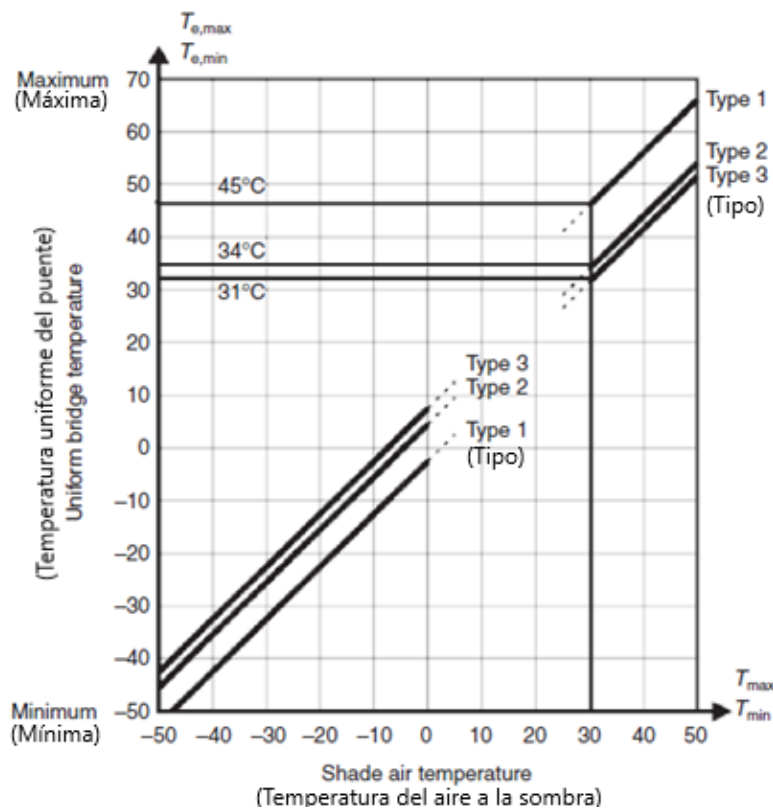


Ilustración 39 Correlación entre temperatura del aire a la sombra y componente de temperatura uniforme

Fuente: (Eurocode 1, 2003)

Conociendo el componente de temperatura uniforme, temperatura del aire a la sombra y temperatura por acabar la construcción del puente se podrá determinar el rango de contracción y expansión del componente de temperatura uniforme.

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e.min}$$

Ecuación 2 Rango de contracción máximo del componente de temperatura uniforme

Fuente: (Eurocode 1, 2003)

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e.max} - T_0$$

Ecuación 3 Rango de expansión máximo del componente de temperatura uniforme

Fuente: (Eurocode 1, 2003)

$$\Delta T_N = T_{e.max} - T_{e.min}$$

Ecuación 4 Rango del componente de temperatura uniforme

Fuente: (Eurocode 1, 2003)

Conociendo el rango del componente de temperatura uniforme, coeficiente de expansión térmica del material y longitud de expansión, se podrá determinar el rango de movimiento térmico.

3.10.3 MODELO DE PREDICCIÓN (TU) KUPPA

Los cálculos del modelo Kuppa & Roeder (1991) se enfocan en eventos extremos ya que estos efectos controlan el diseño de movimiento térmico donde la distribución de temperatura varía en función del tiempo y tipo de material del puente (acero o concreto). El promedio de la temperatura de un puente se basa en principios de equilibrio.

$$T_{Avg} = \frac{\sum A_i E_i \alpha_i T_i}{\sum A_i E_i \alpha_i}$$

Ecuación 5 Temperatura promedio del puente

Fuente: (Kuppa & Roeder, 1991)

Donde:

i: diferencia de temperatura o capas del puente

A_i: área de sección transversal del i-ésimo segmento

E_i: módulo de elasticidad del i-ésimo segmento

α_i: coeficiente de expansión térmica del i-ésimo segmento

T_i: temperatura del i-ésimo segmento

Los cálculos tomaron en cuenta la temperatura del aire, sombra de las nubes, precipitación y velocidad del viento ya que toda la información sobre el clima estaba disponible de sitios de los Estados Unidos (Kuppa & Roeder, 1991).

La temperatura extrema promedio máxima y mínima del puente dependen de la temperatura promedio alta y baja del aire de cuatro días. La temperatura extrema máxima promedio del puente (T_{AvgMin}) depende de la temperatura alta promedio de cuatro días consecutivos de la parte más caliente del verano (T_{MáxAir#}) y la temperatura extrema mínima promedio del puente (T_{AvgMin}) depende de la temperatura baja promedio de cuatro días consecutivos de la parte más caliente del invierno (T_{MínAir#}). Los cuatro días promedios fueron lo mismo para ambos tipos de puentes (acero y concreto) pero se observó diferentes relaciones para puentes de vigas de acero con losa de concreto, vigas de concreto y vigas cajón de concreto. Se determinó la correlación mediante un análisis de regresión de información obtenida de un detallado análisis de varias ubicaciones en los Estados Unidos (Kuppa & Roeder, 1991).

El método sugiere utilizar las siguientes ecuaciones para determinar la temperatura extrema máxima y mínima promedio para puentes de concreto:

$$T_{AvgMax} (^{\circ}F) = \frac{T_{MaxAir1} + T_{MaxAir2} + T_{MaxAir3} + T_{MaxAir4}}{4} \times 0.953 + 4.6$$

Ecuación 6 Temperatura extrema máxima promedio del puente

Fuente: (Kuppa & Roeder, 1991)

$$T_{AvgMin} (^{\circ}F) = \frac{T_{MinAir1} + T_{MinAir2} + T_{MinAir3} + T_{MinAir4}}{4} \times 1.186 + 17.24$$

Ecuación 7 Temperatura extrema mínima promedio del puente

Fuente: (Kuppa & Roeder, 1991)

Se encontraron diferencias para puentes de vigas cajón de concreto y puentes con vigas prefabricadas, pero estas no son lo suficientemente notables para utilizar un diseño con diferentes límites (Kuppa & Roeder, 1991).

3.10.4 MODELO DE PREDICCIÓN (TU) EMERSON

Este modelo se basa en la correlación entre la temperatura promedio mínima diaria del puente (T_{AvgMin}), la media de la temperatura baja medida durante la noche ($T_{NightLow}$) y la temperatura alta del aire a la sombra del día anterior ($T_{ShadePrevHigh}$) durante un periodo de dos días. Se recolectó información de las temperaturas diarias de cinco puentes en Gran Bretaña durante varios años. Debido a la ubicación de los puentes y la poca duración de las mediciones, había poca información sobre temperaturas extremas ya que esta se obtiene durante un periodo de 50 a 100 años. Para la (T_{AvgMin}) para un día cualquiera, la información fue correlacionada a un promedio de dos días de la ($T_{NightLow}$) y ($T_{ShadePrevHigh}$) mediante una ecuación empírica (Emerson, 1976).

La ecuación para puentes de concreto se expresa de la siguiente manera:

$$T_{AvgMin}(^{\circ}C) = \frac{T_{MaxAir1} + T_{MaxAir2} + T_{MinAir1} + T_{MinAir2}}{4} \times 1.14 + 3.6$$

Ecuación 8 Temperatura promedio mínima diaria del puente (°C)

Fuente: (Emerson, 1976)

$$T_{AvgMin}(^{\circ}F) = \frac{T_{MaxAir1} + T_{MaxAir2} + T_{MinAir1} + T_{MinAir2}}{4} \times 1.14 + 10.96$$

Ecuación 9 Temperatura promedio mínima diaria del puente (°F)

Fuente: (Emerson, 1976)

La temperatura promedio mínima diaria del puente (T_{AvgMin}) ocurre temprano durante la mañana mientras el puente se acerca al estado de equilibrio térmico. El modelo estimó la temperatura promedio máxima del puente agregando un rango de temperatura mínima para el valor de ese día. Se observó que el rango promedio máximo de temperatura diaria del puente depende del tipo de puente, temporada del año y sombra de las nubes. En la siguiente tabla se muestran los rangos máximos de temperatura diaria para puentes de concreto (Emerson, 1976).

Tabla 5 Rangos máximos de temperatura diaria para puentes de concreto

	Rango de temperatura diario °F (°C)		
	Despejado y soleado	Nublado	Completamente nublado/lluvioso, nevando
Invierno	5.4 (3)	1.8 (1)	0 (0)
Primavera/Otoño	10.8 (6)	5.4 (3)	1.8 (1)
Verano	10.8 (6)	7.2 (4)	3.6 (2)

Fuente: (Emerson, 1976)

El modelo Emerson (1976) está basado en las temperaturas del aire a la sombra en vez de la temperatura de estaciones meteorológicas o temperatura normal del aire. La temperatura del aire a la sombra es registrada debajo del puente y como resultado tiene variaciones menos extremas que la temperatura normal del aire, por lo cual, el uso de temperatura siempre sobrestimaré la magnitud de los movimientos del puente mediante este método.

El rango de temperatura más largo posible ocurre durante los días despejados del verano y el promedio de temperatura máxima también ocurre durante días similares, por lo cual, se puede determinar el promedio de temperatura máxima del puente (T_{AvgMax}) para puentes compuestos mediante la siguiente ecuación (Emerson, 1976).

$$T_{AvgMax}(^{\circ}F) = T_{AvgMin} + 10.8$$

Ecuación 10 Temperatura promedio máxima del puente(°F)

Fuente: (Emerson, 1976)

$$T_{AvgMax}(^{\circ}C) = T_{AvgMin} + 6$$

Ecuación 11 Temperatura promedio máxima del puente (°C)

Fuente: (Emerson, 1976)

El promedio estimado de temperatura máxima del puente es conservativo ya que asume que el rango más largo y alto de temperatura ocurrirán durante el mismo día. Debido a que la información y análisis del modelo Emerson (1976) se enfoca en los días promedios de temperatura en vez de datos de temperatura extrema, este método está mejor adaptado para temperaturas intermedias moderadas.

Los modelos empíricos de estimación de temperatura de un puente, modelo Emerson (1976) y modelo Kuppa & Roeder (1991), utilizados en investigaciones de Roeder (2002), Rojas (2014) y Pickett (2017) demostraron que ambos modelos tienen certeza para estimar la temperatura de un puente.

3.11 EFECTO POR RETRACCIÓN DEL CONCRETO (RC)

La retracción del concreto es el fenómeno mediante el cual el material reduce su volumen durante el tiempo de fraguado, debido a la pérdida de agua en la mezcla. Dicha pérdida de volumen genera tensiones internas que dan lugar a la fisuración del material (Huerta, 2014).

Según Sánchez (2015) la retracción en el concreto depende de factores como: contenido de pasta de cemento, relación agua/cemento, proporciones de mezcla, características de áridos, grado de compactación, tiempo, temperatura y humedad del curado, temperatura ambiental, geometría del elemento y aditivos.

La retracción en los elementos estructurales de concreto ocurre antes y después del fraguado. Según Sánchez (2015) los principales tipos de retracción son los siguientes: retracción plástica, retracción térmica, retracción autógena, retracción de secado y retracción de carbonatación. En el esquema que se presenta a continuación se puede apreciar la importancia de cada tipo a través del tiempo.

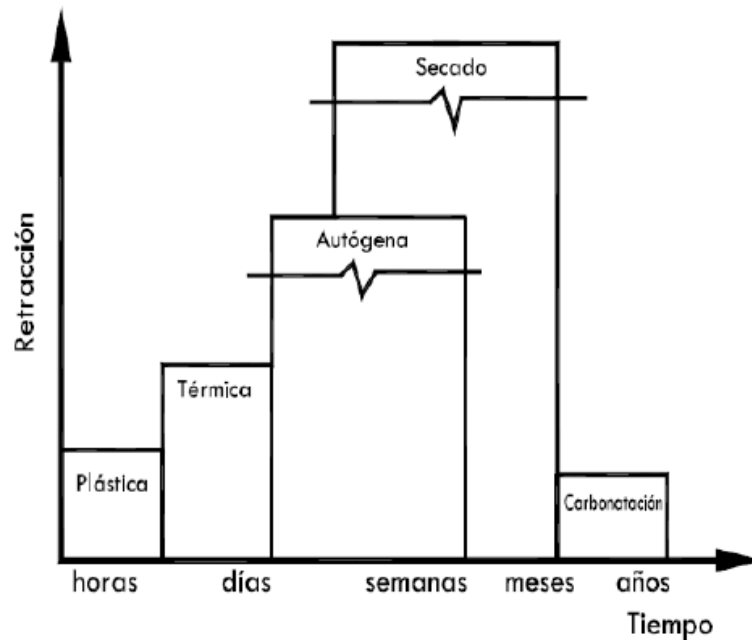


Ilustración 40 Tipos de retracción e importancia

Fuente: (Sánchez, 2015)

- Retracción plástica

Sánchez (2015) menciona que, la retracción plástica se refiere a los cambios que ocurren mientras el concreto aun está en estado fresco, durante las primeras horas después de verter el concreto.

La retracción plástica se produce entre la primera y las seis horas a partir de la colocación del concreto y sus daños son frecuentes en elementos como pavimentos, losas, muros, entre otros. Su efecto se produce especialmente cuando la evaporación del agua exudada es más rápida que la velocidad de acudida del agua de la masa interna de la superficie, frenada por acción capilar en los poros del concreto (Armas, 2016).

- Retracción térmica

La retracción térmica se considera importante durante los primeros días después de la colocación del concreto. Durante la hidratación del cemento se producen reacciones exotérmicas, aumentando la temperatura del concreto durante la primera etapa de hidratación y haciendo que la mezcla se dilate. Con el paso del tiempo, con el concreto ya endurecido, la temperatura se regulariza con el exterior y se produce una contracción conocida como retracción térmica (Sánchez, 2015).

- Retracción autógena

La retracción autógena incluye la suma de la retracción de auto secado y la química. Esta disminución de volumen es debida al consumo del agua durante la hidratación del cemento. Se da en las primeras edades del concreto y se prolonga mientras se desarrollen los procesos de hidratación que consumen agua (Sánchez, 2015).

Armas (2016) menciona que, es la reducción macroscópica del volumen de la mezcla, causada por la hidratación del cemento. Algunos investigadores y organizaciones consideran que la retracción autógena comienza con el inicio del fraguado y otros la evalúan desde el momento de la colocación del concreto.

- Retracción de secado:

Este tipo de retracción sucede cuando el entorno cuenta con una humedad relativa menor que la del interior del concreto (Díaz, 2011).

La retracción de secado es la más importante de todas las retracciones del concreto y se produce a largo plazo debido a la pérdida de agua absorbida por evaporación. Se da en el concreto endurecido y depende de la pérdida de humedad ante la existencia de un gradiente de humedad entre el interior del concreto y el ambiente al que está expuesto (Sánchez, 2015).

- Retracción de carbonatación

Sánchez (2015) menciona que este tipo de retracción ocurre cuando queda cierta proporción de material cementante sin hidratar, susceptible de reaccionar con el dióxido carbónico del aire, produciendo carbonato de calcio, combinación química que tiene un carácter contractivo, por lo cual el espesor de concreto afectado por él, disminuye su volumen inicial, generándose la denominada retracción por carbonatación.

Las reacciones químicas que se producen provocan una reorganización de la microestructura de la pasta de cemento, generándose una disminución de la porosidad y un decremento total del volumen del material. (Díaz, 2011, p. 76)

A continuación, se muestra las diferentes grietas que ocurren cuando los esfuerzos debidos a este efecto son mayores a la resistencia del concreto.

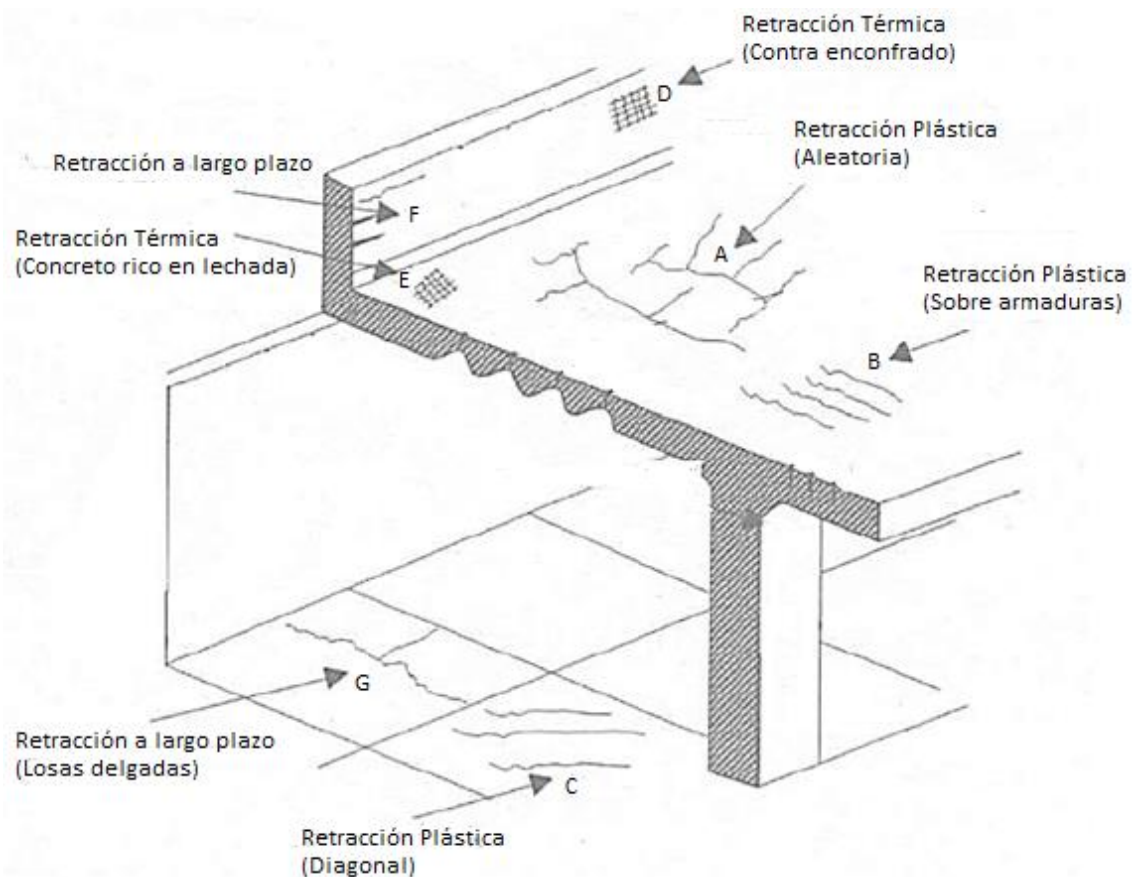


Ilustración 41 Grietas por retracción

Fuente: (Aguedo, Alvaron, Minaya, & Justiniano, 2014)

Como se observa en la imagen, al ocurrir la retracción plástica se puede presentar un agrietamiento aleatorio (A), sobre armaduras (B) y en dirección diagonal (C); para retracción térmica contra encofrado (D) y concreto rico en lechada (E) y la retracción autógena, de secado y carbonatación las cuales ocurren a largo plazo como se muestran en (F) y (G).

Existen diferentes modelos matemáticos de predicción de la deformación por retracción del concreto que toman en cuenta diferentes factores que pueden afectar la retracción del concreto para predecir la deformación que se generará debido a este efecto.

3.11.1 MODELO DE PREDICCIÓN (RC) SEGÚN ACI 209R-92

Es un modelo empírico incorporado por el Comité ACI 209 con modificaciones menores introducidas en el modelo ACI 209R-82 (Comité ACI 1982). Según el ACI A.1, el Modelo ACI 209R-92 considera los siguientes parámetros:

- Edad del concreto cuando comienza el secado, generalmente tomado como la edad al final del curado húmedo (días)
- Edad del concreto en la carga (días)
- Método de curado
- Humedad relativa ambiental expresada como decimal
- Relación volumen-superficie o espesor promedio (mm o pulg)
- Depresión de concreto (mm o pulg)
- Porcentaje agregado fino (%)
- Contenido de cemento (kg / m³ o lb / yd³)
- Contenido de aire del concreto expresado en porcentaje (%)
- Tipo de cemento

En la siguiente tabla se resumen las condiciones estándar para cada una de las variables involucradas en el Modelo ACI 209R-92.

Tabla 6 Factores que afectan la deformación y retracción del concreto y variables consideradas en el método de predicción recomendado

Factores		Variables consideradas		Condiciones Estándar
Concreto (Fluencia y retracción)	Composición del concreto	Contenido de pasta de cemento	Tipo de cemento	Tipo I y III
		Relación agua-cemento	Revenimiento	70mm (2.7 pulg)
		Proporciones de mezcla	Contenido de aire	≤ 6%
		Características del agregado	Porcentaje de agregado fino	50%
		Grados de compactación	Contenido de cemento	279 a 446 kg/m ³ (470 a 750 lb/yd ³)
	Curado inicial	Longitud de curado inicial	Curado húmedo	7 días
			Curado al vapor	1 a 3 días
		Temperatura de curado	Curado húmedo	23.2±2°C (73.4±4°F)
			Curado al vapor	≤ 100°C(≤ 212°F)
	Humedad de curado	Humedad relativa	≥ 95%	
Geometría del miembro y medio ambiente (fluencia y retracción)	Medio ambiente	Temperatura de concreto	Temperatura del concreto	23.2±2°C (73.4±4°F)
		Contenido de agua de concreto	Humedad relativa ambiental	40%
	Geometría	Tamaño y forma	Relación volumen-superficie o espesor mínimo	V/S=38 mm (1.5 pulg)
				150 mm (6 pulg)
Cargas (solo fluencia)	Historial de carga	Edad de concreto en la aplicación de carga	Curado húmedo	7 días
			Curado al vapor	1 a 3 días
		Durante el periodo de carga	Carga sostenida	Carga sostenida
		Duración del periodo sin carga	Ninguna	Ninguna
		Número de ciclos de carga	Ninguna	Ninguna
	Condiciones de esfuerzo	Tipo de esfuerzo y distribución en la sección	Esfuerzo de compresión	Compresión axial
		Relación esfuerzo/fuerza	Relación esfuerzo/fuerza	≤ 0.50

Fuente: (ACI, 2008)

3.11.1.1 Cálculo de la deformación por retracción

El cálculo de la deformación por retracción $\varepsilon_{sh}(t, t_c)$ se calcula a la edad del concreto t (días), medida desde el inicio del secado a t_c (días). Su valor se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(t - t_c)^\alpha}{f + (t - t_c)^\alpha} \cdot \varepsilon_{shu}$$

Ecuación 12 Deformación por retracción $\varepsilon_{sh}(t, t_c)$

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\varepsilon_{sh}(t, t_c)$: deformación por retracción en función de las variables t y t_c

f : constante para una determinada forma y tamaño de miembro

α : constante para una determinada forma y tamaño de miembro

ε_{shu} : deformación por retracción final

$t - t_c$: tiempo desde el final del curado inicial

Para la relación de tiempo f , el modelo ACI 209R-92 recomienda un valor promedio de 35 y 55 para 7 días de curado húmedo y de 1 a 3 días de curado con vapor, respectivamente. Para α se sugiere utilizar un valor promedio de 1.0 (forma hiperbólica más plana). Cabe mencionar que, la relación de tiempo no tiene diferencia entre la retracción por secado, autógena y carbonatación. Además, es independiente de la forma y el tamaño del miembro, porque f y α se consideran constantes.

Cuando $\alpha=1$ la constante f alternativamente se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$f = 26.0e^{\{1.42 \times 10^{-2} (\frac{V}{S})\}}$$

Ecuación 13 Coeficiente f por Sistema Internacional

Fuente: (ACI, 2008)

$$f = 26.0e^{\{0.36 (\frac{V}{S})\}}$$

Ecuación 14 Coeficiente f por Sistema Inglés

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

f : constante de la relación de tiempo en días

V: volumen del espécimen en mm³ o pulg³

S: área de la superficie del espécimen en mm² o pulg²

3.11.1.2 Deformación por retracción final

La deformación por retracción final para condiciones estándar, en ausencia de datos de retracción específicos para agregados y condiciones locales y a una humedad relativa del ambiente del 40%, se sugiere un valor ϵ_{shu} igual a 780×10^{-6} mm/mm (pulg/pulg) (ACI, 2008).

Para condiciones diferentes a las condiciones estándar, el valor promedio de la retracción final ϵ_{shu} debe modificarse por factores de corrección. El modelo ACI 209R-92 (Comité ACI 209 1992) sugiere multiplicar ϵ_{shu} por siete factores, dependiendo de las condiciones particulares.

$$\epsilon_{shu} = 780 \gamma_{sh} \times 10^{-6}$$

Ecuación 15 Deformación por retracción final para condiciones no estándar

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

ϵ_{shu} : deformación por retracción final

γ_{sh} : producto acumulativo de los factores de corrección aplicables

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \gamma_{sh,RH} \gamma_{sh,vs} \gamma_{sh,s} \gamma_{sh,\psi} \gamma_{sh,c} \gamma_{sh,\alpha}$$

Ecuación 16 Producto acumulativo de los factores de corrección aplicables

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

γ_{sh} : producto acumulativo de los factores de corrección aplicables

$\gamma_{sh,tc}$: factor de curado húmedo inicial

$\gamma_{sh,RH}$: factor de humedad relativa ambiental

$\gamma_{sh,vs}$: factor de relación volumen superficie

$\gamma_{sh,s}$: factor de revenimiento

$\gamma_{sh,\psi}$: factor de agregado fino

$\gamma_{sh,c}$: factor de contenido de cemento

$\gamma_{sh,\alpha}$: factor de contenido de aire

- Factor de curado húmedo inicial

El factor de curado húmedo inicial depende de la duración de curado húmedo t_c en días. Los factores de curado húmedo inicial $\gamma_{sh, tc}$ para diferentes tiempos de curado se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Factores de corrección de contracción para el curado húmedo inicial, $\gamma_{sh, tc}$

Duración de curado húmedo t_c , días	$\gamma_{sh,tc}$
1	1.20
3	1.10
7	1.00
14	0.93
28	0.86
90	0.75

Fuente: (ACI, 2008)

Los factores de corrección $\gamma_{sh, tc}$ que se muestran en la tabla anterior, se pueden obtener mediante la siguiente ecuación.

$$\gamma_{sh,tc} = 1.202 - 0.2337 \log(t_c) \quad R^2 = 0.9987$$

Ecuación 17 Factor de curado húmedo inicial

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, tc}$: factor de curado húmedo inicial

t_c : duración de curado húmedo en días

- Factor de humedad relativa ambiental

“La humedad relativa indica el porcentaje de vapor disuelto en un volumen de aire debido al valor necesario para saturarlo” (Tejeda, 2018, p. 36).

Para el factor de humedad relativa ambiental $\gamma_{sh, RH}$ se aplican las siguientes ecuaciones, tomando en cuenta la restricción especificada para cada ecuación.

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1.40 - 1.02h & \text{para } 0.40 \leq h \leq 0.80 \\ 3.00 - 3.0h & \text{para } 0.80 \leq h \leq 1 \end{cases}$$

Ecuación 18 Factor de humedad relativa ambiental

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, RH}$: factor de humedad relativa ambiental

h: humedad relativa en decimales

Según ACI (2008) para una humedad relativa ambiental menor al 40%, se deben utilizar valores superiores a 1.0 para el factor $\gamma_{sh, RH}$, debido a que $\gamma_{sh, RH} = 0$ cuando $h = 100\%$.

- Factor de relación volumen-superficie

El factor $\gamma_{sh, vs}$ considera el tamaño del miembro en términos de la relación volumen-superficie, para miembros con una relación volumen-superficie distinta de 38 mm (1.5 pulg), o un espesor promedio distinto de 150 mm (6 pulg). El espesor promedio de un miembro se define como cuatro veces la relación volumen-superficie, que coincide con el doble del espesor real en el caso de una losa (ACI, 2008).

El factor $\gamma_{sh, vs}$ se determina a partir de las siguientes ecuaciones.

$$\gamma_{sh,vs} = 1.2e^{\{-0.00472(\frac{V}{S})\}}$$

Ecuación 19 Factor de relación volumen-superficie para Sistema Internacional

Fuente: (ACI, 2008)

$$\gamma_{sh,vs} = 1.2e^{\{-0.12(\frac{V}{S})\}}$$

Ecuación 20 Factor de relación volumen-superficie para Sistema Inglés

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, vs}$: coeficiente de relación volumen superficie

V: volumen del espécimen en mm^3 o pulg^3

S: área de la superficie del espécimen en mm^2 o pulg^2

Según ACI (2008) el método también permite el uso del método de espesor promedio para tener en cuenta el efecto del tamaño del miembro en ϵ_{shu} . El método de espesor promedio tiende a calcular valores del factor de corrección que son más altos, en comparación con el método de relación volumen-superficie.

Para grosor promedio de miembros de menos de 150 mm (6 pulg) o relación volumen-superficie inferior a 37,5 mm (1,5 pulg), se deben utilizar los factores dados en la Tabla 8.

Tabla 8 Factores de corrección de contracción para grosor promedio de miembros, $\gamma_{sh,d}$

Espesor promedio del miembro d, mm(pulg)	Relación volumen/superficie V/S mm(pulg)	Factor de retracción $\gamma_{sh,d}$
51(2)	12.50 (0.50)	1.35
76(3)	19(0.75)	1.25
102(4)	25(1.00)	1.17
127(5)	31(1.25)	1.08
152(6)	37.50(1.50)	1.00

Fuente: (ACI, 2008)

Para espesores medios de miembros superiores a 150 mm (6 pulg) y hasta aproximadamente 300 a 380 mm (12 a 15 pulg), se deben utilizar las siguientes ecuaciones. Cabe mencionar que esta alternativa considera el tiempo de secado.

Durante el primer año de secado cuando $(t - t_c) \leq 1$ año, el factor de relación volumen-superficie se puede calcular a partir de las siguientes ecuaciones.

Para Sistema Internacional (SI)

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.0015d$$

Ecuación 21 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) \leq 1$ año (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Asimismo, el valor del factor de relación volumen-superficie en unidades del Sistema Internacional (SI) se puede obtener mediante la siguiente ecuación considerando el volumen y el área superficial.

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.006 \left(\frac{V}{S} \right)$$

Ecuación 22 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) \leq 1$ año (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Para Sistema Inglés (FPS).

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.38d$$

Ecuación 23 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) \leq 1$ año (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

Asimismo, el valor del factor de relación volumen-superficie en unidades del Sistema Inglés (FPS) se puede obtener mediante la siguiente ecuación considerando el volumen y el área superficial.

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.152 \left(\frac{V}{S} \right)$$

Ecuación 24 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) \leq 1$ año (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

Para valores últimos donde $(t-t_c) > 1$ año, el método ACI propone las siguientes ecuaciones.

Para Sistema Internacional (SI)

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.00114d$$

Ecuación 25 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) > 1$ año (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Asimismo, el valor del factor de relación volumen-superficie en unidades del Sistema Internacional (SI) se puede obtener mediante la siguiente ecuación considerando el volumen y el área superficial.

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.00456 \left(\frac{V}{S} \right)$$

Ecuación 26 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) > 1$ año (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Para Sistema Inglés (FPS)

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.029d$$

Ecuación 27 Factor de relación volumen-superficie en base a d para $(t - t_c) > 1$ año (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

De igual manera el método permite realizar el cálculo considerando el volumen y el área superficial.

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.116 \left(\frac{V}{S} \right)$$

Ecuación 28 Factor de relación volumen-superficie para $(t - t_c) > 1$ año (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, d}$: coeficiente de relación volumen superficie en base a d

V: volumen del espécimen en mm³ o pulg³

S: área de la superficie del espécimen en mm² o pulg²

d: cuatro veces la relación volumen-superficie en mm o in de la parte del miembro en consideración

Sin embargo, para cualquier método, γ_{sh} no debe tomarse menos de 0.2. Además, se debe utilizar $\gamma_{sh}\epsilon_{shu} \geq 100 \times 10^{-6}$ mm / mm (pulg/pulg) si el concreto está bajo ciclos estacionales de humectación y secado y $\gamma_{sh}\epsilon_{shu} \geq 150 \times 10^{-6}$ mm / mm (pulg/pulg) si el concreto está bajo condiciones de secado sostenido (ACI, 2008).

- Factor de revenimiento

El factor de revenimiento $\gamma_{sh, s}$ depende del valor obtenido en la prueba de revenimiento del concreto y se calcula a partir de las siguientes ecuaciones.

Para Sistema Internacional (SI)

$$\gamma_{sh, s} = 0.89 + 0.00161s$$

Ecuación 29 Factor de revenimiento γ_{sh} (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Para Sistema Inglés (FPS)

$$\gamma_{sh, s} = 0.89 + 0.041s$$

Ecuación 30 Factor de revenimiento γ_{sh} (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, s}$: factor de revenimiento

s: revenimiento del concreto fresco (mm o pulg)

- Factor de agregado fino

El factor de agregado fino $\gamma_{sh, \psi}$ depende del porcentaje de agregado fino que compone la mezcla de concreto y se determina a partir de las siguientes ecuaciones.

Para factor de agregado fino menor o igual a 50%

$$\gamma_{sh, \psi} = 0.30 + 0.014\psi$$

Ecuación 31 Factor de agregado fino $\gamma_{sh, \psi}$ para $\psi \leq 50\%$

Fuente: (ACI, 2008)

Para factor de agregado fino mayor a 50%

$$\gamma_{sh,\psi} = 0.90 + 0.002\psi$$

Ecuación 32 Factor de agregado fino $\gamma_{sh,\psi}$ para $\psi > 50\%$

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh,\psi}$: factor de agregado fino

Ψ : relación del agregado fino y el agregado total en peso expresado como porcentaje

- Factor de contenido de cemento

El factor de contenido de cemento $\gamma_{sh,c}$ depende del peso de cemento utilizado por unidad de volumen de la mezcla del concreto y se determina a partir de las siguientes ecuaciones.

Para Sistema Internacional (SI)

$$\gamma_{sh,c} = 0.75 + 0.00061c$$

Ecuación 33 Factor de contenido de cemento $\gamma_{sh,c}$ (SI)

Fuente: (ACI, 2008)

Para Sistema Inglés (FPS)

$$\gamma_{sh,c} = 0.75 + 0.00036c$$

Ecuación 34 Factor de contenido de cemento $\gamma_{sh,c}$ (FPS)

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh,c}$: factor de contenido de cemento

c: contenido de cemento en kg/m^3 o lb/yd^3

- Factor de contenido de aire

El factor de contenido de aire $\gamma_{sh,\alpha}$ depende del porcentaje de aire en la mezcla de concreto y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0.95 + 0.008\alpha \geq 1$$

Ecuación 35 Factor de contenido de aire $\gamma_{sh,\alpha}$

Fuente: (ACI, 2008)

Donde:

$\gamma_{sh, \alpha}$: factor de contenido de aire

α : contenido de aire en porcentaje

Estos factores de corrección para la composición del concreto deben ser usados solo en relación con los valores promedio sugeridos para $\epsilon_{shu} = 780 \times 10^{-6}$ mm / mm (pulg/pulg). Este valor promedio para ϵ_{shu} debe usarse solo en ausencia de datos de contracción específicos para agregados locales y condiciones determinadas de acuerdo con ASTM C512 (ACI, 2008).

3.11.2 MODELO DE PREDICCIÓN (RC) SEGÚN EC-2-1

La deformación por retracción total se compone de dos componentes, la deformación por retracción de secado y la deformación por retracción autógena (Eurocódigo2, 2004).

El valor de la deformación por retracción total se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

Ecuación 36 Deformación por retracción total

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

ϵ_{cs} : deformación por retracción total

ϵ_{cd} : deformación por retracción de secado

ϵ_{ca} : deformación por retracción autógena

3.11.2.1 Deformación por retracción por secado

La deformación por retracción por secado se desarrolla lentamente, ya que es una función de la migración del agua a través del concreto endurecido (Eurocódigo2, 2004).

El valor de la deformación por la retracción de secado se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta(t, t_s) * Kh * \epsilon_{cd,0}$$

Ecuación 37 Deformación por retracción de secado

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

$\epsilon_{cd}(t)$: deformación por retracción de secado en función del tiempo t

$\beta(t, t_s)$: factor de reducción en función de las variables t y t_s

K_h : coeficiente dependiente del espesor ficticio

$\epsilon_{cd,0}$: Valor final del esfuerzo de contracción por secado

El coeficiente k_h , dependiente del espesor ficticio se determina mediante la siguiente tabla.

Tabla 9 Valores para K_h

h_0	K_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

El factor de reducción de la retracción de secado β se determina a través de la siguiente ecuación.

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04\sqrt{h_0^3}}$$

Ecuación 38 Factor de reducción de la retracción de secado

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

$\beta_{ds}(t, t_s)$: factor de reducción de la retracción de secado en función de las variables t y t_s

t : edad del concreto en el momento considerado (días)

t_s : edad del concreto al inicio de la contracción de secado (días)

h_0 : tamaño teórico de la sección transversal (mm)

3.11.2.2 Deformación por retracción autógena

La deformación por retracción autógena se desarrolla durante el endurecimiento del concreto, por lo tanto, la mayor parte se desarrolla en los primeros días después de la fundición (Eurocódigo2, 2004).

El valor de la deformación por retracción autógena se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty)$$

Ecuación 39 Deformación por retracción autógena

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

$\varepsilon_{ca}(t)$: deformación por retracción autógena en función del tiempo t

$\beta_{as}(t)$: factor de reducción de la retracción autógena en función del tiempo t

$\varepsilon_{ca}(\infty)$: valor final de la retracción autógena en función de ∞

El factor de reducción $\beta_{as}(t)$ se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$$

Ecuación 40 Factor de reducción de la retracción autógena

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

$\beta_{as}(t)$: factor de reducción de la retracción autógena en función del tiempo t

t: tiempo en días

El valor final de la retracción autógena se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10) \times 10^{-6}$$

Ecuación 41 Valor final de la contracción autógena

Fuente: (Eurocódigo2, 2004)

Donde:

$\varepsilon_{ca}(\infty)$: valor final de la contracción autógena en función de ∞

f_{ck} : capacidad compresiva del concreto

3.11.3 MODELO DE PREDICCIÓN (RC) B4

El modelo B4 presenta una mejora notable en la calidad de las predicciones de fluencia y retracción, especialmente para los concretos modernos y en comparación con los modelos anteriores. Una ventaja significativa es la capacidad de tener en cuenta los efectos producidos por diferentes cantidades de aditivos, diferentes tipos de agregados y diversas condiciones ambientales que son comunes en todo el mundo (Wan-Wendner & Bazant, 2014).

3.11.3.1 Retracción por secado

La evolución temporal de retracción por secado se puede expresar matemáticamente como:

$$\epsilon_{sh}(t, t_0) = -\epsilon_{sh\infty}(t_0)k_h \tanh \sqrt{\frac{t - t_0}{\tau_{sh}}}$$

Ecuación 42 Evolución temporal de retracción por secado

Fuente: (Wan-Wendner & Bazant, 2014)

Donde:

$\epsilon_{sh}(t, t_0)$: evolución temporal de retracción por secado en función de las variables t y t_0

$\epsilon_{sh\infty}(t_0)$: retracción final por secado como una función del tiempo de curado t_0

k_h : factor que describe la dependencia de la humedad ambiental

τ_{sh} : medio tiempo de retracción aproximado

3.11.3.2 Retracción autógena

La evolución de la retracción autógena se obtiene mediante la siguiente función de tiempo.

$$\epsilon_{au}(t, t_0) = \epsilon_{au\infty} \left[1 + \left(\frac{\tau_{au}}{t + t_0} \right)^{\alpha} \right]^{rt}$$

Ecuación 43 Evolución de la retracción autógena

Fuente: (Wan-Wendner & Bazant, 2014)

Donde:

$\epsilon_{au}(t, t_0)$: evolución de la retracción autógena en función de las variables t y t_0

$\epsilon_{au\infty}$: retracción autógena final

τ_{au} : tiempo medio de la retracción autógena

rt, α : coeficientes de composición y el parámetro del tipo de cemento

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

El enfoque metodológico de la presente investigación se divide en tres partes, la primera está orientada al modelo de retracción del ACI que se utilizará para determinar las deformaciones en la longitud de la losa ocasionadas por el fraguado, la segunda está orientada al modelo de temperatura uniforme del AASHTO LRFD la cual causa un movimiento térmico de expansión en las losas y vigas de los puentes, la tercera parte es el modelo de continuidad del estudio paramétrico de LADOTD que consisten en el uso de STAAD.Pro, modelos 2D y elementos lineales.

Este es un enfoque cuantitativo ya que utilizará información cuantificable que se recolectará de los modelos de línea con losas de enlace mediante el programa estructural STAAD.Pro, necesario para determinar el grado en el que el efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto en puentes con losas de enlace afecta el diseño de los apoyos.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se evaluarán ciertos factores que permitirán obtener resultados para dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente, por lo que se definieron las variables que influyen en la investigación, dividiéndolas en tres tipos: dependientes, independientes e intervinientes.

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES O EXPLICADAS

Las variables dependientes son valores medibles, explicados a través de las variables independientes. En la investigación se definió como variable dependiente la fuerza de tensión/compresión en la losa de enlace, al ser sometida a deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto, para los tipos de apoyo fijo y flotante.

4.2.1.1 Fuerza axial en la losa de enlace

Es la fuerza que se produce en la losa de enlace debido a las solicitaciones que provocan deformaciones en los tramos del puente.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES O EXPLICATIVAS

Son las variables que se manipulan en la investigación, permitiendo definir su incidencia en otras variables para poder ser explicadas. En la investigación se definieron como variables independientes la longitud de tramo, temperatura ambiente, separación entre vigas, número de tramos y condiciones de apoyos. Las variables y las consideraciones que se muestran a continuación se establecieron en la investigación anterior solicitadas por LADOTD.

4.2.2.1 Longitud de tramo

La longitud de los tramos fueron rangos de 100 pies – 150 pies, 150 pies – 225 pies y 200 pies – 300 pies.

4.2.2.2 Temperatura ambiente

Se tomó en cuenta ya que afecta la rigidez de los apoyos de cojinete, se utilizaron temperaturas de 0°F, 36°F y 73°F.

4.2.2.3 Separación entre vigas

Se utilizó separación entre vigas de 6, 7 y 8 pies.

4.2.2.4 Número de tramos

Se consideraron puentes de dos y tres tramos.

4.2.2.5 Condiciones de apoyo

Se utilizaron apoyos de cojinete de neopreno reforzados con acero, fijos y flotantes.

4.2.3 VARIABLES INTERVINIENTES

Son las variables que pueden afectar el efecto causado por las variables independientes sobre las variables dependientes (Universofórmulas, 2020).

Las variables intervinientes consideradas en la investigación fueron la rigidez equivalente global, la cual está compuesta por la rigidez de los apoyos, rigidez de la sección compuesta y la rigidez de la losa de enlace y por otro lado las solicitaciones, las cuales involucran las deformaciones debido al efecto causado por temperatura uniforme y retracción del concreto.

4.2.3.1 Rigidez de los apoyos (K_{2L})

Es la rigidez horizontal del apoyo debajo de la losa de enlace analizada. Depende del módulo cortante que es afectado por la temperatura ambiente y el área del apoyo de cojinete.

4.2.3.2 Rigidez rotacional de la sección compuesta (K_{θ})

Es la rigidez rotacional de la sección compuesta la cual depende del módulo de elasticidad, inercia y longitud de la sección compuesta.

4.2.3.3 Rigidez axial de la viga (K_g)

Es la rigidez axial de la viga la cual depende del módulo de elasticidad, área y longitud de la viga.

