



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS

ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica <input type="checkbox"/>	Investigación Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):	
1. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL / ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
2. CENTRO DE INVESTIGACION DE LA VIVIENDA / ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:	
1. SISTEMAS ESTRUCTURALES	
2.	

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)	
Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)	
Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio;	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	X



1	Proyecto de Investigación
Título: ESTUDIO DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE CONECTORES DE CORTE TIPO ÁNGULO EN VIGAS METÁLICAS CON LOSA DE HORMIGÓN ARMADO.	
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)	
<p>En la actualidad, los conectores de corte propuestos por la NEC y otros códigos internacionales son tipo STUD (Pernos) y canal (C), sin embargo, los constructores locales utilizan conectores de corte tipo ángulo en las losas de entrepiso de edificios con vigas de acero debido a la disponibilidad de estos elementos durante la construcción. Estos conectores no han sido ensayados localmente, de ahí la necesidad de investigar sobre este tema con el fin de tener certeza sobre el comportamiento ante movimientos sísmicos severos, lo cual podría causar el desprendimiento de la losa de la estructura y la posible pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños materiales. Es así como se prevé elaborar y ensayar en laboratorio varios tipos de conectores con dimensiones representativas, variándose la forma de colocación y tratando de replicar condiciones reales; con la finalidad de obtener resultados experimentales de curvas carga vs. desplazamiento (deslizamiento) y su capacidad resistente. Se realizará la modelación con elementos finitos mediante software y se comparará con los resultados experimentales.</p>	
Palabras clave (4-6): conector de corte, Vigas mixtas, acero, hormigón	

2	Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Estudiar experimentalmente la capacidad resistente de conectores de corte tipo ángulo en vigas metálicas con losa de hormigón armado utilizando el método de ensayo propuesto por el EUROCODE 4 denominado como PushOut y posteriormente realizar una modelación por elementos finitos.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Establecer las variables que se estudiarán en el ensayo, a través de la revisión de prácticas semejantes, para relacionar este estudio con otros similares.
- b. Estudiar experimentalmente la capacidad resistente del conector de corte tipo ángulo variando la forma de colocación y su espesor.
- c. Determinar los parámetros que son directamente proporcionales a la resistencia del conector.
- d. Proponer una configuración favorable de los conectores de corte, en cuanto a su posición, para su aplicación en obra.
- e. Elaborar un modelo tridimensional aproximado empleando el método de elementos finitos y comparar con los resultados experimentales.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Determinación de la configuración y colocación ideal de los conectores de corte tipo ángulo.
- b. Obtención experimentalmente de la resistencia del conector de corte tipo ángulo.
- c. Establecer estadísticamente una fórmula aproximada para determinar la resistencia en función del área bruta del conector de corte.
- d. Elaborar un procedimiento técnico/ lineamientos para pre-dimensionar el conector a emplearse en obra.
- e. Definición de una metodología para calibrar el modelo en función de la información registrada (esfuerzos, deformaciones unitarias y desplazamientos) y obtención con la modelación por elementos finitos la resistencia del conector de corte tipo ángulo.



3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

3.1 Relevancia de la propuesta de investigación.

Sismos como los de Northridge-Estados Unidos en 1994 y Kobe-Japón en 1995, han ocasionado la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños materiales y económicos (1). Asimismo, el Ecuador no está exento a este tipo de eventos sísmicos severos como el ocurrido el 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí donde se evidenció la falta de técnica en la construcción.

En la actualidad, la tendencia es construir estructuras compuestas de acero y hormigón en el Ecuador debido a la necesidad de brindar estructuras más livianas, económicas y eficientes. Sin embargo, es necesario tomar especial atención en el diseño y cálculo de cada elemento estructural debido a la ubicación geográfica del país (2). De hecho, todo el territorio ecuatoriano está clasificado con una amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta (3).

