

Oscar Patricio Jaramillo de León <sup>a</sup>; Wilson Cando <sup>b</sup>; Jorge Bucheli <sup>c</sup>; Paúl Sebastián  
Enderica Guambana <sup>d</sup>

Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular  
a escala reducida

*Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. Vol. 2 núm., 1,  
febrero, ISSN: 2588-073X, 2018, pp. 302-324*

*DOI: [10.26820/recimundo/2.1.2018.302-324](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.1.2018.302-324)*

Editorial Saberes del Conocimiento

Recibido: 05/12/2017

Aceptado: 10/02/2018

- a. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito Ecuador [ojaramillo602@puce.edu.ec](mailto:ojaramillo602@puce.edu.ec)
- b. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito Ecuador [wocando@puce.edu.ec](mailto:wocando@puce.edu.ec)
- c. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito Ecuador [jabucheli@puce.edu.ec](mailto:jabucheli@puce.edu.ec)
- d. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito Ecuador [penderica167@puce.edu.ec](mailto:penderica167@puce.edu.ec)

# **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

## **RESUMEN**

El creciente uso de estructuras de acero en la construcción de edificios en el Ecuador hace necesario realizar la evaluación del estado del arte del tipo conexiones que se diseñan y construyen, la cual habitualmente corresponde a la junta soldada de una columna tubular y una viga “I”. La falta de infraestructura con la que cuentan los laboratorios a nivel nacional imposibilita realizar el ensayo dinámico a escala real que demandan las normas internacionales AISC Y FEMA como parámetro de evaluación del desempeño de estas conexiones. Por tal motivo el objetivo de esta investigación es realizar la evaluación analítica, a través de la modelación de las conexiones con el software ASNSYS v.16 y experimental mediante modelos a escala reducida ensayados en el Laboratorio de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

**Palabras clave:** Modelos estructurales, calificación de conexiones.

# **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

## **ABSTRACT**

The adequate performance of a steel frame depend on the connection between beam and column to develop a ductile behavior. The connection between an “I” shaped beam and a box column is the most usual connection in the Ecuadorian construction, but it’s not listed as a prequalified connection by the American Institute of Steel Construction, that’s the reason why its performance under seismic effects is unknown. Unfortunately, Ecuadorian laboratories doesn’t have the enough capacity to perform dynamics studies over this kind of connections to qualify its performance. That’s the main reason to perform the analysis of this connection using small scale models, which could be test in the laboratory of materials of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

**Keywords:** Connection qualification, structural modeling, dynamics effects.

# **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica  
Guambana

---

## **Introducción.**

El creciente desarrollo de la industria de la construcción ecuatoriana a derivado en la implementación de prácticas constructivas distintas a las tradicionales, como por ejemplo sistemas aporticados compuestos por miembros estructurales de acero, estos sistemas presentan grandes ventajas sobre los sistemas convencionales, como por ejemplo ser mar rápidos y livianos en su proceso de construcción, además de que se aprovechan las propiedades mecánicas de ductilidad y gran tenacidad del acero como factores que aseguran un adecuado comportamiento estructural ante un evento sísmico.

Normas nacionales e internacionales establecen parámetros y recomendaciones que en conjunto logran que estos sistemas se comporten de manera segura y que desarrollen el mismo comportamiento para el cual fueron diseñados, entre estos parámetros se destacan la recomendación de utilizar conexiones precalificadas las cuales gracias a la gran cantidad de información analítica y experimental, se ha determinado que son capaces de desarrollar un comportamiento dúctil que no comprometa la integridad de todo el sistema estructural durante un evento sísmico. Sin embargo, en la construcción de edificios en el Ecuador su utilización no es muy común, esto produce incertidumbre en el comportamiento que las conexiones no precalificadas que se usan comúnmente.

La determinación de la respuesta de una conexión metálica no precalificada sujeta a sollicitaciones sísmicas se realiza a través ensayos de las conexiones a escala real, bajo un protocolo de carga dinámica. En el Ecuador no se cuenta con la capacidad suficiente para realizar este tipo de ensayos, eso sumado a la falta de control de los organismos que regulan la

## **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

construcción a nivel nacional incrementa la vulnerabilidad de los edificios construidos en acero, ante estas limitantes esta investigación tratará de calificar el comportamiento de la conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a través de ensayos de modelos a escala reducida, en la máquina de compresión de simple del laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Los modelos estructurales a escala reducida, apropiadamente analizados puede entregar la información suficiente que permita determinar si el mecanismo de plastificación y modo de falla de este tipo de conexiones está relacionado con un comportamiento dúctil. Los datos obtenidos en los ensayos de los modelos a escala reducida serán extrapolados hacia la escala real de la conexión, a través de factores de escala determinados a partir del análisis dimensional que además deben cumplir las leyes de similitud entre modelos.