4.2.3.4 Deformación debido al efecto por temperatura uniforme

Se utilizó una temperatura de 70°F para el estado de Louisiana para determinar la expansión térmica.

4.2.3.5 Deformación debido al efecto por retracción del concreto

Se determinó la deformación por retracción del concreto a los 28, 84 y 140 días.

4.2.4 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES

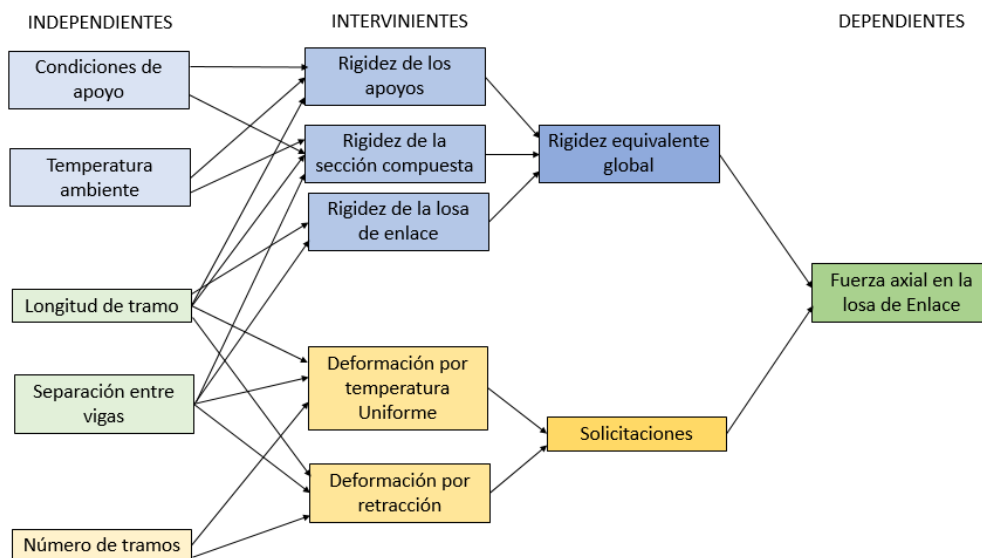


Ilustración 42 Diagrama de interacción entre variables

Fuente: elaboración propia

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación, se muestran las técnicas e instrumentos utilizados para realizar el trabajo de investigación avanzada.

4.3.1 MODELO LINEAL

Los modelos de líneas fueron elaborados mediante hojas de cálculo MS Excel para facilitar el proceso de generación de resultados y disminuir la posibilidad de error. Se creó 162 modelos condicionados para apoyos fijos y 162 para apoyos flotantes. Se utilizaron los mismos modelos de líneas del estudio paramétrico del “Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado” añadiendo el análisis del efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto.

El modelo de líneas utilizado consistió en 6 nodos y 5 elementos para casos de 2 tramos; para casos de 3 tramos se consideraron 9 nodos y 8 elementos. En el desarrollo para 2 tramos cuatro de los elementos representaron la sección compuesta, con un desfase vertical desde el nivel del apoyo igual a su ubicación de centroide, en el que el momento de resistencia fue liberado en ambos extremos del elemento de losa de enlace ya que solo podría resistir fuerzas axiales. Esta suposición se consideró aceptable ya que la contribución de la losa de enlace al sistema es principalmente el resultado del desfase en lugar de la rigidez a la flexión, que es menor que la de las vigas conectadas. Los nodos sobre los cojinetes de apoyo restringieron el movimiento vertical, sin embargo, se agregó la rigidez del resorte equivalente entre los extremos de la viga y el punto de referencia para representar los cojinetes de apoyo (Canales, 2019).

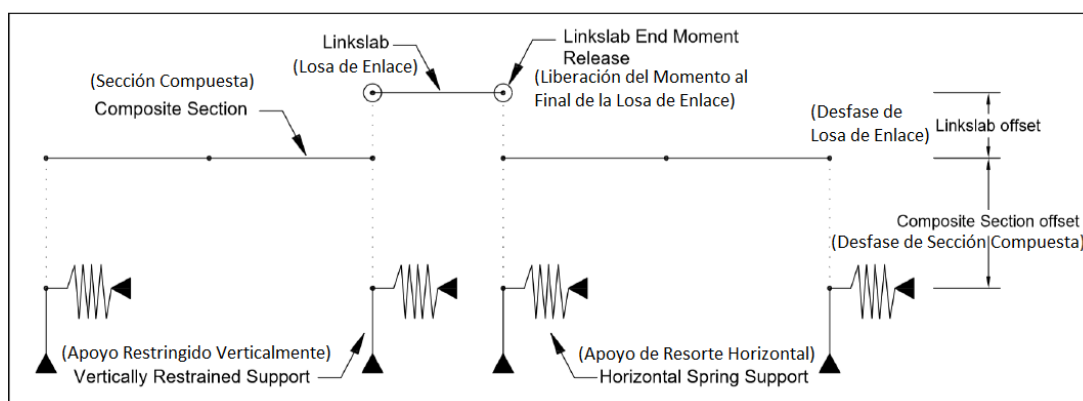


Ilustración 43 Modelo de elementos finitos de losa de enlace para dos tramos

Fuente: (Canales, 2019)

En resumen, para el modelo de línea los apoyos se modelan como resortes con su respectiva rigidez, las losas y las vigas como la sección compuesta, con la rigidez a una distancia desfasada desde la ubicación de los apoyos hasta el centroide de la sección compuesta. Para la losa de enlace se modeló de acero con su rigidez, a una distancia desfasada desde la ubicación de los apoyos, hasta el centroide de la losa de enlace.

Este modelo tiene las mismas características para las condiciones de apoyo fijo y flotante, excepto que para la configuración fija se consideran dos almohadillas FEB en los apoyos ubicados debajo de la losa de enlace y dos almohadillas EEB en cada extremo, mientras que en la configuración de apoyo flotante todos los apoyos se consideran almohadillas EEB (Canales, 2019).

A continuación, se muestra un cuadro resumen que contiene los parámetros de los modelos de líneas varían dependiendo de las diferentes temperaturas de ambiente, separaciones entre vigas, y condiciones de apoyos.

Tabla 10 Parámetros de modelos de líneas

Modelo	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Total	Tipo Viga
1	55	55	0	110	II
2	70	70	0	140	III
3	95	95	0	190	IV
4	47	62	0	109	II
5	66	88	0	154	III
6	81	108	0	189	IV
7	36	72	0	108	III
8	50	100	0	150	IV
9	55	110	0	165	IV
10	55	55	55	165	II
11	70	70	70	210	III
12	95	95	95	285	IV
13	47	70	47	164	III
14	62	93	62	217	IV
15	80	120	80	280	V
16	40	80	40	160	III
17	50	100	50	200	IV
18	60	120	60	240	V

Fuente: (Canales, 2019)

Estos 18 modelos van a variar dependiendo de temperatura ambiente, separaciones entre vigas y condiciones de apoyo, obteniendo un total de 324 modelos.

4.3.2 MODELO DE RIGIDEZ EQUIVALENTE

Las variables independientes afectan las propiedades de rigidez de la sección compuesta, esto afecta consecuentemente el sistema de rigidez equivalente en la ubicación de la losa de enlace. Debido a esto, se modeló la sección compuesta, losa de enlace y apoyos de cojinete como resortes equivalentes (Canales, 2019).

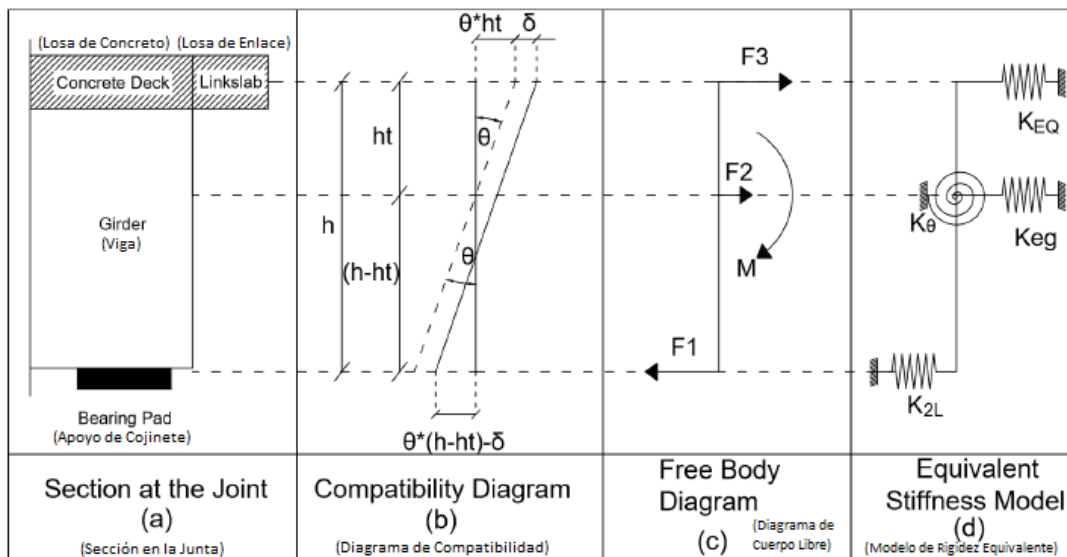


Ilustración 44 Modelo de rigidez equivalente

Fuente: (Canales, 2019)

En la siguiente ecuación se muestra la rigidez de los apoyos.

$$K_{2L} = \frac{G \cdot A}{t}$$

Ecuación 44 Rigidez de los apoyos

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

G: módulo cortante (afectado por temperatura)

A: área del apoyo de cojinete

t: espesor del apoyo de cojinete

En la siguiente ecuación se muestra la rigidez rotacional de la sección compuesta.

$$K_{\theta} = \frac{E \cdot I}{L}$$

Ecuación 45 Rigidez rotacional de la sección compuesta

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

E: módulo de elasticidad de la sección compuesta

I: inercia de la sección compuesta

L: longitud de la sección compuesta

En la siguiente ecuación se muestra la rigidez axial de la viga.

$$K_g = \frac{E \cdot A}{L}$$

Ecuación 46 Rigidez axial de la viga

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

E: módulo de elasticidad de la viga

A: área de la viga

L: longitud de la viga

El termino K_{eg} es el resorte equivalente a la rigidez axial de la sección compuesta y la rigidez horizontal del apoyo de cojinete al extremo de la viga (Canales, 2019), esto se observa en la siguiente ilustración.

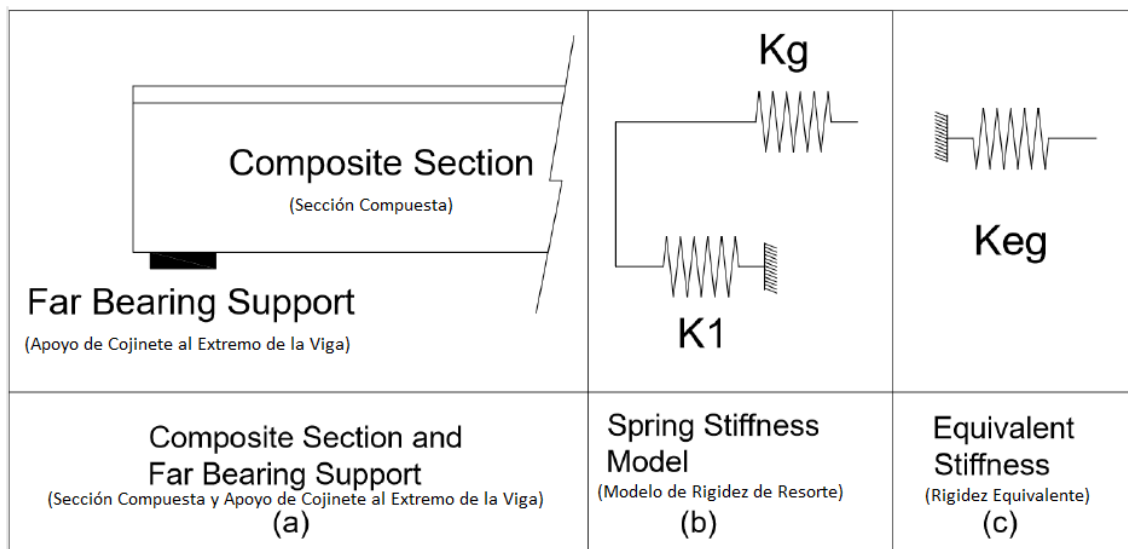


Ilustración 45 Análisis de resorte equivalente

Fuente: (Canales, 2019)

En la siguiente ecuación se muestra la ecuación obtenida de este análisis.

$$K_{eg} = \frac{K1 \cdot Kg}{K1 + Kg}$$

Ecuación 47 Resorte equivalente de la rigidez axial de la sección compuesta y la rigidez horizontal del apoyo de cojinete al extremo de la viga

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

K_1 : rigidez horizontal del apoyo de cojinete al extremo de la viga

K_g : rigidez axial de la viga

Luego de resolver y sustituir las ecuaciones fue posible obtener el sistema de rigidez equivalente global en términos que son conocidos y dependientes de las variables para cada caso (Canales, 2019).

$$K_{EQ} = \frac{K_{2L}^2 \cdot h^2 + 2 \cdot K_{2L} \cdot K_{eg} \cdot h \cdot ht + K_{eg}^2 \cdot ht^2}{K_{2L} \cdot h^2 + K_{eg} \cdot ht^2 + K_{\theta}} - K_{eg} - K_{2L}$$

Ecuación 48 Rigidez equivalente global

Fuente: (Canales, 2019)

Donde:

K_{2L} : rigidez de los apoyos

K_{θ} : rigidez rotacional de la sección compuesta

K_{eg} : resorte equivalente de la rigidez axial de la sección compuesta y la rigidez horizontal del apoyo de cojinete al extremo de la viga

h : distancia vertical desde la parte inferior de la sección compuesta hasta el centroide de la losa de enlace

ht : distancia vertical entre el centroide de la sección compuesta de acción y la losa de enlace

La rigidez equivalente global simplifica el complejo comportamiento del sistema en una sola constante representativa en el centroide de la losa de enlace que abarca los desplazamientos horizontales en los apoyos y el centroide de la sección, así como la rotación en el centroide de la sección compuesta. Esto permite una base de comparación entre los diferentes casos, así como un medio para validar la modelo (Canales, 2019).

Con la rigidez equivalente global Canales (2019) determinó que la rigidez de mayor relación con la fuerza axial en la losa de enlace es la rigidez de los apoyos, por lo cual en la presente investigación solamente fue considerada la rigidez de los apoyos.

4.3.3 STAAD.PRO

Programa de análisis y diseño estructural utilizado para modelar un total de 324 puentes de concreto presforzado con losas de enlace mediante modelos de líneas.

4.3.4 EXCEL

Software de hojas de cálculo utilizado para facilitar el proceso de creación de los 324 modelos de líneas para representar puentes de concreto presforzado con losas de enlace.

4.3.5 NOTEPAD++

Programa para edición de texto, utilizado para modificar de manera rápida y efectiva las tabulaciones creadas por Excel en el documento de texto para los modelos de líneas creados.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el desarrollo de la investigación, se considerarán los modelos de puentes analizados en el estudio paramétrico de la investigación sobre el "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado", conformados por losas de enlace, apoyos elastoméricos y vigas, seleccionadas en función de la longitud máxima del tramo, utilizando tablas del Manual de Diseño de Puentes del Estado de Louisiana.

En el estudio paramétrico de la investigación precedente, se analizaron 864 modelos que variaron en continuidad y condiciones de apoyos. Esta información se encuentra detallada en la Tabla 2, que resume los casos analizados en el estudio paramétrico de las soluciones previas para continuidad parcial. Para el análisis del efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto, solo se considerarán 324 modelos con continuidad parcial, de los cuales 162 son modelos con apoyos de cojinete en condición fija y los 162 modelos restantes son modelos con apoyos de cojinete en condición flotante.

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En esta sección se describen los procedimientos realizados mediante las técnicas, herramientas e instrumentos considerados para alcanzar los objetivos de la investigación.

4.5.1 MODELOS DE PREDICCIÓN

Selección de dos modelos de predicción para calcular la deformación por temperatura uniforme y retracción del concreto.

4.5.2 CÁLCULO DE DEFORMACIONES

Cálculo de las deformaciones por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto mediante los modelos de predicción.

4.5.3 HOJA DE CÁLCULO MS EXCEL

Desarrollo de una hoja de cálculo en Microsoft Excel para codificar la información de cada uno de los modelos de líneas previo a alimentar el programa STAAD.Pro.

4.5.4 STAAD.PRO

Obtención de los resultados mediante diferentes corridas del programa STAAD.Pro para cada uno de los modelos de líneas.

4.5.5 GRÁFICAS

Generar las gráficas mediante los resultados de STAAD.Pro para establecer el efecto de las variables en la fuerza axial en la losa de enlace y la rigidez de los apoyos.

4.5.6 RESULTADOS

Analizar los resultados de las gráficas para determinar el grado de relación entre las variables del estudio.

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Los modelos AASHTO LRFD 2012, Eurocódigo 1, Kuppa y Emerson son modelos de predicción para la deformación debido al efecto por temperatura uniforme. Estos modelos presentan similitudes en cuanto a las variables a considerar para el cálculo de la deformación, en donde se toman en cuenta la temperatura mínima y máxima del material del puente, el coeficiente de expansión térmica del material y la longitud del elemento. Sin embargo, para el desarrollo de la investigación se ha seleccionado el método AASHTO LRFD 2012 debido a que esta normativa es utilizada para la

construcción de puentes en el Estado de Louisiana, además de proporcionar valores de temperaturas máximas y mínimas de los materiales en los diferentes estados de EE. UU. mediante mapas de isotermas.

Los modelos ACI 209R-92, Eurocódigo 2 y modelo B4 son modelos de predicción utilizados para el cálculo de la deformación debido a la retracción del concreto. Estos modelos presentan similitudes en cuanto a las variables a considerar para el cálculo de la deformación, en donde se toma en cuenta el tiempo de curado en días, valor promedio de la retracción final, edad del concreto y factores de corrección, sin embargo, para el desarrollo de la investigación se ha seleccionado el modelo ACI 209R-92 debido a que esta normativa es utilizada para la construcción de puentes en el Estado de Louisiana y proporciona valores para las variables en condiciones estándar.

El modelo de líneas y el modelo de rigidez equivalente que se consideraron para el desarrollo de la presente investigación se validaron previamente en el "Estudio del desempeño de la continuidad de losas de enlace en puentes de concreto presforzado".

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN

Se calcularon y validaron las deformaciones ocasionadas por el efecto de temperatura uniforme y la retracción del concreto para los 324 modelos de líneas.

5.1.1 DEFORMACIÓN DEBIDO AL EFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME

La deformación por el efecto de temperatura uniforme se calculó mediante el método AASHTO LRFD 2012 con la Ecuación 1, utilizando un coeficiente de expansión térmica para concreto de 6×10^{-6} (pulg/pulg/°F), rango de temperatura de 70°F (21.1°C) obtenido del mapa de isotermas Ilustración 25 e Ilustración 26 para el Estado de Louisiana y longitud de la sección compuesta del puente que varía dependiendo de cada modelo de líneas. Para el primer modelo de líneas llamado "F_0_6_01" tiene dos tramos ambos de 55 pies de longitud y se obtuvo la siguiente deformación, dividida entre dos ya que se expande hacia ambos extremos de la sección compuesta.

$$\Delta T = \frac{6 \times 10^{-6} \frac{\text{pulg}}{\text{pulg} \times ^\circ\text{F}} \times 55 \text{ pies} \times 70^\circ\text{F}}{2} = 0.01155 \text{ ft (para cada extremo)}$$

Ecuación 49 Deformación debido al efecto por temperatura uniforme AASHTO

A continuación, se muestra la tabla de las deformaciones totales y deformaciones correspondientes para cada extremo de los tramos.

Tabla 11 Deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme para cada longitud de tramo

Longitud del tramo (pies)	Deformación total (pies)	Deformación de cada extremo del tramo (pies)
36	0.01512	0.00756
40	0.0168	0.0084
47	0.01974	0.00987
50	0.021	0.0105
55	0.0231	0.01155
60	0.0252	0.0126
62	0.02604	0.01302
66	0.02772	0.01386
70	0.0294	0.0147
72	0.03024	0.01512

Longitud del tramo (pies)	Deformación total (pies)	Deformación de cada extremo del tramo (pies)
80	0.0336	0.0168
81	0.03402	0.01701
88	0.03696	0.01848
93	0.03906	0.01953
95	0.0399	0.01995
100	0.042	0.021
108	0.04536	0.02268
110	0.0462	0.0231
120	0.0504	0.0252

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra la gráfica de las deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme en función de la longitud del tramo.

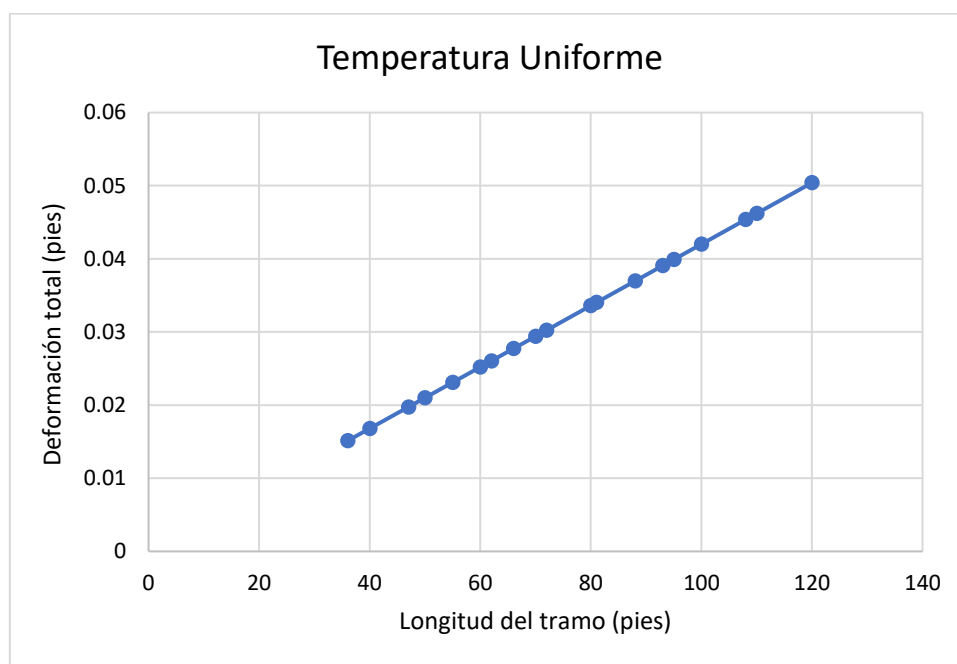


Ilustración 46 Deformación por efecto de temperatura uniforme

Fuente: elaboración propia

5.1.2 DEFORMACIÓN DEBIDO AL EFECTO POR RETRACCIÓN DEL CONCRETO

La deformación por el efecto de retracción del concreto se calculó mediante el método ACI 209.2R-08 con la Ecuación 12, donde para una edad de concreto de 14 días, edad al comenzar el secado de 7 días, constante f de 35 días, constante α de 1 y deformación por retracción final de 0.00078 (in/in).

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(14 - 7)^1}{35 + (14 - 7)^1} \cdot 0.00078 = 0.00013 \text{ pies}$$

Ecuación 50 Deformación debido al efecto por retracción del concreto ACI

A continuación, se muestra la tabla con las retracciones desde 7 días hasta 140 días.

Tabla 12 Deformaciones debido al efecto por retracción del concreto desde 7 a 140 días

t (días)	(t-tc)	Épsilon _{SH} (pies)	cambio (unidad = 0.0001)
7	0	0.00000000000	0
14	7	0.00013000000	18.571429%
21	14	0.00022285714	13.265306%
28	21	0.00029250000	9.948980%
35	28	0.00034666667	7.738095%
42	35	0.00039000000	6.190476%
49	42	0.00042545455	5.064935%
56	49	0.00045500000	4.220779%
63	56	0.00048000000	3.571429%
70	63	0.00050142857	3.061224%
77	70	0.00052000000	2.653061%
84	77	0.00053625000	2.321429%
91	84	0.00055058824	2.048319%
98	91	0.00056333333	1.820728%
105	98	0.00057473684	1.629073%
112	105	0.00058500000	1.466165%
119	112	0.00059428571	1.326531%
126	119	0.00060272727	1.205937%
133	126	0.00061043478	1.101073%
140	133	0.00061750000	1.009317%

Fuente: elaboración propia

Para el análisis de los modelos de líneas solamente se consideró las retracciones a los 28, 84 y 140 días donde el cambio de retracción es 1%.

A continuación, se muestra la gráfica de las deformaciones debido al efecto por retracción del concreto en función de días:

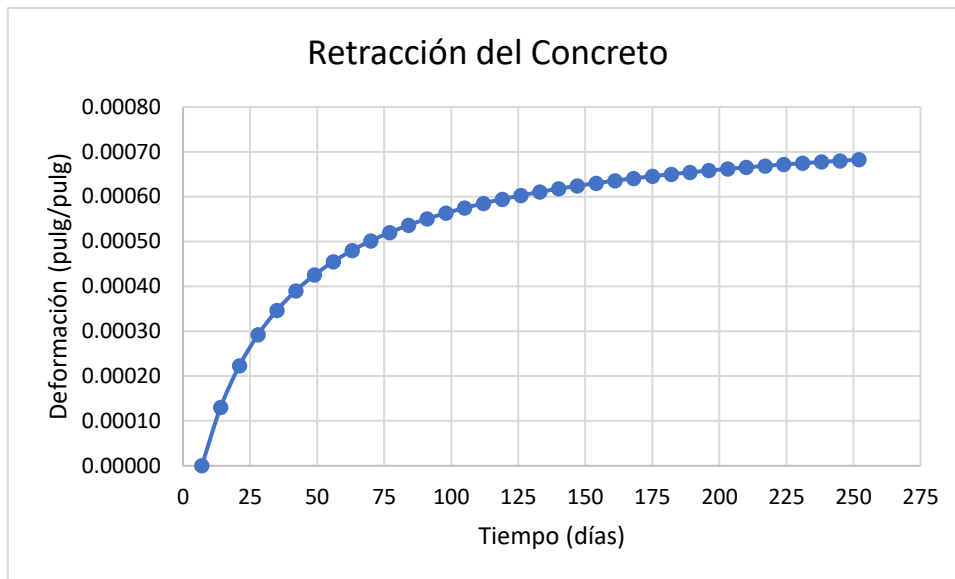


Ilustración 47 Deformación por efecto de retracción del concreto

Fuente: elaboración propia

5.2 CREACIÓN DE MODELOS DE LÍNEAS

Se crearon un total de 324 modelos de líneas donde se incluyeron los mismos parámetros del estudio paramétrico de la Tabla 1 que incluye: (2) diferentes números de tramos, (2) diferentes condiciones de apoyos, (3) diferentes longitudes totales de puente, (3) diferentes relaciones de longitud de tramo, (3) diferentes separaciones entre vigas y (3) diferentes temperaturas ambientes lo cual nos da un total de $2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 324$ modelos de líneas.

La creación de los modelos de líneas para cada tipo de puente se realizó mediante carpetas que incluyen cada tipo de modelos donde para cada caso se incluía el tipo de apoyo, temperatura ambiente y separación de vigas.

Para el modelo ejemplo "F_0_6" en el nombre "F" se usa para Fijo y "FL" para Flotante, el siguiente número es la temperatura con 3 valores "0" para 0°F, "36" para 36°F o "73" para 73°F, y finalmente la separación entre vigas con 3 valores también "6" para 5.91 pies, "7" para 7 pies y "8" para 8 pies de separación.

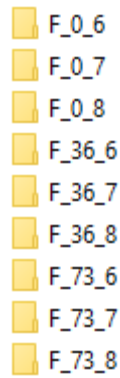


Ilustración 48 Carpetas para modelos con apoyos fijos con temperatura ambiente y separación de vigas

Fuente: elaboración propia

Dentro de cada una de estas carpetas existen 2 carpetas adicionales, una para dos tramos llamada "2 tramos" y otra para tres tramos llamada "3 tramos".

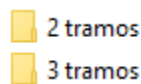


Ilustración 49 Carpetas para modelos de apoyos fijo para dos y tres tramos

Fuente: elaboración propia

Dentro de cada una de las carpetas de "2 tramos" y "3 tramos" existen 9 carpetas más, una para cada variante de puente diseñado con esa temperatura ambiente, tipos de apoyos y separación de vigas. Dentro de la carpeta "2 tramos" los nombres son "F_0_6_01" hasta "F_0_6_09" donde el "F_0_6" corresponde al nombre de la carpeta madre donde se encuentran. Los numerales van de 01 al 09 porque hay 9 variantes para el caso de 2 tramos, y 9 variantes para el caso de 3 tramos. Dentro de la carpeta "3 tramos" los nombres son "F_0_6_10" hasta "F_0_6_18" y dentro de estas carpetas se crearon archivos de texto (.txt) en blanco con el mismo nombre de la carpeta.

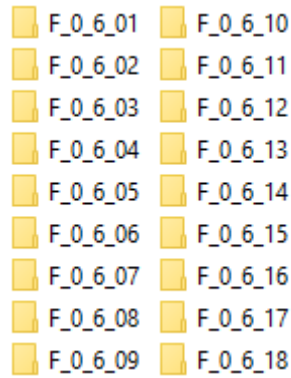


Ilustración 50 Carpetas para apoyos fijos para cada variante de dos y tres tramos

Fuente: elaboración propia

Teniendo creadas las carpetas donde fue almacenada la información de los 324 modelos de líneas creados, se creó cada modelo respectivamente mediante la hoja de Excel utilizada en el estudio paramétrico, donde se introdujeron parámetros de cantidad de tramos con sus respectivas longitudes, longitud total del puente, tipo de viga AASHTO, separación mínima, tren de carga, longitud de carga completa, ML, rigidez de cada uno de los apoyos, Yb y hg que se muestran la siguiente ilustración.

Tabla 13 Datos para cada modelo de líneas

Caso	tramo 1	tramo 2	tramo 3	total	viga	espaciamiento	min sep	tren de carga	full load c	ML	K1	K2L	K2R	K3L	K3R	K4	Yb	hg
F_0_6_1	55	55	0	110	II	5.91	50	106	218	-268.847	179.2	1075.2	1142.4	190.4	179.2	179.2	2.350195	3
	tramo 1	tramo 2	tramo 3	total	girde	spacing	min sep	tren de ca	full load c	ML	K1	K2L	K2R	K3L	K3R	K4	Yb	hg
F_0_6_1	55	55	0	110	II	5.91	50	106	218	-268.847	179.2	1075.2	1142.4	190.4	179.2	179.2	2.350195	3
F_0_6_2	70	70	0	140	III	5.91	50	106	248	-386.416	210	1260	1260	210	210	210	2.66614	3.75
F_0_6_3	95	95	0	190	IV	5.91	54	110	302	-510.893	252	1512	1512	252	252	252	2.971952	4.5
F_0_6_4	47	62	0	109	II	5.91	50	106	217	-268.847	179.2	1075.2	1142.4	190.4	179.2	179.2	2.350195	3
F_0_6_5	66	88	0	154	III	5.91	50	106	262	-386.416	210	1260	1344	224	210	210	2.66614	3.75
F_0_6_6	81	108	0	189	IV	5.91	54	110	301	-510.893	235.2	1411.2	1612.8	268.8	235.2	235.2	2.971952	4.5
F_0_6_7	36	72	0	108	III	5.91	50	106	216	-386.416	168	1008	1260	210	168	168	2.66614	3.75
F_0_6_8	50	100	0	150	IV	5.91	50	106	258	-510.893	201.6	1209.6	1512	252	201.6	201.6	2.971952	4.5
F_0_6_9	55	110	0	165	IV	5.91	50	106	273	-510.893	201.6	1209.6	1713.6	285.6	201.6	201.6	2.971952	4.5
F_0_6_10	55	55	55	165	II	5.91	50	106	273	-268.847	179.2	1075.2	1142.4	190.4	179.2	179.2	2.350195	3
F_0_6_11	70	70	70	210	III	5.91	50	106	318	-386.416	210	1260	1260	210	210	210	2.66614	3.75
F_0_6_12	95	95	95	285	IV	5.91	54	110	397	-510.893	252	1512	1512	252	252	252	2.971952	4.5
F_0_6_13	47	70	47	164	III	5.91	50	106	272	-386.416	182	1092	1260	210	182	182	2.66614	3.75
F_0_6_14	62	93	62	217	IV	5.91	50	106	325	-510.893	218.4	1310.4	1512	252	218.4	218.4	2.971952	4.5
F_0_6_15	80	120	80	280	V	5.91	58	114	396	-609.406	236.6	1419.6	1856.4	309.4	236.6	236.6	3.478739	5.25
F_0_6_16	40	80	40	160	III	5.91	50	106	268	-386.416	182	1092	1344	224	182	182	2.66614	3.75
F_0_6_17	50	100	50	200	IV	5.91	50	106	308	-510.893	201.6	1209.6	1612.8	268.8	201.6	201.6	2.971952	4.5
F_0_6_18	60	120	60	240	V	5.91	50	106	348	-609.406	236.6	1419.6	1856.4	309.4	236.6	236.6	3.478739	5.25

Fuente: (Canales, 2019)

Una vez introducidos estos datos, se calculaba automáticamente una hoja con los datos necesarios para la ejecución de cada modelo de líneas en el programa STAAD.Pro donde esa hoja creada se copiada y se pegaba en cada archivo de texto (.txt), se modificaba los

espacios tabulados por Excel a espacios normales con el programa Notepad++ y finalmente se cambiaba el tipo de archivo de texto (.txt) por archivo de modelo de STAAD.Pro (.std).

```
F_0_6_01.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
$STAAD PLANE
SET SHEAR
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 14-Jul-17
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT FEET KIP
JOINT COORDINATES
1 0 0 0 ; 2 55 0 0 ; 3 55.5 0 0 ; 4 110.5 0 0 ; 5 27.5 0 0 ; 6 83 0 0 ;
MEMBER INCIDENCES
1 1 5 ; 2 2 3 ; 3 3 6 ; 4 5 2 ; 5 6 4 ;
START GROUP DEFINITION
MEMBER
_LS1 2
END GROUP DEFINITION
START USER TABLE
TABLE 1 C:\PROPERTIES\GENERAL\II6FTGEN.UPT
TABLE 2 C:\PROPERTIES\GENERAL\II7FTGEN.UPT
TABLE 3 C:\PROPERTIES\GENERAL\II8FTGEN.UPT
TABLE 4 C:\PROPERTIES\GENERAL\III6FTGEN.UPT
TABLE 5 C:\PROPERTIES\GENERAL\III7FTGEN.UPT
TABLE 6 C:\PROPERTIES\GENERAL\III8FTGEN.UPT
TABLE 7 C:\PROPERTIES\GENERAL\IV6FTGEN.UPT
TABLE 8 C:\PROPERTIES\GENERAL\IV7FTGEN.UPT
TABLE 9 C:\PROPERTIES\GENERAL\IV8FTGEN.UPT
TABLE 10 C:\PROPERTIES\GENERAL\V6FTGEN.UPT
TABLE 11 C:\PROPERTIES\GENERAL\V7FTGEN.UPT
TABLE 12 C:\PROPERTIES\GENERAL\V8FTGEN.UPT
END
```

Ilustración 51 Archivo de texto con los datos necesarios para cada modelo

Fuente: elaboración propia

5.3 RECOPIACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE LÍNEAS

Finalmente teniendo todos los modelos de líneas como archivos (.std) se ejecutaba cada uno de ellos y se recopilaba los resultados obtenidos de reacciones en los nodos y fuerzas y momentos en los extremos de los elementos calculados por el programa STAAD.Pro.

A continuación, se muestran las reacciones en los nodos del modelo ejemplo F_0_6_01.

Tabla 14 Reacciones en los nodos

Node	L/C	Horizontal			Moment		
		Fx kip	Fy kip	Fz kip	Mx kip-in	My kip-in	Mz kip-in
1	228 *RET-S	-5.764	-0.356	0.000	0.000	0.000	0.000
	229 *RET-S	-10.568	-0.653	0.000	0.000	0.000	0.000
	230 *RET-S	-12.169	-0.752	0.000	0.000	0.000	0.000
	231 *TEMP	8.277	0.512	0.000	0.000	0.000	0.000
2	228 *RET-S	-0.151	0.356	0.000	0.000	0.000	0.000
	229 *RET-S	-0.277	0.653	0.000	0.000	0.000	0.000
	230 *RET-S	-0.319	0.752	0.000	0.000	0.000	0.000
	231 *TEMP	0.217	-0.512	0.000	0.000	0.000	0.000
3	228 *RET-S	-0.153	0.356	0.000	0.000	0.000	0.000
	229 *RET-S	-0.281	0.653	0.000	0.000	0.000	0.000
	230 *RET-S	-0.324	0.752	0.000	0.000	0.000	0.000
	231 *TEMP	0.220	-0.512	0.000	0.000	0.000	0.000
4	228 *RET-S	6.069	-0.356	0.000	0.000	0.000	0.000
	229 *RET-S	11.127	-0.653	0.000	0.000	0.000	0.000
	230 *RET-S	12.812	-0.752	0.000	0.000	0.000	0.000
	231 *TEMP	-8.715	0.512	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: STAAD.Pro

A continuación, se muestran las fuerzas y momentos en los extremos de los elementos del modelo ejemplo F_0_6_01.

Tabla 15 Fuerzas y momentos en los extremos de los elementos

Beam	L/C	Node	Fx kip	Fy kip	Fz kip	Mx kip-in	My kip-in	Mz kip-in
1	228 *RET-S	1	-5.764	0.000	0.356	0.000	-162.572	0.000
		5	5.764	0.000	-0.356	0.000	44.998	0.000
	229 *RET-S	1	-10.568	0.000	0.653	0.000	-298.048	0.000
		5	10.568	0.000	-0.653	0.000	82.497	0.000
	230 *RET-S	1	-12.169	0.000	0.752	0.000	-343.207	0.000
		5	12.169	0.000	-0.752	0.000	94.997	0.000
	231 *TEMP	1	8.277	0.000	-0.512	0.000	233.436	0.000
		5	-8.277	0.000	0.512	0.000	-64.613	0.000
2	228 *RET-S	2	-5.916	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		3	5.916	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	229 *RET-S	2	-10.845	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		3	10.845	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	230 *RET-S	2	-12.489	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		3	12.489	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	231 *TEMP	2	8.494	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		3	-8.494	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	228 *RET-S	3	-6.069	0.000	-0.356	0.000	63.985	0.000
		6	6.069	0.000	0.356	0.000	-53.588	0.000
	229 *RET-S	3	-11.127	0.000	-0.653	0.000	117.306	0.000
		6	11.127	0.000	0.653	0.000	-98.245	0.000
	230 *RET-S	3	-12.812	0.000	-0.752	0.000	135.080	0.000
		6	12.812	0.000	0.752	0.000	-113.130	0.000
	231 *TEMP	3	8.715	0.000	0.512	0.000	-91.876	0.000
		6	-8.715	0.000	-0.512	0.000	76.947	0.000

Fuente: STAAD.Pro

Para recopilar los resultados de cada modelo se utilizó la hoja de Excel utilizada en el estudio paramétrico donde se recopilaron solamente los resultados más importantes de cada modelo, como, las reacciones de los apoyos en cada nodo, fuerza axial en la losa de enlace y momentos en el centro del claro y en la losa de enlace.

5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE LÍNEAS

Se analizaron los resultados obtenidos de los 324 modelos de líneas donde se determinó que existe una relación entre la fuerza axial de la losa de enlace (T1) y (T2), con la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Cabe recalcar que el programa STAAD.Pro interpreta valores positivos como compresiones y valores negativos como tensiones.

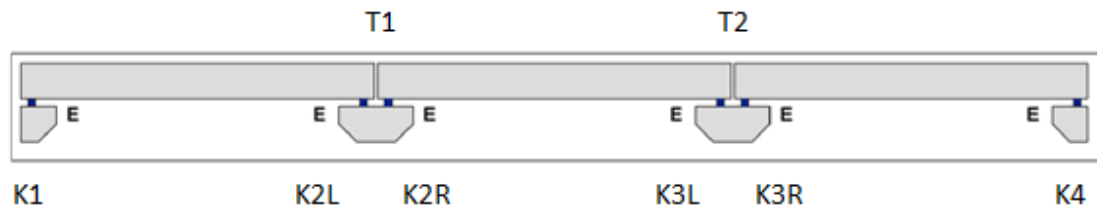


Ilustración 52 Fuerza axial y rigidez de los apoyos

Fuente: (Canales, 2019)

5.4.1 EFECTO POR RETRACCIÓN DEL CONCRETO EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO CON LOSAS DE ENLACE Y APOYOS FIJOS

En esta sección se encuentran los gráficos que muestran la relación entre las fuerzas axiales en las losas de enlace debido al efecto por retracción del concreto y las rigideces de los apoyos en condición fija. Se muestran los resultados para cada temperatura ambiente, donde el color azul representa los modelos que se analizaron a una temperatura ambiente de 0°F, el color amarillo los modelos analizados a una temperatura ambiente de 36°F y el color rojo los modelos analizados a una temperatura ambiente de 73°F. Asimismo, se representó cada separación de viga mediante la siguiente simbología 6 pies (círculo), 7 pies (cuadrado) y 8 pies (triángulo), donde se observó que la separaciones entre vigas no tienen mucha incidencia por lo que las relaciones con línea de tendencia se realizaron en base a la temperatura ambiente.

5.4.1.1 Análisis de la losa de enlace (T1) con la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por retracción del concreto a los 140 días ya que es donde ocurrió la mayor deformación, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T1) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

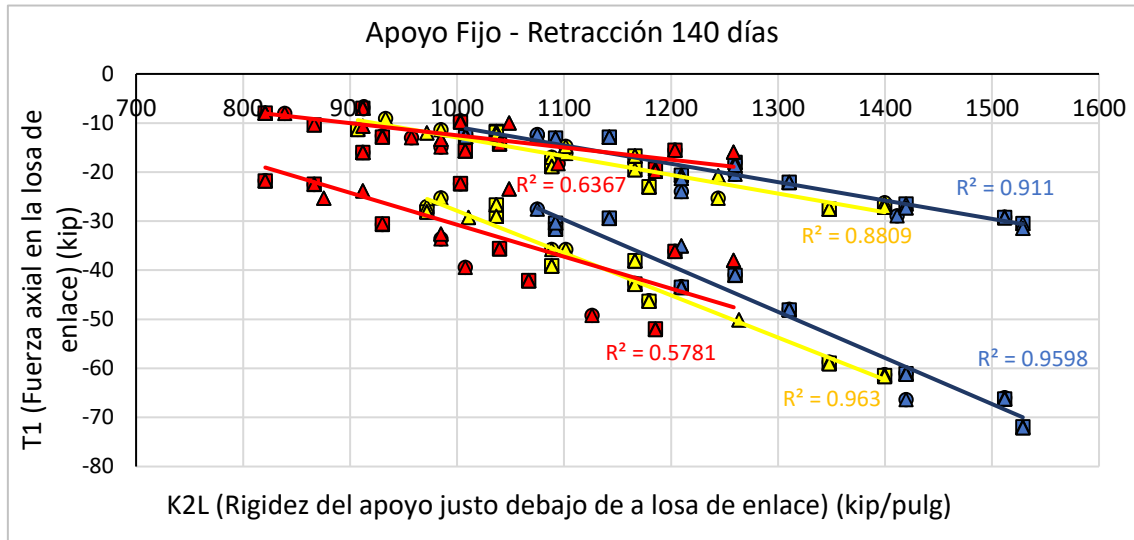


Ilustración 53 Efecto por retracción del concreto para apoyo fijo (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de tensión en la losa de enlace (T1) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L), sin embargo, el gráfico representa una aparente relación inversa debido a que el programa considera las tensiones con valores negativos. Debido a que el apoyo (K2L) es tipo fijo, las rigideces son de 800 kip/pulg a 1500 kip/pulg.

