

Juana Pancca

TESIS JUANA_PANCCA.docx

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:516110400

Fecha de entrega

21 oct 2025, 1:13 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

21 oct 2025, 1:16 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS JUANA_PANCCA.docx

Tamaño del archivo

8.9 MB

15 páginas

9306 palabras

48.401 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.coursehero.com	<1%
2	Trabajos entregados	Universidad Pontificia Bolivariana on 2019-10-16	<1%
3	Internet	hdl.handle.net	<1%
4	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
5	Internet	qdoc.tips	<1%
6	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
7	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
8	Internet	upcommons.upc.edu	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Tecnológica de los Andes on 2025-08-11	<1%
10	Internet	oa.upm.es	<1%
11	Publicación	Díaz Tapara, Flora. "Educación sexual en la familia y el embarazo en las adolescen...	<1%

12	Internet	prezi.com	<1%
13	Trabajos entregados	Consortio CIXUG on 2025-02-04	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-11-26	<1%
15	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-05	<1%
16	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-12-01	<1%
17	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-02	<1%
18	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Colombia on 2022-10-21	<1%
20	Internet	fr.slideshare.net	<1%
21	Internet	issuu.com	<1%
22	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
23	Internet	(5-17-03) http://200.9.244.58/sistema/cites/cop12/nuevos/s12-43.pdf	<1%
24	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-04-20	<1%
25	Trabajos entregados	Universitat Politècnica de València on 2019-11-11	<1%

26	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
27	Internet	summit-americas.org	<1%
28	Internet	www.inta.gov.ar	<1%
29	Internet	www.researchgate.net	<1%
30	Internet	www.um.es	<1%
31	Trabajos entregados	Consortio CIXUG on 2024-06-19	<1%
32	Publicación	Maryam H. Naser, Fatimah H. Naser, Ali Hameed Naser Almamoori, Mohammed L...	<1%
33	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-06-05	<1%
34	Trabajos entregados	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2024-11-04	<1%
35	Trabajos entregados	colpos on 2025-04-10	<1%
36	Internet	medadvocates.org	<1%
37	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
38	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
39	Internet	repository.uamerica.edu.co	<1%

40	Internet	tierra.rediris.es	<1%
41	Trabajos entregados	uaq on 2025-05-26	<1%
42	Trabajos entregados	uncedu on 2024-10-15	<1%
43	Internet	www.cofece.mx	<1%
44	Internet	www.hlbecuador.com	<1%
45	Internet	www.jove.com	<1%
46	Internet	www.reportshop.co.kr	<1%
47	Internet	www.scribd.com	<1%
48	Internet	www.slideshare.net	<1%
49	Publicación	Cleidson Carneiro Guimarães, Raimar Ramos de Macedo Filho, Helio Guimarães A...	<1%
50	Trabajos entregados	Instituto Tecnológico de Costa Rica on 2021-11-18	<1%
51	Publicación	Ramos, Maria Milagros Gutierrez. "Comportamiento a Flexión de Vigas de Concre..."	<1%
52	Publicación	Sara I. Ammar, Akram S. Mahmoud. "Performance of Steel Spliced Reinforced Con..."	<1%
53	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-10	<1%

54	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-11	<1%
55	Trabajos entregados	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador on 2021-07-28	<1%
56	Trabajos entregados	Universidad de Burgos UBUCEV on 2021-05-11	<1%
57	Internet	doczz.net	<1%
58	Internet	dspace.ucacue.edu.ec	<1%
59	Internet	idus.us.es	<1%
60	Internet	repositorio.udec.cl	<1%
61	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
62	Internet	ricuc.cl	<1%
63	Internet	www.adventistas.org.pe	<1%
64	Internet	www.mysciencework.com	<1%
65	Internet	www.scielo.org.co	<1%
66	Internet	www.scipedia.com	<1%

Evaluación de la resistencia a cortante del concreto por la generación de juntas frías en el proceso constructivo de vigas

Evaluation of the shear strength of concrete by the generation of cold joints in the construction process of beams

Juana Jhoselyn Pancca Rojo* <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Herson Duberly Pari Cusi*¹ <http://orcid.org/0000-0002-0909-0634>

* Universidad Peruana Unión, Juliaca, PERÚ

ABSTRACT

During the pouring of a slab (panel and beam), interruptions in the delivery of the mix may occur, generating cold joints. These joints can compromise the structural strength of the beams, especially their behavior under shear forces. The present study aims to evaluate the shear strength of concrete beams with cold joints at different locations and inclinations. This is an applied study with a quantitative approach and considers 15 beams with dimensions of 15 cm × 25 cm × 120 cm, grouped according to the position of the cold joint (middle or end third) and its inclination (30° or 45°). The results showed a reduction in the ultimate load capacity of the beams with cold joints, reaching between 78% and 97% of the strength of the standard beams (Group A). Regarding the failure mode, beams in Group A (pattern) and Group D and E (end joint) exhibited shear failures, while those in Group B and C (middle joint) failed to develop shear stresses, failing prematurely by bending along the cold joint. When analyzing the shear resistance capacity, it was found that Group D (45° end joint) developed 91% of the resistance of the pattern beams, while Group E (30° end joint) only reached 78%, evidencing that 30° joints generate greater structural weakness. Furthermore, the comparative analysis of V_{exp}/V_c shows that the experimental resistance exceeds that estimated by the ACI 318-19 standard, suggesting that this code is conservative when considering the shear resistance in the presence of cold joints. In conclusion, the presence of cold joints reduces the load-bearing capacity of beams, with those located at the ends and with inclinations of 30° being more critical.

Keywords: Angle of Inclination, Ultimate Load, Cold Joints, Shear Strength, Reinforced Concrete Beams.

RESUMEN

Durante el vaciado de una losa [paño y viga] puede surgir interrupciones al suministrar la mezcla, generando juntas frías. Estas juntas pueden comprometer la resistencia estructural de las vigas, especialmente en su comportamiento ante esfuerzos cortantes. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la resistencia al corte de vigas de concreto con juntas frías en diferentes ubicaciones e inclinaciones. La investigación es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y considera 15 vigas con dimensiones de 15cm × 25cm × 120cm, agrupadas según la posición de la junta fría (tercio medio o extremo) y su inclinación (30° o 45°). Los resultados mostraron una reducción de la capacidad de carga última en las vigas con juntas frías, alcanzando entre el 78% y el 97% de la resistencia de las vigas patrón (Grupo A). En cuanto al modo de falla, las vigas del Grupo A (patrón) y el Grupo D y E (junta en el extremo) presentaron fallas por corte, mientras que las del Grupo B y C (junta en el tercio medio) no lograron desarrollar esfuerzos de corte, fallando prematuramente por flexión a lo largo de la junta fría. Al analizar la capacidad de resistencia al corte, se encontró que el Grupo D (junta en el extremo a 45°) desarrolló el 91% de la resistencia de las vigas patrón, mientras que el Grupo E (junta en el extremo a 30°) solo alcanzó el 78%, evidenciando que las juntas a 30° generan una mayor debilidad estructural. Además, el análisis comparativo del V_{exp}/V_c muestra que la resistencia experimental supera la estimada por la norma ACI 318-19, sugiriendo que este código es conservador al considerar la resistencia al corte en presencia de juntas frías. En conclusión, la presencia de juntas frías reduce la capacidad resistente de las vigas, siendo más críticas aquellas ubicadas en el extremo y con inclinaciones de 30°.

Palabras clave: Ángulo de inclinación, Carga última, Juntas frías, Resistencia al corte, Vigas de Concreto Armado.