### **Metodología.**

El objetivo de esta investigación es el de realizar ensayo de conexiones metálicas a escala reducida que sean capaces de representar en comportamiento de conexiones a escala real, para cumplir este objetivo se conducirá la investigación a través de dos etapas, la primera comprenderá los ensayos de las conexiones a escala reducida, cuyos resultados serán extrapolados hacia conexiones de mayor tamaño a través de sus correspondientes factores de escala. La segunda etapa de análisis, se realizará para comprobar los datos obtenidos en los análisis de los modelos a escala, esto se logra ensayando conexiones de mayor tamaño las cuales denominaremos como prototipo, y cuya escala geométrica tenga similitud completa con las dimensiones seleccionadas para los modelos a escala reducida.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

En ambos casos las conexiones deberán cumplir con las leyes de similitud determinadas a través del análisis dimensional, las cuales son el fundamento de los modelos estructurales. Dichas leyes de similitud establecen el nivel de semejanza con la cual el modelo es capaz de representar al prototipo, esta similitud se relaciona en tres aspectos, el primero es la similitud geométrica la cual se define como *“un modelo y un prototipo son geoméricamente similares únicamente si todas las dimensiones en los tres ejes coordenados están afectadas por el mismo factor de escala”* (White, 2011) esta será la condición base a partir de la cual se definirá la geometría de los modelos estructurales. La segunda condición de similitud es la cinemática la cual establece que *“Los movimientos de dos sistemas son cinemáticamente similares si partículas homologas se encuentran en posiciones homologas en tiempos homólogos”* (White, 2011) esta será la condición que relacione los parámetros bajo los cuales se realizara los ensayos de las conexiones, la tercera conexión tiene que ver con la similitud dinámica, la cual es una consecuencia de las condiciones anteriores además que requiere que la escala de fuerzas también sea la misma.

Para la conformación de los modelos físicos de las conexiones analizadas los miembros estructurales viga y columna se construyeron a partir de placas cortadas de planchas de acero A-36, cuyas dimensiones en los tres ejes coordenados cumplan con la condición de similitud geométrica. En este caso el factor de escala que relacione los dimensiones del modelo y prototipo se ha definido igual a 2, es decir que  $S_L = 2$ , y las dimensiones se han seleccionado en función de las limitaciones geométricas de la máquina de compresión simple, así como de su capacidad total que en este caso corresponde a 90 toneladas, dichas dimensiones se presentan en la tabla 1.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

**Tabla 1. Dimensiones de los perfiles estructurales para viga y columna**

<b>MVC-001</b>				
<b>Dimensiones del modelo</b>				
<b>Dimensiones de la viga</b>				
bf	tf	hw	tw	d
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
40	4	60	3	68
<b>Dimensiones de la columna</b>				
b (mm)	h (mm)	t (mm)		
60	60	4		

<b>PVC-001</b>				
<b>Dimensiones del prototipo</b>				
<b>Dimensiones de la viga</b>				
bf	tf	hw	tw	d
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
80	8	120	6	138
<b>Dimensiones de la columna</b>				
b (mm)	h (mm)	t (mm)		
120	120	8		

Además de este caso se construirá otro modelo (MVC-002) y prototipo (PVC-002), con la variación de que el espesor de las alas y alma de la columna aumentará a 6 y 12 mm respectivamente, el resto dimensiones no sufrirá ninguna variación como se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2. Dimensiones de los perfiles estructurales para viga y columna**

<b>MVC-002</b>				
<b>Dimensiones del modelo</b>				
<b>Dimensiones de la viga</b>				
bf	tf	hw	tw	d
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
40	4	60	3	68
<b>Dimensiones de la columna</b>				
b	h	t (mm)		

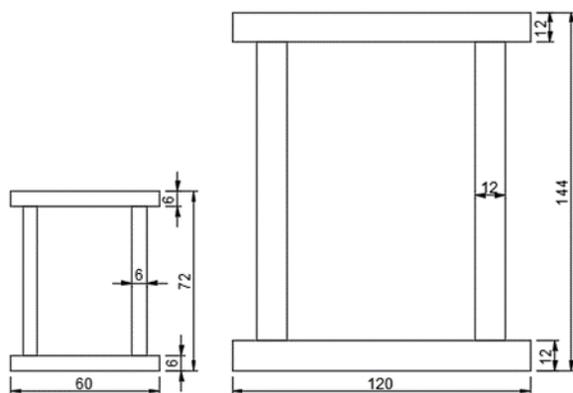
# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