Se observó que al aumentar la temperatura ambiente disminuye la relación entre los datos para 2 tramos y 3 tramos, debido a que las relaciones más bajas se obtuvieron para los modelos analizados con una temperatura ambiente de 73°F. También se observó que los datos tienen mayor relación en los modelos de 3 tramos. Cabe recalcar que esto se observó en todos los gráficos siguientes.

Para los modelos de líneas de 2 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 7 kip hasta 31 kip y para 3 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 16 kip hasta 71 kip, indicando que entre más tramos continuos existan, los valores de tensión serán mayores.

5.4.1.2 Efecto por retracción del concreto en la losa de enlace (T2) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por retracción del concreto, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T2) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

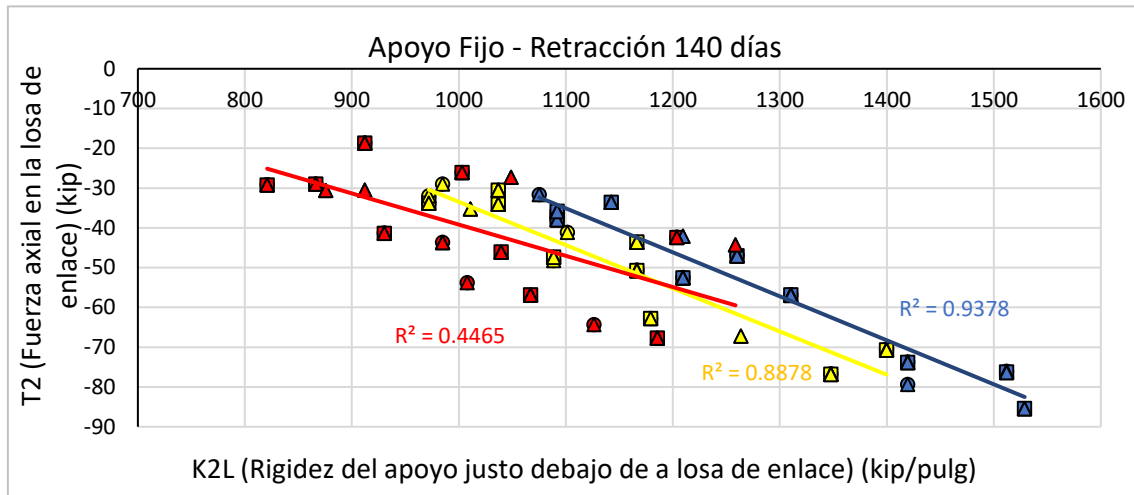


Ilustración 54 Efecto por retracción del concreto para apoyo fijo (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de tensión en la losa de enlace (T2) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo fijo, las rigideces son de 800 kip/pulg a 1500 kip/pulg. Cabe recalcar que en este grafico solo es para 3 tramos ya que la segunda losa de enlace (T2) solo existe para 3 tramos.

Para los modelos de líneas de 3 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 18 kip hasta 85 kip.

5.4.2 EFECTO POR TEMPERATURA UNIFORME EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO CON LOSAS DE ENLACE Y APOYOS FIJO

En esta sección se encuentran los gráficos que muestran la relación entre las fuerzas axiales en las losas de enlace debido al efecto por temperatura uniforme y las rigideces de los apoyos en condición fija.

5.4.2.1 Efecto por temperatura uniforme en la losa de enlace (T1) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por temperatura uniforme, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T1) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

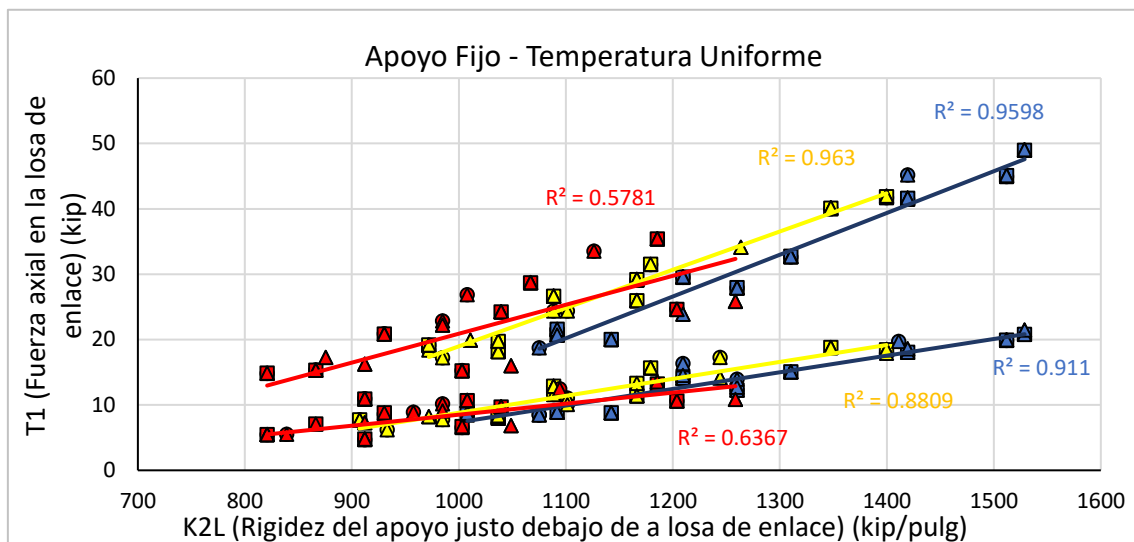


Ilustración 55 Efecto por temperatura uniforme para apoyo fijo (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de compresión en la losa de enlace (T1) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo fijo, las rigideces son de 800 kip/pulg a 1500 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 2 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 5 kip hasta 21 kip y para 3 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 10 kip hasta 48 kip, indicando que entre más tramos continuos existan, los valores de compresión serán mayores.

5.4.2.2 Efecto por temperatura uniforme en la losa de enlace (T2) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por temperatura uniforme, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T2) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

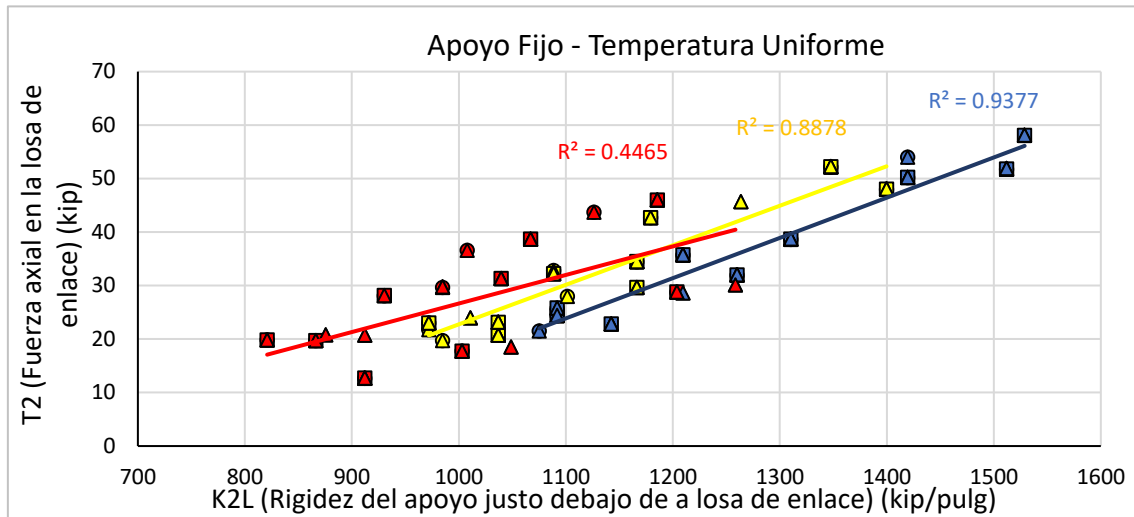


Ilustración 56 Efecto por temperatura uniforme para apoyo fijo (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de compresión en la losa de enlace (T2) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo fijo, las rigideces son de 800 kip/pulg a 1500 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 3 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 12 kip hasta 58 kip.

5.4.3 EFECTO POR RETRACCIÓN DEL CONCRETO EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO CON LOSAS DE ENLACE Y APOYOS FLOTANTES

En esta sección se encuentran los gráficos que muestran la relación entre las fuerzas axiales en las losas de enlace debido al efecto por retracción del concreto y las rigideces de los apoyos en condición flotante.

5.4.3.1 Efecto por retracción del concreto en la losa de enlace (T1) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por retracción del concreto a los 140 días ya que es donde ocurrió la mayor deformación, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T1) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

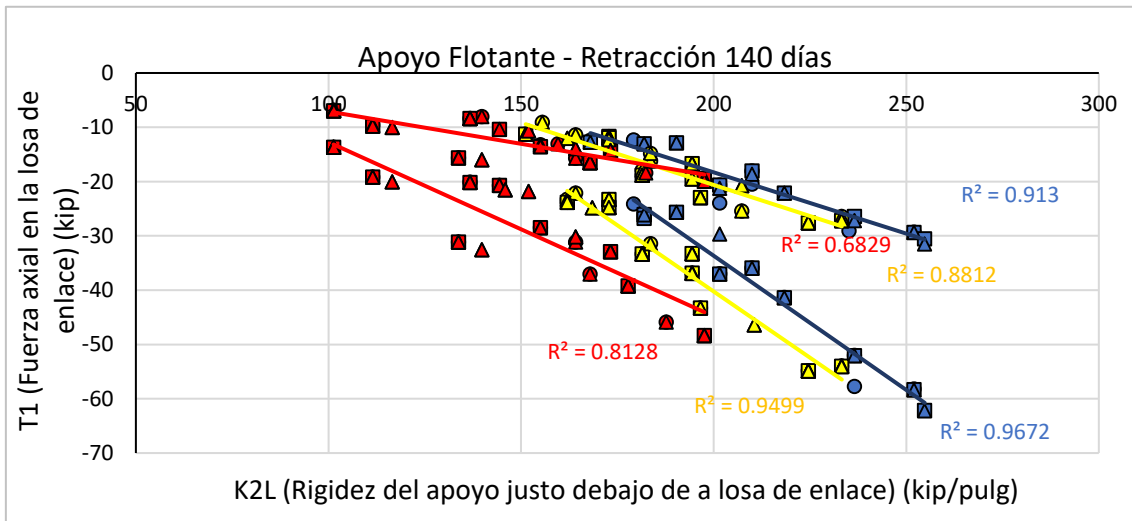


Ilustración 57 Efecto por retracción del concreto para apoyo flotante (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de tensión en la losa de enlace (T1) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo flotante, las rigideces son de 100 kip/pulg a 250 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 2 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 6 kip hasta 31 kip y para 3 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 13 kip hasta 62 kip, indicando que entre más tramos continuos existan, los valores de tensión serán mayores.

5.4.3.2 Efecto por retracción del concreto en la losa de enlace (T2) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por retracción del concreto a los 140 días ya que es donde ocurrió la mayor deformación, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T2) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

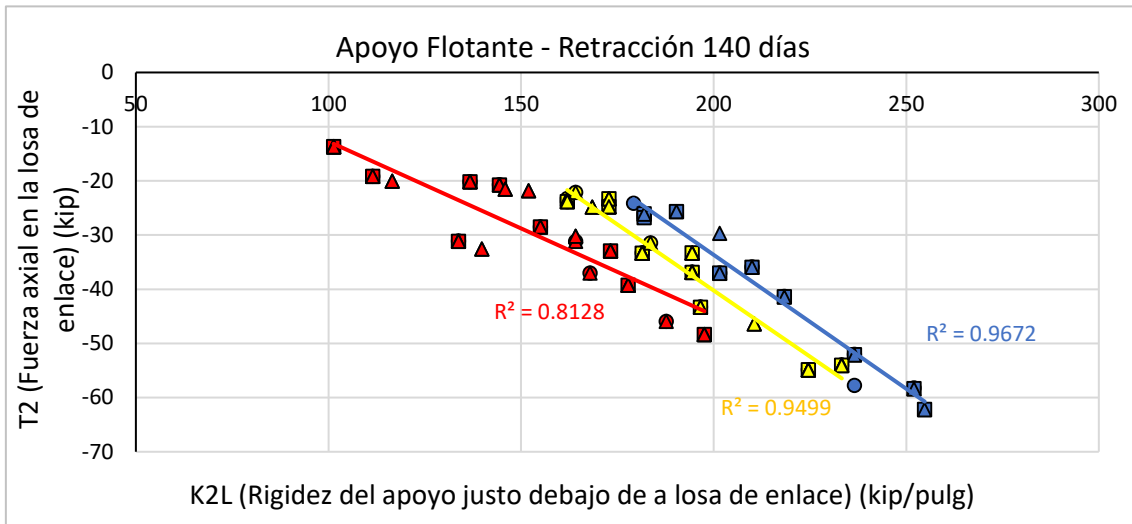


Ilustración 58 Efecto por retracción del concreto para apoyo flotante (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de tensión en la losa de enlace (T2) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo flotante, las rigideces son de 100 kip/pulg a 250 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 3 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 12 kip hasta 62 kip.

5.4.4 EFECTO POR TEMPERATURA UNIFORME EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO CON LOSA DE ENLACE Y APOYOS FLOTANTES

En esta sección se encuentran los gráficos que muestran la relación entre las fuerzas axiales en las losas de enlace debido al efecto por temperatura uniforme y las rigideces de los apoyos en condición flotante.

5.4.4.1 Efecto por temperatura uniforme en la losa de enlace (T1) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por temperatura uniforme, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T1) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

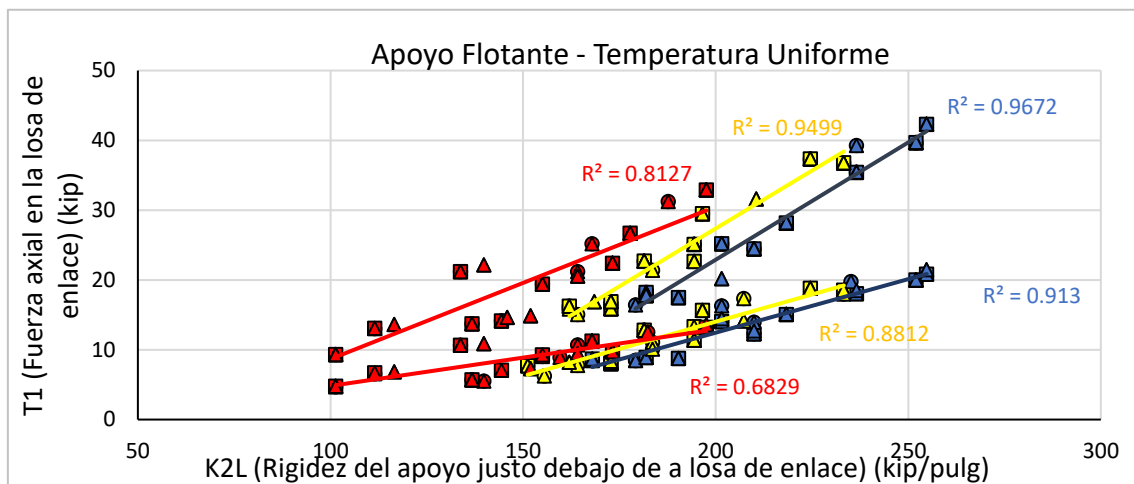


Ilustración 59 Efecto por temperatura uniforme para apoyo flotante (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de compresión en la losa de enlace (T1) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo flotante, las rigideces son de 100 kip/pulg a 250 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 2 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 4 kip hasta 21 kip y para 3 tramos las tensiones en la losa de enlace tienen valores de 9 kip hasta 42 kip, indicando que entre más tramos continuos existan, los valores de compresión serán mayores.

5.4.4.2 Efecto por temperatura uniforme en la losa de enlace (T2) con relación a la rigidez del apoyo (K2L)

A continuación, se muestra la gráfica del efecto por temperatura uniforme, donde se analizó la fuerza axial en la losa de enlace (T2) versus la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L):

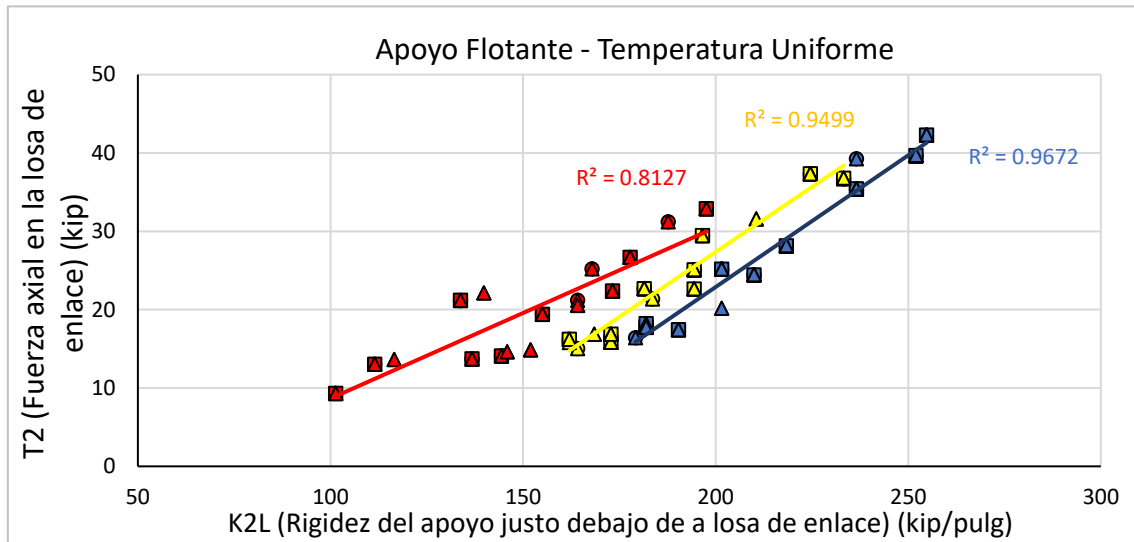


Ilustración 60 Efecto por temperatura uniforme para apoyo flotante (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

Como se observa, existe una relación directa entre la fuerza de tensión en la losa de enlace (T2) y rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L). Debido a que el apoyo (K2L) es tipo flotante, las rigideces son de 100 kip/pulg a 250 kip/pulg.

Para los modelos de líneas de 3 tramos las compresiones en la losa de enlace tienen valores de 10 kip hasta 42 kip.

5.4.5 EFECTO POR TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN DEL CONCRETO EN Puentes DE CONCRETO PRESFORZADO CON LOSA DE ENLACE CON APOYOS FIJOS Y FLOTANTES

En estos gráficos se unificaron las fuerzas axiales en las losas de enlace (T1) y (T2) con la rigidez del apoyo justo debajo de la losa de enlace (K2L) y se omitió la rigidez del apoyo al extremo del tramo (K1) debido a que se observó que la relación con las fuerzas axiales para ambas variables es muy similar.

5.4.5.1 Efecto por temperatura uniforme y retracción en la losa de enlace (T1) con relación a la rigidez de los apoyos fijo y flotante (K2L)

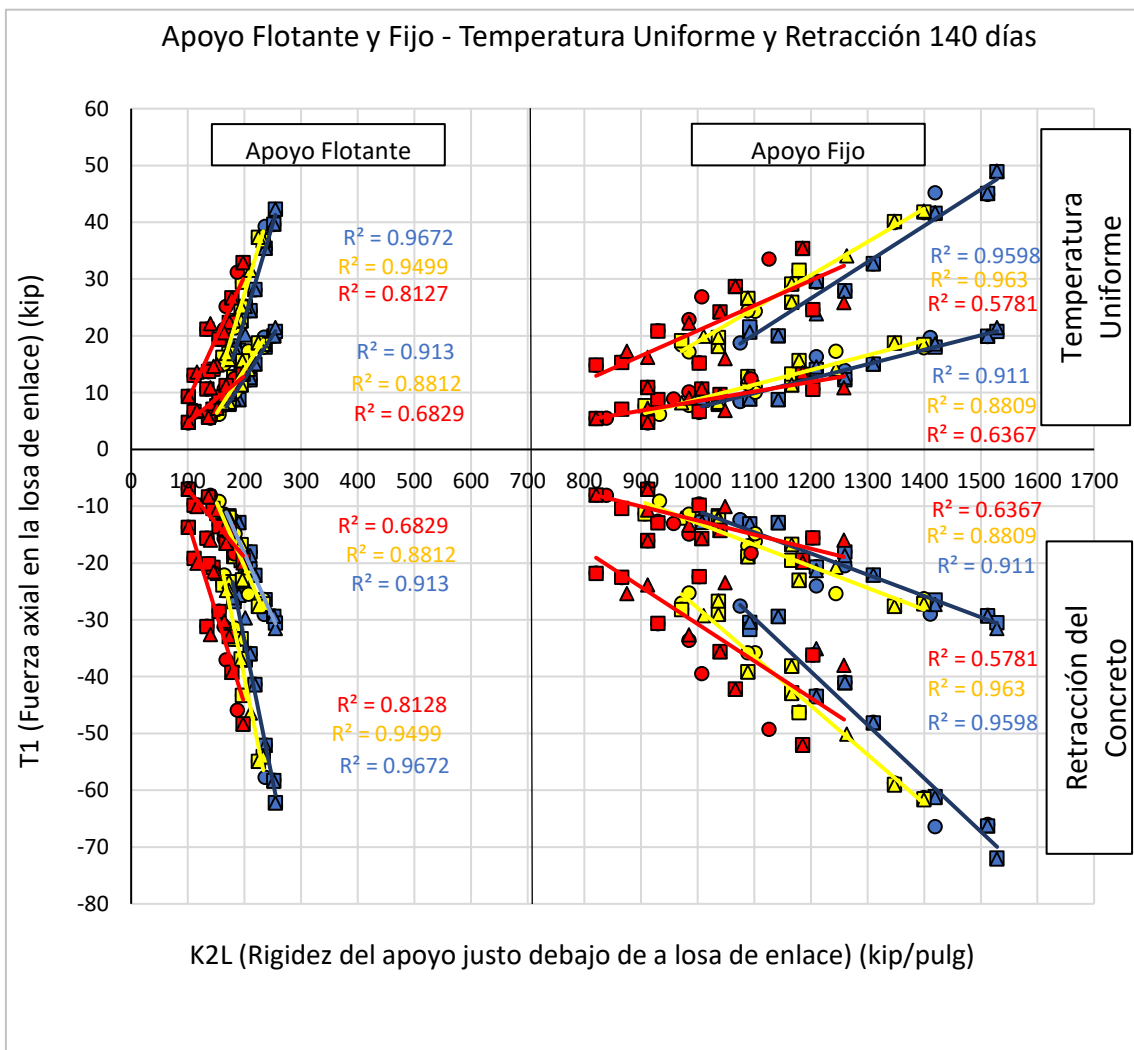


Ilustración 61 Efecto por temperatura uniforme y retracción para apoyo fijo y flotante

Fuente: elaboración propia

5.4.5.2 Efecto por temperatura uniforme y retracción en la losa de enlace (T2) con relación a la rigidez de los apoyos fijo y flotante (K2L)

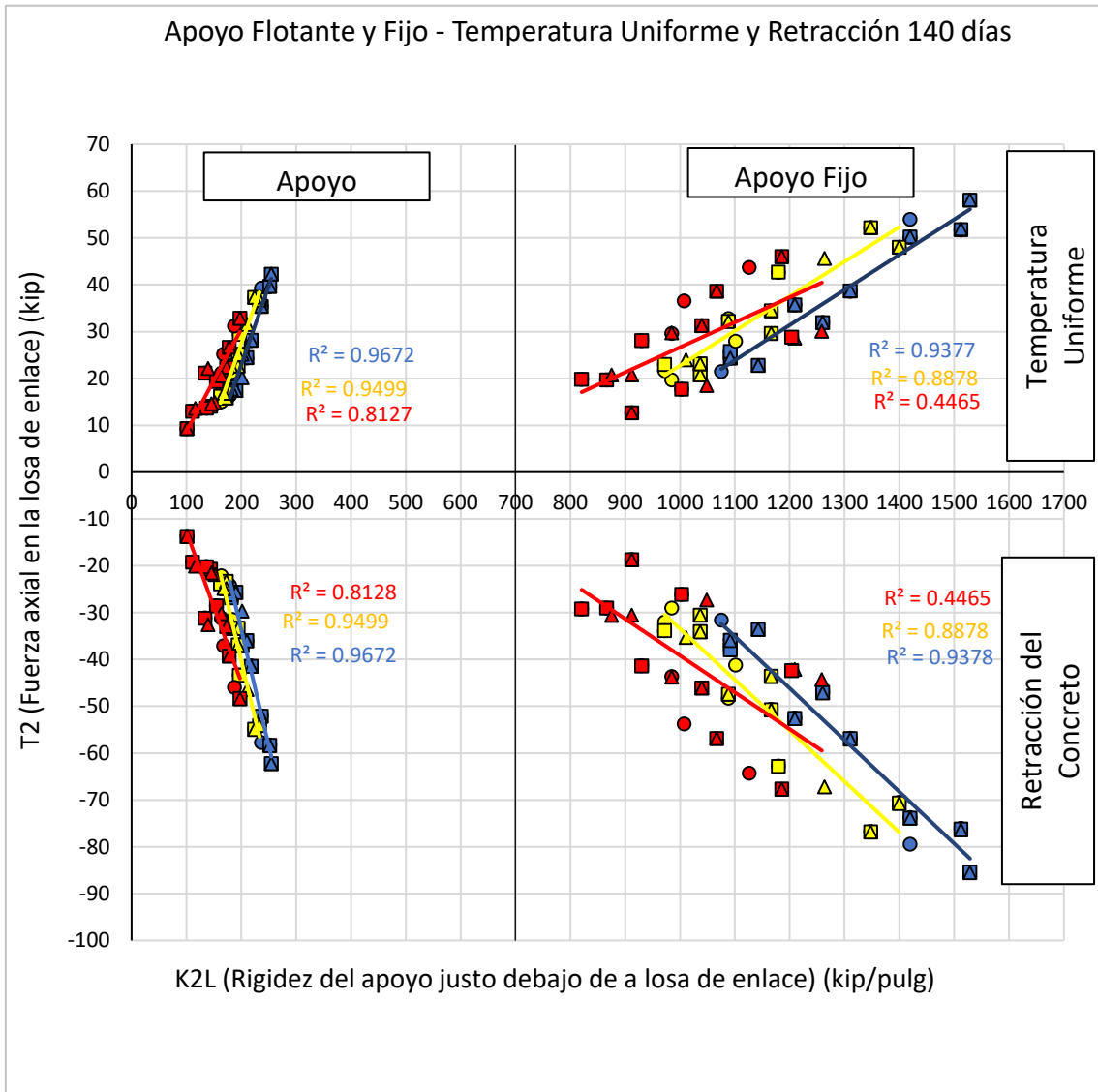


Ilustración 62 Efecto por temperatura uniforme y retracción para apoyo fijo y flotante

Fuente: elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

El proyecto de investigación "Efecto por temperatura uniforme y retracción en losas de enlace para puentes de concreto presforzado" ha consistido en la creación de 324 modelos de líneas para representar puentes de continuidad parcial, considerando 162 modelos de líneas en condición de apoyo fijo y 162 en condición de apoyo flotante, en los cuales se han analizado las deformaciones debido al efecto por temperatura uniforme y retracción del concreto, determinando que las deformaciones en estudio ocasionan fuerzas axiales que afectan directamente la losa de enlace.

1. Se han calculado las deformaciones ocasionadas por efecto de temperatura uniforme, mediante el método AASHTO LRFD 2012 y la retracción del concreto, mediante el método ACI 209.2R-92 y se ha encontrado que, para temperatura uniforme, las deformaciones varían directamente proporcional dependiendo de la longitud del tramo y para retracción del concreto, se ha determinado que las deformaciones a partir de 140 días no sufren una variación significativa, ya que son menores que 1%.
2. Se ha determinado que el efecto por temperatura uniforme ocasiona deformaciones de 0.01512 pies para el tramo más corto, de 36 pies y hasta 0.0504 pies para el tramo más largo, de 120 pies lo que provoca expansión en los tramos de los puentes y una fuerza de compresión en la losa de enlace. En cambio, para el efecto por retracción del concreto la deformación es de hasta 0.0006175 pulgadas/ pulgadas para la edad de concreto equivalente a 140 días, esto provoca una compresión en el tramo del puente, lo cual ocasiona una fuerza de tensión en la losa de enlace.
3. Considerando la losa de enlace como un medio de transmisión de la deformación ocasionada por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto, se ha determinado que la fuerza axial en la losa de enlace provocada por estos efectos tiene relación con la rigidez de los apoyos fijos y flotantes. Es importante recalcar que esta relación no necesariamente implica causalidad, sino puede ser producto de variables relacionadas a ambos valores, como es el caso del área de sección transversal del puente. La variación de la magnitud entre las fuerzas axiales en la losa de enlace es poco notable para las condiciones de apoyo en puentes de dos

tramos, sin embargo, en puentes de tres tramos si existe una diferencia significativa. Cabe mencionar que, aunque existe una relación entre las fuerzas axiales en la losa de enlace y las rigideces de los apoyos, las deformaciones analizadas actúan de manera axial. Esto implica que la rigidez axial en la losa de enlace, la cual es de mayor magnitud, tiene mayor influencia que la rigidez horizontal de los apoyos. Esta diferencia de rigidez ocasiona una restricción de la deformación por parte de la losa de enlace, llevando a que las deformaciones se concentran alrededor de la restricción con la rigidez horizontal más débil; en este caso son los apoyos en los extremos discontinuos del puente.

4. Se han analizado los modelos de líneas para puentes de dos y tres tramos y se ha demostrado gráficamente la tendencia de las fuerzas axiales en la losa de enlace y las rigideces de los apoyos fijos y flotantes, lo que implica que existe relación entre estas variables, pero las rigideces de los apoyos no proporcionan información suficiente para anticipar el rango de valores de la fuerza axial en la losa de enlace, sin embargo, la presencia de losa de enlace si tiene un impacto en la deformación que afecta el diseño de los apoyos. Debido a esto se recomienda ampliar el estudio para analizar estas deformaciones sin una losa de enlace y poder realizar un análisis comparativo con los resultados del presente trabajo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar el estudio del desempeño de las losas de enlace en puentes de concreto presforzado, ajustando los modelos de líneas con otros modelos de predicción de los efectos por temperatura uniforme y retracción del concreto, utilizando diferentes condiciones (no estándar) para los modelos de predicción.
2. Realizar modelos de líneas sin losas de enlace para comparar el comportamiento de los modelos de líneas con losas de enlace y determinar cómo los efectos por temperatura uniforme y retracción del concreto afectan la distribución de las reacciones en los apoyos y los momentos al centro del claro del puente.
3. Contemplar análisis con apoyos rígidos en ambos extremos, ya que, aunque por condiciones estándar de diseño esto no se acostumbra en puentes de concreto presforzado, puede darse la situación por condiciones accidentales o diseños no convencionales.
4. Continuar experimentando con los modelos de líneas para tratar de encontrar una ecuación más simplificada y suficientemente explicada, de manera que amerite ser sugerida para la inclusión en códigos y manuales de diseño para puentes.

VIII. APLICABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN

1. Utilizar losas de enlace en sustitución de las juntas de expansión para disminuir el deterioro de la estructura, garantizar la durabilidad y alargar el tiempo entre intervenciones de mantenimiento periódico para puentes en Honduras.
2. Recolectar datos de campo mediante la instalación de sensores en los principales puentes del país para comparar el comportamiento utilizando modelos de líneas.
3. Realizar nuevas investigaciones para definir un mapa de isotermas que proporcione las temperaturas máximas y mínimas para diferentes materiales disponibles en el país, ya que esta información sería útil para contemplar efectos por fluctuaciones de temperatura.
4. Predecir la aparición de grietas debido al efecto por retracción del concreto en puentes de continuidad parcial utilizando los modelos de líneas.

IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL Y TRABAJO FUTURO

La presente investigación es parte de la línea de investigación que comienza con los estudios de los siguientes autores:

- Loveall, C.L. (1985). "Jointless Bridge Decks"
- Gastal F., Zia, P. (1989). "Analysis of Bridge Beams with Jointless Decks"
- Zia, P., Caner, A., ElSafty, A. (1985) "Jointless Bridge Decks"
- Okeil, A., ElSafty, A. (2005) "Partial Continuity in Bridge Girders with Jointless Decks"
- Mothe, R., Okeil, A. (2006) "Partial Continuity in Prestressed Concrete Girder Bridges with Jointless decks"
- Canales, M., Okeil, A. (2019) "Performance Study of Link Slab Continuity in Prestressed Concrete Bridges"
- Galicia, C., Canales, M. (2020) "Desempeño de Losas de Enlace en Continuidad Parcial; con Enfoque en Longitud de Tramos"
- Dubón, I., Canales, M. (2020) "Estudio Paramétrico de Losas de Enlace en Puentes Presforzados; con Enfoque en Número de Tramos"
- Maradiaga, O., Canales, M. (2020) "Efecto de la Fuerza de Frenado en Losas de Enlace en Puentes Presforzados"

Cabe recalcar que existen más investigaciones sobre el tema de losas de enlace, pero solamente se mencionan los estudios de la línea de investigación donde el autor se basó expresamente en la anterior inmediata.

X. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2012). *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ACI. (2008). *Guide for Modeling and calculating Shrinkage and Creep in Hardened Concrete*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Armas, C. (2016). *EFFECTOS DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Au, A., Lam, C., Au, J., & Tharmabala, B. (2013). *Eliminating Deck Joints Using Debonded Link Slabs: Research and Field Tests in Ontario*. Ontario: JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING.
- Burke, M. (2004). *Reducing Bridge Damage Caused By Pavement Forces*. Concrete International.
- Canales, M. (2019). *Performance Study of Link Slab Continuity in Prestressed Concrete Bridges*. Louisiana: LSU Doctoral Dissertations. 5026.
- Caner, A., Dogan, E., & Zia, P. (2002). *Seismic Performance of Multisimple-Span Bridges Retrofitted with Link Slabs*. Journal of Bridge Engineering.
- Chang, L.-M., & Lee, Y.-J. (2001). *Evaluation and Policy for Bridge Deck Expansion Joints*. West Lafayette: INDOT Research.
- Claros, E. (15 de Enero de 2020). *360 en concreto*. Obtenido de 360 en concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tecnologia-del-concreto/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto>
- Cook, R. (2009). *"Stiffness Evaluation of Neoprene Bearing Pads Under Long Term Loads."*. Florida: University of Florida.
- Díaz, E. G. (2011). *Estudio de retracción en un estructura real: estudio teórico y contrastación experimental*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- EISafty, A. (1994). *Analysis of Jointless Bridge Decks with Partially Debonded Simple Span Beams*. North Carolina: North Carolina University.

- El-Safty, A., & Okeil, A. (2008). *Extending the service life of bridges using continuous decks*. PCI Journal.
- Emerson, M. (1976). *Bridge temperature estimated from the shade temperature*. Crowthorne: TRRL Report SR 696.
- Eurocode 1. (2003). *Actions on structures - Part 1-5: General actions - Thermal actions*. Brussels: European Committee for Standardization.
- Eurocódigo2. (2004). *Design of concrete structures*. Bruselas: European Committee for Standardization .
- Fincher, H. (1983). *Evaluation of Rubber Expansion Joints for Bridges*. Washington D.C.: FHWA.
- Gastal, F., & Zia, P. (1989). *Analysis of Bridge Beams with Jointless Decks*. Suiza: International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE).
- Haikal, G., Ramirez, J., Jahanshahi, M., Villamizar, S., & Abdelaleim, O. (2019). *Link Slab Details and Materials*. Indiana: Joint Transportation Research Program.
- He, J., Wang, N., & Muraleetharan, K. ". (2019). *Temperature Effects in Bridge Condition*. Norman: Southern Plains Transportation Center.
- Ho, E., & Lukashenko, J. (2011). *LINK SLAB DECK JOINTS*. Edmonton: Annual Conference of the Transportation Association of Canada.
- Hossain, T. (2012). *GLOBAL AND LOCAL PERFORMANCE OF PRESTRESSED GIRDER BRIDGES WITH POSITIVE MOMENT CONTINUITY DETAIL*. Louisiana: LSU Doctoral Dissertations. 2.
- Huerta, M. (2014). *Conceptos de contracción y retracción*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Kuppa, S., & Roeder, C. (1991). *Thermal Movements in Bridges*. Final Report to NSF.
- LADOTD. (2005). *Bridge Design Manual*. Louisiana: STATE OF LOUISIANA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT.
- Manrique, E. S. (2004). *Guía para el diseño de puentes con vigas y losas*. Perú: Universidad de Piura.

Obtenido

de

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1364/ICI_112.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Maradiaga, O. (2020). *Efecto de la Fuerza de Frenado en Losas de Enlace en Puentes Presforzados*. Tegucigalpa.
- Monleón, S. (2017). *Diseño estructural de puentes*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Mothe, R. (2006). *Partial continuity in prestressed concrete girder bridges with jointless decks*. Louisiana: LSU Master's Theses. 818.
- Muñoz, E. (2012). *Ingeniería de Puentes, Tomo I*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Muscarella, J., & Yura, J. (1995). *AN EXPERIMENTAL STUDY OF ELASTOMERIC BRIDGE BEARINGS WITH DESIGN RECOMMENDATIONS*. Austin: Texas Department of Transportation Research and Technology Transfer Office. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/286c/0525b6051211a25f6aa2eacc61ffd06dab98.pdf?_ga=2.32535544.735206440.1596057550-1603054537.1595746864
- Neville, A. (1995). *Tecnología del Concreto*. DF: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Okeil, A. M., & ElSafty, A. (2005). *Partial Continuity in Bridge Girders with Jointless Decks*. U.S.: PRACTICE PERIODICAL ON STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION © ASCE.
- Palacios, M. (2012). *Introducción a Puentes*. Tegucigalpa: UNITEC.
- Parro. (19 de Agosto de 2020). *Diccionario de arquitectura y construcción*. Obtenido de Diccionario de arquitectura y construcción: <https://www.parro.com.ar/definicion-de-fuerza+axial#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20fuerza%20axial%20y%20conceptos%20relacionados&text=fuerza%20axial%3A%20Fuerza%20que%20act%C3%BAa,Tambi%C3%A9n%20llamada%20carga%20axial>.

- Pickett, E. (2017). *The Short and Long-Term Effects of Temperature and Strain on a Concrete Bulb-Tree Girder Bridge*. Utah: All Graduate Theses and Dissertations. 5811.
- Roeder, C. (2002). *Thermal Movement Design Procedure for Steel and Concrete Bridges*. Seattle: National Cooperative Highway Research Program NCHRP 20-07/106.
- Rojas, E. (2014). *Uniform Temperature Predictions and Temperature Gradient Effects on I-Girder and Box Girder Concrete Bridges*. Utah: All Graduate Theses and Dissertations. 2193.
- Saber, A., & Reddy, A. (2012). *Behavior of FRP Link Slabs in Jointless Bridge Decks*. Louisiana: Advances in Civil Engineering.
- Sánchez, M. (2015). *Efecto de las diversas tipologías de fibras en la retracción del hormigón de altas prestaciones de aplicación en elementos laminares para viviendas prefabricadas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Somenson, H. (2015). *Estudio y proyecto de puentes de hormigón armado*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Swayze, M. (1942). *Early concrete volume changes and their control*. J. Amer. Concr. Inst.
- Tejeda, A. (2018). *La humedad en la atmósfera*. Colima: Dirección general de publicaciones Universidad de Colima. Obtenido de http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf
- Thippeswamy, H. K., GangaRao, H. V., & Franco, J. M. (2002). *Performance Evaluation of Jointless Bridges*. Virginia: Journal of Bridge Engineering.
- Torres, E. (2013). *Diseño de puentes: interpretación del Código AASHTO*. (E. Abya-Yala, Ed.) Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/79871>
- Universofórmulas. (2020). *Universo Fórmulas*. Obtenido de Universo Fórmulas: <https://www.universoformulas.com/matematicas/analisis/variable-interviniente/#:~:text=La%20variable%20interviniente%20es%20una,variable%20extra%C3%B1a%20o%20variable%20desconcertante>.

- Wan-Wendner, R., & Bazant, Z. (2014). *Model B4: A Multidecade prediction model for creep and shrinkage*. USA: Life-Cycle of Structural Systems-Furuta, Frangopol & Akiyama(Eds).
- Zhao et al, J. (2012). *Study of Support Links Influence of Composite Bridges on Their Free Vibration Parameters*. Rusia: Bulletin of PNU.
- Zia, P., Caner, A., & ElSafty, A. (1995). *Jointless Bridge Decks*. North Carolina: North Carolina Department of Transportation.

ANEXOS

En esta sección se presenta información complementaria del desarrollo de la investigación, la cual incluye especificaciones de los modelos de predicción de deformación, parámetros de los modelos de líneas, tablas de resultados de los modelos de líneas con las deformaciones por efecto de temperatura uniforme y retracción del concreto, dimensionamiento de las vigas utilizadas en los modelos de líneas y las recomendaciones de asesoría técnica para el desarrollo de la investigación.

ESPECIFICACIONES DE TEMPERATURA UNIFORME AASHTO LRFD 2012

La sección 3.12.2 de las “Especificaciones de diseño para puentes de la AASHTO LRFD 2012” describe los procedimientos y las especificaciones para obtener la deformación por el efecto de temperatura uniforme.

3.12—FORCE EFFECTS DUE TO SUPERIMPOSED DEFORMATIONS: *TU, TG, SH, CR, SE, PS*

3.12.1—General

Internal force effects in a component due to creep and shrinkage shall be considered. The effect of a temperature gradient should be included where appropriate. Force effects resulting from resisting component deformation, displacement of points of load application, and support movements shall be included in the analysis.

3.12.2—Uniform Temperature

The design thermal movement associated with a uniform temperature change may be calculated using Procedure A or Procedure B below. Either Procedure A or Procedure B may be employed for concrete deck bridges having concrete or steel girders. Procedure A shall be employed for all other bridge types.

3.12.2.1—Temperature Range for Procedure A

The ranges of temperature shall be as specified in Table 3.12.2.1-1. The difference between the extended lower or upper boundary and the base construction temperature assumed in the design shall be used to calculate thermal deformation effects.

C3.12.2.1

Procedure A is the historic method that has been used for bridge design.

For these Specifications, a moderate climate may be determined by the number of freezing days per yr. If the number of freezing days is less than 14, the climate is considered to be moderate. Freezing days are days when the average temperature is less than 32°F.

3-134

AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS

The minimum and maximum temperatures specified in Table 3.12.2.1-1 shall be taken as $T_{MinDesign}$ and $T_{MaxDesign}$, respectively, in Eq. 3.12.2.3-1.

Although temperature changes in a bridge do not occur uniformly, bridges generally are designed for an assumed uniform temperature change. The orientation of bearing guides and the freedom of bearing movement is important. Sharp curvature and sharply skewed supports can cause excessive lateral thermal forces at supports if only tangential movement is permitted. Wide bridges are particularly prone to large lateral thermal forces because the bridge expands radially as well as longitudinally.