¹ Autor de correspondencia:

Universidad Peruana Unión, Lima, PERÚ

E-mail: hparic@upeu.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

En la etapa de ejecución de un proyecto de construcción, surgen diversos factores que pueden afectar el desarrollo eficiente de las actividades planificadas. Entre estos factores, el proceso de vaciado de concreto representa una de las fases más relevantes y complejas debido a la necesidad de garantizar la continuidad, calidad y uniformidad del material (Torres, Ramos Cañon, Prada Sarmiento, & Botía Diaz, 2016). Una adecuada planificación del vaciado es fundamental para evitar discontinuidades que puedan comprometer el desempeño estructural de los elementos de concreto, como losas y vigas, que están sometidos a diversas solicitaciones mecánicas. En particular, el vaciado de losas y vigas presenta un desafío significativo cuando se requieren grandes volúmenes de concreto, ya que la imposibilidad de realizar el proceso de manera continua puede originar la formación de juntas frías.

Estas juntas representan zonas de debilidad potencial que pueden afectar la capacidad de carga, la adherencia entre el concreto endurecido y el fresco, así como la resistencia a esfuerzos de flexión y cortante (Murtada A. & Yahyia M, 2020). Las interrupciones durante el vaciado pueden ser causadas por diversos factores, como la limitada capacidad de producción y suministro de la planta mezcladora, deficiencias en la logística de transporte, la insuficiente preparación previa de las superficies de contacto, o una planificación inadecuada de los tiempos de colocación del concreto.

El incumplimiento de los tiempos establecidos para el vaciado, junto con una coordinación deficiente entre las fases de preparación, transporte y colocación, puede impedir alcanzar el 100% del volumen requerido de manera continua. Esta situación incrementa el riesgo de la aparición de juntas frías, las cuales no solo afectan el comportamiento mecánico de los elementos estructurales, sino que también pueden provocar fisuración, filtraciones y una reducción en la durabilidad de la estructura. Por lo tanto, comprender y mitigar los factores que influyen en la formación de juntas frías es crucial para asegurar la integridad y la vida útil de las estructuras de concreto armado en proyectos de mediana y gran escala.

Cuando se presenta esta condición, se da lugar a la generación de una junta fría, la cual se define como el límite de superficie entre el concreto previamente endurecido y el concreto fresco colocado posteriormente (Quraish Qusay , Bariş, & ,Taha Mohammed, 2023). Desde un enfoque estructural, (Torres, Ramos Cañon, Prada Sarmiento, & Botía Diaz, 2016) describe la junta de construcción como un plano de debilidad no tratado, originado por la interrupción en el suministro de mezcla durante el proceso de vaciado, lo que puede comprometer de manera significativa el desempeño y la estabilidad del sistema estructural. En esencia, una junta fría se refiere a la superficie de contacto generada por la colocación de concreto en diferentes periodos de tiempo, lo que produce capas sucesivas de material con una posible reducción en la cohesión interna.

En síntesis, una junta fría se puede conceptualizar como la superficie de contacto generada por la discontinuidad del

vaciado de concreto, formando capas sucesivas entre mezclas colocadas en diferentes periodos de tiempo. La presencia de estas juntas, si no se tratan adecuadamente, puede disminuir la resistencia mecánica, afectar la adherencia del refuerzo y generar zonas propensas a la penetración de agentes externos que comprometan la durabilidad de la estructura. Por tanto, es esencial implementar estrategias de control y procedimientos de preparación que minimicen la formación de estas discontinuidades y garanticen la monolitividad del sistema estructural. En este contexto, resulta fundamental evaluar la resistencia a cortante del concreto cuando se presentan juntas frías en el proceso constructivo de vigas, considerando que dichas discontinuidades pueden influir de manera significativa en la capacidad portante del elemento. Asimismo, es relevante analizar cómo la ubicación de estas juntas a lo largo del vano de la viga y la variación en los ángulos de inclinación pueden modificar el comportamiento estructural frente a esfuerzos cortantes, permitiendo identificar los factores más críticos que afectan la integridad y la resistencia del sistema.



Figura 1. Formación de una junta fría en losa de concreto.

1.1. Análisis de Elementos Estructurales con Juntas de Construcción

Diversos estudios experimentales en elementos estructurales con juntas de construcción han evaluado su comportamiento frente a distintos tipos de esfuerzos. Las investigaciones analizaron la resistencia a compresión y flexión en concreto normal, concreto de alta resistencia y concreto reforzado con fibras. Los resultados indicaron que el concreto normal y de alta resistencia mostraron una reducción en sus propiedades mecánicas, mientras que el concreto con fibra presentó una mejora en la resistencia a tracción en comparación con el concreto normal sin junta fría (Berka Cipta, Hakas, Fanny, Fadillawaty, & Dian Eksana, 2021).

En otro estudio, se ensayaron diez vigas de concreto armado con juntas horizontales en diferentes posiciones y cantidades, observándose variaciones en la resistencia a la carga última, alcanzando valores entre el 83% y el 98% en relación con las vigas de referencia. Sin embargo, las deflexiones mostraron un incremento, situándose entre el 102% y el 133% respecto a la viga de control (Ali Al, Hisham, & Ali, 2021). Por su parte, una investigación realizada en Turquía evaluó el efecto de la

inclinación de la junta fría (0° , 20° , 45° , 65° y 90°) sobre la resistencia a tracción y compresión del concreto. Los resultados revelaron que las juntas con un ángulo de 65° redujeron la resistencia a compresión entre un 32.5% y un 48.4%, mientras que los demás ángulos provocaron una disminución aproximada del 10%. Las probetas con juntas a 90° registraron las resistencias a tracción más bajas (Quraish Qusay, Barış, & Taha Mohammed, 2023). Asimismo, (Cleudson Carneiro, Raimar Ramos de Macedo, Helio Guimarães, & Vinicius Almeida, 2023) analizaron la influencia de una junta horizontal ubicada a 2/3 de la altura de los especímenes, tanto con cómo sin tratamiento superficial (super grout), concluyendo que la presencia de la junta no tiene un efecto significativo en el comportamiento estructural, independientemente del tipo de tratamiento aplicado.



Figura 2. Generación de junta fría por vaciado de concreto en losas y vigas.

En el proceso de vaciado de losas, las vigas desempeñan un papel fundamental dentro del sistema estructural, ya que están sujetas a diversos tipos de esfuerzos que requieren una adecuada transferencia de corte y un correcto desarrollo de la flexión para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura (Ala S, Ali, & Wael, 2020). La capacidad de una viga para resistir las cargas aplicadas depende en gran medida de la continuidad estructural, la cual se asegura a través del refuerzo inferior que cruza la junta. Este refuerzo es crucial para mantener la integridad del sistema, ya que proporciona la capacidad de resistir los momentos flectores. Por otro lado, la transferencia de corte entre el concreto endurecido y el nuevo se logra principalmente por dos mecanismos: la fricción generada en la interfaz de la junta fría y la acción de pasador que ejercen las barras de refuerzo que atraviesan dicha junta (ACI Committee 224, 2001). Ambos mecanismos trabajan conjuntamente para limitar el desplazamiento relativo entre las capas de concreto y asegurar que las cargas se transmitan de manera eficiente a través del elemento estructural.

1.2. Desempeño a cortante del concreto y Juntas frías

El código ACI 318 (2019) establece una relación empírica para calcular la resistencia al corte del concreto, la cual está vinculada a la resistencia a tracción indirecta del material. Este parámetro se expresa mediante la raíz cuadrada de la resistencia

a compresión del concreto ($\sqrt{f_c}$), una formulación basada en los resultados de numerosos ensayos realizados en vigas de concreto armado convencionales. Sin embargo, la presencia de juntas frías puede alterar significativamente las propiedades mecánicas del concreto, reduciendo la capacidad de transferencia de esfuerzos y, en consecuencia, comprometiendo la integridad estructural de la edificación (Jeffery S, Carlton A, Ralph G, & Steven H, 2008). La presencia de estas juntas genera una discontinuidad en el material que puede actuar como un plano de debilidad, facilitando la aparición de fisuras y el colapso abrupto si no se trata o se refuerza adecuadamente.