(mm)	(mm)			
60	60	6		
<b>PVC-002</b>				
<b>Dimensiones del prototipo</b>				
<b>Dimensiones de la viga</b>				
bf	tf	hw	tw	d
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
80	8	120	6	138
<b>Dimensiones de la columna</b>				
b	h	t		
(mm)	(mm)	(mm)		
120	120	12		

Además de esta variación se modificará la forma de la columna tipo cajón tanto para el modelo como para el prototipo, en función de modificar la transferencia de esfuerzos desde la viga hacia la columna, de tal manera que la falla de la conexión este controlada por la plastificación de la viga en ambos casos. Con esta variante, durante el ensayo las deformaciones inelásticas aumentaran, lo cual nos permitirá determinar si el modelo se comporta de manera semejante al prototipo cuando su falla está controlada por la plastificación de la viga.



# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

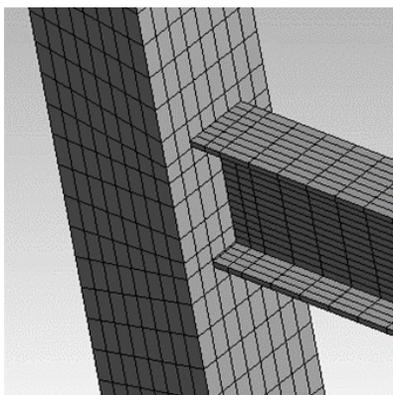
## Modelos Analíticos

El análisis preliminar de los resultados, se realizará a través de la modelación de las conexiones por el método de elementos finitos con la ayuda del software ANSYS v.16, modelos los cuales permiten predecir los resultados esperados. Para la modelación matemática del comportamiento mecánico del acero, se utilizaron los valores promedio de resistencia presentados en los certificados de calidad facilitados por la empresa NOVACERO. Dichos datos se presentan en la tabla 3.

**Tabla 4. Características mecánicas del acero A-36**

	Valor Promedio (Mpa)	Desviación Estándar (Mpa)	Desviación Estándar %
Esfuerzo de Fluencia	310.1	9.46	3
Esfuerzo Ultimo	427	7.33	2

Una vez determinados estos datos, se realizó la modelación geométrica de las conexiones, en la cual se utilizó elementos tridimensionales tipo SOLID 182, los cuales son elementos hexaédricos con 8 nodos, y 3 grados de libertad por nodo.



# **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

Las condiciones de borde y el protocolo de carga aplicada sobre la conexión, siguen los lineamientos establecidos en las normas americanas AISC 341-10 y FEMA 350.

## *Metodología Experimental*

Para poder ensayar la conexión se construyó un marco de carga el cual permita insertar las conexiones en máquina, además de que este debe ser lo suficientemente rígido para no que no falle o distorsione los resultados durante la realización de los ensayos.



La calificación del desempeño de las conexiones se realiza a través de la aplicación de una carga dinámica en el extremo libre de la viga, en este caso debido a que la máquina de compresión simple solo esta calibrada para ejercer fuerza en una sola dirección, el método de calificación se reemplazara por la aplicación de una carga monotónica al extremo libre de la viga. Si bien este cambio no nos permitirá determinar los efectos que la carga dinámica produce sobre la conexión durante un evento sísmico, si nos permitirá evaluar el mecanismo de

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

plastificación y modo de falla en flexión que presenta este tipo de conexiones, además los ensayos monotónicos permitirán evaluar si este tipo de conexiones cumple con el requisito de columna fuerte-viga débil la cual asegura la prevención al colapso luego de un evento sísmico.

Una vez obtenidos los datos de carga y deformación para la respuesta del modelo, los datos serán extrapolados utilizando los factores de escala presentados en la tabla 4, valores los cuales fueron determinados por los autores (Harris & Sabnis, 2000), y que relacionan los datos obtenidos de modelos ensayados bajo carga sísmica.

**Tabla 4.** Extracto de la tabla 2.11 del libro "Structural Modeling and Experimental Techniques, de los autores (Harris & Sabnis, 2000), pag. 77.