Se conoce que los entrepisos compuestos por losas de concreto y vigas de acero presentan un comportamiento óptimo cuando se encuentran en sección compuesta; ya que, se genera un momento con mayor brazo y se optimizan las características mecánicas del concreto y del acero. Al vincular el concreto y el acero, se presenta una fuerza cortante horizontal entre ambos materiales, la cual debe ser resistida por conectores de cortante. (4)

Los conectores, como se plantea anteriormente, son los encargados de asegurar el trabajo conjunto entre los dos materiales y asegurar la transmisión de esfuerzos entre ellos. El conector permite afianzar firmemente ambos elementos e impedir el deslizamiento y separación de estos ante la acción de las cargas. (5)

En el mercado existen conectores de cortante tipo STUD, los cuales no son usados frecuentemente en Ecuador debido a que presenta un alto costo por el equipo especializado para su instalación, por tal razón los constructores han adoptado el uso de nuevos dispositivos. (2)

En vista de la ausencia de una metodología/normativa local de diseño para conectores de corte, es necesario realizar ensayos de estos elementos para establecer parámetros que permitan calcular su resistencia. De esta manera, se puede brindar seguridad en los diseños de estructuras que incluyan este tipo de conectores en sus entrepisos con vigas de acero, además de evitar excesos en los costos constructivos producto de una sobreutilización de materiales y mano de obra. (6)

3.2 Relación con la(s) líneas de investigación.

Este trabajo de investigación tiene relación con la línea de investigación de Transporte y Construcción, Sistemas Estructurales, ya que tiene como finalidad mejorar las practicas constructivas de todos los edificios con vigas de acero.

4	Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)
----------	--

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	X



5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
---	---

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El sector de la construcción en el Ecuador ha crecido considerablemente en las últimas décadas, producto del desarrollo económico que ha vivido el país. Los métodos de construcción tradicionales han evolucionado y se han incorporado la utilización de estructuras compuestas. Existen investigaciones de estructuras compuestas que datan del año 1926 (7). Edificios, puentes, coliseos, entre otras obras de carácter civil han sido construidas con tecnologías que han permitido el desarrollo urbano de las ciudades del país y de su infraestructura vial. Sin embargo, se ha observado que ciertos eventos sísmicos pueden causar afectaciones considerables a la infraestructura del país. De hecho, uno de los sismos más grandes registrados mundialmente ocurrió en las costas de Esmeraldas, el 31 de enero de 1906, con una magnitud de 8,8 (8). En el caso de edificios de acero, el que sobrevivan a sismos de gran magnitud depende de su habilidad de disipar energía por histéresis, acomodando deformaciones relativamente largas. Esto, a su vez, se logra diseñando y detallando la estructura para que la ductilidad del sistema se dé por deformación de ciertos elementos mentalizados para el efecto (9). Ante este escenario, es necesario cumplir con las consideraciones sismorresistentes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 y en el caso de no existir desarrollar especificaciones que aseguren un comportamiento adecuado ante cargas laterales.

Tomando en cuenta esta realidad, el factor primordial en el desarrollo de normativas para diseño es el de priorizar la seguridad y la vida de las personas, construyendo estructuras que, a pesar de sufrir afectaciones, no colapsen. En otras palabras, el objetivo de las especificaciones es el que se construyan estructuras que sean viables desde los puntos de vista funcional, arquitectónico, económico y seguro.

Es así como, esta investigación se realiza con el propósito de aportar al estado del arte referente al uso de conectores de corte en losas de hormigón y vigas de acero. Como producto se pretende generar una base de datos experimentales y teóricos que aseguren el uso de este tipo de conectores en todo tipo obras civiles ya que en la actualidad el código referencial para el diseño de estructuras de acero, NEC-SE-AC Estructuras de Acero, no especifica las consideraciones a realizarse para la unión entre vigas de acero y losas de hormigón armado.