Actualmente, se carece de una normativa específica que regule de manera detallada los ensayos de resistencia a cortante del concreto. No obstante, diversos códigos e investigaciones nos proporcionan parámetros los cuales influyen para que la resistencia de la viga sea controlada por el esfuerzo cortante. Este comportamiento es especialmente relevante en las vigas profundas o de gran altura, donde los esfuerzos cortantes tienden a dominar sobre los momentos flectores (Kamaram S, Mauricio, & Kypros, 2019). La norma ACI 318-19 establece criterios específicos para clasificar una viga como de gran altura, considerando dos condiciones: la luz libre del elemento (L_n) no debe exceder cuatro veces su altura total ($L_n < 4h$) y las cargas concentradas deben estar aplicadas a una distancia menor o igual a dos veces la altura de la viga desde el punto de apoyo ($a < 2h$) (Comite ACI 318, 2019). Estos parámetros permiten identificar los elementos que requieren un análisis más detallado de los esfuerzos cortantes para garantizar un diseño seguro y eficiente.

A pesar de la relevancia de la resistencia a cortante en elementos estructurales, actualmente no existe una normativa específica que regule de manera exhaustiva los ensayos destinados a evaluar este parámetro en presencia de juntas frías. Sin embargo, diferentes códigos y estudios proporcionan lineamientos y factores que influyen en la capacidad de las vigas para resistir esfuerzos cortantes, lo que permite desarrollar modelos más precisos y evaluar el comportamiento de los elementos en condiciones reales de carga. Esta falta de regulación detallada destaca la necesidad de continuar investigando los efectos de las juntas frías en la resistencia a cortante, especialmente en estructuras críticas como las vigas profundas, donde una falla puede tener consecuencias graves para la seguridad y funcionalidad de la edificación.

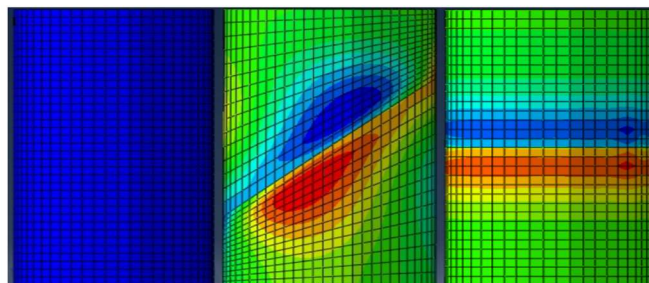


Figura 3. Diagrama de tensiones axiales en un cilindro intacto (izquierda), con junta fría diagonal (centro) y junta fría horizontal

(derecha)

1.3. Resistencia Mecánica en Vigas con Juntas

En el contexto actual, la problemática relacionada con la generación de juntas frías no es ajena a nuestro entorno, especialmente considerando las dificultades que enfrenta el sector de la construcción para ejecutar proyectos de manera eficiente y cumpliendo con los estándares de calidad exigidos. Durante el proceso constructivo, pueden surgir diversos inconvenientes que afectan el vaciado del concreto, como interrupciones en el suministro, fallas en la logística o limitaciones técnicas. Estos factores impiden que el concreto se coloque de manera continua, provocando la formación de juntas frías que alteran la homogeneidad del elemento estructural y pueden comprometer su resistencia mecánica.

La formación de juntas frías en losas es particularmente relevante, ya que estas no solo afectan la integridad del propio elemento, sino que también tienen un impacto directo en las vigas que se vacían de manera simultánea. Independientemente de si las juntas frías se generan de forma planificada o accidental, su presencia introduce discontinuidades que pueden debilitar la transferencia de esfuerzos, comprometiendo así el comportamiento estructural de las vigas. Este fenómeno es especialmente crítico en las vigas sometidas a diferentes esfuerzos, donde la resistencia del concreto puede verse significativamente reducida en aquellas zonas donde el cortante alcanza valores máximos pudiendo verse comprometida la integridad estructural si no se asegura una adecuada adherencia y una transferencia eficiente de cargas entre las diferentes fases del vaciado.

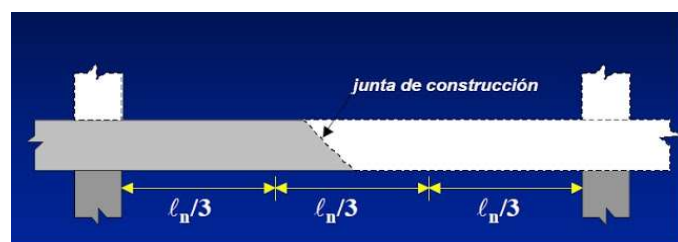


Figura 4. Junta de construcción en centro de vano.

Dado el impacto que las juntas frías pueden tener en la capacidad portante de las vigas, surge una pregunta fundamental: ¿De qué manera influye la generación de juntas frías en la resistencia a cortante del concreto durante el proceso constructivo de vigas? Esta interrogante es crucial para comprender cómo las discontinuidades en el concreto afectan el desempeño global de la estructura, en particular en lo que respecta a la capacidad de resistir esfuerzos cortantes, que son determinantes en la seguridad y estabilidad de las vigas.

En respuesta a esta problemática, se propone evaluar la resistencia a cortante del concreto de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma ACI 318-19, considerando el efecto de las juntas frías generadas durante el proceso constructivo de las vigas. Este análisis permitirá identificar en qué medida las juntas frías modifican el

comportamiento estructural, proporcionando una base técnica que contribuya a optimizar los procedimientos de construcción y garantizar un desempeño adecuado de las vigas en términos de resistencia a cortante.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiales

Para llevar a cabo la investigación se apoyó bajo las siguientes normas:

- La norma ACI318-19. para diseñar la dimensión del patrón de viga de gran peralte o profunda, así como la cantidad de acero a flexión.
- El METODO ACI 211.1 para el diseño de mezcla de donde se realizó anticipadamente los siguientes ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados: Ensayo de contenido de Humedad (NTP339.185), Análisis Granulométrico de los agregados (NTP 400.012). Peso específico y absorción (NTP 400.021), Peso Unitario y porcentaje de vacíos (NTP 400.117). El cemento cumpliendo con los requisitos de la NTP 334.009 y el agua cumpliendo con la Norma 339.088.
- La norma ASTM C39/C39M para la resistencia a compresión del concreto.
- Para el ensayo de las vigas se procedió a realizar bajo la norma ASTM C78-02.
- La norma ACI318-19 – NORMA E060 que establece la ecuación de la resistencia a corte del concreto.

2.2. Método

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que, según (Baena Paz, 2017) su finalidad es abordar un problema específico orientado a la acción, proporcionando nuevos conocimientos e información relevante que permitan dar solución a necesidades concretas en la sociedad. En este contexto, el estudio tiene como objetivo analizar la influencia de las juntas frías en el esfuerzo cortante del concreto, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma ACI 318-19, en vigas de concreto con una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Este análisis tiene un valor significativo para la ingeniería civil, ya que aporta evidencia experimental que puede utilizarse para comprender mejor el comportamiento de las vigas de concreto reforzado cuando presentan juntas frías durante el proceso constructivo.

Para alcanzar estos objetivos, se realizaron pruebas experimentales en diferentes especímenes de vigas profundas, en las cuales se introdujeron juntas frías en distintas posiciones y con variaciones en el ángulo de inclinación (45° y 30°) dentro del tramo de la viga. El propósito principal de estas pruebas fue evaluar el impacto de las juntas frías en la capacidad de resistencia a cortante del concreto, forzando a las vigas a alcanzar la falla por cortante. Los datos numéricos obtenidos a partir de estos ensayos permitirán validar o refutar la hipótesis planteada, ofreciendo una base cuantitativa sólida para comprender cómo las juntas frías afectan el comportamiento estructural de las vigas. La investigación se llevó a cabo en las siguientes fases

claramente definidas:

- i) Diseño del prototipo de viga profunda siguiendo los criterios establecidos en la norma ACI 318-19, garantizando que las dimensiones y características de las vigas cumplieran con los requisitos normativos para este tipo de elementos estructurales.
- ii) Elaboración de especímenes de vigas profundas, incorporando juntas frías en distintas posiciones y variando el ángulo de inclinación (45° y 30°). Este proceso permitió simular las condiciones reales que pueden surgir en el campo durante el vaciado del concreto y su impacto en la transferencia de esfuerzos cortantes.
- iii) Realización de los ensayos y análisis de resultados, sometiendo las vigas a pruebas de carga para inducir la falla por cortante y recopilar información cuantitativa que permita evaluar el comportamiento de las vigas con juntas frías en comparación con vigas sin discontinuidades.