	Magnitud	Dimensiones	Factor de escala para modelos directos
Cargas	Fuerza	$F$	$S_E S_L^2$
	Velocidad	$L \cdot T^{-1}$	$S_L^{1/2}$
	Tiempo	$T$	$S_L^{1/2}$
Geometría	Desplazamiento	$L$	$S_L$
	Frecuencia	$T^{-1}$	$S_L^{1/2}$
Propiedades del material	Módulos	$F L^{-2}$	$S_E$
	Esfuerzos	$F L^{-2}$	$S_E$
	Deformaciones unitarias	-	1

De la misma manera serán ensayados los prototipos los cuyas dimensiones corresponden al doble de las dimensiones geométricas de los modelos, estos datos serán comparados con los obtenidos para los modelos estructurales multiplicados por los factores de escala, para comprobar si los representan de manera adecuada la respuesta elástica y plástica de la conexión.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

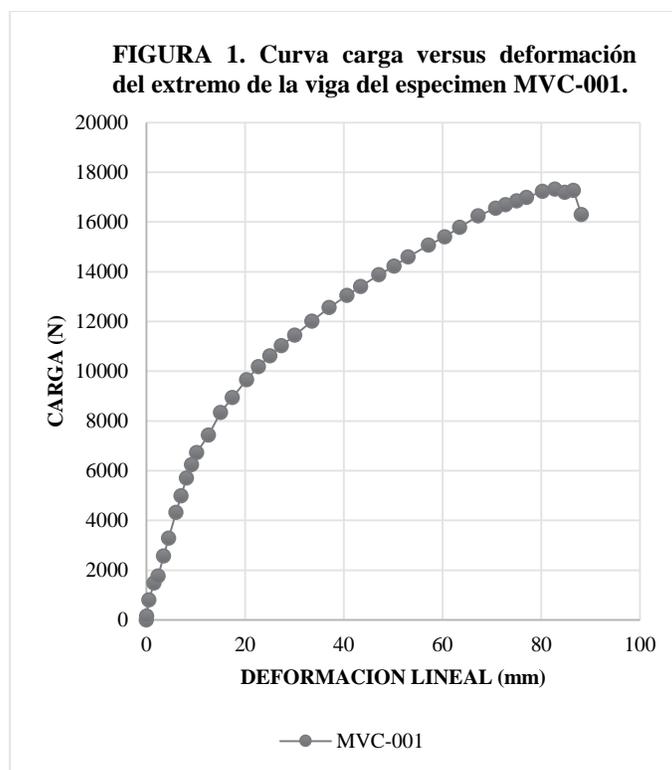
Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

## Resultados.

Los ensayos monotónicos de los modelos y prototipos estructurales, se realizaron sujetando la conexión a la máquina de compresión simple, de tal manera los apoyos en la base y cabeza de la columna sean rígidos, y el extremo libre de la viga donde se aplica la carga se sujete al módulo de reacción de la máquina a través de un apoyo el cual solo controle el desplazamiento vertical de la viga, sin restringir los demás grados de libertad.

El ensayo del modelo MVC-001 se realizó bajo las condiciones antes descritas, en el cual se llevó la deformación al extremo de la viga hasta los 88,13 mm, a una velocidad constante de 15 mm/seg.

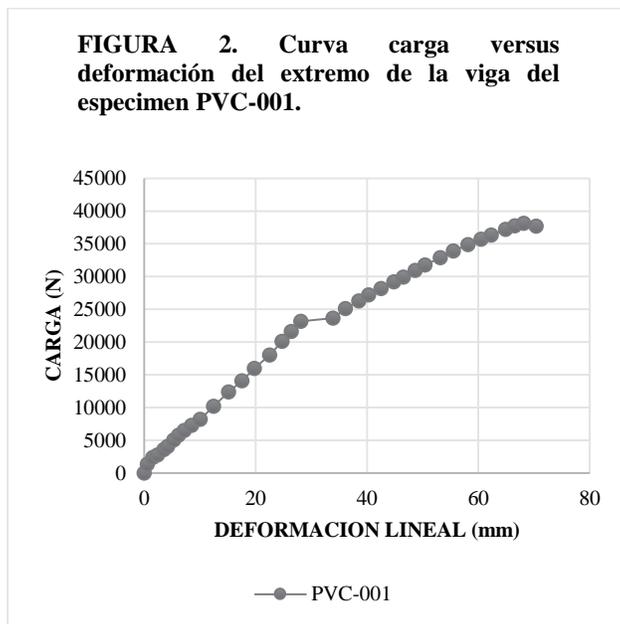


## Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

Para mantener la condición de similitud cinemática y dinámica entre el modelo y prototipo el ensayo del prototipo PVC-001 se realizó siguiendo los mismos parámetros del ensayo del modelo MVC-001, sus resultados se presentan en la figura 2.