Table 3.12.2.1-1—Procedure A Temperature Ranges

Climate	Steel or Aluminum	Concrete	Wood
Moderate	0° to 120°F	10° to 80°F	10° to 75°F
Cold	-30° to 120°F	0° to 80°F	0° to 75°F

3.12.2.2—Temperature Range for Procedure B

The temperature range shall be defined as the difference between the maximum design temperature, $T_{MaxDesign}$, and the minimum design temperature, $T_{MinDesign}$.

C3.12.2.2

The Procedure B design was developed on the basis of the report *Thermal Movement Design Procedure for Steel and Concrete Bridges* (Roeder, 2002).

Segmento de las “Especificaciones de diseño para puentes AASHTO LRFD 2012”

página 133 y 134

For all concrete girder bridges with concrete decks, $T_{MaxDesign}$ shall be determined from the contours of Figure 3.12.2.2-1 and $T_{MinDesign}$ shall be determined from the contours of Figure 3.12.2.1-2. For steel girder bridges with concrete decks, $T_{MaxDesign}$ shall be determined from the contours of Figure 3.12.2.1-3 and $T_{MinDesign}$ shall be determined from the contours of Figure 3.12.2.1-4.

Procedure B is a calibrated procedure and does not cover all bridge types. The temperatures provided in the maps of Figures 3.12.2.1-1 to 3.12.2.1-4 are extreme bridge design temperatures for an average history of 70 yr with a minimum of 60 yr of data for locations throughout the U.S.

The design values for locations between contours should be determined by linear interpolation. As an alternative method, the largest adjacent contour may be used to define $T_{MaxDesign}$ and the smallest adjacent contour may be used to define $T_{MinDesign}$. Both the minimum and maximum design temperatures should be noted on the drawings for the girders, expansion joints, and bearings.

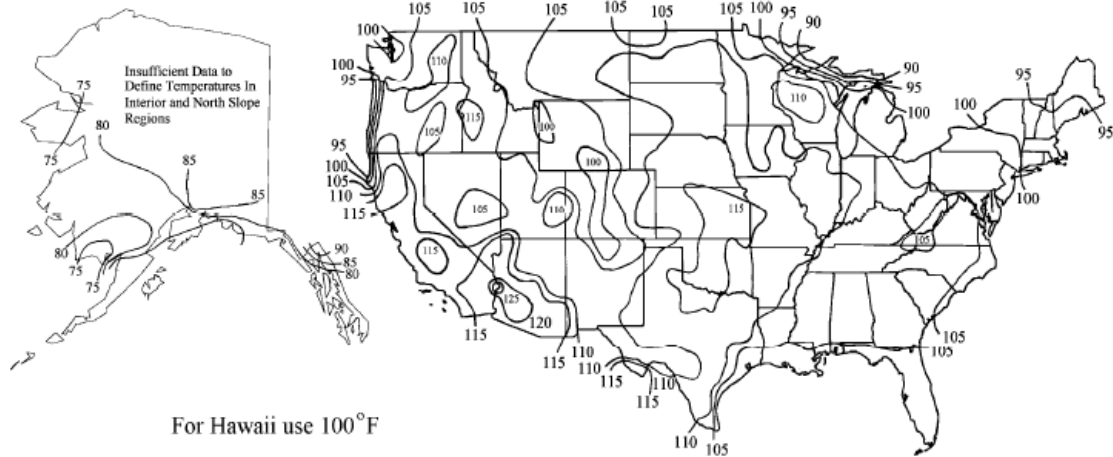


Figure 3.12.2.2-1—Contour Maps for $T_{MaxDesign}$ for Concrete Girder Bridges with Concrete Decks

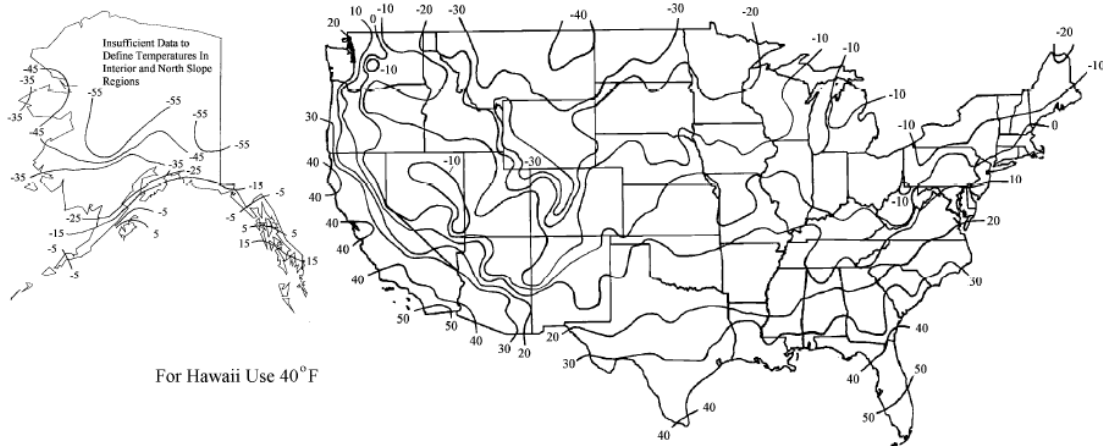


Figure 3.12.2.2-2—Contour Maps for $T_{MinDesign}$ for Concrete Girder Bridges with Concrete Decks

Segmento de las "Especificaciones de diseño para puentes AASHTO LRFD 2012"

página 134 y 135

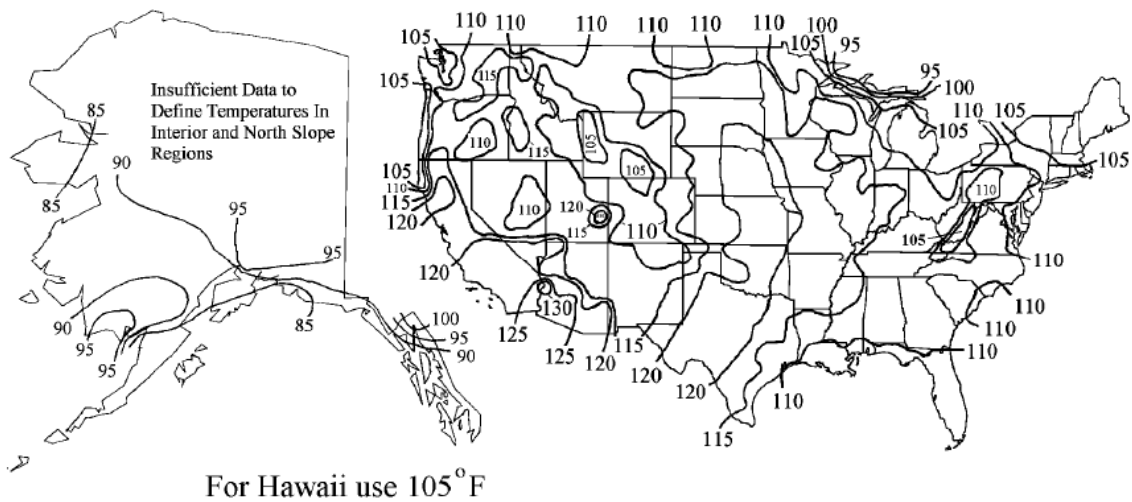


Figure 3.12.2.2-3—Contour Maps for $T_{MaxDesign}$ for Steel Girder Bridges with Concrete Decks

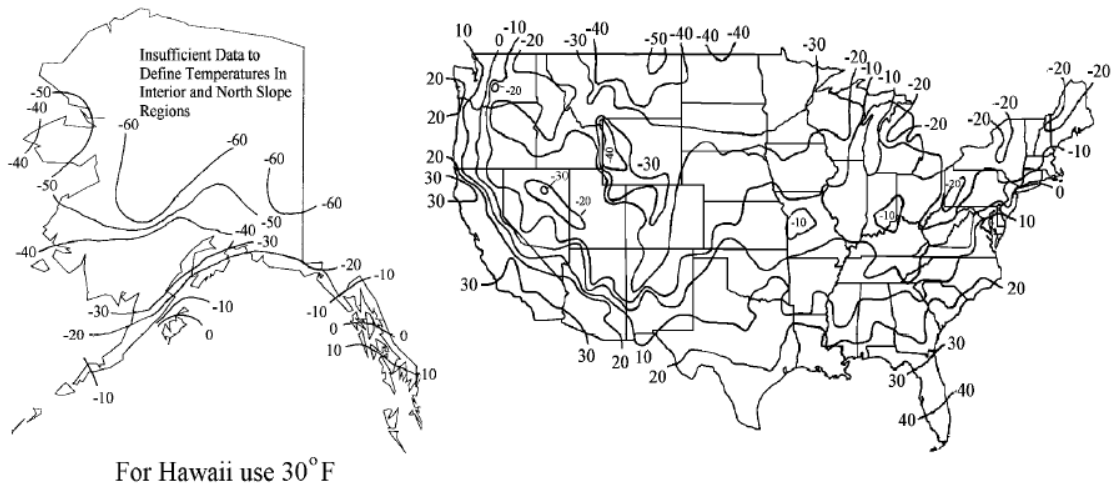


Figure 3.12.2.2-4—Contour Maps for $T_{MinDesign}$ for Steel Girder Bridges with Concrete Decks

3.12.2.3—Design Thermal Movements

The design thermal movement range, Δ_T , shall depend upon the extreme bridge design temperatures defined in Article 3.12.2.1 or 3.12.2.2, and be determined as:

$$\Delta_T = \alpha L (T_{MaxDesign} - T_{MinDesign}) \quad (3.12.2.3-1)$$

where:

L = expansion length (in.)

α = coefficient of thermal expansion (in./in./°F)

Segmento de las “Especificaciones de diseño para puentes AASHTO LRFD 2012”

página 135 y 136

ESPECIFICACIONES DE RETRACCIÓN DEL CONCRETO ACI 209.2R-08

El apéndice A del código ACI describe el modelo de la “Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08”, utilizado para predecir la deformación por retracción del concreto. En esta sección se muestran los parámetros a considerar y las ecuaciones a contemplar para condiciones estándar y no estándar.

209.2R-16

ACI COMMITTEE REPORT

Sakata, K., 1993, “Prediction of Concrete Creep and Shrinkage,” *Proceedings of 5th International RILEM Symposium (Concreep5)*, Barcelona, Spain, pp. 649-654.

Sakata, K.; Tsubaki, T.; Inoue, S.; and Ayano, T., 2001, “Prediction Equations of Creep and Drying Shrinkage for Wide-Range Strength Concrete,” *Proceedings of 6th International Conference CONCREEP-6@MIT*, pp. 753-758.

Sassone, M., and Chiorino, M. A., 2005, “Design Aids for the Evaluation of Creep Induced Structural Effects”, *Shrinkage and Creep of Concrete*, SP-227, D. J. Gardner and J. Weiss eds., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, pp. 239-259.

Videla, C., and Aguilar, C., 2005a, “Drying Shrinkage Prediction Model for Chilean Concretes,” *Revista Ingeniería de Construcción*, V. 20, No. 2, Aug., pp. 139-152.

Videla, C., and Aguilar, C., 2005b, “Effectiveness of Shrinkage-Reducing Admixtures on Portland Pozzolan Cement Concrete,” *Revista Materiales de Construcción*, V. 55, No. 278, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Spain, pp. 13-28.

Videla, C.; Covarrubias, J. P.; and Masana, C., 2004, “Updating Concrete Drying Shrinkage Prediction Models For Local Materials,” *ACI Materials Journal*, V. 101, No. 3, May-June, pp. 187-198.

Videla, C., and Gaedicke, C., 2004, “Modeling Portland Blast Furnace Slag Cement High Performance Concrete,” *ACI Materials Journal*, V. 101, No. 5, Sept.-Oct., pp. 365-375.

Wesche, K.; Schrage, I.; and von Berg, W., 1978, “Versuche zum Einfluss auf das Belastungsalter auf das Kriechen von Beton,” *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Heft 295, pp. 68-156.

Yue, L. L., and Taerwe, L., 1992, “Creep Recovery of Plain Concrete and its Mathematical Modelling,” *Magazine of Concrete Research*, V. 44, No. 161, Dec., pp. 281-290.

Yue, L. L., and Taerwe, L., 1993, “Two-Function Method for the Prediction of Concrete Creep under Decreasing Stress,” *Materials and Structures*, V. 26, pp. 268-273.

factors are applied to ultimate values. Because creep and shrinkage equations for any period are linear functions of the ultimate values, however, the correction factors in this procedure may be applied to short-term creep and shrinkage as well.

The recommended equations for predicting a creep coefficient and an unrestrained shrinkage strain at any time, including ultimate values, apply to normalweight, sand lightweight, and all lightweight concrete (using both moist and steam curing, and Types I and III cement) under the standard conditions summarized in **Table A.1**.

Required parameters:

- Age of concrete when drying starts, usually taken as the age at the end of moist curing (days);
- Age of concrete at loading (days);
- Curing method;
- Ambient relative humidity expressed as a decimal;
- Volume-surface ratio or average thickness (mm or in.);
- Concrete slump (mm or in.);
- Fine aggregate percentage (%);
- Cement content (kg/m³ or lb/yd³);
- Air content of the concrete expressed in percent (%); and
- Cement type

A.1.1 Shrinkage—The shrinkage strain $\epsilon_{sh}(t, t_c)$ at age of concrete t (days), measured from the start of drying at t_c (days), is calculated by Eq. (A-1)

$$\epsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(t - t_c)^\alpha}{f + (t - t_c)^\alpha} \cdot \epsilon_{shu} \quad (\text{A-1})$$

where f (in days) and α are considered constants for a given member shape and size that define the time-ratio part, ϵ_{shu} is the ultimate shrinkage strain, and $(t - t_c)$ is the time from the end of the initial curing.

Segmento de la “Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08” página 16

APPENDIX A—MODELS

A.1—ACI 209R-92 model

This is an empirical model developed by Branson and Christiason (1971), with minor modifications introduced in ACI 209R-82 (ACI Committee 209 1982). ACI Committee 209 incorporated the developed model in ACI 209R-92 (ACI Committee 209 1992).

The models for predicting creep and shrinkage strains as a function of time have the same principle: a hyperbolic curve that tends to an asymptotic value called the ultimate value. The form of these equations is thought to be convenient for design purposes, in which the concept of the ultimate (in time) value is modified by the time-ratio (time-dependent development) to yield the desired result. The shape of the curve and ultimate value depend on several factors, such as curing conditions, age at application of load, mixture proportioning, ambient temperature, and humidity.

The design approach presented for predicting creep and shrinkage refers to standard conditions and correction factors for other-than-standard conditions. The correction

For the standard conditions, in the absence of specific shrinkage data for local aggregates and conditions and at ambient relative humidity of 40%, the average value suggested for the ultimate shrinkage strain ϵ_{shu} , is

$$\epsilon_{shu} = 780 \times 10^{-6} \text{ mm/mm (in./in.)} \quad (\text{A-2})$$

For the time-ratio in Eq. (A-1), ACI 209R-92 recommends an average value for f of 35 and 55 for 7 days of moist curing and 1 to 3 days of steam curing, respectively, while an average value of 1.0 is suggested for α (flatter hyperbolic form). It should be noted that the time-ratio does not differentiate between drying, autogenous, and carbonation shrinkage. Also, it is independent of member shape and size, because f and α are considered as constant.

The shape and size effect can be totally considered on the time-ratio by replacing $\alpha = 1.0$, and f as given by Eq. (A-3), in Eq. (A-1), where V/S is the volume-surface ratio in mm or in.

MODELING AND CALCULATING SHRINKAGE AND CREEP IN HARDENED CONCRETE

209.2R-17

Table A.1—Factors affecting concrete creep and shrinkage and variables considered in recommended prediction method

Factors		Variables considered	Standard conditions	
Concrete (creep and shrinkage)	Concrete composition	Cement paste content	Type of cement	Type I and III
		Water-cement ratio	Slump	70 mm (2.7 in.)
		Mixture proportions	Air content	≤ 6%
		Aggregate characteristics	Fine aggregate percentage	50%
		Degrees of compaction	Cement content	279 to 446 kg/m ³ (470 to 752 lb/yd ³)
	Initial curing	Length of initial curing	Moist cured	7 days
			Steam cured	1 to 3 days
		Curing temperature	Moist cured	23.2 ± 2 °C (73.4 ± 4 °F)
			Steam cured	≤ 100 °C (≤ 212 °F)
	Curing humidity	Relative humidity	≥ 95%	
Member geometry and environment (creep and shrinkage)	Environment	Concrete temperature	23.2 ± 2 °C (73.4 ± 4 °F)	
		Concrete water content	Ambient relative humidity	40%
	Geometry	Size and shape	Volume-surface ratio or minimum thickness	V/S = 38 mm (1.5 in.) 150 mm (6 in.)
Loading (creep only)	Loading history	Concrete age at load application	Moist cured	7 days
			Steam cured	1 to 3 days
		During of loading period	Sustained load	Sustained load
		Duration of unloading period	—	—
	Number of load cycles	—	—	
	Stress conditions	Type of stress and distribution across the section	Compressive stress	Axial compression
		Stress/strength ratio	Stress/strength ratio	≤ 0.50

Segmento de la “Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08” página 16 y 17

$$f = 26.0e^{(1.42 \times 10^{-2}(V/S))} \quad \text{in SI units} \quad (\text{A-3})$$

$$f = 26.0e^{(0.36(V/S))} \quad \text{in in.-lb units}$$

For conditions other than the standard conditions, the average value of the ultimate shrinkage ϵ_{shu} (Eq. (A-2)) needs to be modified by correction factors. As shown in Eq. (A-4) and (A-5), ACI 209R-92 (ACI Committee 209 1992) suggests multiplying ϵ_{shu} by seven factors, depending on particular conditions

$$\epsilon_{shu} = 780\gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm/mm (in./in.)} \quad (\text{A-4})$$

with

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \gamma_{sh,RH} \gamma_{sh,vs} \gamma_{sh,c} \gamma_{sh,\alpha} \quad (\text{A-5})$$

where γ_{sh} represents the cumulative product of the applicable correction factors as defined as follows.

The initial moist curing coefficient $\gamma_{sh,tc}$ for curing times different from 7 days for moist-cured concrete, is given in Table A.2 or Eq. (A-6); for steam curing with a period of 1 to 3 days, $\gamma_{sh,tc} = 1$.

The $\gamma_{sh,cp}$ correction factors shown in Table A.2 for the initial moist curing duration variable can be obtained by linear regression analysis as given in Eq. (A-6)

$$\gamma_{sh,tc} = 1.202 - 0.2337 \log(t_c) \quad R^2 = 0.9987 \quad (\text{A-6})$$

209.2R-18

ACI COMMITTEE REPORT

Table A.2—Shrinkage correction factors for initial moist curing, $\gamma_{sh,tc}$, for use in Eq. (A-5), ACI 209R-92 model

Moist curing duration t_c , days	$\gamma_{sh,tc}$
1	1.2
3	1.1
7	1.0
14	0.93
28	0.86
90	0.75

correction factor values that are higher, as compared with the volume-surface ratio method.

For average thickness of member less than 150 mm (6 in.) or volume-surface ratio less than 37.5 mm (1.5 in.), use the factors given in Table A.3.

For average thickness of members greater than 150 mm (6 in.) and up to about 300 to 380 mm (12 to 15 in.), use Eq. (A-9) and (A-10).

During the first year drying, $(t - t_c) \leq 1$ year

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.0015d \quad \text{in SI units}$$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.006(V/S) \quad (\text{A-9})$$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.038d \quad \text{in in.-lb units}$$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.152(V/S)$$

The ambient relative humidity coefficient $\gamma_{sh,RH}$ is

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1.40 - 1.02h & \text{for } 0.40 \leq h \leq 0.80 \\ 3.00 - 3.0h & \text{for } 0.80 \leq h \leq 1 \end{cases} \quad (\text{A-7})$$

where the relative humidity h is in decimals.

For lower than 40% ambient relative humidity, values higher than 1.0 should be used for shrinkage $\gamma_{sh,RH}$. Because $\gamma_{sh,RH} = 0$ when $h = 100\%$, the ACI method does not predict swelling.

Coefficient $\gamma_{sh,vs}$ allows for the size of the member in terms of the volume-surface ratio, for members with volume-surface ratio other than 38 mm (1.5 in.), or average thickness other than 150 mm (6 in.). The average thickness d of a member is defined as four times the volume-surface ratio; that is $d = 4V/S$, which coincides with twice the actual thickness in the case of a slab

$$\gamma_{sh,vs} = 1.2e^{(-0.00472(V/S))} \quad \text{in SI units} \quad (\text{A-8})$$

$$\gamma_{sh,vs} = 1.2e^{(-0.12(V/S))} \quad \text{in in.-lb units}$$

where V is the specimen volume in mm^3 or in.^3 , and S is the specimen surface area in mm^2 or in.^2 .

Alternatively, the method also allows the use of the average-thickness method to account for the effect of member size on ϵ_{shu} . The average-thickness method tends to compute

Table A.3—Shrinkage correction factors for average thickness of members, $\gamma_{sh,d}$, for use in Eq. (A-5), ACI 209R-92 model

Average thickness of member d , mm (in.)	Volume/surface ratio V/S , mm (in.)	Shrinkage factor $\gamma_{sh,d}$
51 (2)	12.5 (0.50)	1.35
76 (3)	19 (0.75)	1.25
102 (4)	25 (1.00)	1.17
127 (5)	31 (1.25)	1.08
152 (6)	37.5 (1.50)	1.00

- Fine aggregate factor $\gamma_{sh,\psi}$, where ψ is the ratio of fine aggregate to total aggregate by weight expressed as percentage

$$\gamma_{sh,\psi} = 0.30 + 0.014\psi \quad \text{for } \psi \leq 50\%$$

$$\gamma_{sh,\psi} = 0.90 + 0.002\psi \quad \text{for } \psi > 50\% \quad (\text{A-12})$$

- Cement content factor $\gamma_{sh,c}$, where c is the cement content in kg/m^3 or lb/yd^3

$$\gamma_{sh,c} = 0.75 + 0.00061c \quad \text{in SI units} \quad (\text{A-13})$$

$$\gamma_{sh,c} = 0.75 + 0.00036c \quad \text{in in.-lb units}$$

- Air content factor $\gamma_{sh,\alpha}$, where α is the air content in percent

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0.95 + 0.008\alpha \geq 1 \quad (\text{A-14})$$

Segmento de la "Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08" página 17 y 18

For ultimate values, $(t - t_c) > 1$ year

$$\begin{aligned} \gamma_{sh,d} &= 1.17 - 0.00114d && \text{in SI units} \\ \gamma_{sh,d} &= 1.17 - 0.00456(V/S) \\ \gamma_{sh,d} &= 1.17 - 0.029d && \text{in in.-lb units} \\ \gamma_{sh,d} &= 1.23 - 0.116(V/S) \end{aligned} \quad (\text{A-10})$$

where $d = 4V/S$ is the average thickness (in mm or in.) of the part of the member under consideration.

For either method, however, γ_{sh} should not be taken less than 0.2. Also, use $\gamma_{sh}^{\epsilon_{shu}} \geq 100 \times 10^{-6}$ mm/mm (in./in.) if concrete is under seasonal wetting and drying cycles and $\gamma_{sh}^{\epsilon_{shu}} \geq 150 \times 10^{-6}$ mm/mm (in./in.) if concrete is under sustained drying conditions.

The correction factors that allow for the composition of the concrete are:

- Slump factor $\gamma_{sh,s}$, where s is the slump of fresh concrete (mm or in.)

$$\begin{aligned} \gamma_{sh,s} &= 0.89 + 0.00161s && \text{in SI units} \\ \gamma_{sh,s} &= 0.89 + 0.041s && \text{in in.-lb units} \end{aligned} \quad (\text{A-11})$$

These correction factors for concrete composition should be used only in connection with the average values suggested for $\epsilon_{shu} = 780 \times 10^{-6}$ mm/mm (in./in.). This average value for ϵ_{shu} should be used only in the absence of specific shrinkage data for local aggregates and conditions determined in accordance with ASTM C512.

A.1.2 Compliance—The compliance function $J(t, t_o)$ that represents the total stress-dependent strain by unit stress is given by

$$J(t, t_o) = \frac{1 + \phi(t, t_o)}{E_{cmto}} \quad (\text{A-15})$$

where E_{cmto} is the modulus of elasticity at the time of loading t_o (MPa or psi), and $\phi(t, t_o)$ is the creep coefficient as the ratio of the creep strain to the elastic strain at the start of loading at the age t_o (days).

a) *Modulus of elasticity*—The secant modulus of elasticity of concrete E_{cmto} at any time t_o of loading is given by

$$\begin{aligned} E_{cmto} &= 0.043\gamma_c^{1.5} \sqrt{f_{cmto}} \quad (\text{MPa}) \text{ in SI units} \\ E_{cmto} &= 33\gamma_c^{1.5} \sqrt{f_{cmto}} \quad (\text{psi}) \text{ in in.-lb units} \end{aligned} \quad (\text{A-16})$$

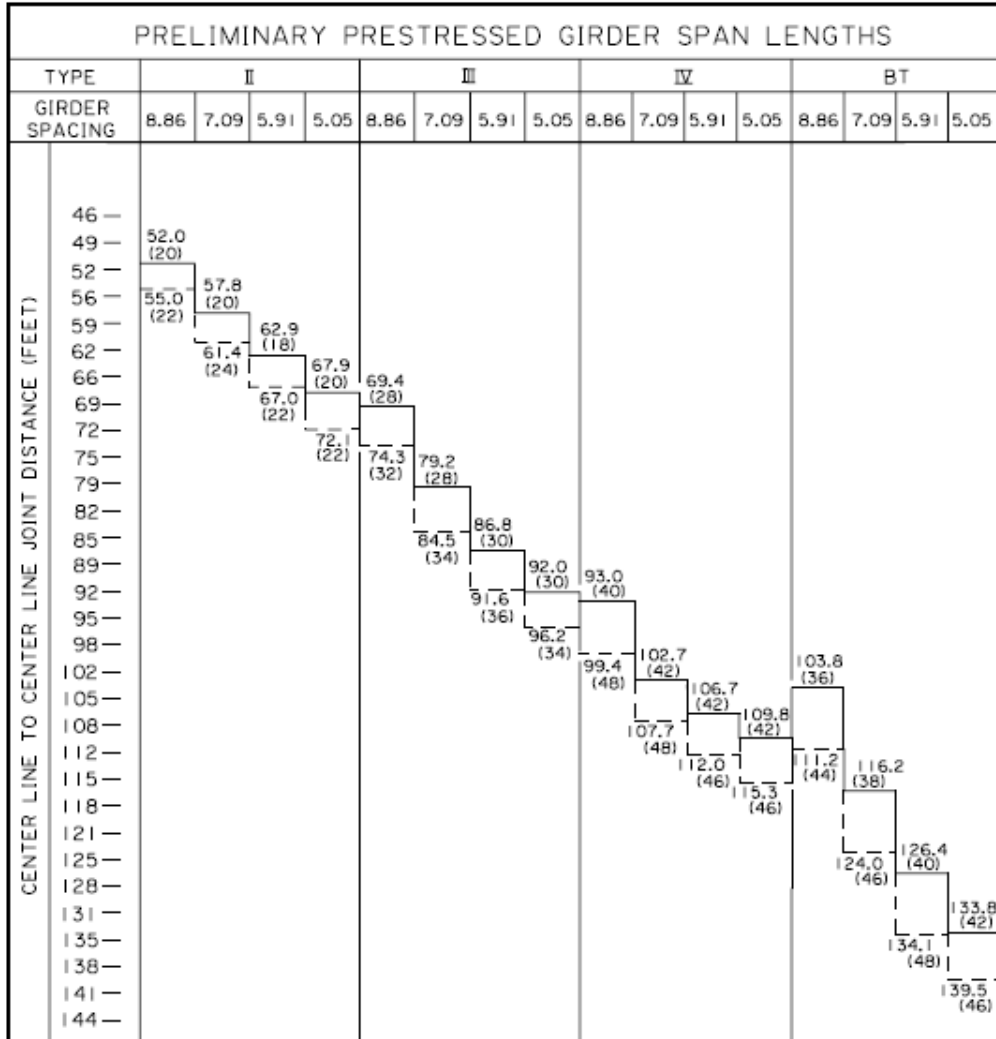
where γ_c is the unit weight of concrete (kg/m^3 or lb/ft^3), and f_{cmto} is the mean concrete compressive strength at the time of loading (MPa or psi).

Segmento de la “Guía para modelar y calcular retracción y fluencia en concreto endurecido ACI 209.2R-08” página 18

DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

A continuación, se muestran los espaciamientos y longitudes de vigas de concreto presforzado según su tipo del Manual de Diseño de Puentes de Louisiana.

Longitudes preliminares del tramo de vigas de concreto presforzadas



ASSUMPTIONS

1. 8" SLAB @ 3200 psi
2. 9" BEARING DISTANCE
3. HS 20-44 AND HST-18 LIVE LOAD
4. INTERIOR GIRDER SHOWN
5. BARRIER CARRIED BY EXTERIOR GIRDER EXCEPT FOR BT
6. 1/2" 270 GRADE STRANDS

— f'_c = 5300 psi

- - - f'_c = 6500 psi

(xx) NUMBER OF STRANDS

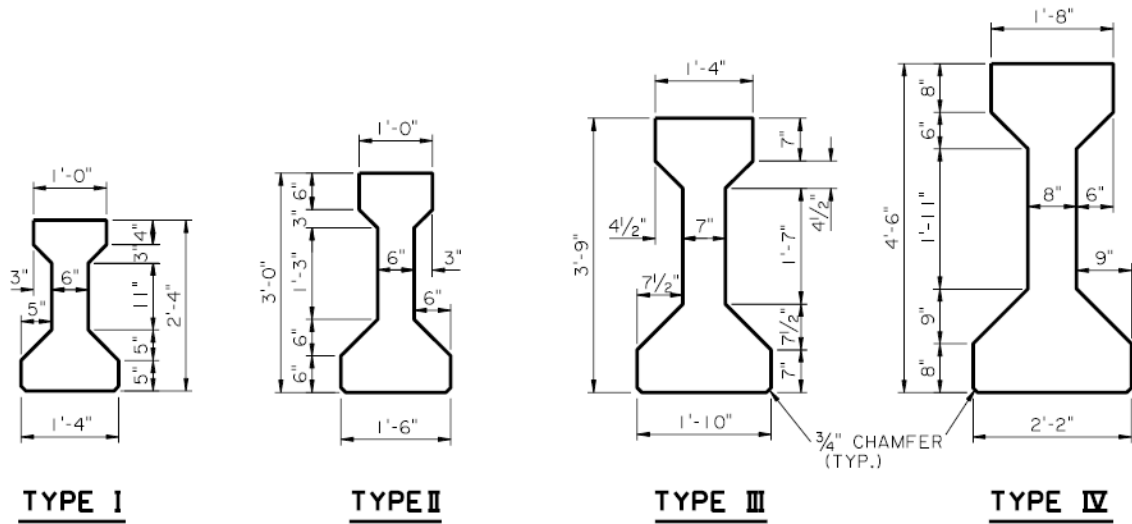
APPROXIMATE SPAN LIMITS

**CHART OF SPAN RANGE LIMIT FOR
PRECAST-PRESTRESSED GIRDERS**

Rev. 2/28/2003

Dimensiones y propiedades de las vigas presforzadas

A continuación, se muestran las dimensiones y propiedades de las secciones transversales de vigas de concreto presforzado según su tipo del Manual de Diseño de Puentes de Louisiana.



BEAM PROPERTIES							
		2" DIA. OPEN HOLE AT END AND INTERMEDIATE DIAPHRAGMS					
BEAM TYPE	AREA (in. ²)	"x" * (in.)	\bar{y} (in.)	MOMENT OF INERTIA (in. ⁴)	WEIGHT (lbs./ft.)	BOTTOM SECT. MOD. (in. ³)	TOP SECT. MOD. (in. ³)
I	276	12.5	12.59	22,750	288	1,805	1,307
II	369	16.5	15.83	50,980	384	3,220	2,527
III	559	21.0	20.27	125,390	583	6,186	5,070
IV	789	25.5	24.73	260,730	822	10,543	8,908

⊕ BASES ON CONCRETE DENSITY OF 150 LBS./FT.³

* THIS DIMENSION MAY BE ADJUSTED TO CLEAR DRAPED STRANDS WHEN NECESSARY. THIS DIMENSION IS TYPICALLY FOR ALL GIRDERS REGARDLESS OF ROADWAY CROWN.

⊗ INTERIOR GIRDERS ONLY.

⊕ NO DEDUCTION MADE FOR 3/4" CHAMFERS AT GIRDER BASE.

DIMENSIONS AND PROPERTIES

PRESTRESSED GIRDERS

I OF 2

SCALE: 1/2" = 1'

RESULTADOS DE LOS MODELOS EN CONDICIÓN DE APOYOS FIJOS

A continuación, se presentan las tablas de resultados para retracción a los 28, 84 y 140 días y temperatura uniforme para los modelos de líneas en condición de apoyos fijos.

Resultados de retracción a los 28 días en condición de apoyos fijos

Modelo	Retracción 28								(+)MTG	(-)MTG
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28		
F_0_6_1	-5.916	0	-5.764	-0.151	-0.153	6.069	0	0	44.998	-72.575
F_0_6_2	-8.536	0	-8.556	0.019	-0.019	8.556	0	0	65.651	-142.424
F_0_6_3	-13.839	0	-13.915	0.076	-0.076	13.915	0	0	96.671	-302.925
F_0_6_4	-5.866	0	-5.047	-0.819	-0.854	6.72	0	0	25.755	-90.83
F_0_6_5	-9.694	0	-8.31	-1.384	-1.503	11.197	0	0	29.563	-206.735
F_0_6_6	-13.726	0	-11.483	-2.243	-2.677	16.403	0	0	13.172	-383.164
F_0_6_7	-5.886	0	-3.871	-2.015	-2.488	8.374	0	0	-19.613	-163.089
F_0_6_8	-9.787	0	-6.449	-3.338	-4.149	13.936	0	0	-52.602	-335.201
F_0_6_9	-11.374	0	-7.182	-4.192	-5.847	17.221	0	0	-72.287	-400.705
F_0_6_10	-13.052	-14.969	-6.809	-6.243	-6.85	4.933	4.613	10.356	-67.368	-326.777
F_0_6_11	-19.408	-22.241	-10.151	-9.256	-9.748	6.914	6.836	15.405	-148.283	-621.342
F_0_6_12	-31.275	-36.028	-16.492	-14.782	-15.989	11.236	11.038	24.991	-314.876	-1217.939
F_0_6_13	-14.401	-16.967	-6.356	-8.044	-9.514	6.947	5.986	10.981	-147.657	-498.671
F_0_6_14	-22.741	-26.899	-10.059	-12.682	-15.217	11.059	9.495	17.404	-297.894	-954.54
F_0_6_15	-31.457	-37.607	-14.019	-17.439	-23.67	17.52	13.277	24.33	-464.687	-1514.575
F_0_6_16	-14.972	-17.962	-5.802	-9.17	-11.46	8.47	6.854	11.108	-179.324	-544.262
F_0_6_17	-20.529	-24.864	-8.006	-12.523	-17.054	12.719	9.486	15.378	-307.253	-900.041
F_0_6_18	-28.88	-34.933	-11.276	-17.604	-23.58	17.528	13.318	21.615	-493.156	-1457.039
F_0_7_1	-6.106	0	-6.098	-0.008	0.008	6.098	0	0	54.115	-67.242
F_0_7_2	-8.551	0	-8.557	0.006	-0.006	8.557	0	0	75.474	-132.964
F_0_7_3	-13.87	0	-13.919	0.049	-0.049	13.919	0	0	113.47	-287.019
F_0_7_4	-6.195	0	-5.165	-1.03	-1.186	7.381	0	0	20.361	-130.638
F_0_7_5	-10.472	0	-8.706	-1.766	-2.076	12.548	0	0	19.089	-283.28
F_0_7_6	-14.46	0	-12.381	-2.078	-2.291	16.751	0	0	49.134	-433.456
F_0_7_7	-6.065	0	-3.897	-2.168	-2.832	8.897	0	0	-18.534	-166.364
F_0_7_8	-9.802	0	-6.451	-3.351	-4.136	13.938	0	0	-44.831	-327.861
F_0_7_9	-12.564	0	-8.314	-4.249	-5.159	17.722	0	0	-62.239	-481.548
F_0_7_10	-13.929	-15.896	-7.244	-6.685	-6.894	4.927	4.898	10.998	-68.389	-345.231
F_0_7_11	-19.468	-22.272	-10.159	-9.31	-9.719	6.915	6.853	15.42	-137.503	-612.047
F_0_7_12	-31.401	-36.093	-16.508	-14.893	-15.93	11.238	11.072	25.021	-297.151	-1203.846
F_0_7_13	-14.436	-16.985	-6.361	-8.075	-9.496	6.947	5.995	10.99	-140.84	-492.709
F_0_7_14	-22.811	-26.933	-10.068	-12.743	-15.182	11.059	9.513	17.42	-286.902	-945.561
F_0_7_15	-34.071	-40.449	-15.126	-18.945	-23.863	17.485	14.275	26.173	-487.525	-1624.64
F_0_7_16	-15.009	-17.98	-5.806	-9.203	-11.441	8.47	6.864	11.117	-173.211	-539.064
F_0_7_17	-20.587	-24.891	-8.014	-12.573	-17.023	12.719	9.5	15.391	-298.547	-892.994
F_0_7_18	-28.96	-34.97	-11.287	-17.673	-23.538	17.527	13.338	21.633	-481.828	-1448.363
F_0_8_1	-6.108	0	-6.1	-0.008	0.008	6.1	0	0	54.13	-67.267

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
F_0_8_2	-8.835	0	-8.599	-0.236	-0.249	9.084	0	0	75.521	-139.828
F_0_8_3	-13.893	0	-13.921	0.029	-0.029	13.921	0	0	127.383	-273.763
F_0_8_4	-6.199	0	-5.166	-1.034	-1.183	7.382	0	0	23.617	-127.494
F_0_8_5	-10.485	0	-8.707	-1.778	-2.064	12.549	0	0	27.815	-274.937
F_0_8_6	-14.931	0	-12.45	-2.481	-2.856	17.787	0	0	48.867	-449.455
F_0_8_7	-6.069	0	-3.898	-2.171	-2.83	8.899	0	0	-16.088	-164.011
F_0_8_8	-10.1	0	-6.494	-3.606	-4.707	14.807	0	0	-45.103	-336.74
F_0_8_9	-12.926	0	-8.367	-4.56	-5.831	18.758	0	0	-63.684	-495.1
F_0_8_10	-13.945	-15.909	-7.246	-6.699	-6.894	4.931	4.903	11.006	-68.642	-345.807
F_0_8_11	-19.437	-22.315	-10.153	-9.283	-10.266	7.387	6.874	15.441	-130.34	-604.107
F_0_8_12	-31.382	-36.176	-16.502	-14.88	-16.797	12.003	11.115	25.061	-279.649	-1185.815
F_0_8_13	-14.398	-17.015	-6.355	-8.043	-10.037	7.42	6.01	11.004	-136.005	-486.953
F_0_8_14	-22.77	-26.988	-10.061	-12.709	-16.027	11.81	9.541	17.447	-275.524	-933.012
F_0_8_15	-34.153	-40.488	-15.136	-19.017	-23.82	17.486	14.296	26.192	-474.59	-1614.447
F_0_8_16	-16.614	-19.946	-6.428	-10.185	-12.883	9.551	7.617	12.33	-235.667	-715.387
F_0_8_17	-20.629	-24.911	-8.019	-12.61	-17	12.719	9.51	15.4	-291.23	-886.901
F_0_8_18	-29.02	-34.998	-11.294	-17.726	-23.506	17.527	13.352	21.646	-472.139	-1440.685
F_36_6_1	-5.397	0	-5.279	-0.117	-0.118	5.514	0	0	41.626	-65.631
F_36_6_2	-7.682	0	-7.516	-0.166	-0.208	7.89	0	0	53.206	-134.05
F_36_6_3	-12.46	0	-12.834	0.375	0.234	12.226	0	0	97.941	-261.834
F_36_6_4	-4.316	0	-4.269	-0.047	-0.05	4.366	0	0	34.614	-51.169
F_36_6_5	-7.022	0	-7.055	0.034	0.006	7.016	0	0	54.576	-116.578
F_36_6_6	-12.026	0	-10.116	-1.911	-2.239	14.265	0	0	13.496	-333.767
F_36_6_7	-5.366	0	-3.494	-1.872	-2.377	7.743	0	0	-18.996	-149.789
F_36_6_8	-8.924	0	-5.821	-3.103	-3.963	12.888	0	0	-50.082	-307.771
F_36_6_9	-8.048	0	-6.147	-1.901	-2.707	10.755	0	0	-13.178	-245.573
F_36_6_10	-11.98	-13.724	-6.241	-5.739	-6.224	4.48	4.231	9.493	-62.093	-300.201
F_36_6_11	-16.964	-19.498	-8.874	-8.09	-8.95	6.416	6.002	13.497	-129.596	-543.094
F_36_6_12	-29.025	-33.401	-15.277	-13.748	-14.787	10.411	10.24	23.161	-293.259	-1131.346
F_36_6_13	-12.808	-15.131	-5.655	-7.153	-8.765	6.442	5.342	9.789	-131.271	-443.477
F_36_6_14	-20.242	-23.998	-8.952	-11.291	-14.012	10.256	8.478	15.519	-265.242	-849.743
F_36_6_15	-27.837	-36.332	-13.012	-14.825	-19.382	10.887	12.918	23.414	-385.893	-1314.965
F_36_6_16	-13.322	-16.017	-5.162	-8.159	-10.466	7.771	6.115	9.902	-159.561	-484.277
F_36_6_17	-16.968	-22.852	-6.986	-9.982	-13.878	7.993	8.774	14.078	-240.813	-730.758
F_36_6_18	-21.906	-29.728	-9.061	-12.845	-18.768	10.946	11.417	18.311	-352.866	-1083.979
F_36_7_1	-5.543	0	-5.536	-0.007	0.007	5.536	0	0	49.148	-61.026
F_36_7_2	-7.919	0	-7.925	0.005	-0.005	7.925	0	0	69.883	-123.151
F_36_7_3	-12.849	0	-12.891	0.042	-0.042	12.891	0	0	104.995	-266.006
F_36_7_4	-5.656	0	-4.872	-0.785	-0.836	6.492	0	0	23.759	-114.11
F_36_7_5	-9.25	0	-7.74	-1.509	-1.742	10.992	0	0	18.734	-248.346
F_36_7_6	-13.061	0	-10.965	-2.096	-2.404	15.465	0	0	34.986	-400.923
F_36_7_7	-5.372	0	-3.495	-1.877	-2.372	7.744	0	0	-14.976	-145.908
F_36_7_8	-8.937	0	-5.823	-3.114	-3.952	12.889	0	0	-43.04	-301.086
F_36_7_9	-10.908	0	-6.976	-3.932	-5.248	16.156	0	0	-64.448	-428.495