2.3. Detalles de la viga a ensayar

Se establecieron la geometría, el refuerzo y las propiedades del concreto para el diseño del modelo de viga, siguiendo las especificaciones de la norma ACI 318-19 para vigas de gran canto, donde la resistencia suele estar controlada por el esfuerzo cortante más que por la flexión. De acuerdo con esta normativa, la luz libre no debe exceder cuatro veces la altura total del elemento ($L_n < 4h$) y las cargas concentradas deben situarse a una distancia igual o menor a dos veces la altura desde el apoyo ($a < 2h$) (Comite ACI 318, 2019). Estos requisitos buscan asegurar que la falla se produzca por corte y no por flexión, lo que permite evaluar con mayor precisión el comportamiento del concreto frente a esfuerzos cortantes.

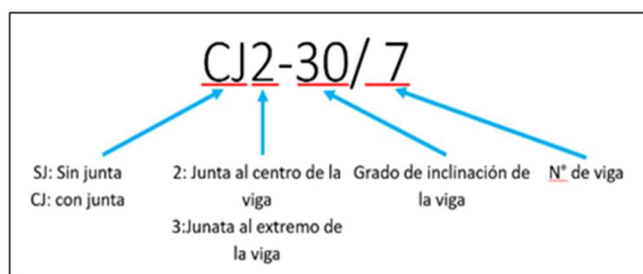


Figura 5. Nomenclatura de los especímenes de viga.

El modelo de viga diseñado presentó una longitud total de 1.20 m, una longitud efectiva de 90 cm, un peralte de 25 cm y una base de 15 cm, dimensiones que permiten replicar las condiciones de una viga profunda, como se aprecia en la Figura 3. Para el refuerzo a flexión, se emplearon dos varillas de 8 mm (Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60), siguiendo el refuerzo mínimo (p_{min}) exigido por la normativa. No se incluyó refuerzo a cortante (estribos), ya que el objetivo principal fue analizar el comportamiento del concreto ante esfuerzos de corte, sin la interferencia de elementos adicionales que pudieran modificar los resultados.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de la barra de refuerzo.

Barra	Dimensión (mm)	Área (mm ²)	Límite de fluencia (f_y) MPa	Resistencia máxima (f_u) MPa
8mm	112	50	420	620

Nota: Se mencionan las características de las barras usadas en el ensayo.

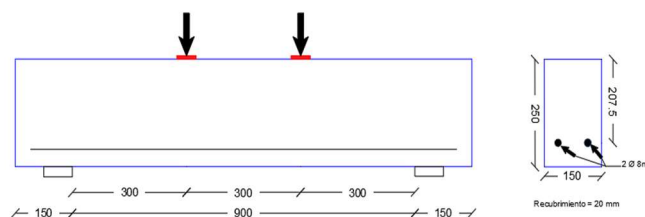


Figura 6. Vista frontal y en corte de las vigas ensayadas.

En este estudio experimental se fabricaron 15 vigas en total, diseñadas con variaciones en la ubicación y el ángulo de inclinación de la junta fría (30° y 45°). De estas, tres vigas fueron vaciadas de forma monolítica, denominadas vigas de control, y sirvieron como referencia para comparar el comportamiento de las demás. Las 12 vigas restantes incorporaron juntas frías en distintas posiciones e inclinaciones. En la Tabla 2 se presentan los parámetros específicos de los especímenes de vigas, incluyendo la ubicación y ángulo de las juntas. Para facilitar su identificación, a cada viga se le asignó una nomenclatura única (Fig. 5). Además, en la Tabla 4 se detallan las dimensiones y las propiedades del material utilizado en cada espécimen, proporcionando un resumen claro de las características de las vigas analizadas.

Se elaboraron tres especímenes de vigas por cada tipo de viga, con el fin de obtener mayor precisión y claridad en la interpretación de los resultados, así mismo es una práctica aceptada en estudios experimentales de vigas de concreto armado a gran escala ya que presenta limitaciones prácticas y económicas asociadas a su fabricación y manipulación. Estudios recientes como la de (Ali Al, Hisham Al, & Ali A, 2021), (Cleudson Carneiro, Raimar Ramos de Macedo, Helio Guimarães, & Vinícius Almeida, 2023), (Arowojolu, Ibrahim, Almakrab, Saras, & Nielsen, 2021), (Kamil Akin & Hediye, 2024) han demostrado que incluso con un número limitado de muestras resulta suficiente para poder identificar tendencias significativas en un comportamiento estructural dando prioridad a la calidad y control experimental sobre la cantidad.

Tabla 2. Parámetros a considerar en los especímenes.

N° de Serie	N° de Grupo	Nombre de la muestra	Ubicación de la junta fría	Ángulo de inclinación
Serie 1 (Vigas Patrón)	A	SJ1/1	-	Sin junta fría
		SJ1/2		
		SJ1/3		
Serie 2	B	CJ2-45/4		

	C	CJ2-45/5	Junta al centro de la viga	Inclinado a 45°
		CJ2-45/6		
		CJ2-30/7	Junta al extremo de la viga	Inclinado a 30°
		CJ2-30/8		
		CJ2-30/9		
Serie 3	D	CJ3-45/10	Junta al extremo de la viga	Inclinado a 45°
		CJ3-45/11		
		CJ3-45/12	Junta al extremo de la viga	Inclinado a 30°
	E	CJ3-30/13		
		CJ3-30/14		
		CJ3-30/15		

2.4. Propiedades de los agregados

Se utilizó cemento Portland RUMI tipo I común y **agregado grueso** proveniente de la cantera de Cabanillas, **con un tamaño máximo nominal de 1/2 pulgada (12.7 mm)**. Según (Howard P, 1972), el tamaño máximo del agregado influye en el mecanismo de transferencia de esfuerzos cortantes, especialmente en las zonas de interconexión entre el apoyo y el punto de aplicación de carga, concluyendo que la resistencia al corte del concreto disminuye ligeramente al reducir el tamaño del agregado. Por lo tanto, el uso de un tamaño menor al común establece un límite crítico en la resistencia al corte.

En cuanto al agregado fino, se empleó material extraído de la cantera Isla, con un módulo de finura de 2.50. El análisis granulométrico se ajustó a los límites de la NTP 400.012 - ASTM C136. Los ensayos realizados para el diseño de la mezcla y sus resultados numéricos **se detallan en la Tabla 3.**

Tabla 3. Propiedades de agregados usados.

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS		
	PROPIEDADES		
	A. GRUESO	A. FINO	UNIDAD
<i>Tamaño máximo nominal</i>	1/2"	Nº8	Pul
<i>Peso Específico</i>	2530	2450	kg/m3
<i>Peso Unitario Suelto</i>	1417	1620	kg/m3
<i>Peso Unitario Compacto</i>	1538	1758	kg/m3
<i>Contenido de Humedad</i>	0.58	4.49	%
<i>Absorción</i>	1.83	2.25	%
<i>Módulo de Fineza</i>	6.76	2.50	

Nota: Se describen las propiedades de los agregados para los cálculos.

2.5. Proceso de preparación, fabricación y curado de los especímenes de vigas

El diseño de mezcla se llevó a cabo siguiendo la norma ACI 211.10, con una proporción de 1:0.55:1.83:2.32 (Cemento: Agua: Agregado fino: Agregado grueso) y una relación agua/cemento de 0.56, obteniendo un asentamiento (slump) de 3"-4". La resistencia a compresión para la que fue diseñada la mezcla es de 210 kg/cm² (20.5 MPa).