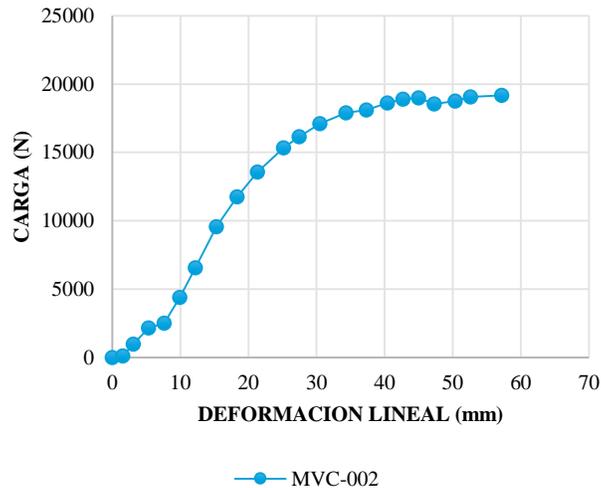
En la realización de estos ensayos se pudo observar que la plastificación de la conexión en ambos casos estuvo controlada por la plastificación del ala conectada con la viga, lo cual limita el desarrollo de la capacidad plástica de la conexión. Con las modificaciones realizadas para el modelo MVC-002 y prototipo PVC-002 el comportamiento esperado es la plastificación de la viga, lo cual se representa en una disminución la pendiente de la recta cuando la conexión incursiona en el rango inelástico como se puede observar en la figura 3.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

**FIGURA 3. Curva carga versus deformación del extremo de la viga del espécimen MVC-002.**



Como era esperado el modelo MVC-002 muestra un mayor desarrollo de deformaciones inelásticas cuando momento aplicado al extremo de la viga supera su resistencia elástica. Debido a que la aplicación de la carga sobre la viga tiene una sola dirección durante todo el ensayo, el mecanismo de plastificación del modelo está controlado por el pandeo local del ala inferior de la viga.

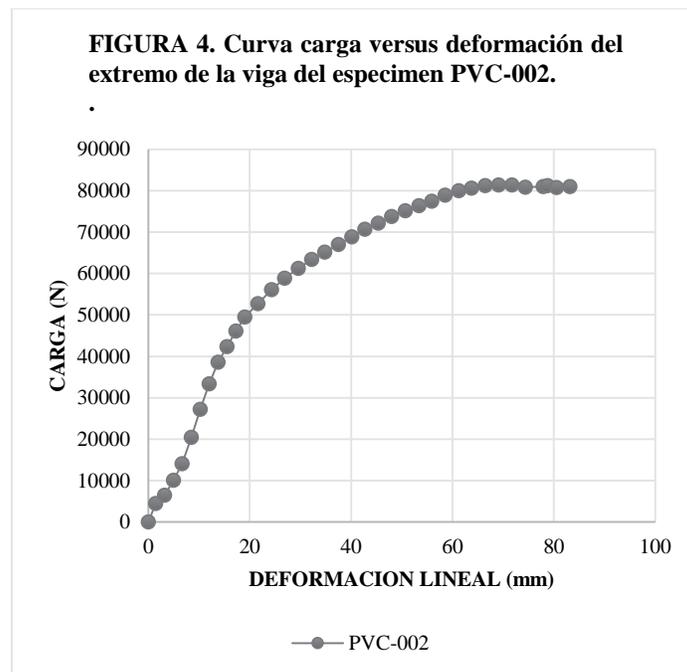


# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

Similares resultados se pudieron observar en el ensayo del prototipo PVC-002, igual que en su modelo replica, la capacidad inelástica de la conexión se desarrolló a través de acumulación de esfuerzos y deformaciones inelásticas en al ala inferior de la viga. Los resultados se presentan en la figura 4.



## Comparación Analítica

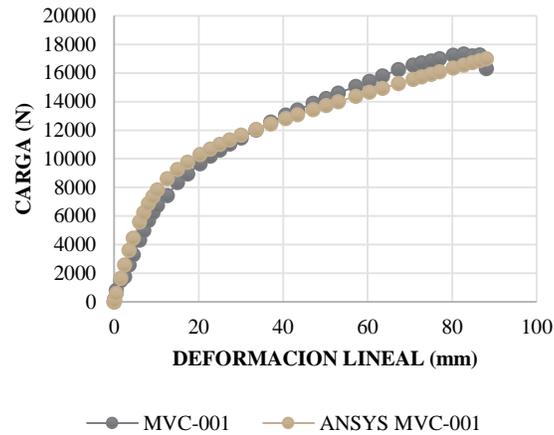
Los datos obtenidos mediante la modelación con ANSYS v.16, entregaron una acertada correlación con los datos obtenidos experimentalmente. El análisis se realizó aplicando las mismas deformaciones al extremo de la viga obtenidas durante los ensayos de cada modelo y prototipo, la determinación de la carga se obtuvo a través de las reacciones de los apoyos en ambos extremos de la columna.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