Para ejecutar esta investigación, se sigue los lineamientos propuestos por el EUROCODE 4. Los ensayos, se realizarán en el Centro de Investigación de la Vivienda-CIV-EPN, que cuenta con personal especializado y la infraestructura apropiada. El CIV cuenta con un marco de carga que permite ensayar probetas a escala real hasta de 100 toneladas, además cuenta con un sistema completo para realizar ensayos monotónicos y ensayos cíclicos cuasi estáticos por deformación o fuerza. En este caso se aplicará el ensayo normalizado del anexo B2 del EUROCODE 4 (10), denominado como ensayo de corte directo para elementos compuestos, también conocido por su nombre en inglés *Push-out*, actualmente el más utilizado para este propósito. La popularidad en su uso se debe a que requiere pocos materiales, reduciendo los costos de investigación. La facilidad de fabricación brinda la posibilidad de fabricar estas probetas en serie, lo que a su vez permite realizar un mayor número de ensayos. El incremento de pruebas realizadas se traduce en un aumento en la confiabilidad de los resultados experimentales (6)

Una vez ensayado se procederá con el análisis y discusión de los resultados experimentales obtenidos referentes a capacidad de carga, ductilidad y modos de falla, con lo cual se obtendrán las respectivas conclusiones del trabajo de investigación, así como las recomendaciones, mismas con las que se pretende elaborar lineamientos para el diseño de este tipo de conectores.

También se elaborará modelos con elementos finitos de los ensayos *Push-out* utilizando software para investigar la distribución de esfuerzos, calibrar los modelos con los resultados experimentales y modelar variantes teóricas en los conectores de corte y así estar en la capacidad de validar teóricamente su comportamiento en un proceso constructivo con estos elementos.

Finalmente, el presente trabajo teórico experimental servirá a ingenieros estructurales que requieran justificar el uso de conectores de corte en proyectos constructivos en estructuras compuestas.



- (1) Venegas Álvarez, Daniel Alejandro. (2014). Diseño comparativo para edificios en estructuras de acero con diferentes tipos de arriostramiento lateral: casos diagonales en cruz. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- (2) Barroso Barroso, Mercy Soraida. (2016). Análisis de la influencia de los conectores de cortante en la unión viga de hormigón y losa compuesta. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- (3) MIDUVI. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Peligro sísmico diseño sismorresistente. Quito, Ecuador.
- (4) Cambronero Hidalgo, Gary. (2017). Comportamiento de tubos cuadrados de acero laminado en frío como conectores de cortante en entresijos con vigas de acero en sección compuesta. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- (5) Bonilla Rocha, Jorge Douglas. (2006). Estudio preliminar del comportamiento de conectores en estructuras compuestas mediante simulación numérica. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- (6) Chacón Vega, Ricardo José. (2012). Comportamiento de angulares como conectores de cortante en vigas de acero de sección compuesta. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- (7) Salmon, Ch. & Johnson, J. (1971). Steel structures: Design and behavior: Emphasizing load and resistance factor design. Fourth Edition. New York, The USA: HarperCollins College Publishers.
- (8) Instituto Geofísico. (2011). A 105 años del terremoto y tsunami de Esmeraldas, ¿Está Ecuador preparado para un evento similar? <https://www.igeppn.edu.ec/servicios/noticias/344-a-105-a-%C3%B1os-del-terremoto-y-tsunami-de-esmeraldas-%C2%BFest%C3%A1-ecuador-preparado-para-otro-evento-as%C3%AD?>. (febrero, 2020).
- (9) MIDUVI. (2015). Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Quito, Ecuador.
- (10) EUROCODE 4. (1994-2004). Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Bruselas, Bélgica, CEN.

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio ZZ	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Centro de Investigación de la Vivienda – Laboratorio de Estructuras.	Marco de carga – Capacidad de 100 toneladas.	Centro de Investigación de la Vivienda - Edificio No.-5/ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Centro de Investigación de la Vivienda – Laboratorio de Estructuras.	Sistema registrador de datos. Posibilidad de ejecutar ensayos monotónicos y cíclicos cuasi estáticos controlados por deformación o fuerza. Transductor de fuerza de tracción y compresión 20 [t] y celda de carga de compresión de 100 [t], bombas hidráulicas, transductores de desplazamiento LVDT'S	Centro de Investigación de la Vivienda Edificio No.-5/ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Los equipos requeridos en su mayoría existen en las instalaciones de los laboratorios y centros de la FICA, sin embargo, existen equipos de precisión que sirven para medir deformaciones pequeñas (transductores de deformación – LVDT) y registrar datos (Unidad de adquisición de datos – UPM), como complemento de los equipos existentes en el Centro de Investigación de la Vivienda.