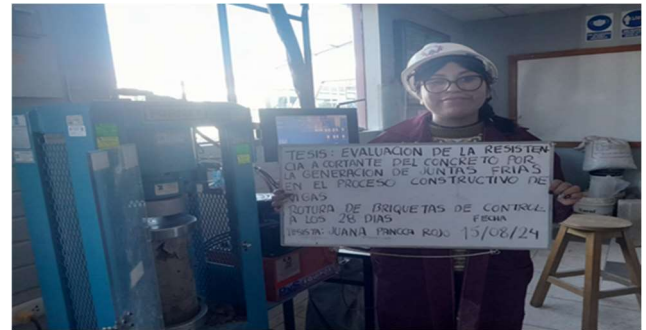


Figura 7. Ensayo de resistencia a la compresión de briquetas de control para las pruebas en vigas.

Las vigas se vaciaron en moldes fenólicos de 18 mm debidamente fabricados. Para garantizar la estabilidad, los moldes se aseguraron con alambre N° 16 y se aplicó desmoldante en todas las caras interiores del encofrado. Se colocaron 2 varillas de 8 mm (ASTM A615-Grado 60) como refuerzo a flexión, y se utilizaron dados de 2 cm para asegurar el recubrimiento adecuado.

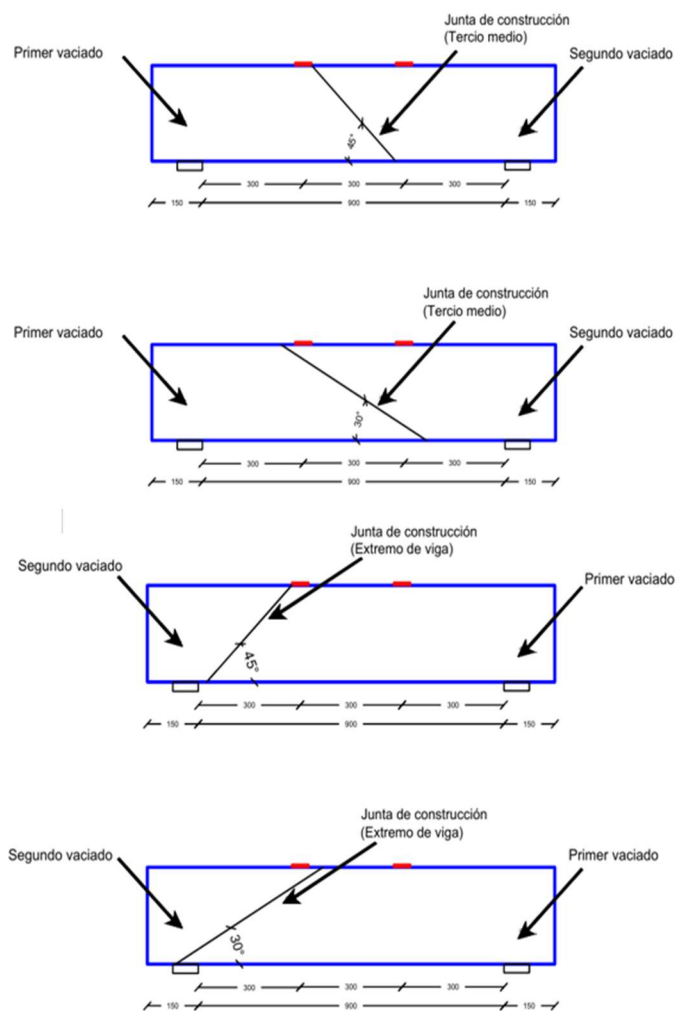


Figura 8. Ubicación y grado de inclinación de la junta visualizada de manera frontal en los especímenes de vigas.

En las vigas monolíticas (de control), el concreto se vació en una sola etapa. Para las demás vigas, se vació el concreto hasta la altura de la junta y, tras 24 horas (tiempo suficiente para el endurecimiento inicial), se agregó el siguiente vaciado con concreto fresco, sin aplicar ningún tratamiento especial en la junta fría. Los desencofrados se realizaron 48 horas después del vaciado. El curado de las vigas se llevó a cabo durante 28 días, periodo en el que el concreto alcanza su resistencia máxima, utilizando pulverización de agua y cubriendo las vigas con tela de yute húmeda para conservar la humedad.



Figura 9. Vaciado de especímenes en las instalaciones de la universidad Peruana Unión.

Durante el proceso, todas las vigas se mantuvieron en el laboratorio hasta su ensayo. Por cada vaciado, se moldearon 3

probetas de control que fueron curadas bajo las mismas condiciones que las vigas y sometidas a ensayos de compresión a los 28 días. Todos los especímenes fueron elaborados en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión (Filial Juliaca).

2.6. Configuración e instrumentación de las pruebas

Todas las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de Estructuras de la Universidad Peruana Unión, siguiendo un procedimiento estandarizado para garantizar la precisión y repetibilidad de los resultados. La carga se aplicó en dos puntos espaciados a 30 cm entre sí, lo que permitió evaluar el comportamiento de las vigas bajo flexión en la zona central y cortante en los extremos. Se utilizó la máquina MAGNUS TES FRAME, con una capacidad máxima de 300 kN para una carga puntual o 200 kN en cada punto, adecuada para realizar ensayos de flexión en cuatro puntos (P.A. Hilton Limited, 2018).

La carga se aplicó de forma progresiva y continua hasta alcanzar la falla del espécimen, permitiendo observar con precisión la propagación de fisuras y determinar el modo de falla (corte o flexión). Durante el ensayo, se marcaron las fisuras a medida que aparecían para facilitar la identificación del tipo de falla y comparar el comportamiento entre las vigas monolíticas (de control) y las vigas con juntas frías de distintas ubicaciones e inclinaciones.

Tabla 4. Dimensiones construidas de los especímenes de vigas.

Nº de Serie	Cantidad de especímenes	Nomenclatura de la muestra	L_t mm (in)	L_d mm (in)	b_w mm (in)	h mm (in)	d mm (in)	a/d	f'_c kg/cm2 (MPa)
Serie 1 (Vigas patrón)	3	SJ1	1205	900	150	258	235.5	1.27	198.23
			47.44	35.43	5.91	10.16	9.27		
		SJ1/2	1200	900	151	250	227.5	1.32	19.44
			47.24	35.43	5.94	9.84	8.96		
		SJ1/3	1203	900	150	253	230.5	1.30	19.44
			47.36	35.43	5.91	9.96	9.07		
Serie 2	3	CJ2-45/4	1210	900	152	255	232.5	1.29	198.23
			47.64	35.43	5.98	10.04	9.15		
		CJ2-45/5	1208	900	150	252	229.5	1.31	19.44
			47.56	35.43	5.91	9.92	9.04		
		CJ2-45/6	1201	900	150	250	227.5	1.32	19.44
			47.28	35.43	5.91	9.84	8.96		
	3	CJ2-30/7	1200	900	150	250	227.5	1.32	202.23
			47.24	35.43	5.91	9.84	8.96		
		CJ2-30/8	1200	900	153	251	228.5	1.31	19.83
			47.24	35.43	6.02	9.88	9.00		
		CJ2-30/9	1205	900	150	250	227.5	1.27	19.83
			47.44	35.43	5.91	9.84	8.96		
Serie 3	3	CJ3-45/10	1203	900	150	250	227.5	1.32	222.27
			47.36	35.43	5.91	9.84	8.96		
		CJ3-45/11	1200	900	152	250	227.5	1.32	21.80
			47.24	35.43	5.98	9.84	8.96		
		CJ3-45/12	1206	900	150	255	232.5	1.29	21.80
			47.48	35.43	5.91	10.04	9.15		
	3	CJ3-30/13	1202	900	150	250	227.5	1.32	204.07
			47.32	35.43	5.91	9.84	8.96		
		CJ3-30/14	1200	900	153	250	227.5	1.32	20.01
			47.24	35.43	6.02	9.84	8.96		
		CJ3-30/15	1200	900	150	253	230.5	1.30	20.01
			47.24	35.43	5.91	9.96	9.07		

Se ensayaron tres especímenes por cada grupo, lo que permitió obtener una respuesta media representativa para cada condición. Este enfoque permitió evaluar con precisión cómo las juntas frías afectan la resistencia a cortante del concreto y su influencia en el desempeño estructural de las vigas



Figura 10. Resistencia a corte de vigas sometidas por ensayo a flexión.