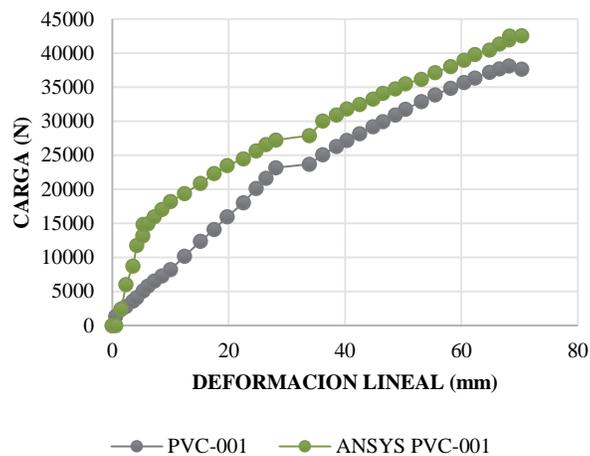
Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

**Figura 5. Comparación entre los datos obtenidos experimental y analíticamente para MVC-001.**



Además de la comparación entre los datos obtenidos, la modelación matemática de la conexión demostró que efectivamente que la concentración de esfuerzos en la zona de transferencia de esfuerzos entre viga y columna.

**Figura 6. Comparación entre los datos obtenidos experimental y analíticamente para PVC-001.**

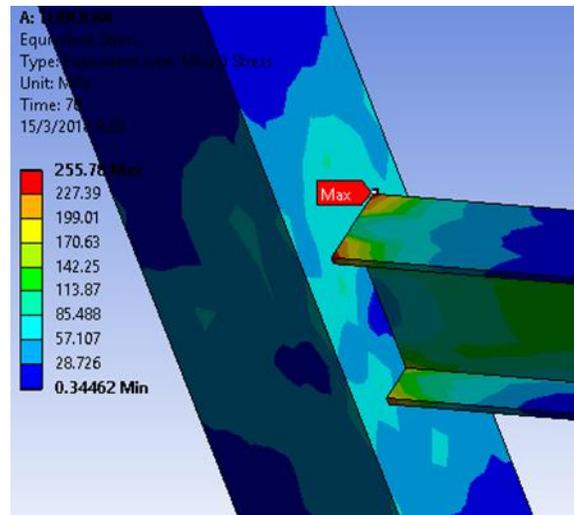


# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

El efecto combinado de tracción ejercido por el ala superior de la viga y de compresión por el ala inferior produce la plastificación del ala de la columna, conforme la deformación al extremo de la viga se incrementa durante el ensayo.



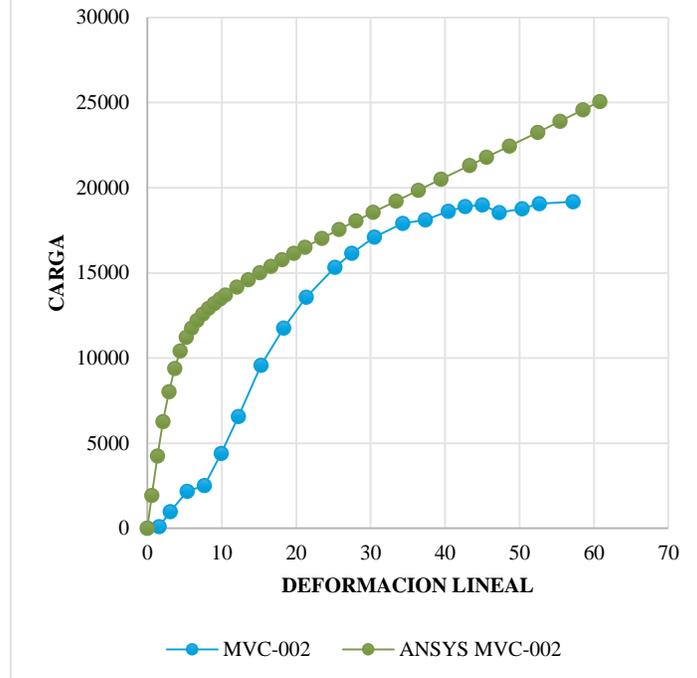
Similar comportamiento se puede observar en la comparación entre las curvas carga versus deformación del modelo MVC-002 y prototipo PVC-002, con la diferenciación de que la concentración de esfuerzos y deformaciones inelásticas ocurren en un área cercana a la soldadura entre el ala inferior de la viga y la columna.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

Figura 7. Comparación entre los datos obtenidos experimental y analíticamente para MVC-002.