- Cabe señalar que debe existir compatibilidad entre los transductores de deformación, la unidad de adquisición y los equipos existentes (celdas de carga) del CIV, por esta razón el equipamiento solicitado se ubicará en las instalaciones del Centro de Investigación de la Vivienda que pertenece al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
- En cuanto a la infraestructura requerida, se utilizarán las instalaciones del Centro de Investigación de la Vivienda de la EPN, para ejecutar el proceso constructivo, ensayos y análisis de información del todo el proyecto, aprovechando su infraestructura y equipos únicos en el país.

6.3 Fondos Adicionales

Cabe mencionar que no se necesitan recursos económicos adicionales, puesto que los recursos para los ensayos se encuentran disponibles en el CIV, además el 50 % de los ensayos que se requieren ya fueron ejecutados con tesis de grado dirigidas por el propio director de este proyecto de investigación. También se requiere del apoyo de los laboratorios de ensayo de materiales de la EPN.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Proyecto de Investigación Interno Sin Financiamiento o Autogestionado
ANEXO 3 - CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO



Título del Proyecto:

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE CONECTORES DE CORTE TIPO ÁNGULO EN VIGAS METÁLICAS CON LOSA DE HORMIGÓN ARMADO

		AÑO 1																																																			
Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Objetivo 1	Establecer las variables que se estudiarán en el ensayo, a través de la revisión de prácticas semejantes, para relacionar este estudio con otros similares (Definir área, tipo, longitud, posición del conector de corte y construir las probetas experimentales)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																
Producto 1	Determinación de la configuración y colocación ideal de los conectores de corte tipo ángulo.													x	x	x	x																																				
Objetivo 2	Estudiar experimentalmente la capacidad resistente del conector de corte tipo ángulo variando la forma de colocación y su espesor.													x	x	x	x	x	x	x	x																																
Producto 2	Obtención experimentalmente de la resistencia del conector de corte tipo ángulo.																	x	x	x	x																																
Objetivo 3	Determinar los parámetros que son directamente proporcionales a la resistencia del conector.																					x	x	x	x																												
Producto 3	Establecer estadísticamente una fórmula aproximada para determinar la resistencia en función del área bruta del conector de corte													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																												
Objetivo 4	Proponer una configuración favorable de los conectores de corte, en cuanto a su posición, para su aplicación en obra.																									x	x	x	x																								
Producto 4	Elaborar un procedimiento técnico/ lineamientos para pre-dimensionar el conector a emplearse en obra.																													x	x	x	x	x	x	x	x																
Objetivo 5	Elaborar un modelo tridimensional aproximado empleando el método de elementos finitos y comparar con los resultados experimentales.																																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Producto 5	Definición de una metodología para calibrar el modelo en función de la información registrada (esfuerzos, deformaciones unitarias y desplazamientos) y obtención con la modelación por elementos finitos la resistencia del conector de corte tipo ángulo.																																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN FINANCIAMIENTO O
AUTOGESTIONADOS

ANEXO 4 - DECLARACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE CONECTORES DE CORTE TIPO ÁNGULO EN VIGAS METÁLICAS CON LOSA DE HORMIGÓN ARMADO

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que todos los bienes adquiridos en proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto durante la ejecución del mismo.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.

Firma del Director del Proyecto
Nombre: Luis Tinerfe Hernández Rodríguez
C.I.: 1757050917



DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, en sesión del día 11 de marzo de 2020 mediante resolución No. 38

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

Firma del Jefe del Departamento
Nombre: ING.NATHALIA VALENCIA BONILLA
C.I.: 1716495682