3. RESULTADOS

3.1. Patrones de grieta en las vigas

El comportamiento de las vigas de concreto con juntas frías varía significativamente según la ubicación y el ángulo de inclinación de la junta. Durante los ensayos, se observó que las juntas frías generan zonas de debilidad donde se concentran los esfuerzos, lo que afecta la capacidad resistente de las vigas. A continuación, se detalla el comportamiento de los diferentes grupos de especímenes sometidos a cargas constantes hasta la falla, considerando la influencia de la junta fría en cada caso.

Tabla 5. Carga de rotura de los especímenes de viga.

N° de Serie	N° de Grupo	Nombre de la muestra	P_{exp} KN	P_{exp} KN ($\frac{P}{2}$)
Serie 1 (Vigas Patrón)	A	SJ1/1	88.05	44.03
		SJ1/2	88.36	44.18
		SJ1/3	101.77	50.89
Serie 2	B	CJ2-45/4	75.32	37.66
		CJ2-45/5	81.32	40.66
		CJ2-45/6	88.69	44.35
	C	CJ2-30/7	90.73	45.37
		CJ2-30/8	88.05	44.03
		CJ2-30/9	91.08	45.54
Serie 3	D	CJ3-45/10	74.84	37.42
		CJ3-45/11	89.60	44.80
		CJ3-45/12	89.00	44.50
	E	CJ3-30/13	89.32	44.66
		CJ3-30/14	54.36	27.18
		CJ3-30/15	75.34	37.67

Nota: Se presentan los resultados falla a corte - tracción.

Los especímenes del grupo A (vigas patrón, vaciadas de forma monolítica) se mantuvieron elásticos durante las primeras etapas de la aplicación de la carga. A medida que se incrementaba la fuerza, comenzaron a aparecer fisuras por flexión en

la zona de momentos máximos (región central de la viga), lo cual indica el inicio de la fisuración del concreto. Estas grietas se propagaron de forma vertical hacia la zona de compresión en la parte superior de la viga. Posteriormente, surgieron fisuras diagonales en la zona de corte, especialmente cerca de los apoyos. Estas fisuras crecieron progresivamente hacia la zona comprimida, lo que finalmente provocó una falla por corte (corte y tracción). Este comportamiento es típico en vigas sin refuerzo transversal (estribos), donde la resistencia a cortante depende únicamente del concreto. Las fisuras por flexión aparecieron primero en la parte central, mientras que las fisuras diagonales emergieron en los extremos debido a la concentración de esfuerzos cortantes, generando un colapso súbito al alcanzar la capacidad máxima de resistencia.

En los especímenes del grupo B, que incluían una junta fría en el tercio medio con una inclinación específica (45°), el comportamiento inicial fue similar al grupo A. Se observaron fisuras pequeñas y poco visibles en la zona de momento constante al inicio de la carga. Sin embargo, la presencia de la junta fría generó una debilidad estructural que alteró el patrón de fisuración. A medida que la carga aumentaba, las fisuras por flexión crecieron y alcanzaron la junta diagonal, que actuó como un punto de concentración de esfuerzos. Este fenómeno provocó que las grietas se propagaran a lo largo de la junta de manera acelerada y descontrolada. La pérdida de continuidad en el concreto debido a la junta fría debilitó la capacidad de transferencia de esfuerzos entre las dos fases del vaciado, lo que resultó en una falla abrupta a través de la junta.

En los especímenes del grupo C, con una junta fría en el centro de la viga, el comportamiento fue semejante al del grupo B. Las fisuras iniciales por flexión surgieron en la zona de momentos máximos, extendiéndose verticalmente. Conforme se incrementaba la carga, aparecieron grietas inclinadas asociadas al esfuerzo cortante. La presencia de la junta en el centro favoreció la aparición de un área de concentración de tensiones que funcionó como un punto de inicio para la propagación de una grieta principal. Dado que esta junta se encontraba en la región de mayor momento flector, el concreto no pudo resistir la combinación de esfuerzos y se produjo la falla a través de la junta fría, evidenciando la pérdida de adherencia entre las capas de concreto.

Los especímenes del grupo D, que presentaban una junta fría en el extremo de la viga (cercano a la zona de corte-junta 45°), exhibieron un comportamiento distinto en comparación con los grupos anteriores. Las primeras fisuras por flexión aparecieron en la zona de momentos máximos, aunque eran poco visibles debido a que el punto de debilidad estaba localizado cerca de los apoyos. La fisura principal que condujo a la falla se originó y propagó a lo largo de la junta fría, lo que indica que la interfaz de unión entre las dos fases del vaciado no logró soportar los esfuerzos. Este comportamiento sugiere que la ubicación de la junta en el tramo de corte es especialmente crítica, ya que afecta directamente la transferencia de esfuerzos y reduce la capacidad de la viga para resistir cargas.

En los especímenes del grupo E, donde la junta fría se

extendía desde la zona de corte hasta la zona de momentos máximos, el comportamiento fue una combinación de lo observado en los grupos anteriores. Inicialmente, se formaron fisuras por flexión en la zona de momento constante, mientras que en los extremos aparecieron grietas diagonales. Sin embargo, al encontrarse la junta fría en una posición que abarcaba ambas zonas críticas, la falla ocurrió principalmente a través de la junta hasta un cierto punto. A pesar de que la viga mantuvo cierta capacidad para soportar esfuerzos, la debilidad estructural provocada por la junta permitió la propagación de una grieta incontrolada, lo que condujo a un colapso prematuro.

3.2. Resistencia al corte, momentos y tipo de falla en la serie 1, 2 y 3.

La **Serie 1** presentó una relación a/d (relación entre la distancia al punto de aplicación de la carga y el peralte efectivo de la viga) entre 1 y 2.5, lo que indica un modo de falla combinado (corte-flexión). No obstante, la falla estuvo dominada por el esfuerzo cortante. En la Tabla 6 se muestran los valores individuales y promedios obtenidos durante los ensayos. El promedio de la capacidad de carga alcanzado por las vigas fue de 46.36 kN, un valor significativamente superior al V_c calculado según la norma ACI 318, que es de 25.44 kN, lo que representa casi el doble de la capacidad teórica del concreto.

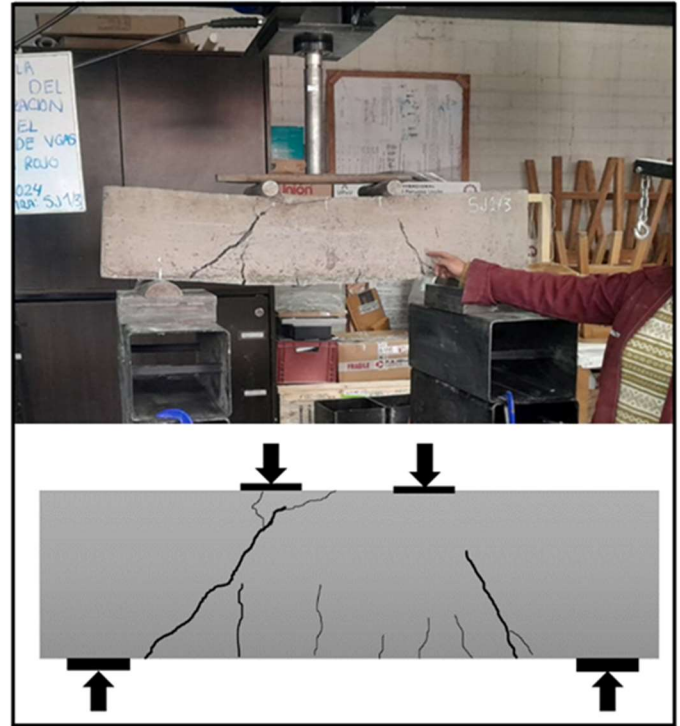


Figura 11. Patrones de grietas finales en el grupo A (Vigas patrón)- Falla por corte-flexión (control V).