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
F_36_7_10	-12.661	-14.442	-6.577	-6.084	-6.257	4.476	4.452	9.99	-62.379	-314.017
F_36_7_11	-18.05	-20.638	-9.408	-8.642	-8.995	6.407	6.353	14.286	-127.848	-567.82
F_36_7_12	-29.133	-33.456	-15.29	-13.843	-14.736	10.413	10.27	23.187	-276.645	-1117.863
F_36_7_13	-13.738	-16.127	-6.043	-7.695	-8.821	6.431	5.692	10.435	-134.358	-469.217
F_36_7_14	-20.298	-24.025	-8.959	-11.339	-13.983	10.257	8.493	15.532	-255.306	-841.415
F_36_7_15	-27.92	-36.373	-13.022	-14.897	-19.34	10.887	12.94	23.433	-372.562	-1304.375
F_36_7_16	-13.352	-16.031	-5.166	-8.186	-10.451	7.772	6.122	9.908	-154.051	-479.495
F_36_7_17	-18.534	-22.436	-7.211	-11.323	-15.57	11.668	8.567	13.869	-268.899	-804.082
F_36_7_18	-21.96	-29.753	-9.068	-12.892	-18.739	10.946	11.43	18.323	-343.476	-1076.38
F_36_8_1	-5.68	0	-5.558	-0.122	-0.113	5.793	0	0	47.045	-65.843
F_36_8_2	-7.927	0	-7.926	-0.001	0.001	7.926	0	0	74.882	-118.329
F_36_8_3	-12.868	0	-12.893	0.025	-0.025	12.893	0	0	117.918	-253.649
F_36_8_4	-5.817	0	-4.895	-0.922	-1.03	6.848	0	0	23.776	-118.02
F_36_8_5	-9.84	0	-8.251	-1.589	-1.802	11.641	0	0	29.13	-254.995
F_36_8_6	-13.076	0	-10.967	-2.109	-2.391	15.467	0	0	45.593	-390.817
F_36_8_7	-5.72	0	-3.739	-1.981	-2.459	8.18	0	0	-12.945	-152.376
F_36_8_8	-8.946	0	-5.824	-3.122	-3.945	12.89	0	0	-37.207	-295.515
F_36_8_9	-10.918	0	-6.977	-3.94	-5.239	16.157	0	0	-57.71	-422.091
F_36_8_10	-12.64	-14.463	-6.574	-6.067	-6.53	4.707	4.461	10.002	-62.052	-313.277
F_36_8_11	-18.082	-20.656	-9.412	-8.671	-8.982	6.408	6.362	14.294	-122.413	-563.173
F_36_8_12	-29.213	-33.497	-15.299	-13.914	-14.699	10.415	10.292	23.206	-262.693	-1106.23
F_36_8_13	-13.757	-16.138	-6.046	-7.711	-8.813	6.433	5.698	10.44	-130.837	-466.164
F_36_8_14	-20.339	-24.044	-8.964	-11.375	-13.962	10.257	8.503	15.541	-246.979	-834.274
F_36_8_15	-27.982	-36.404	-13.03	-14.952	-19.308	10.887	12.956	23.447	-361.192	-1295.091
F_36_8_16	-13.867	-16.708	-5.368	-8.499	-11.21	8.369	6.385	10.324	-196.601	-597.004
F_36_8_17	-18.569	-22.452	-7.216	-11.353	-15.551	11.668	8.575	13.877	-262.227	-798.405
F_36_8_18	-23.743	-31.815	-9.747	-13.996	-18.989	10.917	12.215	19.599	-364	-1156.417
F_73_6_1	-3.253	0	-3.252	-0.002	0.002	3.252	0	0	27.049	-37.611
F_73_6_2	-4.544	0	-4.552	0.008	-0.008	4.552	0	0	34.882	-75.878
F_73_6_3	-7.376	0	-7.408	0.033	-0.033	7.408	0	0	51.237	-161.735
F_73_6_4	-3.824	0	-3.831	0.008	0.012	3.812	0	0	32.057	-43.942
F_73_6_5	-6.175	0	-6.146	-0.029	-0.057	6.232	0	0	46.127	-104.386
F_73_6_6	-8.663	0	-8.621	-0.042	-0.127	8.79	0	0	57.315	-192.827
F_73_6_7	-3.789	0	-3.008	-0.781	-0.993	4.782	0	0	3.881	-88.476
F_73_6_8	-5.988	0	-4.738	-1.25	-1.626	7.614	0	0	-3.924	-176.82
F_73_6_9	-7.066	0	-5.531	-1.535	-2.052	9.118	0	0	-6.781	-210.808
F_73_6_10	-7.607	-8.828	-3.697	-3.91	-4.019	2.798	2.788	6.041	-46.916	-198.11
F_73_6_11	-10.609	-12.346	-5.173	-5.436	-5.654	3.917	3.895	8.451	-93.082	-351.677
F_73_6_12	-17.147	-20.046	-8.415	-8.732	-9.269	6.371	6.313	13.733	-195.008	-690.138
F_73_6_13	-10.687	-13.718	-4.935	-5.752	-6.817	3.786	4.876	8.841	-102.612	-363.096
F_73_6_14	-15.923	-20.661	-7.387	-8.536	-10.781	6.043	7.357	13.304	-196.311	-656.09
F_73_6_15	-23.331	-30.446	-10.88	-12.451	-16.326	9.211	10.836	19.609	-324.484	-1103.155
F_73_6_16	-10.322	-13.821	-4.224	-6.098	-8.239	4.74	5.311	8.51	-116.465	-368.073
F_73_6_17	-14.541	-19.558	-5.974	-8.567	-11.834	6.816	7.513	12.045	-206.819	-626.681

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
F_73_6_18	-18.7	-25.468	-7.738	-10.962	-16.418	9.65	9.788	15.68	-301.107	-925.221
F_73_7_1	-3.32	0	-3.259	-0.061	-0.056	3.375	0	0	27.801	-38.178
F_73_7_2	-4.651	0	-4.563	-0.088	-0.097	4.748	0	0	38.023	-75.343
F_73_7_3	-7.388	0	-7.409	0.021	-0.021	7.409	0	0	60.255	-153.085
F_73_7_4	-4.927	0	-4.101	-0.826	-0.955	5.881	0	0	15.976	-104.112
F_73_7_5	-6.747	0	-6.683	-0.064	-0.108	6.855	0	0	51.963	-142.862
F_73_7_6	-9.206	0	-9.315	0.109	0.071	9.135	0	0	92.806	-214.434
F_73_7_7	-3.793	0	-3.008	-0.784	-0.989	4.782	0	0	7.366	-85.081
F_73_7_8	-6.116	0	-4.756	-1.36	-1.828	7.944	0	0	-0.972	-177.573
F_73_7_9	-7.427	0	-5.688	-1.739	-2.43	9.857	0	0	-3.595	-251.461
F_73_7_10	-7.599	-8.838	-3.696	-3.903	-4.152	2.913	2.792	6.046	-44.66	-195.694
F_73_7_11	-10.602	-12.362	-5.172	-5.43	-5.859	4.099	3.903	8.459	-86.817	-345.232
F_73_7_12	-17.146	-20.077	-8.414	-8.732	-9.597	6.667	6.329	13.748	-184.413	-679.518
F_73_7_13	-10.655	-13.744	-4.93	-5.726	-7.053	3.964	4.89	8.854	-96.17	-355.893
F_73_7_14	-16.852	-21.812	-7.804	-9.048	-11.273	6.314	7.768	14.044	-198.442	-685.049
F_73_7_15	-24.624	-32.049	-11.462	-13.162	-17.013	9.588	11.409	20.641	-329.594	-1151.43
F_73_7_16	-10.343	-13.831	-4.227	-6.116	-8.228	4.74	5.317	8.515	-111.881	-363.996
F_73_7_17	-14.498	-19.598	-5.967	-8.531	-12.221	7.122	7.533	12.065	-198.311	-616.951
F_73_7_18	-19.964	-26.928	-8.217	-11.747	-16.593	9.629	10.345	16.583	-313.429	-979.729
F_73_8_1	-3.32	0	-3.259	-0.061	-0.056	3.376	0	0	27.804	-38.186
F_73_8_2	-4.76	0	-4.76	0	0	4.76	0	0	44.968	-71.055
F_73_8_3	-7.561	0	-7.728	0.167	0.134	7.427	0	0	75.066	-143.271
F_73_8_4	-5.064	0	-4.299	-0.765	-0.837	5.902	0	0	21.97	-101.475
F_73_8_5	-6.754	0	-6.684	-0.07	-0.101	6.855	0	0	58.745	-136.277
F_73_8_6	-9.415	0	-9.345	-0.07	-0.112	9.527	0	0	96.519	-217.709
F_73_8_7	-3.795	0	-3.009	-0.786	-0.988	4.782	0	0	9.275	-83.221
F_73_8_8	-6.316	0	-5.013	-1.303	-1.648	7.964	0	0	7.928	-174.446
F_73_8_9	-7.433	0	-5.689	-1.744	-2.425	9.858	0	0	1.959	-246.108
F_73_8_10	-7.605	-8.842	-3.697	-3.908	-4.151	2.914	2.794	6.048	-44.762	-195.913
F_73_8_11	-11.125	-12.919	-5.411	-5.714	-5.89	4.096	4.079	8.841	-88.144	-359.323
F_73_8_12	-18.003	-20.983	-8.804	-9.199	-9.641	6.661	6.615	14.369	-185.581	-705.411
F_73_8_13	-11.288	-14.451	-5.199	-6.088	-7.119	3.956	5.139	9.312	-99.275	-374.418
F_73_8_14	-16.884	-21.827	-7.808	-9.076	-11.257	6.314	7.776	14.051	-191.091	-678.617
F_73_8_15	-24.673	-32.073	-11.468	-13.205	-16.988	9.588	11.421	20.652	-319.412	-1142.873
F_73_8_16	-12.022	-14.487	-4.65	-7.372	-9.748	7.283	5.537	8.95	-170.591	-517.726
F_73_8_17	-15.475	-20.72	-6.336	-9.139	-12.351	7.106	7.961	12.759	-206.296	-653.136
F_73_8_18	-19.998	-26.944	-8.221	-11.777	-16.575	9.629	10.354	16.59	-306.085	-973.502

Fuente: elaboración propia

Resultados de retracción a los 84 días en condición de apoyos fijos

Modelo	Retracción 84									
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
F_0_6_1	-10.845	0	-10.568	-0.277	-0.281	11.127	0	0	82.497	-133.054
F_0_6_2	-15.65	0	-15.685	0.035	-0.035	15.685	0	0	120.361	-261.112
F_0_6_3	-25.371	0	-25.511	0.14	-0.14	25.511	0	0	177.231	-555.363
F_0_6_4	-10.754	0	-9.253	-1.501	-1.565	12.319	0	0	47.218	-166.521
F_0_6_5	-17.773	0	-15.235	-2.538	-2.756	20.529	0	0	54.2	-379.014
F_0_6_6	-25.164	0	-21.051	-4.113	-4.907	30.071	0	0	24.148	-702.467
F_0_6_7	-10.791	0	-7.098	-3.694	-4.561	15.352	0	0	-35.958	-298.996
F_0_6_8	-17.943	0	-11.823	-6.119	-7.607	25.55	0	0	-96.437	-614.535
F_0_6_9	-20.852	0	-13.167	-7.685	-10.72	31.571	0	0	-132.526	-734.626
F_0_6_10	-23.929	-27.442	-12.484	-11.445	-12.558	9.044	8.457	18.985	-123.508	-599.09
F_0_6_11	-35.58	-40.776	-18.611	-16.97	-17.871	12.676	12.533	28.243	-271.852	-1139.126
F_0_6_12	-57.337	-66.052	-30.236	-27.101	-29.314	20.599	20.236	45.816	-577.273	-2232.888
F_0_6_13	-26.401	-31.107	-11.653	-14.748	-17.442	12.736	10.974	20.133	-270.704	-914.23
F_0_6_14	-41.692	-49.315	-18.442	-23.25	-27.897	20.274	17.408	31.907	-546.139	-1749.99
F_0_6_15	-57.672	-68.946	-25.701	-31.971	-43.394	32.12	24.342	44.605	-851.926	-2776.721
F_0_6_16	-27.448	-32.931	-10.636	-16.812	-21.01	15.528	12.566	20.365	-328.762	-997.815
F_0_6_17	-37.637	-45.584	-14.678	-22.959	-31.265	23.318	17.391	28.193	-563.297	-1650.074
F_0_6_18	-52.947	-64.044	-20.673	-32.274	-43.231	32.134	24.416	39.628	-904.12	-2671.237
F_0_7_1	-11.194	0	-11.179	-0.015	0.015	11.179	0	0	99.211	-123.278
F_0_7_2	-15.677	0	-15.689	0.011	-0.011	15.689	0	0	138.37	-243.768
F_0_7_3	-25.428	0	-25.518	0.09	-0.09	25.518	0	0	208.028	-526.202
F_0_7_4	-11.357	0	-9.469	-1.888	-2.175	13.532	0	0	37.329	-239.502
F_0_7_5	-19.198	0	-15.96	-3.238	-3.806	23.004	0	0	34.996	-519.347
F_0_7_6	-26.509	0	-22.699	-3.81	-4.2	30.71	0	0	90.079	-794.669
F_0_7_7	-11.119	0	-7.145	-3.974	-5.193	16.311	0	0	-33.98	-305
F_0_7_8	-17.97	0	-11.827	-6.144	-7.583	25.553	0	0	-82.19	-601.079
F_0_7_9	-23.033	0	-15.243	-7.79	-9.458	32.491	0	0	-114.106	-882.838
F_0_7_10	-25.537	-29.143	-13.28	-12.257	-12.639	9.033	8.979	20.164	-125.38	-632.924
F_0_7_11	-35.692	-40.833	-18.624	-17.068	-17.819	12.678	12.563	28.269	-252.089	-1122.087
F_0_7_12	-57.568	-66.17	-30.264	-27.304	-29.206	20.604	20.298	45.872	-544.777	-2207.052
F_0_7_13	-26.465	-31.138	-11.661	-14.804	-17.41	12.737	10.991	20.147	-258.207	-903.301
F_0_7_14	-41.82	-49.377	-18.458	-23.362	-27.833	20.276	17.44	31.937	-525.987	-1733.529
F_0_7_15	-62.463	-74.156	-27.731	-34.732	-43.749	32.056	26.171	47.985	-893.796	-2978.507
F_0_7_16	-27.517	-32.964	-10.645	-16.872	-20.975	15.528	12.583	20.38	-317.553	-988.284
F_0_7_17	-37.743	-45.633	-14.691	-23.051	-31.209	23.318	17.417	28.217	-547.335	-1637.156
F_0_7_18	-53.093	-64.112	-20.692	-32.401	-43.153	32.134	24.452	39.66	-883.352	-2655.333
F_0_8_1	-11.198	0	-11.182	-0.016	0.016	11.182	0	0	99.239	-123.322
F_0_8_2	-16.197	0	-15.765	-0.432	-0.456	16.654	0	0	138.455	-256.351
F_0_8_3	-25.47	0	-25.523	0.053	-0.053	25.523	0	0	233.536	-501.899
F_0_8_4	-11.366	0	-9.47	-1.895	-2.169	13.534	0	0	43.297	-233.739
F_0_8_5	-19.222	0	-15.963	-3.259	-3.785	23.007	0	0	50.994	-504.052
F_0_8_6	-27.374	0	-22.824	-4.549	-5.235	32.609	0	0	89.589	-824.002

	Retracción 84									
Modelo	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
F_0_8_7	-11.126	0	-7.146	-3.98	-5.188	16.314	0	0	-29.495	-300.687
F_0_8_8	-18.517	0	-11.905	-6.612	-8.63	27.147	0	0	-82.689	-617.357
F_0_8_9	-23.698	0	-15.339	-8.359	-10.691	34.389	0	0	-116.754	-907.684
F_0_8_10	-25.567	-29.166	-13.285	-12.282	-12.639	9.04	8.989	20.177	-125.844	-633.98
F_0_8_11	-35.634	-40.911	-18.614	-17.019	-18.82	13.543	12.603	28.308	-238.957	-1107.529
F_0_8_12	-57.534	-66.323	-30.254	-27.28	-30.794	22.005	20.378	45.946	-512.689	-2173.994
F_0_8_13	-26.396	-31.193	-11.65	-14.746	-18.401	13.604	11.019	20.175	-249.343	-892.747
F_0_8_14	-41.745	-49.477	-18.445	-23.3	-29.383	21.651	17.492	31.986	-505.127	-1710.522
F_0_8_15	-62.614	-74.227	-27.749	-34.864	-43.671	32.057	26.209	48.018	-870.082	-2959.82
F_0_8_16	-30.458	-36.569	-11.785	-18.673	-23.619	17.509	13.964	22.605	-432.057	-1311.543
F_0_8_17	-37.82	-45.669	-14.701	-23.119	-31.167	23.319	17.436	28.234	-533.922	-1625.985
F_0_8_18	-53.204	-64.164	-20.706	-32.498	-43.093	32.133	24.479	39.685	-865.589	-2641.256
F_36_6_1	-9.894	0	-9.678	-0.215	-0.216	10.11	0	0	76.314	-120.324
F_36_6_2	-14.084	0	-13.779	-0.305	-0.381	14.465	0	0	97.545	-245.758
F_36_6_3	-22.843	0	-23.53	0.687	0.428	22.415	0	0	179.559	-480.028
F_36_6_4	-7.913	0	-7.827	-0.086	-0.091	8.004	0	0	63.459	-93.81
F_36_6_5	-12.873	0	-12.935	0.062	0.011	12.863	0	0	100.056	-213.726
F_36_6_6	-22.048	0	-18.545	-3.503	-4.104	26.153	0	0	24.743	-611.906
F_36_6_7	-9.837	0	-6.406	-3.431	-4.358	14.196	0	0	-34.826	-274.613
F_36_6_8	-16.361	0	-10.672	-5.689	-7.266	23.627	0	0	-91.817	-564.246
F_36_6_9	-14.755	0	-11.269	-3.486	-4.963	19.718	0	0	-24.16	-450.217
F_36_6_10	-21.964	-25.161	-11.442	-10.522	-11.411	8.214	7.756	17.404	-113.838	-550.369
F_36_6_11	-31.101	-35.747	-16.269	-14.832	-16.409	11.762	11.003	24.744	-237.593	-995.672
F_36_6_12	-53.212	-61.236	-28.007	-25.205	-27.11	19.087	18.774	42.461	-537.642	-2074.134
F_36_6_13	-23.482	-27.741	-10.368	-13.114	-16.069	11.81	9.794	17.947	-240.664	-813.041
F_36_6_14	-37.111	-43.996	-16.412	-20.699	-25.688	18.803	15.544	28.452	-486.277	-1557.862
F_36_6_15	-51.035	-66.609	-23.855	-27.18	-35.533	19.959	23.684	42.925	-707.471	-2410.769
F_36_6_16	-24.423	-29.364	-9.464	-14.959	-19.189	14.248	11.211	18.153	-292.529	-887.842
F_36_6_17	-31.108	-41.896	-12.807	-18.301	-25.442	14.654	16.086	25.81	-441.491	-1339.723
F_36_6_18	-40.161	-54.501	-16.612	-23.549	-34.408	20.068	20.93	33.57	-646.92	-1987.295
F_36_7_1	-10.163	0	-10.15	-0.013	0.013	10.15	0	0	90.104	-111.88
F_36_7_2	-14.519	0	-14.528	0.01	-0.01	14.528	0	0	128.119	-225.778
F_36_7_3	-23.556	0	-23.633	0.077	-0.077	23.633	0	0	192.491	-487.677
F_36_7_4	-10.37	0	-8.931	-1.438	-1.532	11.902	0	0	43.558	-209.201
F_36_7_5	-16.957	0	-14.191	-2.767	-3.194	20.151	0	0	34.346	-455.301
F_36_7_6	-23.945	0	-20.102	-3.843	-4.408	28.353	0	0	64.141	-735.025
F_36_7_7	-9.848	0	-6.408	-3.44	-4.349	14.197	0	0	-27.456	-267.498
F_36_7_8	-16.384	0	-10.675	-5.709	-7.246	23.63	0	0	-78.907	-551.991
F_36_7_9	-19.998	0	-12.79	-7.208	-9.622	29.62	0	0	-118.155	-785.574
F_36_7_10	-23.212	-26.477	-12.057	-11.155	-11.471	8.206	8.161	18.316	-114.361	-575.699
F_36_7_11	-33.092	-37.837	-17.247	-15.844	-16.49	11.745	11.647	26.19	-234.387	-1041.003
F_36_7_12	-53.411	-61.337	-28.031	-25.38	-27.017	19.091	18.828	42.509	-507.182	-2049.416
F_36_7_13	-25.186	-29.567	-11.079	-14.107	-16.171	11.791	10.436	19.131	-246.323	-860.231
F_36_7_14	-37.213	-44.045	-16.424	-20.789	-25.636	18.804	15.57	28.476	-468.06	-1542.594

	Retracción 84									
Modelo	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
F_36_7_15	-51.186	-66.684	-23.874	-27.311	-35.457	19.959	23.723	42.96	-683.03	-2391.355
F_36_7_16	-24.478	-29.39	-9.471	-15.007	-19.16	14.248	11.224	18.166	-282.426	-879.075
F_36_7_17	-33.98	-41.133	-13.221	-20.759	-28.544	21.392	15.706	25.427	-492.981	-1474.15
F_36_7_18	-40.259	-54.548	-16.625	-23.635	-34.356	20.068	20.955	33.592	-629.706	-1973.364
F_36_8_1	-10.413	0	-10.189	-0.224	-0.207	10.62	0	0	86.249	-120.712
F_36_8_2	-14.532	0	-14.531	-0.001	0.001	14.531	0	0	137.284	-216.937
F_36_8_3	-23.592	0	-23.637	0.046	-0.046	23.637	0	0	216.183	-465.023
F_36_8_4	-10.665	0	-8.974	-1.691	-1.889	12.554	0	0	43.59	-216.371
F_36_8_5	-18.04	0	-15.127	-2.913	-3.303	21.342	0	0	53.405	-467.491
F_36_8_6	-23.973	0	-20.105	-3.867	-4.383	28.356	0	0	83.588	-716.498
F_36_8_7	-10.487	0	-6.856	-3.631	-4.509	14.996	0	0	-23.733	-279.356
F_36_8_8	-16.4	0	-10.677	-5.724	-7.232	23.632	0	0	-68.213	-541.777
F_36_8_9	-20.016	0	-12.792	-7.224	-9.606	29.621	0	0	-105.802	-773.833
F_36_8_10	-23.174	-26.516	-12.052	-11.122	-11.971	8.63	8.179	18.336	-113.762	-574.341
F_36_8_11	-33.151	-37.87	-17.255	-15.896	-16.467	11.749	11.663	26.206	-224.424	-1032.484
F_36_8_12	-53.558	-61.412	-28.049	-25.509	-26.947	19.094	18.868	42.544	-481.603	-2028.088
F_36_8_13	-25.221	-29.586	-11.084	-14.138	-16.158	11.793	10.446	19.14	-239.868	-854.633
F_36_8_14	-37.289	-44.081	-16.434	-20.855	-25.597	18.805	15.589	28.493	-452.794	-1529.502
F_36_8_15	-51.3	-66.74	-23.889	-27.412	-35.399	19.959	23.753	42.987	-662.185	-2374.333
F_36_8_16	-25.422	-30.632	-9.842	-15.581	-20.552	15.342	11.705	18.927	-360.434	-1094.508
F_36_8_17	-34.043	-41.162	-13.229	-20.814	-28.51	21.392	15.721	25.441	-480.749	-1463.743
F_36_8_18	-43.529	-58.327	-17.87	-25.658	-34.813	20.015	22.395	35.932	-667.333	-2120.099
F_73_6_1	-5.964	0	-5.962	-0.003	0.003	5.962	0	0	49.59	-68.954
F_73_6_2	-8.331	0	-8.346	0.015	-0.015	8.346	0	0	63.95	-139.11
F_73_6_3	-13.522	0	-13.582	0.06	-0.06	13.582	0	0	93.934	-296.514
F_73_6_4	-7.01	0	-7.024	0.014	0.022	6.988	0	0	58.772	-80.56
F_73_6_5	-11.321	0	-11.268	-0.053	-0.105	11.425	0	0	84.566	-191.374
F_73_6_6	-15.882	0	-15.805	-0.077	-0.233	16.115	0	0	105.077	-353.516
F_73_6_7	-6.946	0	-5.515	-1.432	-1.82	8.766	0	0	7.115	-162.206
F_73_6_8	-10.977	0	-8.686	-2.291	-2.981	13.959	0	0	-7.195	-324.17
F_73_6_9	-12.954	0	-10.14	-2.814	-3.762	16.716	0	0	-12.432	-386.481
F_73_6_10	-13.947	-16.185	-6.779	-7.168	-7.368	5.13	5.111	11.075	-86.013	-363.201
F_73_6_11	-19.45	-22.634	-9.485	-9.965	-10.366	7.182	7.14	15.493	-170.65	-644.742
F_73_6_12	-31.437	-36.75	-15.428	-16.009	-16.994	11.68	11.574	25.176	-357.514	-1265.252
F_73_6_13	-19.592	-25.149	-9.047	-10.545	-12.498	6.941	8.94	16.209	-188.121	-665.677
F_73_6_14	-29.192	-37.878	-13.544	-15.649	-19.765	11.079	13.487	24.391	-359.904	-1202.833
F_73_6_15	-42.773	-55.817	-19.947	-22.826	-29.931	16.887	19.867	35.951	-594.888	-2022.451
F_73_6_16	-18.924	-25.339	-7.744	-11.18	-15.105	8.69	9.737	15.601	-213.52	-674.8
F_73_6_17	-26.658	-35.857	-10.952	-15.706	-21.696	12.496	13.774	22.083	-379.169	-1148.914
F_73_6_18	-34.283	-46.691	-14.186	-20.098	-30.099	17.691	17.945	28.747	-552.03	-1696.239
F_73_7_1	-6.086	0	-5.975	-0.112	-0.102	6.188	0	0	50.968	-69.993
F_73_7_2	-8.527	0	-8.366	-0.161	-0.178	8.705	0	0	69.709	-138.13
F_73_7_3	-13.545	0	-13.584	0.039	-0.039	13.584	0	0	110.468	-280.655
F_73_7_4	-9.032	0	-7.519	-1.514	-1.75	10.782	0	0	29.29	-190.872

Modelo	Retracción 84									
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
F_73_7_5	-12.37	0	-12.253	-0.117	-0.197	12.567	0	0	95.265	-261.913
F_73_7_6	-16.877	0	-17.078	0.201	0.129	16.748	0	0	170.145	-393.128
F_73_7_7	-6.953	0	-5.516	-1.438	-1.814	8.767	0	0	13.505	-155.982
F_73_7_8	-11.213	0	-8.72	-2.493	-3.351	14.563	0	0	-1.783	-325.55
F_73_7_9	-13.616	0	-10.428	-3.188	-4.456	18.071	0	0	-6.591	-461.012
F_73_7_10	-13.932	-16.203	-6.777	-7.155	-7.611	5.34	5.119	11.084	-81.877	-358.772
F_73_7_11	-19.436	-22.663	-9.482	-9.954	-10.742	7.515	7.156	15.508	-159.164	-632.926
F_73_7_12	-31.435	-36.807	-15.426	-16.009	-17.594	12.222	11.603	25.204	-338.091	-1245.783
F_73_7_13	-19.535	-25.198	-9.038	-10.497	-12.93	7.267	8.965	16.233	-176.311	-652.47
F_73_7_14	-30.896	-39.988	-14.307	-16.588	-20.667	11.575	14.241	25.747	-363.81	-1255.923
F_73_7_15	-45.145	-58.757	-21.014	-24.131	-31.19	17.577	20.916	37.841	-604.255	-2110.955
F_73_7_16	-18.962	-25.357	-7.749	-11.213	-15.085	8.69	9.747	15.61	-205.116	-667.326
F_73_7_17	-26.58	-35.929	-10.939	-15.641	-22.405	13.056	13.811	22.118	-363.569	-1131.076
F_73_7_18	-36.601	-49.368	-15.064	-21.537	-30.42	17.653	18.967	30.401	-574.619	-1796.171
F_73_8_1	-6.087	0	-5.975	-0.112	-0.102	6.189	0	0	50.975	-70.008
F_73_8_2	-8.726	0	-8.726	-0.001	0.001	8.726	0	0	82.441	-130.267
F_73_8_3	-13.863	0	-14.168	0.306	0.247	13.616	0	0	137.622	-262.663
F_73_8_4	-9.285	0	-7.882	-1.403	-1.535	10.82	0	0	40.279	-186.037
F_73_8_5	-12.382	0	-12.254	-0.128	-0.186	12.568	0	0	107.7	-249.841
F_73_8_6	-17.261	0	-17.133	-0.128	-0.206	17.467	0	0	176.952	-399.133
F_73_8_7	-6.957	0	-5.516	-1.441	-1.811	8.768	0	0	17.004	-152.571
F_73_8_8	-11.579	0	-9.19	-2.39	-3.022	14.601	0	0	14.534	-319.818
F_73_8_9	-13.627	0	-10.429	-3.198	-4.446	18.072	0	0	3.592	-451.197
F_73_8_10	-13.943	-16.211	-6.778	-7.165	-7.61	5.342	5.123	11.088	-82.063	-359.174
F_73_8_11	-20.396	-23.685	-9.921	-10.476	-10.798	7.509	7.477	16.208	-161.597	-658.758
F_73_8_12	-33.005	-38.47	-16.141	-16.864	-17.676	12.211	12.127	26.343	-340.231	-1293.253
F_73_8_13	-20.695	-26.493	-9.532	-11.162	-13.052	7.254	9.422	17.071	-182.005	-686.434
F_73_8_14	-30.954	-40.017	-14.315	-16.639	-20.638	11.575	14.256	25.761	-350.334	-1244.132
F_73_8_15	-45.234	-58.801	-21.025	-24.209	-31.144	17.577	20.939	37.862	-585.588	-2095.267
F_73_8_16	-22.04	-26.56	-8.525	-13.515	-17.871	13.351	10.152	16.408	-312.75	-949.164
F_73_8_17	-28.371	-37.987	-11.616	-16.755	-22.644	13.028	14.596	23.391	-378.209	-1197.417
F_73_8_18	-36.662	-49.397	-15.072	-21.59	-30.387	17.652	18.982	30.415	-561.156	-1784.754

Fuente: elaboración propia

Resultados de retracción a los 140 días en condición de apoyos fijos

Modelo	Retracción 140									
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140	(+)MTG	(-)MTG
F_0_6_1	-12.489	0	-12.169	-0.319	-0.324	12.812	0	0	94.997	-153.213
F_0_6_2	-18.021	0	-18.062	0.041	-0.041	18.062	0	0	138.597	-300.674
F_0_6_3	-29.215	0	-29.377	0.161	-0.161	29.377	0	0	204.084	-639.509
F_0_6_4	-12.384	0	-10.655	-1.729	-1.802	14.186	0	0	54.372	-191.751
F_0_6_5	-20.466	0	-17.543	-2.923	-3.173	23.639	0	0	62.412	-436.44
F_0_6_6	-28.977	0	-24.241	-4.736	-5.651	34.628	0	0	27.807	-808.901
F_0_6_7	-12.426	0	-8.173	-4.253	-5.252	17.678	0	0	-41.406	-344.299
F_0_6_8	-20.661	0	-13.615	-7.047	-8.76	29.421	0	0	-111.049	-707.646
F_0_6_9	-24.011	0	-15.162	-8.85	-12.344	36.355	0	0	-152.606	-845.933
F_0_6_10	-27.554	-31.6	-14.375	-13.179	-14.461	10.415	9.738	21.862	-142.222	-689.862
F_0_6_11	-40.971	-46.954	-21.431	-19.541	-20.579	14.596	14.432	32.522	-313.042	-1311.721
F_0_6_12	-66.025	-76.06	-34.817	-31.207	-33.755	23.72	23.301	52.758	-664.739	-2571.204
F_0_6_13	-30.401	-35.82	-13.419	-16.982	-20.084	14.665	12.637	23.183	-311.72	-1052.749
F_0_6_14	-48.009	-56.787	-21.236	-26.773	-32.124	23.346	20.045	36.742	-628.887	-2015.14
F_0_6_15	-66.41	-79.393	-29.595	-36.815	-49.969	36.986	28.03	51.363	-981.005	-3197.436
F_0_6_16	-31.607	-37.92	-12.248	-19.359	-24.193	17.88	14.47	23.45	-378.574	-1148.999
F_0_6_17	-43.34	-52.491	-16.902	-26.438	-36.002	26.851	20.026	32.465	-648.645	-1900.086
F_0_6_18	-60.97	-73.748	-23.806	-37.164	-49.781	37.003	28.116	45.632	-1041.108	-3075.97
F_0_7_1	-12.891	0	-12.873	-0.018	0.018	12.873	0	0	114.243	-141.956
F_0_7_2	-18.053	0	-18.066	0.013	-0.013	18.066	0	0	159.335	-280.703
F_0_7_3	-29.281	0	-29.384	0.104	-0.104	29.384	0	0	239.547	-605.93
F_0_7_4	-13.078	0	-10.904	-2.174	-2.505	15.583	0	0	42.985	-275.79
F_0_7_5	-22.107	0	-18.378	-3.728	-4.383	26.49	0	0	40.298	-598.036
F_0_7_6	-30.526	0	-26.138	-4.388	-4.837	35.362	0	0	103.728	-915.073
F_0_7_7	-12.803	0	-8.227	-4.576	-5.979	18.783	0	0	-39.128	-351.213
F_0_7_8	-20.693	0	-13.618	-7.075	-8.732	29.425	0	0	-94.643	-692.151
F_0_7_9	-26.523	0	-17.553	-8.97	-10.891	37.414	0	0	-131.394	-1016.601
F_0_7_10	-29.406	-33.558	-15.292	-14.114	-14.554	10.402	10.34	23.219	-144.377	-728.822
F_0_7_11	-41.1	-47.02	-21.446	-19.654	-20.519	14.599	14.467	32.553	-290.284	-1292.1
F_0_7_12	-66.29	-76.195	-34.849	-31.441	-33.631	23.726	23.374	52.822	-627.319	-2541.453
F_0_7_13	-30.475	-35.856	-13.428	-17.047	-20.047	14.666	12.656	23.2	-297.329	-1040.164
F_0_7_14	-48.156	-56.859	-21.254	-26.902	-32.05	23.348	20.083	36.776	-605.682	-1996.184
F_0_7_15	-71.927	-85.391	-31.932	-39.995	-50.377	36.913	30.136	55.255	-1029.22	-3429.796
F_0_7_16	-31.686	-37.958	-12.258	-19.428	-24.153	17.881	14.49	23.468	-365.668	-1138.025
F_0_7_17	-43.461	-52.547	-16.917	-26.544	-35.938	26.852	20.055	32.492	-630.265	-1885.21
F_0_7_18	-61.137	-73.826	-23.827	-37.31	-49.691	37.002	28.157	45.669	-1017.193	-3057.656
F_0_8_1	-12.895	0	-12.877	-0.018	0.018	12.877	0	0	114.275	-142.007
F_0_8_2	-18.651	0	-18.154	-0.497	-0.526	19.177	0	0	159.433	-295.192
F_0_8_3	-29.329	0	-29.39	0.061	-0.061	29.39	0	0	268.921	-577.944
F_0_8_4	-13.088	0	-10.905	-2.182	-2.497	15.585	0	0	49.857	-269.154
F_0_8_5	-22.135	0	-18.382	-3.753	-4.358	26.493	0	0	58.721	-580.423
F_0_8_6	-31.521	0	-26.283	-5.238	-6.028	37.549	0	0	103.163	-948.85

Modelo	Retracción 140									(+)MTG	(-)MTG
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140			
F_0_8_7	-12.812	0	-8.228	-4.583	-5.974	18.786	0	0		-33.964	-346.245
F_0_8_8	-21.322	0	-13.709	-7.613	-9.938	31.26	0	0		-95.217	-710.896
F_0_8_9	-27.289	0	-17.663	-9.626	-12.311	39.6	0	0		-134.444	-1045.212
F_0_8_10	-29.44	-33.585	-15.297	-14.143	-14.554	10.409	10.351	23.234		-144.911	-730.038
F_0_8_11	-41.033	-47.11	-21.435	-19.598	-21.672	15.595	14.512	32.597		-275.162	-1275.337
F_0_8_12	-66.252	-76.372	-34.838	-31.414	-35.46	25.339	23.465	52.907		-590.369	-2503.386
F_0_8_13	-30.395	-35.92	-13.415	-16.98	-21.189	15.665	12.688	23.232		-287.122	-1028.011
F_0_8_14	-48.07	-56.974	-21.239	-26.831	-33.835	24.931	20.142	36.832		-581.661	-1969.692
F_0_8_15	-72.101	-85.474	-31.954	-40.147	-50.287	36.914	30.18	55.294		-1001.912	-3408.278
F_0_8_16	-35.073	-42.109	-13.571	-21.503	-27.198	20.162	16.08	26.03		-497.52	-1510.261
F_0_8_17	-43.551	-52.589	-16.929	-26.622	-35.89	26.852	20.077	32.512		-614.819	-1872.347
F_0_8_18	-61.265	-73.885	-23.843	-37.421	-49.623	37.002	28.188	45.697		-996.738	-3041.446
F_36_6_1	-11.393	0	-11.145	-0.248	-0.249	11.641	0	0		87.877	-138.555
F_36_6_2	-16.218	0	-15.867	-0.351	-0.439	16.657	0	0		112.324	-282.994
F_36_6_3	-26.304	0	-27.095	0.791	0.493	25.811	0	0		206.765	-552.76
F_36_6_4	-9.112	0	-9.012	-0.099	-0.105	9.217	0	0		73.074	-108.023
F_36_6_5	-14.824	0	-14.895	0.071	0.012	14.811	0	0		115.216	-246.109
F_36_6_6	-25.389	0	-21.355	-4.034	-4.726	30.115	0	0		28.492	-704.619
F_36_6_7	-11.328	0	-7.377	-3.951	-5.018	16.346	0	0		-40.102	-316.221
F_36_6_8	-18.84	0	-12.289	-6.551	-8.367	27.207	0	0		-105.729	-649.738
F_36_6_9	-16.991	0	-12.977	-4.014	-5.715	22.706	0	0		-27.82	-518.432
F_36_6_10	-25.292	-28.973	-13.176	-12.116	-13.14	9.458	8.931	20.041		-131.086	-633.758
F_36_6_11	-35.813	-41.163	-18.734	-17.079	-18.895	13.544	12.67	28.493		-273.592	-1146.531
F_36_6_12	-61.274	-70.514	-32.251	-29.023	-31.218	21.978	21.619	48.895		-619.103	-2388.396
F_36_6_13	-27.04	-31.944	-11.939	-15.101	-18.503	13.599	11.278	20.666		-277.128	-936.229
F_36_6_14	-42.734	-50.662	-18.898	-23.836	-29.58	21.652	17.899	32.763		-559.955	-1793.902
F_36_6_15	-58.768	-76.702	-27.47	-31.298	-40.917	22.983	27.272	49.429		-814.664	-2776.037
F_36_6_16	-28.124	-33.813	-10.898	-17.226	-22.096	16.406	12.909	20.904		-336.851	-1022.363
F_36_6_17	-35.821	-48.244	-14.747	-21.074	-29.297	16.874	18.524	29.72		-508.383	-1542.712
F_36_6_18	-46.246	-62.758	-19.129	-27.117	-39.621	23.109	24.102	38.657		-744.939	-2288.401
F_36_7_1	-11.703	0	-11.688	-0.015	0.015	11.688	0	0		103.756	-128.832
F_36_7_2	-16.719	0	-16.73	0.011	-0.011	16.73	0	0		147.531	-259.986
F_36_7_3	-27.125	0	-27.214	0.089	-0.089	27.214	0	0		221.657	-561.568
F_36_7_4	-11.941	0	-10.284	-1.656	-1.764	13.705	0	0		50.158	-240.898
F_36_7_5	-19.527	0	-16.341	-3.186	-3.678	23.204	0	0		39.55	-524.286
F_36_7_6	-27.573	0	-23.148	-4.425	-5.076	32.649	0	0		73.859	-846.393
F_36_7_7	-11.34	0	-7.378	-3.962	-5.008	16.348	0	0		-31.616	-308.028
F_36_7_8	-18.866	0	-12.292	-6.574	-8.344	27.21	0	0		-90.862	-635.626
F_36_7_9	-23.028	0	-14.728	-8.3	-11.08	34.107	0	0		-136.058	-904.601
F_36_7_10	-26.729	-30.488	-13.884	-12.845	-13.209	9.449	9.398	21.091		-131.689	-662.926
F_36_7_11	-38.106	-43.57	-19.861	-18.245	-18.989	13.525	13.411	30.158		-269.901	-1198.731
F_36_7_12	-61.503	-70.63	-32.278	-29.225	-31.11	21.983	21.681	48.949		-584.028	-2359.933
F_36_7_13	-29.002	-34.046	-12.758	-16.244	-18.622	13.577	12.017	22.029		-283.645	-990.57
F_36_7_14	-42.852	-50.719	-18.913	-23.939	-29.52	21.653	17.929	32.79		-538.979	-1776.32