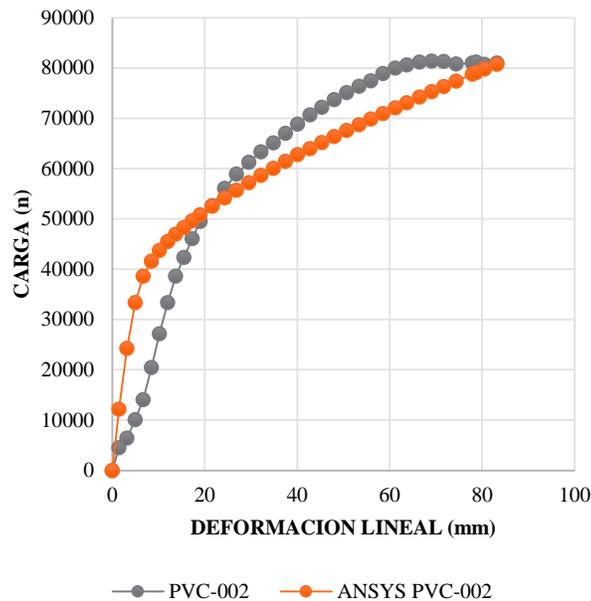


# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

**Figura 7. Comparación entre los datos obtenidos experimental y analíticamente para MVC-002.**



## *Comparación de modelos físicos*

Una vez presentado los resultados obtenidos de los ensayos monotónicos, la comparación de los resultados se realiza contrastando los valores obtenidos en el ensayo del modelo multiplicado los valores de deformación y carga por los factores de escala correspondiente, con la respuesta del prototipo.

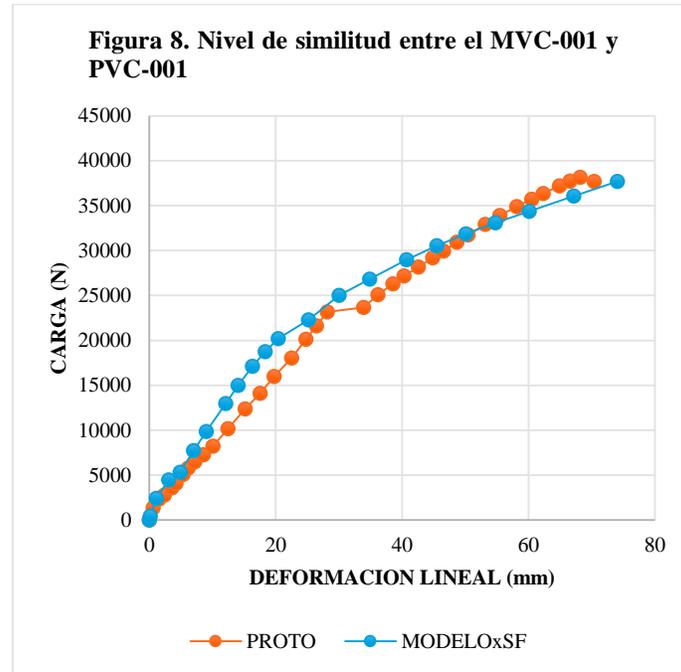
El factores de escala correspondiente a la carga aplicada sobre el modelo corresponde a  $S_E S_L(L^2)$ , con lo cual se puede determinar que debido a que los modelos están construidos con el mismo material el factor de escala para módulos de elasticidad  $S_E=1$ , por lo tanto el factor de escala correspondiente a la carga aplicada sobre el modelo corresponde a la escala geométrica entre modelo y prototipo elevada al cuadrado. Bajo el mismo criterio, el factor de

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

escala con el cual podremos reproducir las deformaciones esperadas en el prototipo será igual al valor de escala geométrica. Los datos para la primera pareja de modelo y prototipo se presentan en la figura 8.