Tabla 6. Resultados experimentales de la serie 1, 2 y 3 frente a ecuaciones dadas por V_c (ACI318-19) y M_n .

Nº de Serie	Nº de Grupo	Nombre de la muestra	V_{exp} KN	M_{exp} KN-m	V_c ACI 318 KN	M_n KN-m	V_{exp}/V_c	M_{exp}/M_n
Serie 1 (Vigas Patrón)	A	SJ1/1	44.03	13.2075	25.86	9.36	1.70	1.411
		SJ1/2	44.18	13.254	25.15	9.03	1.76	1.468
		SJ1/3	50.89	15.2655	25.31	9.15	2.01	1.668
	Media		46.36		25.44		1.82	
Desviación estándar							0.16	
Serie 2	B	CJ2-45/4	37.66	11.30	25.87	9.24	1.46	1.22
		CJ2-45/5	40.66	12.20	25.20	9.11	1.61	1.34
		CJ2-45/6	44.35	13.30	24.98	9.03	1.78	1.47
	Media		40.89		25.35		1.61	
Desviación estándar							0.16	
Serie 2	C	CJ2-30/7	45.37	13.61	25.23	9.04	1.80	1.51
		CJ2-30/8	44.03	13.21	25.85	9.09	1.70	1.45
		CJ2-30/9	45.54	13.66	26.12	9.04	1.74	1.51
	Media		44.98		25.73		1.75	
Desviación estándar							0.05	
Serie 3	D	CJ3-45/10	37.42	11.23	26.45	9.07	1.41	1.24
		CJ3-45/11	44.80	13.44	26.80	9.07	1.67	1.48
		CJ3-45/12	44.50	13.35	27.03	9.27	1.65	1.44
	Media		42.24		26.76		1.58	
Desviación estándar							0.14	
Serie 3	E	CJ3-30/13	44.66	13.40	25.35	9.04	1.76	1.48
		CJ3-30/14	27.18	8.15	25.85	9.04	1.05	0.90
		CJ3-30/15	37.67	11.30	25.68	9.16	1.47	1.23
	Media		36.50		25.63		1.43	
Desviación estándar							0.36	

Este comportamiento sugiere que las vigas no fallaron únicamente por un mecanismo de corte simple, sino que desarrollaron un mecanismo de arco comprimido, lo que les permitió soportar una carga adicional más allá de la capacidad prevista. Este efecto se debe a la transferencia de esfuerzos internos que refuerzan la resistencia al corte, generando un desempeño estructural más robusto de lo esperado.

En la **Serie 2**, las vigas presentaron una junta fría en el centro del tramo, con una inclinación de 45° y 30° . El comportamiento de transferencia de esfuerzos no fue el habitual, ya que la continuidad de los momentos y los esfuerzos cortantes se vio interrumpida por la presencia de la junta. La grieta de falla principal se propagó a través de la junta fría, lo que indica una transferencia ineficaz de esfuerzos entre las dos secciones del concreto. A pesar de ello, la zona de cortantes máximos no mostró daños críticos, ya que no se observaron fisuras significativas en esa área. Por esta razón, la falla se clasificó como una falla por deslizamiento a través de la junta central. En cuanto al desempeño de los especímenes, las vigas del grupo B desarrollaron pocas grietas por flexión y presentaron una falla más abrupta (frágil y localizada) en comparación con las vigas del grupo C, que mostraron una progresión más gradual hacia la falla. En la Tabla 6 se detallan los resultados obtenidos y los valores específicos de cada viga, lo que permite comparar el efecto de la inclinación de la junta en la capacidad de resistencia.



Figura 12. Patrones de grietas finales en el grupo B (Arriba- junta con inclinación a 45°) y C (Abajo - junta con inclinación a 30°).

En la **Serie 3**, las vigas presentaron una junta fría en el extremo del tramo, con inclinaciones de 45° y 30° . Inicialmente, el comportamiento mostró la aparición de fisuras por flexión,

pero debido a la presencia de la junta en el extremo, la falla se produjo de forma repentina y frágil a lo largo de este plano, lo que indica una ruptura brusca sin advertencias significativas. Al comparar los resultados entre los dos grupos, se observó una diferencia del 13% en la capacidad de corte entre las vigas con junta a 45° y las vigas con junta a 30° , siendo las primeras las que alcanzaron mayor resistencia. Además, ambos grupos mostraron una resistencia superior a la cortante teórica calculada según el ACI 318-19, lo que sugiere que, aunque la junta afecta la transferencia de esfuerzos, las vigas aún pueden soportar cargas adicionales antes de fallar. En la Tabla 8 se detallan los resultados experimentales y los valores específicos de cada viga, lo que permite analizar el impacto de la ubicación e inclinación de la junta fría en la capacidad de resistencia a cortante.



Figura 13. Patrones de grietas finales en el grupo D (Arriba- junta con inclinación a 45°) y E (Abajo - junta con inclinación a 30°).

4. DISCUSIÓN

Para analizar el comportamiento de las vigas frente a las cargas aplicadas, se realizó una simulación de los ensayos experimentales mediante el método de elementos finitos (MEF) utilizando el software SAP2000 (Figura 15). En el modelo se consideró únicamente la luz libre de la viga, con una longitud de 90 cm, manteniendo la misma altura y base que en los especímenes físicos. La carga promedio aplicada en cada punto de carga fue de 46.36 kN, valor obtenido a partir del promedio de la carga última de la Serie 1.

El análisis arrojó un valor de fuerza de corte de 46.36 kN y un momento flector (M_{exp}) máximo de 13.908 kN-m, lo cual es coherente con los resultados obtenidos en los ensayos experimentales. Estos valores permiten validar la precisión del modelo numérico en relación con las pruebas físicas,

5

25

proporcionando una mejor comprensión del comportamiento estructural de las vigas con juntas frías. Los resultados específicos del análisis se presentan en la Figura 14, donde se puede observar la distribución de esfuerzos y la respuesta de la viga bajo carga.

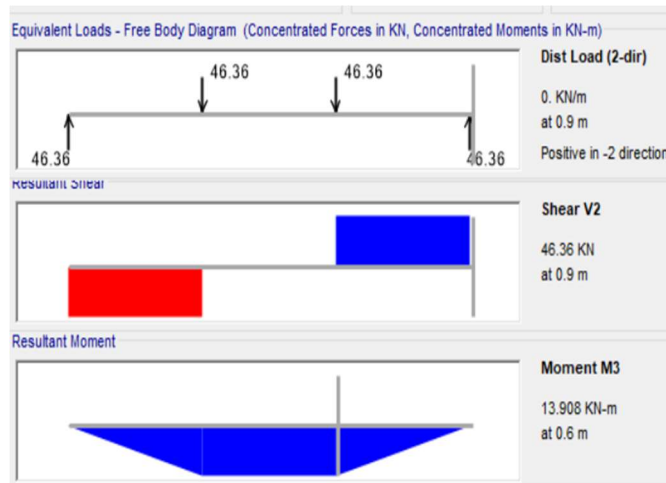


Figura 14. Valores de corte (V) y Momento (M exp) dada por el promedio de la Serie 1 (Vigas Patrón).