Modelo	Retracción 140									(+)MTG	(-)MTG
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140			
F_36_7_15	-58.941	-76.787	-27.492	-31.45	-40.829	22.983	27.318	49.47		-786.519	-2753.681
F_36_7_16	-28.187	-33.843	-10.906	-17.281	-22.063	16.407	12.925	20.918		-325.218	-1012.268
F_36_7_17	-39.128	-47.365	-15.224	-23.904	-32.869	24.633	18.085	29.279		-567.675	-1697.506
F_36_7_18	-46.359	-62.812	-19.143	-27.216	-39.561	23.108	24.13	38.682		-725.116	-2272.359
F_36_8_1	-11.991	0	-11.733	-0.258	-0.239	12.23	0	0		99.317	-139.001
F_36_8_2	-16.734	0	-16.733	-0.001	0.001	16.733	0	0		158.085	-249.807
F_36_8_3	-27.166	0	-27.219	0.053	-0.053	27.219	0	0		248.938	-535.481
F_36_8_4	-12.281	0	-10.334	-1.947	-2.175	14.456	0	0		50.194	-249.154
F_36_8_5	-20.773	0	-17.419	-3.354	-3.803	24.576	0	0		61.496	-538.323
F_36_8_6	-27.605	0	-23.152	-4.453	-5.047	32.652	0	0		96.252	-825.059
F_36_8_7	-12.076	0	-7.894	-4.182	-5.192	17.268	0	0		-27.329	-321.683
F_36_8_8	-18.885	0	-12.295	-6.591	-8.327	27.213	0	0		-78.548	-623.865
F_36_8_9	-23.049	0	-14.73	-8.319	-11.061	34.11	0	0		-121.833	-891.081
F_36_8_10	-26.685	-30.533	-13.878	-12.807	-13.785	9.937	9.418	21.115		-130.998	-661.362
F_36_8_11	-38.174	-43.608	-19.869	-18.305	-18.962	13.529	13.431	30.177		-258.428	-1188.921
F_36_8_12	-61.673	-70.716	-32.298	-29.374	-31.03	21.987	21.727	48.99		-554.573	-2335.375
F_36_8_13	-29.043	-34.069	-12.763	-16.28	-18.606	13.58	12.029	22.04		-276.212	-984.123
F_36_8_14	-42.938	-50.76	-18.924	-24.015	-29.476	21.654	17.951	32.81		-521.399	-1761.245
F_36_8_15	-59.073	-76.852	-27.508	-31.565	-40.762	22.983	27.352	49.5		-762.517	-2734.081
F_36_8_16	-29.274	-35.273	-11.333	-17.942	-23.666	17.667	13.478	21.795		-415.046	-1260.342
F_36_8_17	-39.201	-47.398	-15.233	-23.968	-32.83	24.633	18.103	29.295		-553.589	-1685.522
F_36_8_18	-50.124	-67.164	-20.578	-29.546	-40.087	23.047	25.788	41.376		-768.445	-2441.326
F_73_6_1	-6.868	0	-6.865	-0.003	0.003	6.865	0	0		57.104	-79.402
F_73_6_2	-9.593	0	-9.61	0.017	-0.017	9.61	0	0		73.639	-160.187
F_73_6_3	-15.571	0	-15.64	0.069	-0.069	15.64	0	0		108.167	-341.44
F_73_6_4	-8.073	0	-8.089	0.016	0.026	8.047	0	0		67.677	-92.767
F_73_6_5	-13.036	0	-12.975	-0.061	-0.12	13.156	0	0		97.379	-220.37
F_73_6_6	-18.288	0	-18.2	-0.088	-0.268	18.557	0	0		120.997	-407.079
F_73_6_7	-7.999	0	-6.35	-1.649	-2.096	10.095	0	0		8.193	-186.782
F_73_6_8	-12.641	0	-10.002	-2.638	-3.433	16.074	0	0		-8.285	-373.287
F_73_6_9	-14.917	0	-11.676	-3.241	-4.332	19.249	0	0		-14.316	-445.039
F_73_6_10	-16.06	-18.638	-7.806	-8.254	-8.485	5.907	5.885	12.753		-99.046	-418.232
F_73_6_11	-22.397	-26.063	-10.922	-11.475	-11.936	8.27	8.222	17.841		-196.507	-742.43
F_73_6_12	-36.2	-42.318	-17.766	-18.434	-19.569	13.45	13.327	28.991		-411.683	-1456.957
F_73_6_13	-22.56	-28.959	-10.417	-12.143	-14.391	7.992	10.295	18.665		-216.625	-766.537
F_73_6_14	-33.615	-43.617	-15.596	-18.02	-22.759	12.757	15.531	28.086		-414.435	-1385.08
F_73_6_15	-49.254	-64.275	-22.969	-26.285	-34.465	19.445	22.877	41.398		-685.022	-2328.883
F_73_6_16	-21.792	-29.178	-8.918	-12.874	-17.393	10.007	11.213	17.965		-245.871	-777.043
F_73_6_17	-30.697	-41.29	-12.611	-18.086	-24.983	14.39	15.861	25.429		-436.619	-1322.993
F_73_6_18	-39.478	-53.766	-16.335	-23.143	-34.66	20.372	20.664	33.102		-635.671	-1953.245
F_73_7_1	-7.008	0	-6.88	-0.129	-0.117	7.126	0	0		58.691	-80.598
F_73_7_2	-9.819	0	-9.633	-0.186	-0.205	10.024	0	0		80.271	-159.058
F_73_7_3	-15.598	0	-15.642	0.044	-0.044	15.642	0	0		127.205	-323.179
F_73_7_4	-10.401	0	-8.658	-1.743	-2.015	12.416	0	0		33.728	-219.792

Modelo	Retracción 140									(+)MTG	(-)MTG
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140			
F_73_7_5	-14.244	0	-14.109	-0.135	-0.227	14.471	0	0		109.7	-301.597
F_73_7_6	-19.434	0	-19.665	0.231	0.149	19.285	0	0		195.924	-452.693
F_73_7_7	-8.007	0	-6.351	-1.656	-2.088	10.095	0	0		15.551	-179.615
F_73_7_8	-12.912	0	-10.041	-2.871	-3.858	16.77	0	0		-2.053	-374.875
F_73_7_9	-15.679	0	-12.008	-3.671	-5.131	20.81	0	0		-7.59	-530.862
F_73_7_10	-16.043	-18.658	-7.804	-8.239	-8.764	6.149	5.895	12.763		-94.283	-413.132
F_73_7_11	-22.381	-26.097	-10.919	-11.462	-12.369	8.653	8.24	17.857		-183.28	-728.824
F_73_7_12	-36.198	-42.384	-17.763	-18.435	-20.26	14.074	13.361	29.023		-389.317	-1434.538
F_73_7_13	-22.495	-29.016	-10.407	-12.088	-14.889	8.368	10.323	18.692		-203.025	-751.329
F_73_7_14	-35.577	-46.047	-16.475	-19.102	-23.799	13.329	16.399	29.648		-418.933	-1446.214
F_73_7_15	-51.985	-67.66	-24.198	-27.787	-35.916	20.24	24.085	43.575		-695.809	-2430.796
F_73_7_16	-21.836	-29.199	-8.923	-12.912	-17.37	10.007	11.224	17.975		-236.194	-768.436
F_73_7_17	-30.608	-41.373	-12.597	-18.011	-25.8	15.035	15.903	25.47		-418.656	-1302.451
F_73_7_18	-42.146	-56.848	-17.346	-24.8	-35.029	20.328	21.84	35.008		-661.683	-2068.318
F_73_8_1	-7.01	0	-6.881	-0.129	-0.117	7.127	0	0		58.698	-80.616
F_73_8_2	-10.049	0	-10.048	-0.001	0.001	10.048	0	0		94.932	-150.004
F_73_8_3	-15.963	0	-16.315	0.352	0.284	15.679	0	0		158.474	-302.46
F_73_8_4	-10.692	0	-9.076	-1.616	-1.767	12.459	0	0		46.381	-214.224
F_73_8_5	-14.259	0	-14.111	-0.147	-0.214	14.472	0	0		124.018	-287.696
F_73_8_6	-19.876	0	-19.729	-0.147	-0.237	20.113	0	0		203.763	-459.608
F_73_8_7	-8.011	0	-6.352	-1.659	-2.085	10.096	0	0		19.58	-175.688
F_73_8_8	-13.334	0	-10.582	-2.752	-3.479	16.813	0	0		16.737	-368.276
F_73_8_9	-15.691	0	-12.009	-3.682	-5.119	20.81	0	0		4.136	-519.56
F_73_8_10	-16.055	-18.667	-7.805	-8.25	-8.763	6.152	5.899	12.768		-94.497	-413.594
F_73_8_11	-23.487	-27.274	-11.424	-12.063	-12.434	8.647	8.61	18.664		-186.081	-758.57
F_73_8_12	-38.006	-44.298	-18.586	-19.42	-20.354	14.061	13.965	30.334		-391.782	-1489.201
F_73_8_13	-23.83	-30.507	-10.977	-12.853	-15.03	8.353	10.849	19.658		-209.582	-790.439
F_73_8_14	-35.644	-46.08	-16.484	-19.161	-23.765	13.329	16.416	29.664		-403.415	-1432.637
F_73_8_15	-52.087	-67.71	-24.21	-27.877	-35.863	20.24	24.111	43.599		-674.314	-2412.731
F_73_8_16	-25.38	-30.584	-9.817	-15.563	-20.578	15.374	11.69	18.894		-360.136	-1092.977
F_73_8_17	-32.669	-43.742	-13.376	-19.294	-26.075	15.002	16.807	26.935		-435.514	-1378.844
F_73_8_18	-42.217	-56.882	-17.355	-24.862	-34.992	20.327	21.858	35.024		-646.179	-2055.171

Fuente: elaboración propia

Resultados de temperatura uniforme en condición de apoyos fijos

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
F_0_6_1	8.494	0	8.277	0.217	0.22	-8.715	0	0	-64.613	104.21
F_0_6_2	12.257	0	12.285	-0.028	0.028	-12.285	0	0	-94.269	204.507
F_0_6_3	19.871	0	19.981	-0.11	0.11	-19.981	0	0	-138.81	434.97
F_0_6_4	8.423	0	7.247	1.176	1.226	-9.649	0	0	-36.982	130.422
F_0_6_5	13.92	0	11.932	1.988	2.158	-16.078	0	0	-42.45	296.85
F_0_6_6	19.709	0	16.488	3.221	3.843	-23.552	0	0	-18.913	550.184
F_0_6_7	8.452	0	5.559	2.893	3.572	-12.024	0	0	28.163	234.179
F_0_6_8	14.053	0	9.26	4.793	5.958	-20.011	0	0	75.531	481.314
F_0_6_9	16.332	0	10.312	6.019	8.396	-24.727	0	0	103.797	575.372
F_0_6_10	18.741	21.493	9.778	8.964	9.835	-7.084	-6.624	-14.87	96.734	469.218
F_0_6_11	27.867	31.936	14.576	13.291	13.997	-9.928	-9.816	-22.12	212.919	892.183
F_0_6_12	44.908	51.733	23.681	21.226	22.959	-16.133	-15.849	-35.884	452.13	1748.835
F_0_6_13	20.678	24.364	9.127	11.551	13.661	-9.975	-8.595	-15.768	212.02	716.04
F_0_6_14	32.654	38.624	14.444	18.21	21.85	-15.879	-13.634	-24.99	427.745	1370.621
F_0_6_15	45.169	54	20.129	25.04	33.987	-25.157	-19.065	-34.935	667.242	2174.774
F_0_6_16	21.498	25.792	8.331	13.167	16.455	-12.162	-9.842	-15.95	257.492	781.505
F_0_6_17	29.478	35.702	11.496	17.982	24.487	-18.263	-13.621	-22.081	441.184	1292.366
F_0_6_18	41.469	50.161	16.192	25.278	33.859	-25.168	-19.123	-31.037	708.122	2092.158
F_0_7_1	8.768	0	8.756	0.012	-0.012	-8.756	0	0	-77.704	96.553
F_0_7_2	12.279	0	12.288	-0.009	0.009	-12.288	0	0	-108.373	190.923
F_0_7_3	19.916	0	19.986	-0.071	0.071	-19.986	0	0	-162.931	412.13
F_0_7_4	8.895	0	7.416	1.479	1.704	-10.599	0	0	-29.237	187.582
F_0_7_5	15.036	0	12.5	2.536	2.981	-18.017	0	0	-27.409	406.761
F_0_7_6	20.763	0	17.778	2.984	3.29	-24.052	0	0	-70.552	622.398
F_0_7_7	8.708	0	5.596	3.113	4.067	-12.775	0	0	26.613	238.881
F_0_7_8	14.075	0	9.263	4.812	5.939	-20.014	0	0	64.372	470.775
F_0_7_9	18.04	0	11.939	6.101	7.407	-25.447	0	0	89.369	691.453
F_0_7_10	20.001	22.825	10.401	9.6	9.899	-7.075	-7.033	-15.792	98.2	495.717
F_0_7_11	27.955	31.981	14.587	13.368	13.956	-9.93	-9.84	-22.141	197.44	878.837
F_0_7_12	45.088	51.825	23.703	21.385	22.874	-16.137	-15.898	-35.927	426.678	1728.6
F_0_7_13	20.728	24.388	9.133	11.595	13.635	-9.976	-8.608	-15.78	202.232	707.48
F_0_7_14	32.754	38.673	14.456	18.297	21.799	-15.88	-13.66	-25.013	411.962	1357.729
F_0_7_15	48.922	58.08	21.719	27.203	34.265	-25.107	-20.498	-37.582	700.036	2332.816
F_0_7_16	21.552	25.818	8.337	13.215	16.428	-12.162	-9.855	-15.962	248.713	774.041
F_0_7_17	29.561	35.741	11.507	18.054	24.443	-18.263	-13.641	-22.1	428.682	1282.248
F_0_7_18	41.583	50.214	16.206	25.377	33.798	-25.168	-19.151	-31.063	691.856	2079.701
F_0_8_1	8.77	0	8.758	0.012	-0.012	-8.758	0	0	-77.725	96.588
F_0_8_2	12.686	0	12.348	0.338	0.357	-13.043	0	0	-108.44	200.778
F_0_8_3	19.948	0	19.99	-0.042	0.042	-19.99	0	0	-182.91	393.096
F_0_8_4	8.902	0	7.417	1.484	1.699	-10.6	0	0	-33.911	183.068
F_0_8_5	15.055	0	12.503	2.553	2.964	-18.019	0	0	-39.939	394.782
F_0_8_6	21.439	0	17.876	3.563	4.1	-25.54	0	0	-70.168	645.372

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
F_0_8_7	8.714	0	5.597	3.117	4.064	-12.777	0	0	23.101	235.503
F_0_8_8	14.503	0	9.324	5.178	6.759	-21.262	0	0	64.763	483.524
F_0_8_9	18.561	0	12.014	6.547	8.373	-26.934	0	0	91.444	710.913
F_0_8_10	20.024	22.844	10.405	9.62	9.899	-7.08	-7.041	-15.803	98.563	496.544
F_0_8_11	27.909	32.042	14.579	13.33	14.74	-10.607	-9.871	-22.172	187.155	867.436
F_0_8_12	45.062	51.945	23.696	21.366	24.118	-17.235	-15.96	-35.985	401.547	1702.708
F_0_8_13	20.674	24.431	9.125	11.549	14.412	-10.655	-8.63	-15.801	195.29	699.214
F_0_8_14	32.696	38.751	14.446	18.249	23.013	-16.957	-13.7	-25.052	395.624	1339.709
F_0_8_15	49.04	58.136	21.734	27.306	34.204	-25.108	-20.527	-37.609	681.462	2318.181
F_0_8_16	23.856	28.641	9.23	14.625	18.499	-13.714	-10.937	-17.704	338.394	1027.222
F_0_8_17	29.622	35.769	11.514	18.107	24.411	-18.264	-13.656	-22.113	418.176	1273.499
F_0_8_18	41.67	50.254	16.217	25.453	33.752	-25.167	-19.172	-31.082	677.943	2068.676
F_36_6_1	7.749	0	7.58	0.169	0.169	-7.918	0	0	-59.771	94.24
F_36_6_2	11.031	0	10.792	0.239	0.299	-11.33	0	0	-76.399	192.482
F_36_6_3	17.891	0	18.429	-0.538	-0.335	-17.556	0	0	-140.634	375.966
F_36_6_4	6.198	0	6.13	0.068	0.071	-6.269	0	0	-49.702	73.473
F_36_6_5	10.082	0	10.131	-0.048	-0.008	-10.074	0	0	-78.366	167.394
F_36_6_6	17.269	0	14.525	2.744	3.214	-20.483	0	0	-19.379	479.255
F_36_6_7	7.705	0	5.018	2.687	3.413	-11.118	0	0	27.276	215.082
F_36_6_8	12.814	0	8.359	4.456	5.691	-18.505	0	0	71.913	441.927
F_36_6_9	11.557	0	8.826	2.73	3.887	-15.444	0	0	18.922	352.618
F_36_6_10	17.202	19.706	8.962	8.241	8.937	-6.433	-6.075	-13.631	89.16	431.058
F_36_6_11	24.359	27.998	12.742	11.617	12.852	-9.212	-8.618	-19.38	186.087	779.827
F_36_6_12	41.676	47.961	21.936	19.741	21.233	-14.949	-14.704	-33.256	421.09	1624.496
F_36_6_13	18.392	21.727	8.121	10.271	12.585	-9.25	-7.671	-14.056	188.492	636.787
F_36_6_14	29.066	34.459	12.854	16.212	20.119	-14.727	-12.174	-22.284	380.86	1220.144
F_36_6_15	39.972	52.17	18.684	21.288	27.83	-15.632	-18.55	-33.62	554.103	1888.154
F_36_6_16	19.129	22.998	7.412	11.716	15.029	-11.159	-8.78	-14.218	229.113	695.373
F_36_6_17	24.364	32.814	10.031	14.334	19.927	-11.477	-12.599	-20.215	345.783	1049.294
F_36_6_18	31.455	42.686	13.011	18.444	26.949	-15.718	-16.393	-26.293	506.679	1556.483
F_36_7_1	7.96	0	7.95	0.01	-0.01	-7.95	0	0	-70.571	87.627
F_36_7_2	11.371	0	11.379	-0.007	0.007	-11.379	0	0	-100.345	176.833
F_36_7_3	18.449	0	18.51	-0.061	0.061	-18.51	0	0	-150.762	381.957
F_36_7_4	8.122	0	6.995	1.127	1.2	-9.322	0	0	-34.115	163.85
F_36_7_5	13.281	0	11.114	2.167	2.501	-15.783	0	0	-26.9	356.6
F_36_7_6	18.754	0	15.744	3.01	3.452	-22.206	0	0	-50.236	575.684
F_36_7_7	7.713	0	5.018	2.695	3.406	-11.119	0	0	21.504	209.509
F_36_7_8	12.832	0	8.361	4.471	5.675	-18.508	0	0	61.801	432.329
F_36_7_9	15.662	0	10.017	5.645	7.536	-23.199	0	0	92.541	615.275
F_36_7_10	18.18	20.737	9.443	8.736	8.984	-6.427	-6.392	-14.345	89.57	450.897
F_36_7_11	25.918	29.634	13.508	12.41	12.916	-9.199	-9.122	-20.513	183.576	815.331
F_36_7_12	41.832	48.04	21.954	19.878	21.16	-14.952	-14.746	-33.294	397.233	1605.137
F_36_7_13	19.726	23.157	8.677	11.049	12.666	-9.235	-8.174	-14.983	192.925	673.748
F_36_7_14	29.146	34.497	12.864	16.282	20.079	-14.728	-12.194	-22.303	366.593	1208.185

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
F_36_7_15	40.09	52.228	18.699	21.391	27.771	-15.632	-18.58	-33.647	534.96	1872.949
F_36_7_16	19.172	23.019	7.418	11.754	15.006	-11.159	-8.791	-14.228	221.201	688.506
F_36_7_17	26.614	32.216	10.355	16.259	22.356	-16.754	-12.301	-19.915	386.111	1154.579
F_36_7_18	31.532	42.723	13.021	18.511	26.908	-15.717	-16.412	-26.31	493.196	1545.572
F_36_8_1	8.156	0	7.98	0.176	0.162	-8.318	0	0	-67.552	94.543
F_36_8_2	11.382	0	11.381	0.001	-0.001	-11.381	0	0	-107.523	169.909
F_36_8_3	18.477	0	18.513	-0.036	0.036	-18.513	0	0	-169.318	364.214
F_36_8_4	8.353	0	7.029	1.324	1.479	-9.832	0	0	-34.14	169.465
F_36_8_5	14.129	0	11.848	2.281	2.587	-16.716	0	0	-41.828	366.147
F_36_8_6	18.776	0	15.747	3.029	3.433	-22.209	0	0	-65.467	561.174
F_36_8_7	8.214	0	5.369	2.844	3.531	-11.745	0	0	18.588	218.796
F_36_8_8	12.845	0	8.362	4.483	5.664	-18.509	0	0	53.426	424.329
F_36_8_9	15.677	0	10.019	5.658	7.523	-23.2	0	0	82.866	606.079
F_36_8_10	18.15	20.767	9.439	8.711	9.376	-6.759	-6.406	-14.361	89.1	449.833
F_36_8_11	25.965	29.66	13.514	12.45	12.898	-9.202	-9.135	-20.525	175.773	808.659
F_36_8_12	41.947	48.099	21.968	19.979	21.106	-14.955	-14.778	-33.321	377.2	1588.433
F_36_8_13	19.754	23.172	8.681	11.073	12.655	-9.236	-8.181	-14.991	187.869	669.363
F_36_8_14	29.205	34.525	12.871	16.334	20.048	-14.728	-12.209	-22.316	354.636	1197.932
F_36_8_15	40.179	52.272	18.71	21.469	27.725	-15.632	-18.604	-33.668	518.635	1859.618
F_36_8_16	19.911	23.992	7.708	12.203	16.097	-12.016	-9.168	-14.824	282.298	857.237
F_36_8_17	26.663	32.239	10.361	16.302	22.33	-16.754	-12.313	-19.926	376.53	1146.428
F_36_8_18	34.092	45.682	13.996	20.096	27.266	-15.676	-17.54	-28.142	522.667	1660.497
F_73_6_1	4.671	0	4.669	0.002	-0.002	-4.669	0	0	-38.84	54.006
F_73_6_2	6.525	0	6.536	-0.012	0.012	-6.536	0	0	-50.087	108.953
F_73_6_3	10.591	0	10.638	-0.047	0.047	-10.638	0	0	-73.571	232.235
F_73_6_4	5.491	0	5.502	-0.011	-0.017	-5.473	0	0	-46.031	63.096
F_73_6_5	8.866	0	8.825	0.041	0.082	-8.948	0	0	-66.234	149.887
F_73_6_6	12.439	0	12.379	0.06	0.182	-12.621	0	0	-82.298	276.88
F_73_6_7	5.441	0	4.319	1.121	1.425	-6.866	0	0	-5.573	127.042
F_73_6_8	8.598	0	6.803	1.795	2.335	-10.933	0	0	5.635	253.895
F_73_6_9	10.146	0	7.942	2.204	2.946	-13.092	0	0	9.737	302.698
F_73_6_10	10.923	12.677	5.309	5.614	5.771	-4.018	-4.003	-8.674	67.367	284.465
F_73_6_11	15.233	17.727	7.428	7.805	8.119	-5.625	-5.592	-12.135	133.656	504.972
F_73_6_12	24.622	28.783	12.083	12.538	13.31	-9.148	-9.065	-19.719	280.011	990.967
F_73_6_13	15.345	19.697	7.086	8.259	9.788	-5.436	-7.002	-12.695	147.34	521.369
F_73_6_14	22.864	29.667	10.608	12.256	15.48	-8.677	-10.564	-19.103	281.883	942.079
F_73_6_15	33.501	43.717	15.623	17.878	23.442	-13.226	-15.56	-28.157	465.926	1584.017
F_73_6_16	14.822	19.846	6.065	8.756	11.83	-6.806	-7.627	-12.219	167.232	528.515
F_73_6_17	20.879	28.084	8.577	12.301	16.992	-9.787	-10.788	-17.296	296.971	899.849
F_73_6_18	26.851	36.569	11.111	15.741	23.574	-13.856	-14.055	-22.515	432.359	1328.522
F_73_7_1	4.767	0	4.679	0.087	0.08	-4.847	0	0	-39.919	54.82
F_73_7_2	6.678	0	6.552	0.126	0.14	-6.818	0	0	-54.597	108.185
F_73_7_3	10.609	0	10.639	-0.03	0.03	-10.639	0	0	-86.52	219.814
F_73_7_4	7.074	0	5.889	1.185	1.371	-8.445	0	0	-22.94	149.494

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
F_73_7_5	9.688	0	9.597	0.092	0.155	-9.843	0	0	-74.613	205.135
F_73_7_6	13.218	0	13.376	-0.157	-0.101	-13.117	0	0	-133.26	307.905
F_73_7_7	5.446	0	4.32	1.126	1.42	-6.866	0	0	-10.577	122.167
F_73_7_8	8.782	0	6.83	1.952	2.624	-11.406	0	0	1.396	254.976
F_73_7_9	10.664	0	8.167	2.497	3.49	-14.154	0	0	5.162	361.072
F_73_7_10	10.912	12.691	5.308	5.604	5.961	-4.182	-4.01	-8.681	64.127	280.996
F_73_7_11	15.223	17.75	7.427	7.796	8.413	-5.886	-5.605	-12.146	124.66	495.718
F_73_7_12	24.621	28.828	12.082	12.539	13.78	-9.572	-9.088	-19.74	264.798	975.718
F_73_7_13	15.3	19.735	7.078	8.221	10.127	-5.691	-7.022	-12.714	138.09	511.025
F_73_7_14	24.198	31.319	11.206	12.992	16.187	-9.066	-11.154	-20.166	284.942	983.66
F_73_7_15	35.358	46.02	16.458	18.9	24.428	-13.767	-16.382	-29.638	473.263	1653.335
F_73_7_16	14.852	19.86	6.069	8.783	11.815	-6.806	-7.634	-12.226	160.65	522.661
F_73_7_17	20.818	28.14	8.568	12.25	17.548	-10.226	-10.817	-17.324	284.754	885.878
F_73_7_18	28.666	38.666	11.798	16.868	23.826	-13.826	-14.855	-23.811	450.052	1406.791
F_73_8_1	4.768	0	4.68	0.087	0.08	-4.847	0	0	-39.924	54.832
F_73_8_2	6.835	0	6.834	0.001	-0.001	-6.834	0	0	-64.569	102.027
F_73_8_3	10.857	0	11.097	-0.239	-0.193	-10.664	0	0	-107.788	205.722
F_73_8_4	7.272	0	6.173	1.099	1.202	-8.474	0	0	-31.547	145.707
F_73_8_5	9.698	0	9.598	0.1	0.145	-9.844	0	0	-84.352	195.68
F_73_8_6	13.519	0	13.419	0.1	0.161	-13.68	0	0	-138.592	312.608
F_73_8_7	5.449	0	4.32	1.129	1.418	-6.867	0	0	-13.318	119.497
F_73_8_8	9.069	0	7.198	1.872	2.367	-11.436	0	0	-11.384	250.487
F_73_8_9	10.673	0	8.168	2.504	3.482	-14.154	0	0	-2.813	353.385
F_73_8_10	10.92	12.696	5.308	5.612	5.96	-4.184	-4.012	-8.684	64.273	281.311
F_73_8_11	15.975	18.551	7.77	8.205	8.457	-5.881	-5.856	-12.694	126.565	515.951
F_73_8_12	25.85	30.13	12.642	13.208	13.844	-9.564	-9.498	-20.632	266.475	1012.898
F_73_8_13	16.208	20.75	7.466	8.742	10.223	-5.681	-7.379	-13.371	142.549	537.627
F_73_8_14	24.244	31.342	11.211	13.032	16.164	-9.066	-11.166	-20.176	274.388	974.425
F_73_8_15	35.428	46.054	16.467	18.961	24.393	-13.767	-16.4	-29.654	458.642	1641.048
F_73_8_16	17.262	20.802	6.677	10.585	13.997	-10.457	-7.951	-12.851	244.951	743.401
F_73_8_17	22.221	29.752	9.098	13.123	17.735	-10.204	-11.432	-18.32	296.22	937.837
F_73_8_18	28.714	38.689	11.805	16.91	23.8	-13.826	-14.867	-23.822	439.507	1397.849

Fuente: elaboración propia

RESULTADOS DE LOS MODELOS EN CONDICIÓN DE APOYOS FLOTANTES

A continuación, se presentan las tablas de resultados para retracción a los 28, 84 y 140 días y temperatura uniforme para los modelos de líneas en condición de apoyos flotantes.

Resultados de retracción a los 28 días en condición de apoyos flotantes

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_6_1	-5.913	0	-5.826	-0.087	-0.091	6.004	0	0	46.782	-70.734
FL_0_6_2	-8.552	0	-8.556	0.003	-0.003	8.556	0	0	65.263	-143.2
FL_0_6_3	-13.902	0	-13.915	0.013	-0.013	13.915	0	0	94.847	-306.573
FL_0_6_4	-5.859	0	-5.383	-0.476	-0.503	6.363	0	0	35.372	-81.081
FL_0_6_5	-9.705	0	-8.889	-0.816	-0.876	10.581	0	0	47.838	-188.713
FL_0_6_6	-13.769	0	-12.434	-1.335	-1.549	15.318	0	0	45.859	-351.719
FL_0_6_7	-5.874	0	-4.703	-1.171	-1.463	7.337	0	0	7.282	-135.908
FL_0_6_8	-9.777	0	-7.831	-1.946	-2.437	12.215	0	0	-3.034	-285.358
FL_0_6_9	-11.341	0	-8.907	-2.434	-3.448	14.789	0	0	-9.82	-337.28
FL_0_6_10	-11.432	-11.432	-8.586	-2.845	-3.052	3.052	2.845	8.586	14.954	-212.247
FL_0_6_11	-17.01	-17.01	-12.787	-4.222	-4.289	4.289	4.222	12.787	-5.503	-420.118
FL_0_6_12	-27.585	-27.585	-20.764	-6.82	-6.987	6.987	6.82	20.764	-55.971	-852.478
FL_0_6_13	-12.357	-12.357	-8.675	-3.682	-4.285	4.285	3.682	8.675	-23.658	-324.871
FL_0_6_14	-19.589	-19.589	-13.747	-5.842	-6.832	6.832	5.842	13.747	-75.375	-641.016
FL_0_6_15	-27.346	-27.346	-19.195	-8.151	-10.807	10.807	8.151	19.195	-111.374	-1024.052
FL_0_6_16	-12.674	-12.674	-8.463	-4.211	-5.218	5.218	4.211	8.463	-38.173	-347.101
FL_0_6_17	-17.523	-17.523	-11.706	-5.817	-7.826	7.826	5.817	11.706	-88.494	-594.459
FL_0_6_18	-24.642	-24.642	-16.467	-8.176	-10.803	10.803	8.176	16.467	-135.043	-957.482
FL_0_7_1	-6.099	0	-6.098	-0.001	0.001	6.098	0	0	54.254	-66.965
FL_0_7_2	-8.556	0	-8.557	0.001	-0.001	8.557	0	0	75.352	-133.209
FL_0_7_3	-13.91	0	-13.919	0.009	-0.009	13.919	0	0	112.298	-289.363
FL_0_7_4	-6.194	0	-5.592	-0.602	-0.695	6.889	0	0	34.56	-116.419
FL_0_7_5	-10.486	0	-9.446	-1.04	-1.209	11.695	0	0	46.003	-256.784
FL_0_7_6	-14.485	0	-13.256	-1.229	-1.33	15.815	0	0	85.843	-397.593
FL_0_7_7	-6.044	0	-4.788	-1.256	-1.67	7.713	0	0	11.529	-135.788
FL_0_7_8	-9.782	0	-7.833	-1.948	-2.435	12.216	0	0	6.797	-275.646
FL_0_7_9	-12.536	0	-10.066	-2.47	-3.039	15.575	0	0	13.893	-404.493
FL_0_7_10	-12.15	-12.15	-9.125	-3.026	-3.052	3.052	3.026	9.125	21.095	-220.388
FL_0_7_11	-17.029	-17.029	-12.797	-4.233	-4.287	4.287	4.233	12.797	9.467	-405.625
FL_0_7_12	-27.625	-27.625	-20.783	-6.842	-6.984	6.984	6.842	20.783	-30.263	-827.948
FL_0_7_13	-12.368	-12.368	-8.681	-3.688	-4.284	4.284	3.688	8.681	-13.476	-314.951
FL_0_7_14	-19.611	-19.611	-13.757	-5.854	-6.83	6.83	5.854	13.757	-58.284	-624.543
FL_0_7_15	-29.453	-29.453	-20.672	-8.782	-10.806	10.806	8.782	20.672	-95.248	-1078.256
FL_0_7_16	-12.685	-12.685	-8.468	-4.217	-5.217	5.217	4.217	8.468	-28.245	-337.447
FL_0_7_17	-17.54	-17.54	-11.714	-5.826	-7.824	7.824	5.826	11.714	-73.925	-580.383
FL_0_7_18	-24.666	-24.666	-16.478	-8.188	-10.8	10.8	8.188	16.478	-115.571	-938.801

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_8_1	-6.101	0	-6.1	-0.001	0.001	6.1	0	0	54.27	-66.987
FL_0_8_2	-8.834	0	-8.696	-0.137	-0.146	8.98	0	0	78.829	-136.497
FL_0_8_3	-13.916	0	-13.921	0.005	-0.005	13.921	0	0	126.692	-275.145
FL_0_8_4	-6.196	0	-5.593	-0.602	-0.694	6.89	0	0	38.17	-112.846
FL_0_8_5	-10.49	0	-9.447	-1.042	-1.207	11.697	0	0	55.78	-247.11
FL_0_8_6	-14.938	0	-13.482	-1.456	-1.671	16.609	0	0	94.008	-404.555
FL_0_8_7	-6.045	0	-4.788	-1.257	-1.669	7.715	0	0	14.618	-132.734
FL_0_8_8	-10.063	0	-7.974	-2.089	-2.779	12.842	0	0	12.153	-278.42
FL_0_8_9	-12.878	0	-10.236	-2.641	-3.445	16.323	0	0	20.119	-409.676
FL_0_8_10	-12.157	-12.157	-9.129	-3.028	-3.053	3.053	3.028	9.129	21.081	-220.546
FL_0_8_11	-17.043	-17.043	-12.803	-4.239	-4.571	4.571	4.239	12.803	17.646	-397.766
FL_0_8_12	-27.656	-27.656	-20.797	-6.859	-7.444	7.444	6.859	20.797	-8.988	-807.565
FL_0_8_13	-12.375	-12.375	-8.684	-3.691	-4.568	4.568	3.691	8.684	-7.917	-309.569
FL_0_8_14	-19.627	-19.627	-13.765	-5.863	-7.281	7.281	5.863	13.765	-44.151	-610.884
FL_0_8_15	-29.478	-29.478	-20.683	-8.795	-10.803	10.803	8.795	20.683	-74.757	-1058.599
FL_0_8_16	-14.061	-14.061	-9.386	-4.675	-5.875	5.875	4.675	9.386	-49.66	-455.67
FL_0_8_17	-17.552	-17.552	-11.72	-5.832	-7.823	7.823	5.832	11.72	-61.874	-568.694
FL_0_8_18	-24.684	-24.684	-16.486	-8.197	-10.797	10.797	8.197	16.486	-99.205	-923.031
FL_36_6_1	-5.394	0	-5.327	-0.068	-0.07	5.464	0	0	43.014	-64.196
FL_36_6_2	-7.695	0	-7.591	-0.104	-0.115	7.81	0	0	55.307	-132.261
FL_36_6_3	-12.511	0	-12.705	0.194	0.162	12.349	0	0	91.845	-269.405
FL_36_6_4	-4.324	0	-4.292	-0.031	-0.024	4.348	0	0	35.121	-50.813
FL_36_6_5	-7.031	0	-7.046	0.015	0.008	7.023	0	0	54.053	-117.321
FL_36_6_6	-12.061	0	-10.925	-1.135	-1.295	13.356	0	0	41.381	-306.873
FL_36_6_7	-5.355	0	-4.267	-1.088	-1.397	6.752	0	0	5.994	-124.533
FL_36_6_8	-8.914	0	-7.106	-1.808	-2.328	11.242	0	0	-3.972	-261.359
FL_36_6_9	-8.505	0	-7.165	-1.339	-1.282	9.787	0	0	9.963	-235.612
FL_36_6_10	-10.48	-10.48	-7.87	-2.609	-2.771	2.771	2.609	7.87	13.682	-194.602
FL_36_6_11	-14.892	-14.892	-11.192	-3.7	-3.97	3.97	3.7	11.192	-4.926	-367.926
FL_36_6_12	-25.564	-25.564	-19.238	-6.326	-6.469	6.469	6.326	19.238	-52.057	-790.226
FL_36_6_13	-11.009	-11.009	-7.728	-3.282	-3.968	3.968	3.282	7.728	-21.124	-289.476
FL_36_6_14	-17.458	-17.458	-12.248	-5.21	-6.326	6.326	5.21	12.248	-67.296	-571.388
FL_36_6_15	-25.972	-25.972	-18.23	-7.742	-6.56	6.56	7.742	18.23	-105.816	-972.623
FL_36_6_16	-11.291	-11.291	-7.538	-3.753	-4.782	4.782	3.753	7.538	-34.052	-309.278
FL_36_6_17	-15.781	-15.781	-10.541	-5.24	-4.792	4.792	5.24	10.541	-79.755	-535.446
FL_36_6_18	-20.505	-20.505	-13.698	-6.808	-6.555	6.555	6.808	13.698	-112.565	-796.931
FL_36_7_1	-5.538	0	-5.536	-0.001	0.001	5.536	0	0	49.262	-60.797
FL_36_7_2	-7.924	0	-7.925	0.001	-0.001	7.925	0	0	69.778	-123.362
FL_36_7_3	-12.883	0	-12.891	0.007	-0.007	12.891	0	0	103.986	-268.023
FL_36_7_4	-5.657	0	-5.198	-0.459	-0.489	6.146	0	0	34.566	-103.322
FL_36_7_5	-9.262	0	-8.373	-0.889	-1.014	10.276	0	0	41.747	-225.682
FL_36_7_6	-13.079	0	-11.843	-1.235	-1.4	14.479	0	0	72.124	-364.375
FL_36_7_7	-5.357	0	-4.268	-1.089	-1.396	6.753	0	0	11.031	-119.535
FL_36_7_8	-8.917	0	-7.107	-1.81	-2.326	11.243	0	0	4.953	-252.534

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
FL_36_7_9	-10.876	0	-8.594	-2.282	-3.092	13.968	0	0	6.105	-356.875
FL_36_7_10	-11.035	-11.035	-8.286	-2.749	-2.771	2.771	2.749	8.286	19.131	-200.199
FL_36_7_11	-15.776	-15.776	-11.853	-3.923	-3.97	3.97	3.923	11.853	8.715	-375.823
FL_36_7_12	-25.599	-25.599	-19.254	-6.345	-6.466	6.466	6.345	19.254	-28.206	-767.387
FL_36_7_13	-11.747	-11.747	-8.244	-3.503	-3.967	3.967	3.503	8.244	-12.818	-299.154
FL_36_7_14	-17.475	-17.475	-12.256	-5.219	-6.324	6.324	5.219	12.256	-52.044	-556.626
FL_36_7_15	-25.998	-25.998	-18.242	-7.756	-6.558	6.558	7.756	18.242	-84.267	-951.957
FL_36_7_16	-11.3	-11.3	-7.543	-3.758	-4.781	4.781	3.758	7.543	-25.2	-300.643
FL_36_7_17	-15.799	-15.799	-10.55	-5.25	-7.17	7.17	5.25	10.55	-66.66	-522.866
FL_36_7_18	-20.522	-20.522	-13.706	-6.817	-6.553	6.553	6.817	13.706	-96.33	-781.258
FL_36_8_1	-5.674	0	-5.605	-0.068	-0.069	5.743	0	0	48.538	-64.227
FL_36_8_2	-7.926	0	-7.926	0	0	7.926	0	0	74.896	-118.302
FL_36_8_3	-12.889	0	-12.893	0.004	-0.004	12.893	0	0	117.323	-254.838
FL_36_8_4	-5.814	0	-5.277	-0.538	-0.604	6.419	0	0	36.758	-104.967
FL_36_8_5	-9.845	0	-8.913	-0.932	-1.052	10.898	0	0	54.115	-230.165
FL_36_8_6	-13.083	0	-11.845	-1.238	-1.398	14.48	0	0	83.984	-352.647
FL_36_8_7	-5.702	0	-4.554	-1.148	-1.449	7.151	0	0	15.051	-123.929
FL_36_8_8	-8.92	0	-7.108	-1.811	-2.324	11.244	0	0	12.313	-245.246
FL_36_8_9	-10.879	0	-8.595	-2.283	-3.091	13.969	0	0	14.717	-348.355
FL_36_8_10	-11.042	-11.042	-8.29	-2.751	-2.91	2.91	2.751	8.29	19.119	-200.332
FL_36_8_11	-15.787	-15.787	-11.858	-3.928	-3.969	3.969	3.928	11.858	16.299	-368.507
FL_36_8_12	-25.625	-25.625	-19.266	-6.359	-6.464	6.464	6.359	19.266	-8.465	-748.391
FL_36_8_13	-11.753	-11.753	-8.247	-3.506	-3.967	3.967	3.506	8.247	-7.534	-294.024
FL_36_8_14	-17.487	-17.487	-12.261	-5.226	-6.323	6.323	5.226	12.261	-39.431	-544.373
FL_36_8_15	-26.018	-26.018	-18.252	-7.767	-6.556	6.556	7.767	18.252	-66.156	-934.513
FL_36_8_16	-11.764	-11.764	-7.851	-3.913	-5.139	5.139	3.913	7.851	-41.611	-381.286
FL_36_8_17	-15.809	-15.809	-10.554	-5.255	-7.169	7.169	5.255	10.554	-55.794	-512.293
FL_36_8_18	-21.989	-21.989	-14.684	-7.304	-6.553	6.553	7.304	14.684	-88.465	-822.332
FL_73_6_1	-3.252	0	-3.252	0	0	3.252	0	0	27.076	-37.558
FL_73_6_2	-4.551	0	-4.552	0.001	-0.001	4.552	0	0	34.705	-76.232
FL_73_6_3	-7.405	0	-7.408	0.004	-0.004	7.408	0	0	50.4	-163.408
FL_73_6_4	-3.82	0	-3.827	0.006	0.005	3.815	0	0	31.988	-43.944
FL_73_6_5	-6.193	0	-6.167	-0.026	-0.023	6.216	0	0	46.354	-104.605
FL_73_6_6	-8.711	0	-8.663	-0.049	-0.047	8.758	0	0	57.399	-194.143
FL_73_6_7	-3.965	0	-3.421	-0.544	-0.465	4.43	0	0	12.795	-83.863
FL_73_6_8	-6.28	0	-5.404	-0.876	-0.76	7.04	0	0	11.383	-169.95
FL_73_6_9	-7.427	0	-6.35	-1.078	-0.963	8.391	0	0	11.984	-202.481
FL_73_6_10	-6.489	-6.489	-4.871	-1.618	-1.627	1.627	1.618	4.871	8.4	-120.561
FL_73_6_11	-9.076	-9.076	-6.815	-2.26	-2.279	2.279	2.26	6.815	-3.176	-224.393
FL_73_6_12	-14.747	-14.747	-11.082	-3.665	-3.713	3.713	3.665	11.082	-30.597	-456.409
FL_73_6_13	-9.82	-9.82	-6.892	-2.928	-2.279	2.279	2.928	6.892	-18.869	-258.221
FL_73_6_14	-14.762	-14.762	-10.353	-4.409	-3.635	3.635	4.409	10.353	-57.013	-483.258
FL_73_6_15	-21.746	-21.746	-15.257	-6.489	-5.541	5.541	6.489	15.257	-88.882	-814.642
FL_73_6_16	-9.544	-9.544	-6.371	-3.174	-2.84	2.84	3.174	6.371	-28.821	-261.461