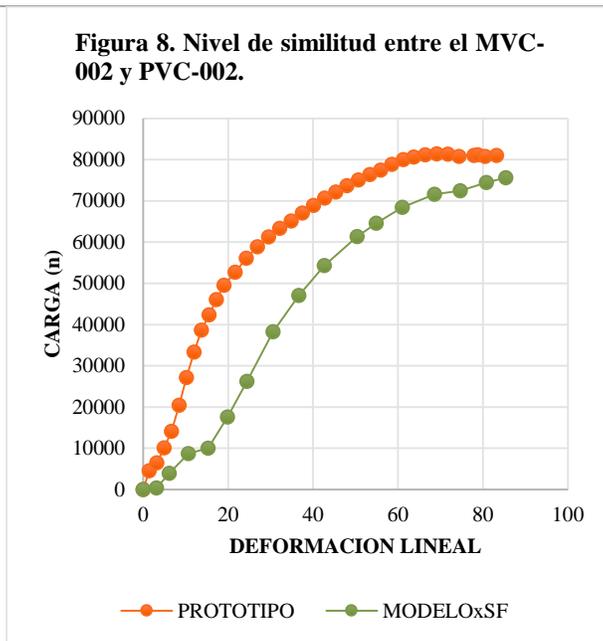


Los resultados del modelo MVC-002 y prototipo PVC-002, se presentan en la gráfica, multiplicando los valores de carga por la escala geométrica al cuadrado, y los valores de deformación multiplicados por el valor de escala geométrica.

# Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana



El nivel de precisión obtenido en ambos casos se considera aceptable, en ambos casos los modelos a escala reducida fueron capaces de representar de manera adecuada el comportamiento de la conexión., mostrando en mismo mecanismo de plastificación en ambos casos.

## Conclusiones.

Si bien debido a que mediante ensayos monotónicos no se puede comparar la respuesta de la conexión con los valores de resistencia especificados en las normas americanas AISC-341 y FEMA 350, los resultados de estos ensayos permiten evaluar la respuesta general y calidad de la conexión.

El mecanismo de plastificación y falla de este tipo de conexiones no se desarrolla de una manera segura, ya que, en función de las dimensiones seleccionadas para sus elementos

# **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica  
Guambana

---

estructurales, siempre estarán limitadas a la capacidad inelástica que le pueda otorgar la fluencia de las alas de la columna conectada con la viga.

La poca capacidad inelástica que son capaces de desarrollar este tipo de conexiones, debe considerarse como un limitante a la respuesta de todo el sistema estructural, si su diseño subestima la gran ductilidad del acero.

Para utilizar los resultados de los modelos estructurales a escala reducida como parámetro de calificación del desempeño de una conexión, se debe prestar especial atención en respetar cada una de las condiciones de similitud entre los modelos a escala y el prototipo a escala real, especialmente aquellas que tienen que ver con los efectos dinámicos de la carga.

Los modelos estructurales a escala reducida constituyen una herramienta que permite obtener resultados de ensayos que debido a su complejidad o costo no pueden ser ensayados a escala real.

Además del nivel de precisión que pueda llegar a tener los modelos estructurales, estos son capaces de entregar información adicional, como por ejemplo los errores en la fabricación y soldadura de las conexiones. Factores los cuales también limitan y tienen un gran impacto en su resistencia.

## **Bibliografía.**

American Institute of Steel Construction. (2016). *AISC 341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago.

## **Análisis de una conexión metálica soldada entre una viga “I” y una columna tubular a escala reducida**

Vol. 2, núm. 1., (2018)

Oscar Patricio Jaramillo de León; Wilson Cando; Jorge Bucheli; Paúl Sebastián Enderica Guambana

---

American Institute of Steel Construction. (2016). *AISC 360 - 16 Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago.

FEMA. (2000). *FEMA 350 Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment - Frame Buildings*. SAC Joint.

Harris, H. G., & Sabnis, G. M. (2000). *Structural Modeling and Experimental Techniques*. CRC Press.

Kalfas, C. N., Sofias, C. E., & Pachoumis, D. T. (2013). Experimental and FEM analysis of reduced beam section moment endplate connections under cyclic loading. *ScienceDirect*.

R Rahnvard, A. H. (2015). Analytical study on new types of reduced beam section moment connections affecting cyclic behavior. *ScienceDirect*.

Swati Ajay Kulkarni, G. V. (2014). Study of steel moment connection with and without reduced beam section. *ScienceDirect*.

Uribe Vallejo, M., & Valencia Clement, G. (2009). Calificación de una conexión rígida de una viga I y una columna tubular rellena de concreto bajo la acción de cargas dinámicas. *Revista de Ingeniería e Investigación Volumen 29*.

Wallace, B. J., & Krawinkler, H. (1989). Small-Scale Model Test of Structural Steel Assemblies. *Journal of Structural Engineering, Vol 115, No 8*.

White, F. (2011). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw-Hill.