Modelo	Retracción 28									
	T1R28	T2R28	R1R28	R2R28	R3R28	R4R28	R5R28	R6R28	(+)MTG	(-)MTG
FL_73_6_17	-13.502	-13.502	-9.016	-4.486	-4.083	4.083	4.486	9.016	-68.326	-458.21
FL_73_6_18	-17.546	-17.546	-11.717	-5.829	-5.767	5.767	5.829	11.717	-96.462	-682.052
FL_73_7_1	-3.316	0	-3.284	-0.032	-0.033	3.349	0	0	28.596	-37.317
FL_73_7_2	-4.653	0	-4.603	-0.05	-0.053	4.706	0	0	39.297	-74.126
FL_73_7_3	-7.407	0	-7.409	0.002	-0.002	7.409	0	0	59.718	-154.158
FL_73_7_4	-4.926	0	-4.444	-0.482	-0.559	5.485	0	0	27.365	-92.709
FL_73_7_5	-6.778	0	-6.725	-0.053	-0.045	6.823	0	0	52.621	-143.091
FL_73_7_6	-9.208	0	-9.271	0.063	0.041	9.168	0	0	90.826	-216.495
FL_73_7_7	-3.966	0	-3.421	-0.545	-0.464	4.43	0	0	16.837	-79.843
FL_73_7_8	-6.431	0	-5.479	-0.952	-0.861	7.292	0	0	16.622	-169.084
FL_73_7_9	-7.835	0	-6.615	-1.22	-1.151	8.986	0	0	22.594	-238.901
FL_73_7_10	-6.492	-6.492	-4.872	-1.62	-1.692	1.692	1.62	4.872	11.185	-117.839
FL_73_7_11	-9.081	-9.081	-6.818	-2.263	-2.382	2.382	2.263	6.818	4.845	-216.509
FL_73_7_12	-14.759	-14.759	-11.087	-3.671	-3.88	3.88	3.671	11.087	-16.76	-442.914
FL_73_7_13	-9.827	-9.827	-6.895	-2.932	-2.382	2.382	2.932	6.895	-10.767	-250.291
FL_73_7_14	-15.588	-15.588	-10.931	-4.658	-3.799	3.799	4.658	10.931	-46.491	-496.608
FL_73_7_15	-22.899	-22.899	-16.063	-6.836	-5.77	5.77	6.836	16.063	-74.418	-838.66
FL_73_7_16	-9.551	-9.551	-6.374	-3.177	-2.839	2.839	3.177	6.374	-21.331	-254.131
FL_73_7_17	-13.513	-13.513	-9.021	-4.492	-4.259	4.259	4.492	9.021	-57.076	-447.269
FL_73_7_18	-18.582	-18.582	-12.408	-6.174	-5.767	5.767	6.174	12.408	-87.313	-707.502
FL_73_8_1	-3.317	0	-3.285	-0.032	-0.033	3.35	0	0	28.6	-37.323
FL_73_8_2	-4.76	0	-4.76	0	0	4.76	0	0	44.975	-71.039
FL_73_8_3	-7.573	0	-7.66	0.087	0.081	7.492	0	0	72.15	-146.514
FL_73_8_4	-5.063	0	-4.616	-0.446	-0.491	5.553	0	0	32.743	-90.656
FL_73_8_5	-6.779	0	-6.726	-0.053	-0.044	6.823	0	0	59.595	-136.161
FL_73_8_6	-9.446	0	-9.39	-0.056	-0.047	9.493	0	0	97.437	-217.829
FL_73_8_7	-3.967	0	-3.422	-0.545	-0.464	4.431	0	0	19.047	-77.648
FL_73_8_8	-6.606	0	-5.7	-0.907	-0.773	7.38	0	0	25.632	-165.122
FL_73_8_9	-7.837	0	-6.616	-1.221	-1.15	8.986	0	0	29.231	-232.314
FL_73_8_10	-6.494	-6.494	-4.874	-1.62	-1.692	1.692	1.62	4.874	11.181	-117.884
FL_73_8_11	-9.496	-9.496	-7.128	-2.367	-2.382	2.382	2.367	7.128	9.655	-221.799
FL_73_8_12	-15.433	-15.433	-11.592	-3.841	-3.879	3.879	3.841	11.592	-5.532	-451.173
FL_73_8_13	-10.346	-10.346	-7.258	-3.087	-2.382	2.382	3.087	7.258	-6.66	-258.833
FL_73_8_14	-15.599	-15.599	-10.936	-4.663	-3.798	3.798	4.663	10.936	-35.23	-485.64
FL_73_8_15	-22.914	-22.914	-16.07	-6.844	-5.769	5.769	6.844	16.07	-58.444	-823.203
FL_73_8_16	-10.196	-10.196	-6.804	-3.392	-4.469	4.469	3.392	6.804	-36.103	-330.507
FL_73_8_17	-14.311	-14.311	-9.553	-4.758	-4.259	4.259	4.758	9.553	-50.536	-463.757
FL_73_8_18	-18.593	-18.593	-12.413	-6.18	-5.766	5.766	6.18	12.413	-74.951	-695.488

Fuente: elaboración propia

Resultados de retracción a los 84 días en condición de apoyos flotantes

Modelo	Retracción 84									
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_6_1	-10.84	0	-10.68	-0.16	-0.167	11.007	0	0	85.767	-129.678
FL_0_6_2	-15.679	0	-15.685	0.006	-0.006	15.685	0	0	119.65	-262.533
FL_0_6_3	-25.487	0	-25.511	0.024	-0.024	25.511	0	0	173.885	-562.05
FL_0_6_4	-10.742	0	-9.87	-0.872	-0.923	11.665	0	0	64.849	-148.648
FL_0_6_5	-17.792	0	-16.296	-1.496	-1.606	19.398	0	0	87.703	-345.974
FL_0_6_6	-25.243	0	-22.796	-2.447	-2.839	28.082	0	0	84.075	-644.818
FL_0_6_7	-10.77	0	-8.623	-2.147	-2.682	13.452	0	0	13.35	-249.165
FL_0_6_8	-17.925	0	-14.357	-3.568	-4.468	22.393	0	0	-5.563	-523.156
FL_0_6_9	-20.791	0	-16.329	-4.462	-6.322	27.113	0	0	-18.004	-618.346
FL_0_6_10	-20.958	-20.958	-15.742	-5.216	-5.595	5.595	5.216	15.742	27.417	-389.119
FL_0_6_11	-31.185	-31.185	-23.444	-7.741	-7.863	7.863	7.741	23.444	-10.089	-770.217
FL_0_6_12	-50.572	-50.572	-38.068	-12.504	-12.81	12.81	12.504	38.068	-102.614	-1562.876
FL_0_6_13	-22.655	-22.655	-15.905	-6.75	-7.856	7.856	6.75	15.905	-43.373	-595.597
FL_0_6_14	-35.914	-35.914	-25.202	-10.711	-12.526	12.526	10.711	25.202	-138.188	-1175.195
FL_0_6_15	-50.135	-50.135	-35.192	-14.943	-19.813	19.813	14.943	35.192	-204.186	-1877.429
FL_0_6_16	-23.236	-23.236	-15.515	-7.72	-9.566	9.566	7.72	15.515	-69.983	-636.352
FL_0_6_17	-32.125	-32.125	-21.46	-10.664	-14.349	14.349	10.664	21.46	-162.24	-1089.841
FL_0_6_18	-45.178	-45.178	-30.189	-14.989	-19.805	19.805	14.989	30.189	-247.578	-1755.383
FL_0_7_1	-11.182	0	-11.179	-0.003	0.003	11.179	0	0	99.465	-122.77
FL_0_7_2	-15.687	0	-15.689	0.002	-0.002	15.689	0	0	138.145	-244.216
FL_0_7_3	-25.502	0	-25.518	0.016	-0.016	25.518	0	0	205.879	-530.499
FL_0_7_4	-11.356	0	-10.253	-1.103	-1.274	12.63	0	0	63.36	-213.435
FL_0_7_5	-19.225	0	-17.317	-1.907	-2.217	21.441	0	0	84.339	-470.771
FL_0_7_6	-26.556	0	-24.302	-2.253	-2.439	28.995	0	0	157.38	-728.92
FL_0_7_7	-11.08	0	-8.778	-2.303	-3.061	14.141	0	0	21.137	-248.944
FL_0_7_8	-17.933	0	-14.361	-3.572	-4.464	22.397	0	0	12.461	-505.352
FL_0_7_9	-22.982	0	-18.454	-4.529	-5.572	28.554	0	0	25.47	-741.57
FL_0_7_10	-22.275	-22.275	-16.728	-5.547	-5.596	5.596	5.547	16.728	38.674	-404.045
FL_0_7_11	-31.221	-31.221	-23.46	-7.76	-7.86	7.86	7.76	23.46	17.356	-743.645
FL_0_7_12	-50.647	-50.647	-38.102	-12.544	-12.804	12.804	12.544	38.102	-55.483	-1517.905
FL_0_7_13	-22.675	-22.675	-15.914	-6.761	-7.854	7.854	6.761	15.914	-24.706	-577.409
FL_0_7_14	-35.953	-35.953	-25.221	-10.732	-12.522	12.522	10.732	25.221	-106.854	-1144.995
FL_0_7_15	-53.998	-53.998	-37.898	-16.1	-19.812	19.812	16.1	37.898	-174.622	-1976.802
FL_0_7_16	-23.256	-23.256	-15.525	-7.731	-9.564	9.564	7.731	15.525	-51.783	-618.653
FL_0_7_17	-32.156	-32.156	-21.475	-10.681	-14.344	14.344	10.681	21.475	-135.529	-1064.035
FL_0_7_18	-45.221	-45.221	-30.21	-15.011	-19.8	19.8	15.011	30.21	-211.88	-1721.135
FL_0_8_1	-11.185	0	-11.182	-0.003	0.003	11.182	0	0	99.495	-122.809
FL_0_8_2	-16.195	0	-15.944	-0.252	-0.268	16.464	0	0	144.52	-250.244
FL_0_8_3	-25.513	0	-25.523	0.009	-0.009	25.523	0	0	232.269	-504.432
FL_0_8_4	-11.358	0	-10.254	-1.104	-1.273	12.631	0	0	69.978	-206.885
FL_0_8_5	-19.231	0	-17.32	-1.911	-2.213	21.444	0	0	102.264	-453.035
FL_0_8_6	-27.387	0	-24.717	-2.669	-3.063	30.45	0	0	172.348	-741.685

Modelo	Retracción 84								(+)MTG	(-)MTG
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84		
FL_0_8_7	-11.083	0	-8.779	-2.304	-3.06	14.143	0	0	26.799	-243.345
FL_0_8_8	-18.449	0	-14.619	-3.83	-5.094	23.543	0	0	22.28	-510.436
FL_0_8_9	-23.609	0	-18.767	-4.842	-6.316	29.925	0	0	36.885	-751.072
FL_0_8_10	-22.288	-22.288	-16.737	-5.552	-5.597	5.597	5.552	16.737	38.649	-404.334
FL_0_8_11	-31.245	-31.245	-23.472	-7.772	-8.38	8.38	7.772	23.472	32.351	-729.238
FL_0_8_12	-50.703	-50.703	-38.129	-12.575	-13.647	13.647	12.575	38.129	-16.479	-1480.535
FL_0_8_13	-22.688	-22.688	-15.921	-6.767	-8.375	8.375	6.767	15.921	-14.515	-567.544
FL_0_8_14	-35.983	-35.983	-25.235	-10.748	-13.348	13.348	10.748	25.235	-80.944	-1119.954
FL_0_8_15	-54.044	-54.044	-37.92	-16.124	-19.806	19.806	16.124	37.92	-137.054	-1940.766
FL_0_8_16	-25.778	-25.778	-17.208	-8.571	-10.771	10.771	8.571	17.208	-91.044	-835.396
FL_0_8_17	-32.179	-32.179	-21.486	-10.693	-14.342	14.342	10.693	21.486	-113.436	-1042.606
FL_0_8_18	-45.254	-45.254	-30.225	-15.029	-19.795	19.795	15.029	30.225	-181.876	-1692.223
FL_36_6_1	-9.889	0	-9.765	-0.124	-0.129	10.018	0	0	78.858	-117.693
FL_36_6_2	-14.108	0	-13.917	-0.19	-0.211	14.319	0	0	101.395	-242.479
FL_36_6_3	-22.937	0	-23.292	0.356	0.298	22.639	0	0	168.383	-493.909
FL_36_6_4	-7.927	0	-7.869	-0.057	-0.044	7.971	0	0	64.389	-93.157
FL_36_6_5	-12.89	0	-12.918	0.028	0.014	12.875	0	0	99.097	-215.089
FL_36_6_6	-22.111	0	-20.03	-2.082	-2.374	24.486	0	0	75.865	-562.601
FL_36_6_7	-9.817	0	-7.823	-1.994	-2.562	12.379	0	0	10.989	-228.31
FL_36_6_8	-16.342	0	-13.027	-3.315	-4.268	20.61	0	0	-7.282	-479.158
FL_36_6_9	-15.592	0	-13.136	-2.456	-2.351	17.943	0	0	18.266	-431.955
FL_36_6_10	-19.213	-19.213	-14.429	-4.784	-5.08	5.08	4.784	14.429	25.084	-356.77
FL_36_6_11	-27.303	-27.303	-20.519	-6.784	-7.279	7.279	6.784	20.519	-9.03	-674.531
FL_36_6_12	-46.868	-46.868	-35.27	-11.598	-11.86	11.86	11.598	35.27	-95.437	-1448.747
FL_36_6_13	-20.184	-20.184	-14.167	-6.017	-7.274	7.274	6.017	14.167	-38.727	-530.706
FL_36_6_14	-32.006	-32.006	-22.454	-9.552	-11.597	11.597	9.552	22.454	-123.376	-1047.545
FL_36_6_15	-47.615	-47.615	-33.421	-14.194	-12.026	12.026	14.194	33.421	-193.995	-1783.142
FL_36_6_16	-20.701	-20.701	-13.82	-6.881	-8.766	8.766	6.881	13.82	-62.428	-567.01
FL_36_6_17	-28.933	-28.933	-19.325	-9.608	-8.786	8.786	9.608	19.325	-146.218	-981.65
FL_36_6_18	-37.593	-37.593	-25.112	-12.481	-12.017	12.017	12.481	25.112	-206.369	-1461.039
FL_36_7_1	-10.152	0	-10.15	-0.002	0.002	10.15	0	0	90.314	-111.461
FL_36_7_2	-14.527	0	-14.528	0.002	-0.002	14.528	0	0	127.927	-226.163
FL_36_7_3	-23.62	0	-23.633	0.013	-0.013	23.633	0	0	190.641	-491.376
FL_36_7_4	-10.371	0	-9.53	-0.842	-0.896	11.267	0	0	63.371	-189.424
FL_36_7_5	-16.98	0	-15.351	-1.629	-1.859	18.839	0	0	76.536	-413.75
FL_36_7_6	-23.977	0	-21.713	-2.265	-2.567	26.544	0	0	132.227	-668.02
FL_36_7_7	-9.82	0	-7.824	-1.996	-2.56	12.38	0	0	20.223	-219.147
FL_36_7_8	-16.348	0	-13.03	-3.318	-4.264	20.612	0	0	9.08	-462.979
FL_36_7_9	-19.939	0	-15.756	-4.183	-5.669	25.608	0	0	11.193	-654.271
FL_36_7_10	-20.232	-20.232	-15.192	-5.04	-5.08	5.08	5.04	15.192	35.073	-367.032
FL_36_7_11	-28.923	-28.923	-21.73	-7.192	-7.277	7.277	7.192	21.73	15.977	-689.009
FL_36_7_12	-46.932	-46.932	-35.3	-11.632	-11.855	11.855	11.632	35.3	-51.71	-1406.876
FL_36_7_13	-21.536	-21.536	-15.114	-6.422	-7.273	7.273	6.422	15.114	-23.5	-548.449
FL_36_7_14	-32.037	-32.037	-22.468	-9.568	-11.594	11.594	9.568	22.468	-95.414	-1020.482

Modelo	Retracción 84									
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84	(+)MTG	(-)MTG
FL_36_7_15	-47.663	-47.663	-33.444	-14.219	-12.022	12.022	14.219	33.444	-154.49	-1745.255
FL_36_7_16	-20.717	-20.717	-13.828	-6.889	-8.764	8.764	6.889	13.828	-46.199	-551.178
FL_36_7_17	-28.965	-28.965	-19.341	-9.625	-13.145	13.145	9.625	19.341	-122.209	-958.587
FL_36_7_18	-37.624	-37.624	-25.127	-12.497	-12.014	12.014	12.497	25.127	-176.605	-1432.307
FL_36_8_1	-10.402	0	-10.276	-0.126	-0.127	10.529	0	0	88.987	-117.749
FL_36_8_2	-14.531	0	-14.531	0	0	14.531	0	0	137.309	-216.888
FL_36_8_3	-23.629	0	-23.637	0.008	-0.008	23.637	0	0	215.092	-467.203
FL_36_8_4	-10.66	0	-9.674	-0.986	-1.108	11.768	0	0	67.39	-192.44
FL_36_8_5	-18.05	0	-16.341	-1.708	-1.929	19.979	0	0	99.211	-421.969
FL_36_8_6	-23.985	0	-21.716	-2.269	-2.562	26.547	0	0	153.972	-646.52
FL_36_8_7	-10.453	0	-8.349	-2.105	-2.657	13.11	0	0	27.593	-227.203
FL_36_8_8	-16.353	0	-13.032	-3.321	-4.261	20.614	0	0	22.574	-449.618
FL_36_8_9	-19.944	0	-15.758	-4.186	-5.666	25.61	0	0	26.98	-638.651
FL_36_8_10	-20.243	-20.243	-15.199	-5.044	-5.334	5.334	5.044	15.199	35.052	-367.275
FL_36_8_11	-28.943	-28.943	-21.741	-7.202	-7.277	7.277	7.202	21.741	29.882	-675.597
FL_36_8_12	-46.979	-46.979	-35.322	-11.658	-11.851	11.851	11.658	35.322	-15.519	-1372.051
FL_36_8_13	-21.548	-21.548	-15.12	-6.428	-7.273	7.273	6.428	15.12	-13.813	-539.044
FL_36_8_14	-32.06	-32.06	-22.479	-9.581	-11.591	11.591	9.581	22.479	-72.29	-998.017
FL_36_8_15	-47.7	-47.7	-33.461	-14.239	-12.02	12.02	14.239	33.461	-121.286	-1713.275
FL_36_8_16	-21.567	-21.567	-14.393	-7.173	-9.421	9.421	7.173	14.393	-76.287	-699.025
FL_36_8_17	-28.984	-28.984	-19.35	-9.634	-13.143	13.143	9.634	19.35	-102.289	-939.204
FL_36_8_18	-40.312	-40.312	-26.921	-13.391	-12.014	12.014	13.391	26.921	-162.186	-1507.609
FL_73_6_1	-5.962	0	-5.962	0	0	5.962	0	0	49.639	-68.856
FL_73_6_2	-8.344	0	-8.346	0.002	-0.002	8.346	0	0	63.625	-139.759
FL_73_6_3	-13.575	0	-13.582	0.007	-0.007	13.582	0	0	92.4	-299.581
FL_73_6_4	-7.004	0	-7.015	0.011	0.009	6.995	0	0	58.644	-80.565
FL_73_6_5	-11.354	0	-11.307	-0.048	-0.041	11.396	0	0	84.983	-191.777
FL_73_6_6	-15.971	0	-15.882	-0.089	-0.085	16.056	0	0	105.232	-355.929
FL_73_6_7	-7.27	0	-6.272	-0.998	-0.852	8.122	0	0	23.458	-153.748
FL_73_6_8	-11.513	0	-9.907	-1.606	-1.394	12.907	0	0	20.868	-311.575
FL_73_6_9	-13.617	0	-11.641	-1.976	-1.766	15.383	0	0	21.971	-371.215
FL_73_6_10	-11.896	-11.896	-8.929	-2.966	-2.983	2.983	2.966	8.929	15.401	-221.028
FL_73_6_11	-16.639	-16.639	-12.495	-4.144	-4.178	4.178	4.144	12.495	-5.823	-411.388
FL_73_6_12	-27.036	-27.036	-20.316	-6.719	-6.806	6.806	6.719	20.316	-56.094	-836.749
FL_73_6_13	-18.003	-18.003	-12.635	-5.368	-4.179	4.179	5.368	12.635	-34.593	-473.405
FL_73_6_14	-27.063	-27.063	-18.981	-8.083	-6.664	6.664	8.083	18.981	-104.523	-885.973
FL_73_6_15	-39.867	-39.867	-27.97	-11.897	-10.158	10.158	11.897	27.97	-162.95	-1493.51
FL_73_6_16	-17.498	-17.498	-11.68	-5.818	-5.206	5.206	5.818	11.68	-52.838	-479.345
FL_73_6_17	-24.755	-24.755	-16.53	-8.225	-7.486	7.486	8.225	16.53	-125.265	-840.052
FL_73_6_18	-32.167	-32.167	-21.482	-10.686	-10.573	10.573	10.686	21.482	-176.847	-1250.428
FL_73_7_1	-6.08	0	-6.021	-0.059	-0.06	6.14	0	0	52.425	-68.414
FL_73_7_2	-8.531	0	-8.439	-0.092	-0.097	8.628	0	0	72.045	-135.897
FL_73_7_3	-13.579	0	-13.584	0.004	-0.004	13.584	0	0	109.483	-282.624
FL_73_7_4	-9.031	0	-8.147	-0.884	-1.024	10.055	0	0	50.169	-169.966

Modelo	Retracción 84									(+)MTG	(-)MTG
	T1R84	T2R84	R1R84	R2R84	R3R84	R4R84	R5R84	R6R84			
FL_73_7_5	-12.426	0	-12.33	-0.096	-0.082	12.508	0	0	96.472	-262.333	
FL_73_7_6	-16.882	0	-16.997	0.115	0.074	16.807	0	0	166.514	-396.907	
FL_73_7_7	-7.272	0	-6.273	-0.999	-0.851	8.123	0	0	30.867	-146.379	
FL_73_7_8	-11.791	0	-10.045	-1.745	-1.578	13.369	0	0	30.474	-309.986	
FL_73_7_9	-14.364	0	-12.128	-2.237	-2.109	16.474	0	0	41.423	-437.986	
FL_73_7_10	-11.902	-11.902	-8.932	-2.969	-3.102	3.102	2.969	8.932	20.506	-216.038	
FL_73_7_11	-16.649	-16.649	-12.499	-4.149	-4.367	4.367	4.149	12.499	8.883	-396.933	
FL_73_7_12	-27.057	-27.057	-20.326	-6.731	-7.113	7.113	6.731	20.326	-30.727	-812.008	
FL_73_7_13	-18.015	-18.015	-12.641	-5.375	-4.367	4.367	5.375	12.641	-19.74	-458.866	
FL_73_7_14	-28.579	-28.579	-20.04	-8.539	-6.965	6.965	8.539	20.04	-85.234	-910.447	
FL_73_7_15	-41.981	-41.981	-29.448	-12.532	-10.578	10.578	12.532	29.448	-136.432	-1537.542	
FL_73_7_16	-17.51	-17.51	-11.685	-5.824	-5.205	5.205	5.824	11.685	-39.108	-465.906	
FL_73_7_17	-24.774	-24.774	-16.539	-8.235	-7.809	7.809	8.235	16.539	-104.639	-819.993	
FL_73_7_18	-34.068	-34.068	-22.748	-11.319	-10.572	10.572	11.319	22.748	-160.073	-1297.086	
FL_73_8_1	-6.081	0	-6.022	-0.059	-0.06	6.141	0	0	52.434	-68.426	
FL_73_8_2	-8.726	0	-8.726	0	0	8.726	0	0	82.455	-130.238	
FL_73_8_3	-13.883	0	-14.043	0.16	0.148	13.736	0	0	132.276	-268.608	
FL_73_8_4	-9.281	0	-8.463	-0.818	-0.899	10.181	0	0	60.028	-166.202	
FL_73_8_5	-12.429	0	-12.331	-0.098	-0.08	12.509	0	0	109.257	-249.628	
FL_73_8_6	-17.318	0	-17.215	-0.103	-0.086	17.404	0	0	178.635	-399.352	
FL_73_8_7	-7.273	0	-6.273	-0.999	-0.851	8.123	0	0	34.919	-142.355	
FL_73_8_8	-12.111	0	-10.449	-1.662	-1.418	13.529	0	0	46.991	-302.724	
FL_73_8_9	-14.367	0	-12.129	-2.238	-2.108	16.475	0	0	53.59	-425.909	
FL_73_8_10	-11.905	-11.905	-8.935	-2.971	-3.103	3.103	2.971	8.935	20.499	-216.12	
FL_73_8_11	-17.409	-17.409	-13.069	-4.34	-4.367	4.367	4.34	13.069	17.701	-406.632	
FL_73_8_12	-28.295	-28.295	-21.253	-7.042	-7.112	7.112	7.042	21.253	-10.142	-827.151	
FL_73_8_13	-18.967	-18.967	-13.307	-5.66	-4.367	4.367	5.66	13.307	-12.21	-474.527	
FL_73_8_14	-28.597	-28.597	-20.049	-8.549	-6.963	6.963	8.549	20.049	-64.589	-890.34	
FL_73_8_15	-42.009	-42.009	-29.462	-12.548	-10.576	10.576	12.548	29.462	-107.146	-1509.206	
FL_73_8_16	-18.692	-18.692	-12.473	-6.219	-8.193	8.193	6.219	12.473	-66.188	-605.929	
FL_73_8_17	-26.236	-26.236	-17.514	-8.722	-7.808	7.808	8.722	17.514	-92.649	-850.222	
FL_73_8_18	-34.087	-34.087	-22.757	-11.33	-10.57	10.57	11.33	22.757	-137.41	-1275.062	

Fuente: elaboración propia

Resultados de retracción a los 140 días en condición de apoyos flotantes

Modelo	Retracción 140									
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_6_1	-12.482	0	-12.299	-0.184	-0.193	12.675	0	0	98.762	-149.326
FL_0_6_2	-18.055	0	-18.062	0.007	-0.007	18.062	0	0	137.778	-302.311
FL_0_6_3	-29.349	0	-29.377	0.028	-0.028	29.377	0	0	200.232	-647.209
FL_0_6_4	-12.37	0	-11.365	-1.005	-1.063	13.432	0	0	74.675	-171.171
FL_0_6_5	-20.488	0	-18.765	-1.722	-1.85	22.337	0	0	100.991	-398.395
FL_0_6_6	-29.068	0	-26.249	-2.818	-3.27	32.337	0	0	96.813	-742.518
FL_0_6_7	-12.402	0	-9.929	-2.473	-3.088	15.49	0	0	15.373	-286.918
FL_0_6_8	-20.641	0	-16.533	-4.109	-5.145	25.786	0	0	-6.406	-602.422
FL_0_6_9	-23.941	0	-18.803	-5.138	-7.28	31.221	0	0	-20.731	-712.034
FL_0_6_10	-24.133	-24.133	-18.127	-6.006	-6.443	6.443	6.006	18.127	31.571	-448.077
FL_0_6_11	-35.91	-35.91	-26.996	-8.914	-9.054	9.054	8.914	26.996	-11.618	-886.916
FL_0_6_12	-58.234	-58.234	-43.836	-14.399	-14.751	14.751	14.399	43.836	-118.162	-1799.675
FL_0_6_13	-26.088	-26.088	-18.315	-7.773	-9.047	9.047	7.773	18.315	-49.944	-685.839
FL_0_6_14	-41.355	-41.355	-29.021	-12.334	-14.424	14.424	12.334	29.021	-159.125	-1353.255
FL_0_6_15	-57.731	-57.731	-40.524	-17.207	-22.815	22.815	17.207	40.524	-235.124	-2161.888
FL_0_6_16	-26.756	-26.756	-17.866	-8.89	-11.016	11.016	8.89	17.866	-80.586	-732.769
FL_0_6_17	-36.992	-36.992	-24.712	-12.28	-16.523	16.523	12.28	24.712	-186.821	-1254.969
FL_0_6_18	-52.023	-52.023	-34.763	-17.26	-22.806	22.806	17.26	34.763	-285.09	-2021.351
FL_0_7_1	-12.876	0	-12.873	-0.003	0.003	12.873	0	0	114.536	-141.371
FL_0_7_2	-18.063	0	-18.066	0.002	-0.002	18.066	0	0	159.077	-281.219
FL_0_7_3	-29.366	0	-29.384	0.018	-0.018	29.384	0	0	237.073	-610.877
FL_0_7_4	-13.076	0	-11.806	-1.27	-1.467	14.543	0	0	72.96	-245.773
FL_0_7_5	-22.137	0	-19.941	-2.196	-2.552	24.69	0	0	97.117	-542.1
FL_0_7_6	-30.579	0	-27.984	-2.595	-2.808	33.388	0	0	181.225	-839.362
FL_0_7_7	-12.759	0	-10.107	-2.652	-3.525	16.284	0	0	24.339	-286.663
FL_0_7_8	-20.65	0	-16.537	-4.113	-5.14	25.79	0	0	14.349	-581.92
FL_0_7_9	-26.465	0	-21.25	-5.215	-6.416	32.88	0	0	29.329	-853.929
FL_0_7_10	-25.65	-25.65	-19.263	-6.387	-6.444	6.444	6.387	19.263	44.533	-465.264
FL_0_7_11	-35.951	-35.951	-27.015	-8.936	-9.051	9.051	8.936	27.015	19.986	-856.318
FL_0_7_12	-58.32	-58.32	-43.875	-14.445	-14.744	14.744	14.445	43.875	-63.89	-1747.891
FL_0_7_13	-26.111	-26.111	-18.326	-7.785	-9.045	9.045	7.785	18.326	-28.45	-664.896
FL_0_7_14	-41.4	-41.4	-29.042	-12.358	-14.419	14.419	12.358	29.042	-123.044	-1318.479
FL_0_7_15	-62.179	-62.179	-43.64	-18.539	-22.813	22.813	18.539	43.64	-201.08	-2276.318
FL_0_7_16	-26.78	-26.78	-17.877	-8.902	-11.013	11.013	8.902	17.877	-59.629	-712.389
FL_0_7_17	-37.028	-37.028	-24.729	-12.299	-16.518	16.518	12.299	24.729	-156.064	-1225.253
FL_0_7_18	-52.073	-52.073	-34.787	-17.286	-22.8	22.8	17.286	34.787	-243.983	-1981.913
FL_0_8_1	-12.88	0	-12.877	-0.003	0.003	12.877	0	0	114.57	-141.416
FL_0_8_2	-18.649	0	-18.359	-0.29	-0.309	18.958	0	0	166.418	-288.16
FL_0_8_3	-29.379	0	-29.39	0.011	-0.011	29.39	0	0	267.462	-580.861
FL_0_8_4	-13.079	0	-11.808	-1.272	-1.466	14.545	0	0	80.581	-238.231
FL_0_8_5	-22.145	0	-19.944	-2.2	-2.548	24.693	0	0	117.759	-521.677
FL_0_8_6	-31.536	0	-28.462	-3.074	-3.527	35.063	0	0	198.461	-854.061

Modelo	Retracción 140									(+)	(-)
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140	MTG		
FL_0_8_7	-12.762	0	-10.109	-2.653	-3.524	16.286	0	0	30.86	-280.216	
FL_0_8_8	-21.244	0	-16.833	-4.411	-5.866	27.11	0	0	25.655	-587.775	
FL_0_8_9	-27.186	0	-21.61	-5.576	-7.273	34.459	0	0	42.474	-864.871	
FL_0_8_10	-25.665	-25.665	-19.272	-6.393	-6.445	6.445	6.393	19.272	44.505	-465.596	
FL_0_8_11	-35.979	-35.979	-27.029	-8.95	-9.65	9.65	8.95	27.029	37.252	-839.729	
FL_0_8_12	-58.386	-58.386	-43.906	-14.48	-15.715	15.715	14.48	43.906	-18.976	-1704.859	
FL_0_8_13	-26.126	-26.126	-18.333	-7.793	-9.644	9.644	7.793	18.333	-16.714	-653.535	
FL_0_8_14	-41.435	-41.435	-29.059	-12.376	-15.37	15.37	12.376	29.059	-93.209	-1289.644	
FL_0_8_15	-62.232	-62.232	-43.665	-18.567	-22.807	22.807	18.567	43.665	-157.819	-2234.821	
FL_0_8_16	-29.684	-29.684	-19.815	-9.869	-12.403	12.403	9.869	19.815	-104.838	-961.971	
FL_0_8_17	-37.055	-37.055	-24.742	-12.313	-16.514	16.514	12.313	24.742	-130.623	-1200.577	
FL_0_8_18	-52.11	-52.11	-34.805	-17.306	-22.795	22.795	17.306	34.805	-209.433	-1948.621	
FL_36_6_1	-11.388	0	-11.245	-0.143	-0.148	11.536	0	0	90.807	-135.525	
FL_36_6_2	-16.245	0	-16.026	-0.219	-0.244	16.489	0	0	116.758	-279.218	
FL_36_6_3	-26.412	0	-26.821	0.409	0.343	26.069	0	0	193.896	-568.743	
FL_36_6_4	-9.128	0	-9.062	-0.066	-0.05	9.178	0	0	74.145	-107.272	
FL_36_6_5	-14.843	0	-14.875	0.032	0.016	14.826	0	0	114.111	-247.678	
FL_36_6_6	-25.462	0	-23.065	-2.397	-2.734	28.196	0	0	87.359	-647.843	
FL_36_6_7	-11.305	0	-9.008	-2.297	-2.95	14.255	0	0	12.654	-262.903	
FL_36_6_8	-18.818	0	-15.001	-3.817	-4.914	23.732	0	0	-8.385	-551.758	
FL_36_6_9	-17.954	0	-15.127	-2.828	-2.707	20.661	0	0	21.033	-497.402	
FL_36_6_10	-22.124	-22.124	-16.615	-5.508	-5.849	5.849	5.508	16.615	28.884	-410.826	
FL_36_6_11	-31.439	-31.439	-23.628	-7.811	-8.382	8.382	7.811	23.628	-10.399	-776.733	
FL_36_6_12	-53.969	-53.969	-40.614	-13.355	-13.657	13.657	13.355	40.614	-109.897	-1668.254	
FL_36_6_13	-23.242	-23.242	-16.314	-6.928	-8.376	8.376	6.928	16.314	-44.594	-611.116	
FL_36_6_14	-36.855	-36.855	-25.856	-10.999	-13.354	13.354	10.999	25.856	-142.069	-1206.264	
FL_36_6_15	-54.829	-54.829	-38.485	-16.344	-13.848	13.848	16.344	38.485	-223.388	-2053.315	
FL_36_6_16	-23.837	-23.837	-15.914	-7.923	-10.095	10.095	7.923	15.914	-71.887	-652.921	
FL_36_6_17	-33.316	-33.316	-22.253	-11.063	-10.117	10.117	11.063	22.253	-168.372	-1130.385	
FL_36_6_18	-43.289	-43.289	-28.917	-14.372	-13.838	13.838	14.372	28.917	-237.637	-1682.409	
FL_36_7_1	-11.69	0	-11.688	-0.003	0.003	11.688	0	0	103.998	-128.348	
FL_36_7_2	-16.728	0	-16.73	0.002	-0.002	16.73	0	0	147.309	-260.43	
FL_36_7_3	-27.198	0	-27.214	0.015	-0.015	27.214	0	0	219.526	-565.827	
FL_36_7_4	-11.942	0	-10.973	-0.969	-1.031	12.974	0	0	72.973	-218.125	
FL_36_7_5	-19.552	0	-17.676	-1.876	-2.141	21.693	0	0	88.133	-476.44	
FL_36_7_6	-27.61	0	-25.003	-2.608	-2.956	30.566	0	0	152.261	-769.235	
FL_36_7_7	-11.308	0	-9.01	-2.298	-2.948	14.256	0	0	23.287	-252.352	
FL_36_7_8	-18.825	0	-15.004	-3.821	-4.91	23.735	0	0	10.456	-533.127	
FL_36_7_9	-22.96	0	-18.143	-4.817	-6.528	29.488	0	0	12.889	-753.403	
FL_36_7_10	-23.297	-23.297	-17.494	-5.803	-5.85	5.85	5.803	17.494	40.387	-422.643	
FL_36_7_11	-33.305	-33.305	-25.023	-8.282	-8.38	8.38	8.282	25.023	18.398	-793.404	
FL_36_7_12	-54.043	-54.043	-40.648	-13.395	-13.651	13.651	13.395	40.648	-59.545	-1620.039	
FL_36_7_13	-24.799	-24.799	-17.404	-7.395	-8.375	8.375	7.395	17.404	-27.06	-631.547	
FL_36_7_14	-36.891	-36.891	-25.873	-11.018	-13.35	13.35	11.018	25.873	-109.871	-1175.1	

Modelo	Retracción 140									(+)MTG	(-)MTG
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140			
FL_36_7_15	-54.885	-54.885	-38.511	-16.374	-13.844	13.844	16.374	38.511	-177.897	-2009.688	
FL_36_7_16	-23.856	-23.856	-15.923	-7.933	-10.092	10.092	7.933	15.923	-53.199	-634.69	
FL_36_7_17	-33.354	-33.354	-22.271	-11.083	-15.137	15.137	11.083	22.271	-140.726	-1103.827	
FL_36_7_18	-43.325	-43.325	-28.934	-14.39	-13.835	13.835	14.39	28.934	-203.363	-1649.323	
FL_36_8_1	-11.978	0	-11.833	-0.145	-0.146	12.124	0	0	102.47	-135.59	
FL_36_8_2	-16.733	0	-16.733	0	0	16.733	0	0	158.113	-249.75	
FL_36_8_3	-27.209	0	-27.219	0.009	-0.009	27.219	0	0	247.682	-537.991	
FL_36_8_4	-12.275	0	-11.14	-1.135	-1.276	13.551	0	0	77.6	-221.598	
FL_36_8_5	-20.784	0	-18.817	-1.967	-2.222	23.006	0	0	114.243	-485.904	
FL_36_8_6	-27.619	0	-25.006	-2.613	-2.951	30.569	0	0	177.301	-744.478	
FL_36_8_7	-12.037	0	-9.614	-2.423	-3.06	15.097	0	0	31.774	-261.627	
FL_36_8_8	-18.831	0	-15.007	-3.824	-4.907	23.738	0	0	25.994	-517.742	
FL_36_8_9	-22.966	0	-18.146	-4.82	-6.525	29.491	0	0	31.068	-735.416	
FL_36_8_10	-23.31	-23.31	-17.502	-5.808	-6.143	6.143	5.808	17.502	40.363	-422.923	
FL_36_8_11	-33.328	-33.328	-25.035	-8.293	-8.379	8.379	8.293	25.035	34.409	-777.96	
FL_36_8_12	-54.098	-54.098	-40.674	-13.424	-13.647	13.647	13.424	40.674	-17.87	-1579.938	
FL_36_8_13	-24.813	-24.813	-17.411	-7.402	-8.375	8.375	7.402	17.411	-15.905	-620.718	
FL_36_8_14	-36.917	-36.917	-25.885	-11.032	-13.348	13.348	11.032	25.885	-83.243	-1149.231	
FL_36_8_15	-54.927	-54.927	-38.531	-16.396	-13.841	13.841	16.396	38.531	-139.662	-1972.861	
FL_36_8_16	-24.834	-24.834	-16.574	-8.26	-10.848	10.848	8.26	16.574	-87.846	-804.938	
FL_36_8_17	-33.376	-33.376	-22.282	-11.094	-15.134	15.134	11.094	22.282	-117.788	-1081.508	
FL_36_8_18	-46.42	-46.42	-31	-15.42	-13.834	13.834	15.42	31	-186.76	-1736.035	
FL_73_6_1	-6.865	0	-6.865	0	0	6.865	0	0	57.16	-79.289	
FL_73_6_2	-9.608	0	-9.61	0.002	-0.002	9.61	0	0	73.265	-160.935	
FL_73_6_3	-15.632	0	-15.64	0.008	-0.008	15.64	0	0	106.4	-344.972	
FL_73_6_4	-8.065	0	-8.078	0.013	0.011	8.055	0	0	67.53	-92.772	
FL_73_6_5	-13.075	0	-13.02	-0.055	-0.048	13.122	0	0	97.859	-220.834	
FL_73_6_6	-18.391	0	-18.288	-0.103	-0.098	18.489	0	0	121.176	-409.857	
FL_73_6_7	-8.371	0	-7.222	-1.149	-0.981	9.352	0	0	27.012	-177.043	
FL_73_6_8	-13.258	0	-11.408	-1.85	-1.605	14.862	0	0	24.03	-358.783	
FL_73_6_9	-15.68	0	-13.405	-2.275	-2.034	17.714	0	0	25.299	-427.46	
FL_73_6_10	-13.698	-13.698	-10.282	-3.416	-3.435	3.435	3.416	10.282	17.734	-254.517	
FL_73_6_11	-19.16	-19.16	-14.388	-4.772	-4.812	4.812	4.772	14.388	-6.706	-473.719	
FL_73_6_12	-31.132	-31.132	-23.395	-7.737	-7.838	7.838	7.737	23.395	-64.594	-963.53	
FL_73_6_13	-20.73	-20.73	-14.549	-6.181	-4.812	4.812	6.181	14.549	-39.834	-545.134	
FL_73_6_14	-31.164	-31.164	-21.857	-9.307	-7.673	7.673	9.307	21.857	-120.36	-1020.211	
FL_73_6_15	-45.907	-45.907	-32.208	-13.699	-11.697	11.697	13.699	32.208	-187.639	-1719.8	
FL_73_6_16	-20.149	-20.149	-13.449	-6.7	-5.995	5.995	6.7	13.449	-60.844	-551.974	
FL_73_6_17	-28.505	-28.505	-19.034	-9.471	-8.621	8.621	9.471	19.034	-144.245	-967.333	
FL_73_6_18	-37.041	-37.041	-24.736	-12.305	-12.175	12.175	12.305	24.736	-203.642	-1439.887	
FL_73_7_1	-7.001	0	-6.933	-0.068	-0.069	7.07	0	0	60.368	-78.78	
FL_73_7_2	-9.824	0	-9.718	-0.106	-0.112	9.936	0	0	82.961	-156.488	
FL_73_7_3	-15.637	0	-15.642	0.005	-0.005	15.642	0	0	126.071	-325.446	
FL_73_7_4	-10.4	0	-9.382	-1.018	-1.179	11.579	0	0	57.771	-195.718	

Modelo	Retracción 140									(+)	(-)
	T1R140	T2R140	R1R140	R2R140	R3R140	R4R140	R5R140	R6R140	MTG		
FL_73_7_5	-14.309	0	-14.198	-0.111	-0.094	14.403	0	0	111.089	-302.081	
FL_73_7_6	-19.439	0	-19.572	0.133	0.086	19.354	0	0	191.743	-457.044	
FL_73_7_7	-8.373	0	-7.223	-1.15	-0.98	9.353	0	0	35.544	-168.558	
FL_73_7_8	-13.577	0	-11.568	-2.01	-1.817	15.395	0	0	35.091	-356.954	
FL_73_7_9	-16.541	0	-13.965	-2.576	-2.429	18.97	0	0	47.699	-504.347	
FL_73_7_10	-13.705	-13.705	-10.286	-3.419	-3.572	3.572	3.419	10.286	23.613	-248.771	
FL_73_7_11	-19.171	-19.171	-14.393	-4.778	-5.029	5.029	4.778	14.393	10.229	-457.075	
FL_73_7_12	-31.157	-31.157	-23.406	-7.751	-8.191	8.191	7.751	23.406	-35.382	-935.04	
FL_73_7_13	-20.745	-20.745	-14.556	-6.189	-5.029	5.029	6.189	14.556	-22.731	-528.391	
FL_73_7_14	-32.909	-32.909	-23.076	-9.833	-8.02	8.02	9.833	23.076	-98.148	-1048.394	
FL_73_7_15	-48.342	-48.342	-33.91	-14.431	-12.181	12.181	14.431	33.91	-157.104	-1770.504	
FL_73_7_16	-20.163	-20.163	-13.456	-6.707	-5.994	5.994	6.707	13.456	-45.033	-536.498	
FL_73_7_17	-28.528	-28.528	-19.045	-9.483	-8.992	8.992	9.483	19.045	-120.494	-944.235	
FL_73_7_18	-39.23	-39.23	-26.195	-13.035	-12.174	12.174	13.035	26.195	-184.326	-1493.615	
FL_73_8_1	-7.002	0	-6.934	-0.068	-0.069	7.071	0	0	60.378	-78.794	
FL_73_8_2	-10.048	0	-10.048	0	0	10.048	0	0	94.948	-149.971	
FL_73_8_3	-15.987	0	-16.171	0.184	0.17	15.817	0	0	152.318	-309.307	
FL_73_8_4	-10.688	0	-9.745	-0.942	-1.036	11.723	0	0	69.124	-191.384	
FL_73_8_5	-14.312	0	-14.199	-0.113	-0.092	14.404	0	0	125.812	-287.45	
FL_73_8_6	-19.942	0	-19.823	-0.119	-0.099	20.041	0	0	205.701	-459.86	
FL_73_8_7	-8.375	0	-7.224	-1.151	-0.979	9.354	0	0	40.21	-163.924	
FL_73_8_8	-13.946	0	-12.032	-1.914	-1.633	15.579	0	0	54.111	-348.591	
FL_73_8_9	-16.544	0	-13.967	-2.577	-2.427	18.971	0	0	61.709	-490.44	
FL_73_8_10	-13.709	-13.709	-10.289	-3.421	-3.573	3.573	3.421	10.289	23.605	-248.865	
FL_73_8_11	-20.046	-20.046	-15.049	-4.998	-5.029	5.029	4.998	15.049	20.383	-468.243	
FL_73_8_12	-32.582	-32.582	-24.473	-8.109	-8.19	8.19	8.109	24.473	-11.679	-952.477	
FL_73_8_13	-21.841	-21.841	-15.323	-6.517	-5.029	5.029	6.517	15.323	-14.06	-546.424	
FL_73_8_14	-32.93	-32.93	-23.086	-9.844	-8.018	8.018	9.844	23.086	-74.375	-1025.24	
FL_73_8_15	-48.374	-48.374	-33.926	-14.449	-12.178	12.178	14.449	33.926	-123.381	-1737.873	
FL_73_8_16	-21.524	-21.524	-14.363	-7.161	-9.434	9.434	7.161	14.363	-76.217	-697.737	
FL_73_8_17	-30.211	-30.211	-20.167	-10.044	-8.991	8.991	10.044	20.167	-106.687	-979.043	
FL_73_8_18	-39.252	-39.252	-26.205	-13.046	-12.172	12.172	13.046	26.205	-158.229	-1468.253	

Fuente: elaboración propia

Resultados de temperatura uniforme en condición de apoyos flotantes

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_6_1	8.49	0	8.365	0.125	0.131	-8.621	0	0	-67.174	101.566
FL_0_6_2	12.28	0	12.285	-0.005	0.005	-12.285	0	0	-93.712	205.621
FL_0_6_3	19.962	0	19.981	-0.019	0.019	-19.981	0	0	-136.19	440.207
FL_0_6_4	8.413	0	7.73	0.683	0.723	-9.136	0	0	-50.791	116.424
FL_0_6_5	13.935	0	12.764	1.171	1.258	-15.193	0	0	-68.69	270.973
FL_0_6_6	19.771	0	17.854	1.917	2.224	-21.995	0	0	-65.849	505.032
FL_0_6_7	8.435	0	6.753	1.682	2.1	-10.536	0	0	-10.456	195.151
FL_0_6_8	14.039	0	11.245	2.795	3.499	-17.539	0	0	4.357	409.745
FL_0_6_9	16.284	0	12.789	3.495	4.951	-21.235	0	0	14.101	484.299
FL_0_6_10	16.414	16.414	12.329	4.085	4.382	-4.382	-4.085	-12.329	-21.473	304.765
FL_0_6_11	24.424	24.424	18.361	6.063	6.158	-6.158	-6.063	-18.361	7.902	603.247
FL_0_6_12	39.609	39.609	29.815	9.793	10.033	-10.033	-9.793	-29.815	80.369	1224.07
FL_0_6_13	17.744	17.744	12.457	5.287	6.153	-6.153	-5.287	-12.457	33.97	466.481
FL_0_6_14	28.128	28.128	19.739	8.389	9.811	-9.811	-8.389	-19.739	108.231	920.433
FL_0_6_15	39.266	39.266	27.563	11.704	15.518	-15.518	-11.704	-27.563	159.922	1470.434
FL_0_6_16	18.199	18.199	12.152	6.047	7.493	-7.493	-6.047	-12.152	54.812	498.401
FL_0_6_17	25.161	25.161	16.808	8.353	11.238	-11.238	-8.353	-16.808	127.069	853.582
FL_0_6_18	35.384	35.384	23.645	11.739	15.512	-15.512	-11.739	-23.645	193.907	1374.846
FL_0_7_1	8.758	0	8.756	0.002	-0.002	-8.756	0	0	-77.903	96.155
FL_0_7_2	12.286	0	12.288	-0.001	0.001	-12.288	0	0	-108.198	191.274
FL_0_7_3	19.974	0	19.986	-0.012	0.012	-19.986	0	0	-161.248	415.495
FL_0_7_4	8.894	0	8.03	0.864	0.998	-9.892	0	0	-49.624	167.166
FL_0_7_5	15.057	0	13.563	1.494	1.736	-16.793	0	0	-66.055	368.716
FL_0_7_6	20.799	0	19.034	1.765	1.91	-22.709	0	0	-123.262	570.902
FL_0_7_7	8.678	0	6.875	1.804	2.398	-11.076	0	0	-16.555	194.977
FL_0_7_8	14.045	0	11.248	2.798	3.496	-17.541	0	0	-9.76	395.8
FL_0_7_9	18	0	14.453	3.547	4.364	-22.364	0	0	-19.948	580.81
FL_0_7_10	17.446	17.446	13.102	4.344	4.383	-4.383	-4.344	-13.102	-30.29	316.455
FL_0_7_11	24.452	24.452	18.375	6.078	6.156	-6.156	-6.078	-18.375	-13.594	582.435
FL_0_7_12	39.667	39.667	29.842	9.825	10.028	-10.028	-9.825	-29.842	43.455	1188.849
FL_0_7_13	17.759	17.759	12.464	5.295	6.152	-6.152	-5.295	-12.464	19.35	452.237
FL_0_7_14	28.159	28.159	19.753	8.406	9.807	-9.807	-8.406	-19.753	83.69	896.779
FL_0_7_15	42.292	42.292	29.682	12.61	15.517	-15.517	-12.61	-29.682	136.767	1548.264
FL_0_7_16	18.215	18.215	12.16	6.055	7.491	-7.491	-6.055	-12.16	40.558	484.54
FL_0_7_17	25.185	25.185	16.82	8.365	11.235	-11.235	-8.365	-16.82	106.149	833.37
FL_0_7_18	35.418	35.418	23.661	11.757	15.507	-15.507	-11.757	-23.661	165.948	1348.022
FL_0_8_1	8.76	0	8.758	0.002	-0.002	-8.758	0	0	-77.926	96.186
FL_0_8_2	12.685	0	12.487	0.197	0.21	-12.895	0	0	-113.191	195.996
FL_0_8_3	19.983	0	19.99	-0.007	0.007	-19.99	0	0	-181.917	395.08
FL_0_8_4	8.896	0	8.031	0.865	0.997	-9.893	0	0	-54.808	162.035
FL_0_8_5	15.062	0	13.565	1.497	1.733	-16.795	0	0	-80.095	354.825
FL_0_8_6	21.45	0	19.359	2.091	2.399	-23.849	0	0	-134.986	580.9

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
FL_0_8_7	8.68	0	6.876	1.805	2.397	-11.077	0	0	-20.99	190.592
FL_0_8_8	14.45	0	11.449	3	3.99	-18.439	0	0	-17.45	399.782
FL_0_8_9	18.491	0	14.699	3.793	4.947	-23.438	0	0	-28.889	588.253
FL_0_8_10	17.457	17.457	13.108	4.348	4.384	-4.384	-4.348	-13.108	-30.271	316.681
FL_0_8_11	24.471	24.471	18.384	6.087	6.563	-6.563	-6.087	-18.384	-25.338	571.152
FL_0_8_12	39.712	39.712	29.863	9.849	10.688	-10.688	-9.849	-29.863	12.906	1159.58
FL_0_8_13	17.77	17.77	12.469	5.3	6.559	-6.559	-5.3	-12.469	11.368	444.51
FL_0_8_14	28.182	28.182	19.765	8.418	10.454	-10.454	-8.418	-19.765	63.397	877.166
FL_0_8_15	42.328	42.328	29.699	12.629	15.513	-15.513	-12.629	-29.699	107.343	1520.04
FL_0_8_16	20.19	20.19	13.478	6.713	8.436	-8.436	-6.713	-13.478	71.307	654.296
FL_0_8_17	25.203	25.203	16.828	8.375	11.233	-11.233	-8.375	-16.828	88.845	816.586
FL_0_8_18	35.444	35.444	23.673	11.771	15.504	-15.504	-11.771	-23.673	142.448	1325.378
FL_36_6_1	7.746	0	7.648	0.097	0.101	-7.846	0	0	-61.763	92.179
FL_36_6_2	11.049	0	10.9	0.149	0.166	-11.215	0	0	-79.415	189.913
FL_36_6_3	17.964	0	18.243	-0.278	-0.233	-17.731	0	0	-131.881	386.838
FL_36_6_4	6.208	0	6.163	0.045	0.034	-6.243	0	0	-50.431	72.962
FL_36_6_5	10.095	0	10.117	-0.022	-0.011	-10.084	0	0	-77.614	168.461
FL_36_6_6	17.318	0	15.688	1.63	1.86	-19.178	0	0	-59.418	440.638
FL_36_6_7	7.689	0	6.127	1.562	2.006	-9.695	0	0	-8.607	178.817
FL_36_6_8	12.799	0	10.203	2.596	3.342	-16.142	0	0	5.703	375.285
FL_36_6_9	12.212	0	10.289	1.923	1.841	-14.053	0	0	-14.306	338.314
FL_36_6_10	15.048	15.048	11.301	3.747	3.978	-3.978	-3.747	-11.301	-19.646	279.428
FL_36_6_11	21.384	21.384	16.071	5.313	5.701	-5.701	-5.313	-16.071	7.073	528.304
FL_36_6_12	36.708	36.708	27.624	9.084	9.289	-9.289	-9.084	-27.624	74.748	1134.683
FL_36_6_13	15.808	15.808	11.096	4.712	5.697	-5.697	-4.712	-11.096	30.331	415.658
FL_36_6_14	25.068	25.068	17.586	7.481	9.083	-9.083	-7.481	-17.586	96.63	820.455
FL_36_6_15	37.293	37.293	26.176	11.117	9.419	-9.419	-11.117	-26.176	151.94	1396.586
FL_36_6_16	16.213	16.213	10.824	5.389	6.866	-6.866	-5.389	-10.824	48.895	444.092
FL_36_6_17	22.661	22.661	15.136	7.525	6.881	-6.881	-7.525	-15.136	114.52	768.845
FL_36_6_18	29.444	29.444	19.668	9.775	9.412	-9.412	-9.775	-19.668	161.632	1144.311
FL_36_7_1	7.951	0	7.95	0.002	-0.002	-7.95	0	0	-70.735	87.298
FL_36_7_2	11.378	0	11.379	-0.001	0.001	-11.379	0	0	-100.194	177.135
FL_36_7_3	18.499	0	18.51	-0.01	0.01	-18.51	0	0	-149.313	384.854
FL_36_7_4	8.123	0	7.464	0.659	0.702	-8.824	0	0	-49.633	148.36
FL_36_7_5	13.299	0	12.023	1.276	1.456	-14.755	0	0	-59.945	324.056
FL_36_7_6	18.78	0	17.006	1.774	2.01	-20.79	0	0	-103.562	523.205
FL_36_7_7	7.691	0	6.128	1.563	2.005	-9.696	0	0	-15.839	171.64
FL_36_7_8	12.804	0	10.205	2.599	3.34	-16.144	0	0	-7.112	362.613
FL_36_7_9	15.617	0	12.34	3.276	4.44	-20.057	0	0	-8.767	512.436
FL_36_7_10	15.846	15.846	11.899	3.947	3.979	-3.979	-3.947	-11.899	-27.47	287.466
FL_36_7_11	22.653	22.653	17.02	5.633	5.7	-5.7	-5.633	-17.02	-12.513	539.644
FL_36_7_12	36.758	36.758	27.647	9.111	9.285	-9.285	-9.111	-27.647	40.5	1101.889
FL_36_7_13	16.868	16.868	11.838	5.03	5.697	-5.697	-5.03	-11.838	18.405	429.554
FL_36_7_14	25.092	25.092	17.598	7.494	9.08	-9.08	-7.494	-17.598	74.73	799.258

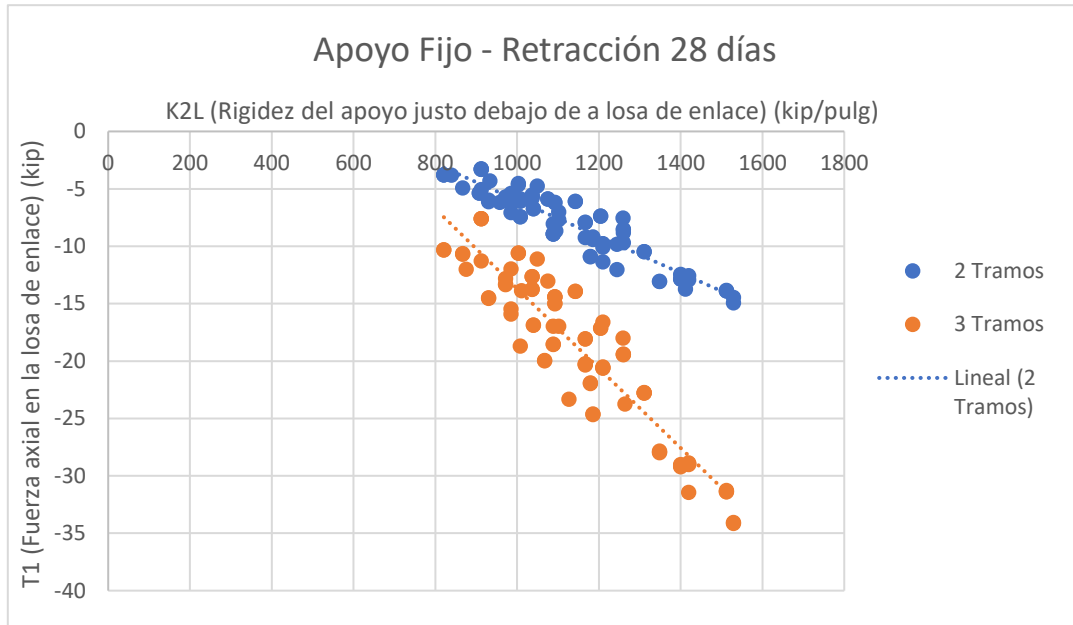
Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
FL_36_7_15	37.331	37.331	26.194	11.137	9.416	-9.416	-11.137	-26.194	120.999	1366.913
FL_36_7_16	16.226	16.226	10.83	5.396	6.864	-6.864	-5.396	-10.83	36.184	431.692
FL_36_7_17	22.686	22.686	15.148	7.538	10.296	-10.296	-7.538	-15.148	95.716	750.781
FL_36_7_18	29.468	29.468	19.68	9.788	9.41	-9.41	-9.788	-19.68	138.32	1121.806
FL_36_8_1	8.147	0	8.049	0.098	0.099	-8.246	0	0	-69.696	92.223
FL_36_8_2	11.381	0	11.381	0	0	-11.381	0	0	-107.542	169.87
FL_36_8_3	18.507	0	18.513	-0.006	0.006	-18.513	0	0	-168.464	365.921
FL_36_8_4	8.349	0	7.577	0.772	0.868	-9.217	0	0	-52.781	150.722
FL_36_8_5	14.137	0	12.799	1.338	1.511	-15.648	0	0	-77.704	330.493
FL_36_8_6	18.785	0	17.008	1.777	2.007	-20.792	0	0	-120.593	506.365
FL_36_8_7	8.187	0	6.539	1.648	2.081	-10.268	0	0	-21.611	177.949
FL_36_8_8	12.808	0	10.207	2.601	3.337	-16.145	0	0	-17.68	352.148
FL_36_8_9	15.62	0	12.342	3.278	4.438	-20.058	0	0	-21.131	500.202
FL_36_8_10	15.855	15.855	11.904	3.951	4.178	-4.178	-3.951	-11.904	-27.453	287.656
FL_36_8_11	22.668	22.668	17.028	5.641	5.699	-5.699	-5.641	-17.028	-23.404	529.139
FL_36_8_12	36.795	36.795	27.665	9.13	9.282	-9.282	-9.13	-27.665	12.155	1074.613
FL_36_8_13	16.877	16.877	11.842	5.035	5.696	-5.696	-5.035	-11.842	10.818	422.189
FL_36_8_14	25.11	25.11	17.606	7.504	9.078	-9.078	-7.504	-17.606	56.619	781.663
FL_36_8_15	37.359	37.359	26.207	11.152	9.414	-9.414	-11.152	-26.207	94.993	1341.865
FL_36_8_16	16.891	16.891	11.273	5.618	7.378	-7.378	-5.618	-11.273	59.749	547.488
FL_36_8_17	22.701	22.701	15.155	7.546	10.294	-10.294	-7.546	-15.155	80.115	735.601
FL_36_8_18	31.573	31.573	21.085	10.488	9.41	-9.41	-10.488	-21.085	127.027	1180.785
FL_73_6_1	4.67	0	4.669	0	0	-4.669	0	0	-38.878	53.93
FL_73_6_2	6.535	0	6.536	-0.001	0.001	-6.536	0	0	-49.832	109.462
FL_73_6_3	10.632	0	10.638	-0.005	0.005	-10.638	0	0	-72.369	234.637
FL_73_6_4	5.486	0	5.495	-0.009	-0.007	-5.479	0	0	-45.931	63.1
FL_73_6_5	8.893	0	8.856	0.037	0.032	-8.925	0	0	-66.56	150.203
FL_73_6_6	12.509	0	12.439	0.07	0.067	-12.576	0	0	-82.419	278.769
FL_73_6_7	5.694	0	4.912	0.782	0.667	-6.361	0	0	-18.372	120.418
FL_73_6_8	9.017	0	7.759	1.258	1.091	-10.109	0	0	-16.344	244.031
FL_73_6_9	10.665	0	9.117	1.548	1.383	-12.048	0	0	-17.208	290.742
FL_73_6_10	9.317	9.317	6.994	2.323	2.336	-2.336	-2.323	-6.994	-12.062	173.113
FL_73_6_11	13.032	13.032	9.786	3.246	3.273	-3.273	-3.246	-9.786	4.561	322.206
FL_73_6_12	21.175	21.175	15.912	5.263	5.331	-5.331	-5.263	-15.912	43.934	655.356
FL_73_6_13	14.1	14.1	9.896	4.204	3.273	-3.273	-4.204	-9.896	27.094	370.779
FL_73_6_14	21.196	21.196	14.866	6.33	5.219	-5.219	-6.33	-14.866	81.864	693.909
FL_73_6_15	31.224	31.224	21.907	9.318	7.956	-7.956	-9.318	-21.907	127.625	1169.742
FL_73_6_16	13.705	13.705	9.148	4.557	4.078	-4.078	-4.557	-9.148	41.384	375.431
FL_73_6_17	19.388	19.388	12.946	6.442	5.863	-5.863	-6.442	-12.946	98.11	657.943
FL_73_6_18	25.194	25.194	16.825	8.369	8.281	-8.281	-8.369	-16.825	138.51	979.356
FL_73_7_1	4.762	0	4.716	0.046	0.047	-4.809	0	0	-41.06	53.583
FL_73_7_2	6.682	0	6.61	0.072	0.076	-6.758	0	0	-56.427	106.437
FL_73_7_3	10.636	0	10.639	-0.003	0.003	-10.639	0	0	-85.749	221.356
FL_73_7_4	7.073	0	6.381	0.692	0.802	-7.876	0	0	-39.294	133.12

Modelo	Temperatura Uniforme									
	T1TU	T2TU	R1TU	R2TU	R3TU	R4TU	R5TU	R6TU	(+)MTG	(-)MTG
FL_73_7_5	9.732	0	9.657	0.076	0.064	-9.796	0	0	-75.559	205.464
FL_73_7_6	13.222	0	13.312	-0.09	-0.058	-13.164	0	0	-130.417	310.864
FL_73_7_7	5.695	0	4.913	0.782	0.666	-6.362	0	0	-24.176	114.646
FL_73_7_8	9.235	0	7.868	1.367	1.236	-10.471	0	0	-23.867	242.787
FL_73_7_9	11.25	0	9.499	1.752	1.652	-12.902	0	0	-32.443	343.038
FL_73_7_10	9.322	9.322	6.996	2.325	2.43	-2.43	-2.325	-6.996	-16.061	169.204
FL_73_7_11	13.04	13.04	9.79	3.25	3.42	-3.42	-3.25	-9.79	-6.957	310.885
FL_73_7_12	21.192	21.192	15.92	5.272	5.571	-5.571	-5.272	-15.92	24.066	635.979
FL_73_7_13	14.11	14.11	9.9	4.21	3.421	-3.421	-4.21	-9.9	15.461	359.392
FL_73_7_14	22.383	22.383	15.696	6.688	5.455	-5.455	-6.688	-15.696	66.757	713.077
FL_73_7_15	32.88	32.88	23.064	9.816	8.285	-8.285	-9.816	-23.064	106.856	1204.229
FL_73_7_16	13.714	13.714	9.152	4.562	4.077	-4.077	-4.562	-9.152	30.63	364.906
FL_73_7_17	19.404	19.404	12.954	6.45	6.116	-6.116	-6.45	-12.954	81.955	642.232
FL_73_7_18	26.682	26.682	17.817	8.866	8.28	-8.28	-8.866	-17.817	125.372	1015.9
FL_73_8_1	4.763	0	4.716	0.046	0.047	-4.81	0	0	-41.067	53.593
FL_73_8_2	6.834	0	6.834	0	0	-6.834	0	0	-64.58	102.005
FL_73_8_3	10.874	0	10.999	-0.125	-0.116	-10.758	0	0	-103.601	210.379
FL_73_8_4	7.269	0	6.628	0.641	0.704	-7.974	0	0	-47.015	130.172
FL_73_8_5	9.735	0	9.658	0.077	0.063	-9.797	0	0	-85.572	195.513
FL_73_8_6	13.564	0	13.483	0.081	0.067	-13.631	0	0	-139.91	312.78
FL_73_8_7	5.696	0	4.913	0.783	0.666	-6.362	0	0	-27.349	111.495
FL_73_8_8	9.486	0	8.184	1.302	1.111	-10.596	0	0	-36.804	237.099
FL_73_8_9	11.252	0	9.5	1.753	1.651	-12.903	0	0	-41.972	333.579
FL_73_8_10	9.324	9.324	6.998	2.327	2.43	-2.43	-2.327	-6.998	-16.055	169.269
FL_73_8_11	13.635	13.635	10.235	3.399	3.42	-3.42	-3.399	-10.235	-13.864	318.481
FL_73_8_12	22.161	22.161	16.645	5.515	5.57	-5.57	-5.515	-16.645	7.943	647.839
FL_73_8_13	14.855	14.855	10.422	4.433	3.421	-3.421	-4.433	-10.422	9.563	371.657
FL_73_8_14	22.398	22.398	15.702	6.695	5.454	-5.454	-6.695	-15.702	50.587	697.329
FL_73_8_15	32.902	32.902	23.075	9.827	8.283	-8.283	-9.827	-23.075	83.919	1182.035
FL_73_8_16	14.64	14.64	9.769	4.871	6.417	-6.417	-4.871	-9.769	51.84	474.574
FL_73_8_17	20.549	20.549	13.717	6.832	6.115	-6.115	-6.832	-13.717	72.564	665.908
FL_73_8_18	26.697	26.697	17.824	8.873	8.279	-8.279	-8.873	-17.824	107.621	998.65

Fuente: elaboración propia

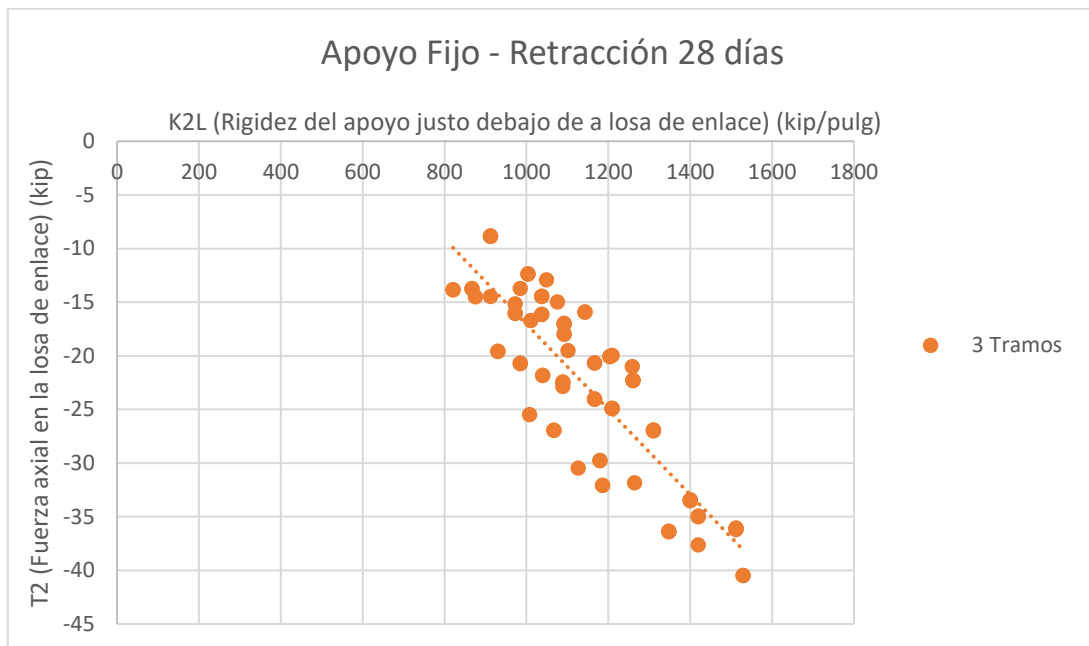
RETRACCIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS PARA APOYO FIJO

A continuación, se muestran las gráficas de la relación de la fuerza axial de la losa de enlace y la rigidez del apoyo analizado para la retracción a los 28 días en condición de apoyos fijos.



Efecto por retracción del concreto a los 28 días para apoyo fijo (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

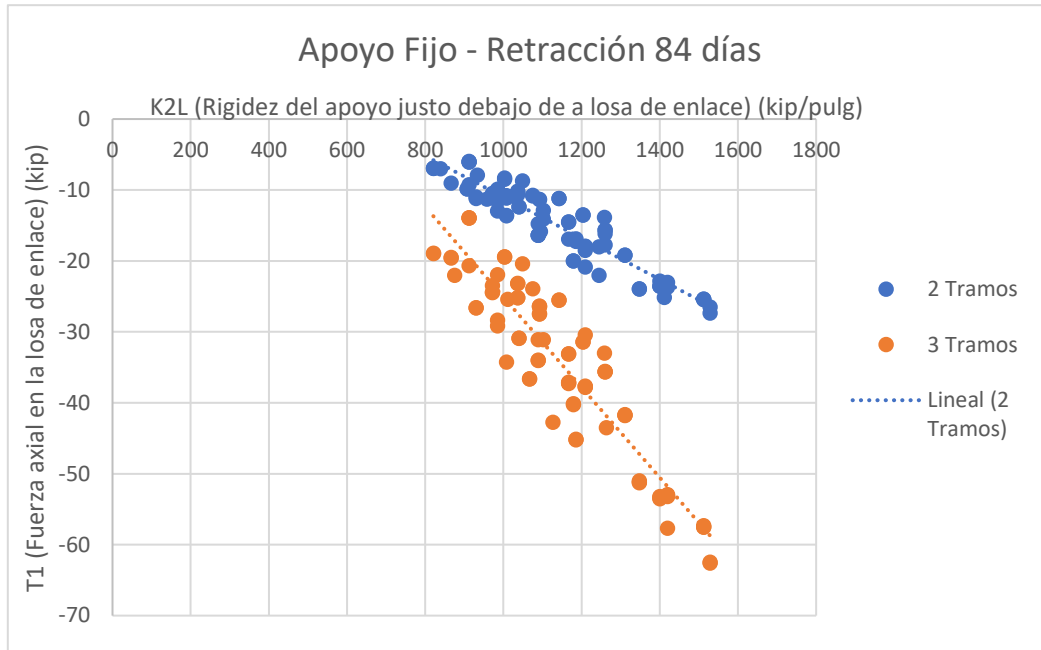


Efecto por retracción del concreto a los 28 días para apoyo fijo (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

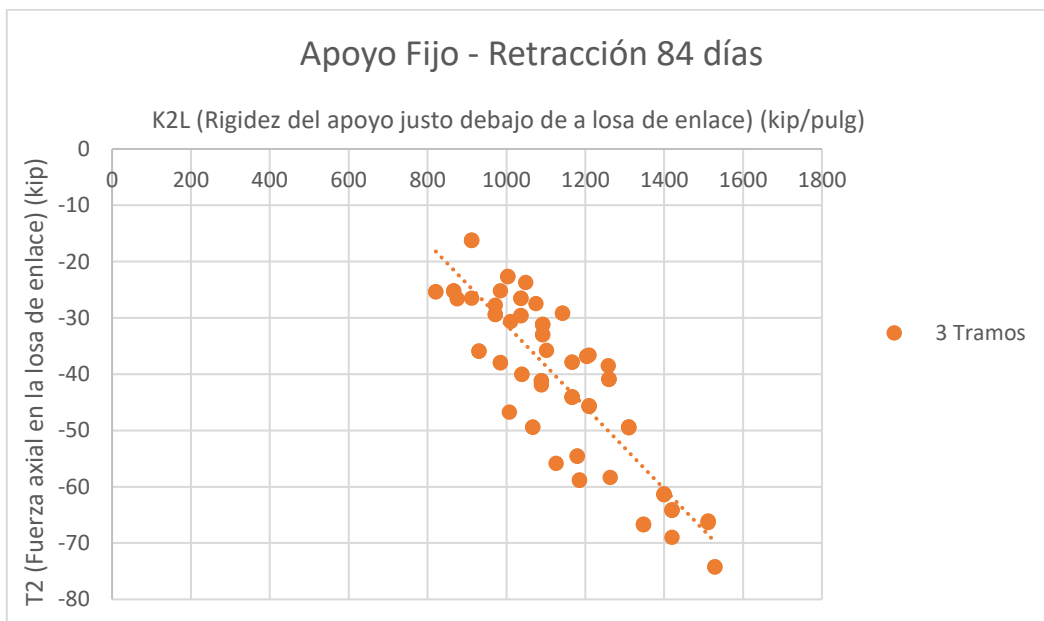
RETRACCIÓN DEL CONCRETO A LOS 84 DÍAS PARA APOYO FIJO

A continuación, se muestran las gráficas de la relación de la fuerza axial de la losa de enlace y la rigidez del apoyo analizado para la retracción a los 84 días en condición de apoyos fijos.



Efecto por retracción del concreto a los 84 días para apoyo fijo (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

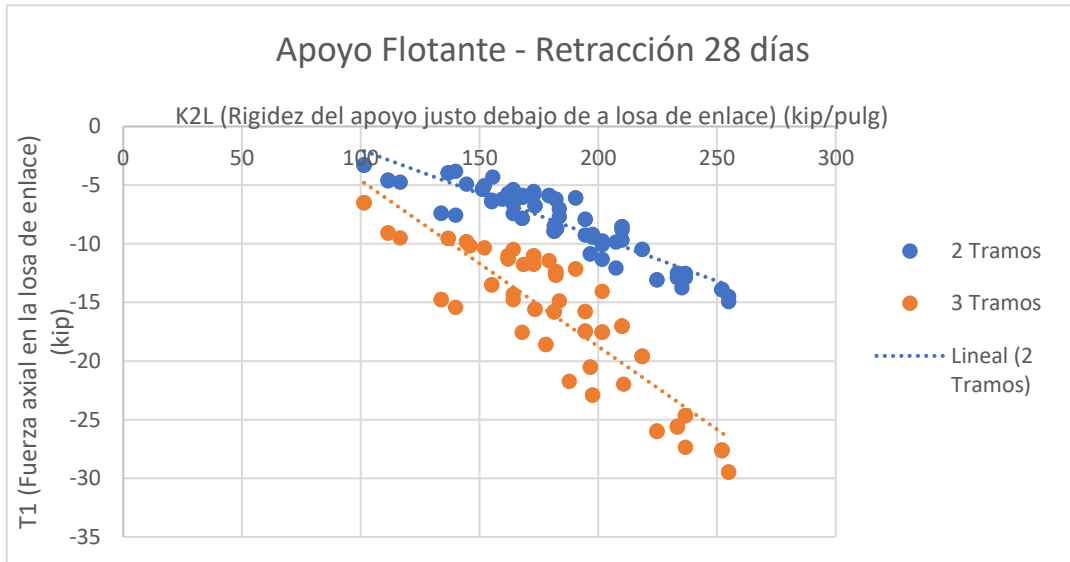


Efecto por retracción del concreto a los 84 días para apoyo fijo (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

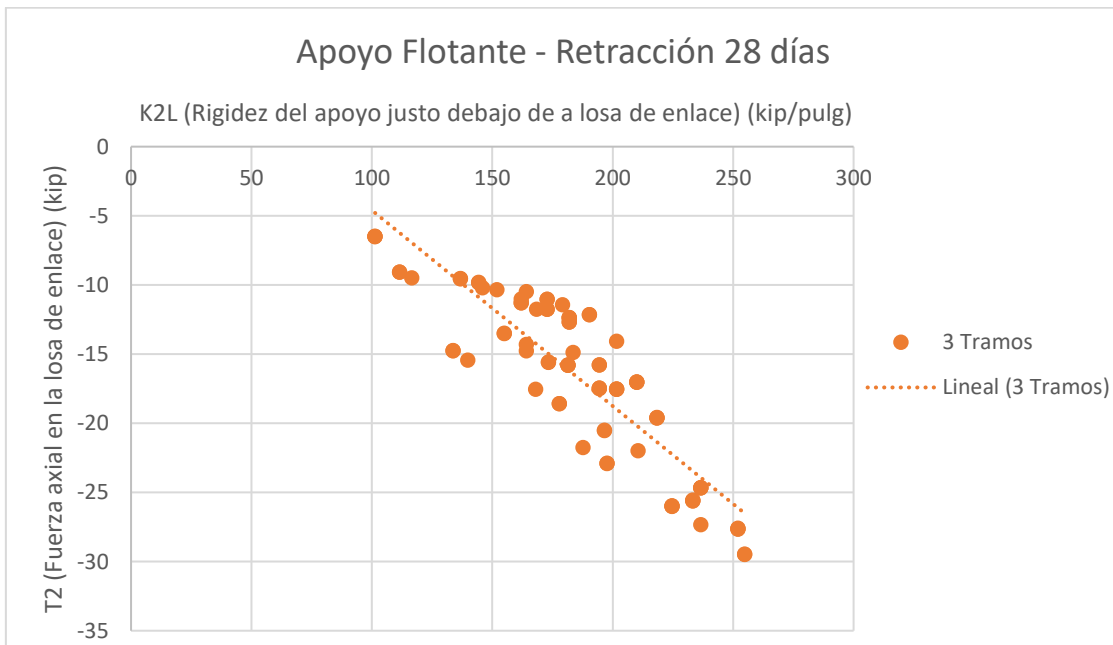
RETRACCIÓN A LOS 28 DÍAS PARA APOYO FLOTANTE

A continuación, se muestran las gráficas de la relación de la fuerza axial de la losa de enlace y la rigidez del apoyo analizado para la retracción a los 28 días en condición de apoyos flotantes.



Efecto por retracción del concreto a los 28 días para apoyo flotante (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

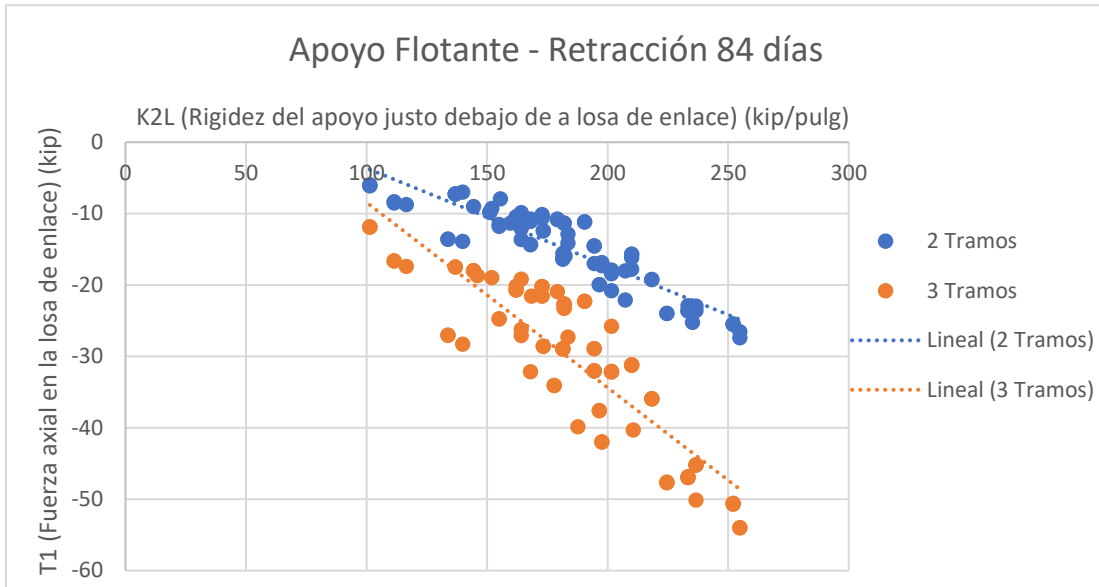


Efecto por retracción del concreto a los 28 días para apoyo flotante (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

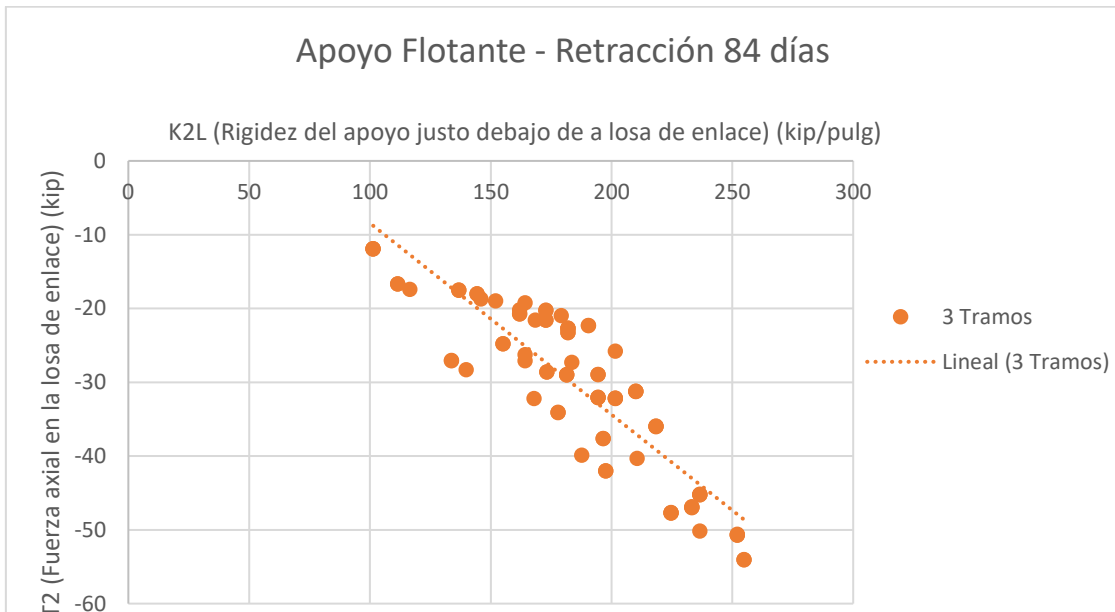
RETRACCIÓN A LOS 84 DÍAS PARA APOYO FLOTANTE

A continuación, se muestran las gráficas de la relación de la fuerza axial de la losa de enlace y la rigidez del apoyo analizado para la retracción a los 84 días en condición de apoyos flotantes.



Efecto por retracción del concreto a los 84 días para apoyo flotante (T1 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia



Efecto por retracción del concreto a los 84 días para apoyo flotante (T2 vs. K2L)

Fuente: elaboración propia

ASESORAMIENTO TÉCNICO

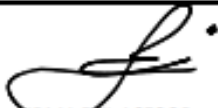
En el siguiente apartado se muestran las hojas que describen las recomendaciones brindadas por asesoramiento técnico para el desarrollo de la investigación.

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO	Nº: 1
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez	
1.	Se establecieron los temas para el marco teórico.
2.	Se sugirió fuentes bibliográficas.
3.	Explicación general sobre losas de enlace.
4.	Explicación general sobre efectos de retracción y temperaturas.
5.	Explicación de las especificaciones AASHTO LRFD a utilizar.
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
 FIRMA DEL ASESOR	SEIIO
Fecha: <u>27/7/2020</u>	


Asesoría temática semana 2

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO	N°: 2
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez	
1. Explicación sobre temperatura uniforme de AASHTO LRFD 2012.	
2. Explicación sobre modelos de retracción del ACI 209R-92.	
3. Explicación sobre modelos de retracción del Euro código.	
4. Explicación sobre modelos de retracción B4 (M. Hubler, Z.P Ba ^z ant)	
5. _____	
6. _____	
7. _____	
8. _____	
9. _____	
10. _____	
 FIRMA DEL ASESOR	SEIIO
	Fecha: <u>4/8/2020</u>

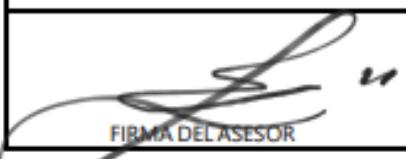
Asesoría temática semana 3

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO	Nº: 3
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez	
1. Estructuración de la metodología del proyecto de investigación.	
2. Uso del código ACI para determinar la deformación por retracción del concreto.	
3. Uso de código AASHTO para determinar la expansión por temperatura.	
4. Correcciones del modelo de STAAD.Pro del cual se partió.	
5. Explicación de las hojas de cálculo de Excel para la creación de modelos.	
6. Explicación del uso del programa Notepad++.	
7. _____	
8. _____	
9. _____	
10. _____	
 FIRMA DEL ASESOR	SEIIO
	Fecha: <u>13/8/2020</u>


Asesoría temática semana 4

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO	Nº: 4
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez	
1.	Explicación más exhausta de variables de investigación.
2.	Creación de hoja de Excel para creación de modelos de puentes de 3 tramos.
3.	Despejo de dudas sobre retracción del concreto.
4.	Creación de hoja de Excel para extracción de datos para modelos de puentes de 2 y 3 tramos.
5.	_____
6.	_____
7.	_____
8.	_____
9.	_____
10.	_____
 FIRMA DEL ASESOR	SEIIO
Fecha: <u>21/8/2020</u>	


Asesoría temática semana 5

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO		N°: 6
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez		
1.	Explicación del diagrama de interacción de variables.	
2.	Análisis de los modelos de línea con enfoque en deformaciones en los apoyos.	
3.	Propuesta de modelos de línea con enfoque en acortamiento de las vigas.	
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
 FIRMA DEL ASESOR		SEIIO
		Fecha: <u>26/8/2020</u>


Asesoría temática semana 6

NOMBRE DEL PROYECTO:

EFFECTO DE TEMPERATURA UNIFORME Y RETRACCIÓN EN LOSAS DE ENLACE EN PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO.

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
RONY JEFFERSON TRÓCHEZ ZÚNIGA	11751179
MARÍA JOSÉ ACOSTA RODAS	11541363

ASESORAMIENTO		Nº: <u>7</u>
ASESOR: Dr. Marco Tulio Canales Chávez		
1.	Análisis de modelos de línea con enfoque en acortamiento de las vigas.	
2.	Mención de los primeros hallazgos de la investigación.	
3.	Revisión y modificación de diagrama de variables de investigación.	
4.	Revisión y modificación de metodología de validación.	
5.	Despejo de dudas sobre variables de modelos de retracción.	
6.	Recomendación de anexos a incluir.	
7.		
8.		
9.		
10.		
 FIRMA DEL ASESOR		SEIIO
		Fecha: <u>10/9/2020</u>

Asesoría temática semanas 7 y 8