En el análisis del modelo sólido (Figura 16), se observa la distribución de los esfuerzos de corte en el plano S13, donde se identifica el comportamiento de corte en la viga. Las zonas en color rojo y turquesa indican las áreas con los esfuerzos de corte máximos, señalando las zonas críticas y las concentraciones de carga, lo que evidencia los puntos de mayor demanda de resistencia al corte en la viga. La fuerza de corte última al momento del fallo fue de 46.34 kN, un valor consistente con el obtenido en el modelo de elementos frame. Por otro lado, el esfuerzo máximo promedio se calculó mediante la expresión:

$$\tau = \frac{3}{2} * \frac{V}{A}$$

Este cálculo arrojó un valor de 1854 kN/m² (1.85 MPa) para las vigas de sección transversal rectangular, mientras que en el modelo numérico (Figura 16) se obtuvo un valor aproximado de 1866 kN/m² (1.86 MPa) en el eje neutro de la viga, lo que valida la precisión de la simulación.

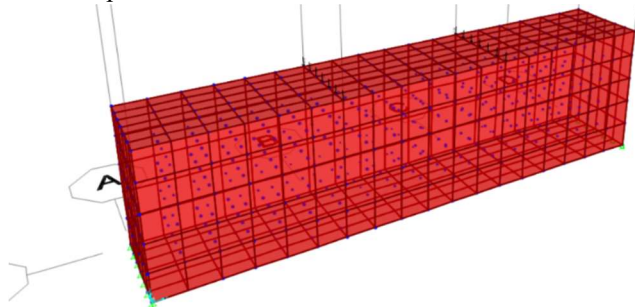


Figura 15. Modelo constitutivo por el MEF de la viga representativa.

La distribución de los esfuerzos de corte en la viga simulada presenta una inclinación de aproximadamente 45° desde el

apoyo hasta la cara superior de la viga.

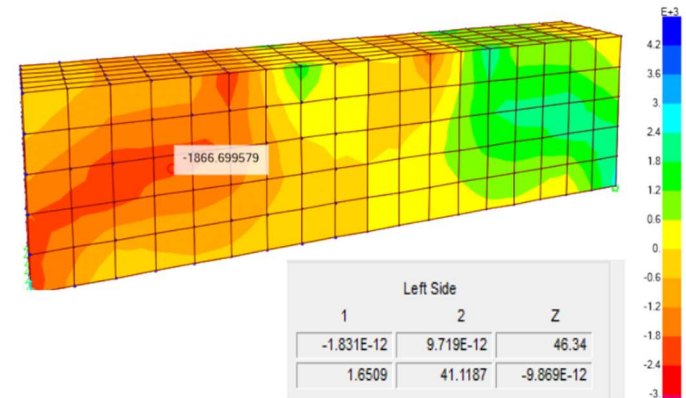


Figura 16. Distribución de esfuerzos cortantes en el sólido.

Al comparar ambas series, se aprecia que las vigas de la serie E mostraron valores más críticos en cuanto a la carga última, ya que la junta inclinada a 30° atraviesa zonas de mayor concentración de esfuerzos en la región de corte (Figura 17). Sin embargo, la diferencia en los valores obtenidos entre ambas series fue mínima, lo que indica que ambas configuraciones presentan comportamientos similares, con una ligera mayor vulnerabilidad en la junta con inclinación de 30°.

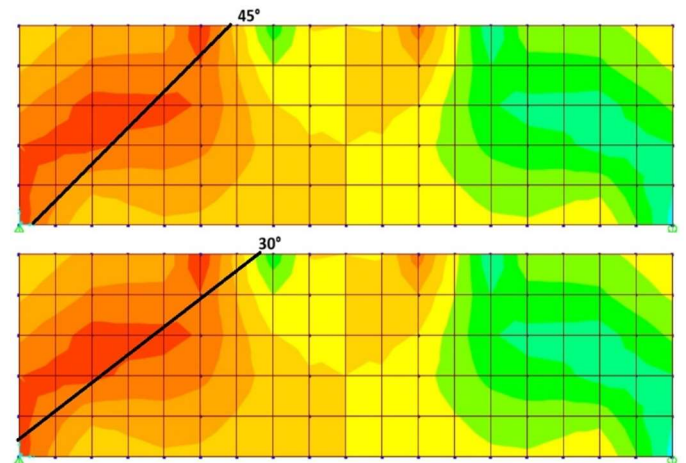


Figura 17. Distribución de esfuerzos cortantes y línea de proyección de la junta en la serie D (ángulo de inclinación a 45° y E (ángulo de inclinación 30°).

Por otro lado, las vigas de la serie 2, que contenían juntas en el tercio medio con inclinaciones de 45° y 30°, no lograron alcanzar los esfuerzos máximos por corte. Esto se debió a que, al generarse grietas por flexión en la zona de tensión máxima, dichas fisuras se propagaron hasta intersectar la junta fría, provocando la falla a través de este plano de debilidad.

En la Figura 18 se observa que los esfuerzos de tensión máxima están representados por el color azul, lo que confirma que la falla se produjo a lo largo de la junta fría ubicada en el centro del vano. Este comportamiento evidencia que la discontinuidad en la junta interrumpió la transferencia de esfuerzos, debilitando la capacidad de la viga para resistir el corte y la flexión.

51

5

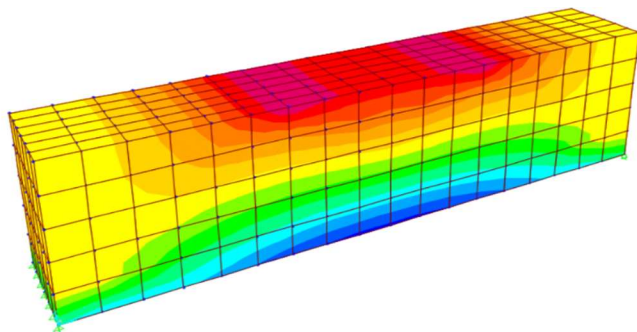


Figura 18. Distribución de esfuerzos tensión y compresión en la viga.

Tanto la serie 1 como la serie 3 presentaron fallas por corte en los tramos de esfuerzo cortante, por lo que se analizó el desempeño de las vigas y la variación de los valores obtenidos experimentalmente. Por el contrario, las vigas de la serie 2 no desarrollaron esfuerzos cortantes que provocaran la falla por este plano, ya que las juntas estuvieron ubicadas en el tercio medio de la viga, lo que condujo a una falla a través de la junta en la zona de momentos máximos y constantes.

En la Figura 19 se observa que los valores experimentales de fuerza cortante (V_{exp} en kN) disminuyen ligeramente en comparación con las vigas patrón. En particular, la serie D (junta al extremo a 45°) alcanzó un 91% de la carga última de rotura, mientras que la serie E (junta al extremo a 30°) llegó al 78%, lo que indica una reducción en la resistencia al corte del concreto debido a la presencia de juntas frías.

Resistencia al corte del concreto V_c

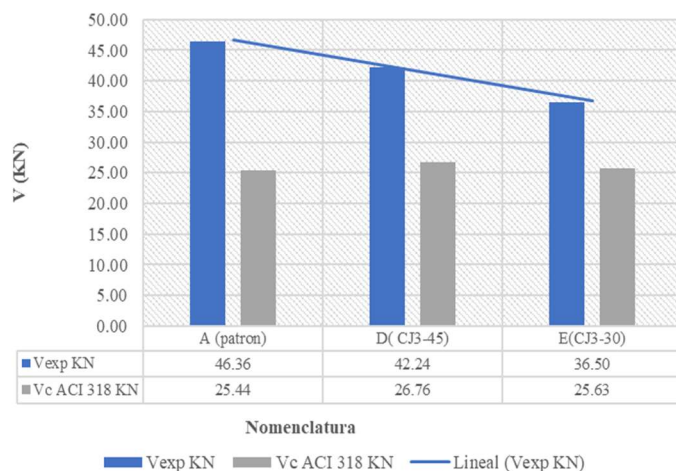


Figura 19. Comparación entre la capacidad de corte experimental y la capacidad de corte (V_c) dada por la norma ACI 318-19.

Al comparar los resultados experimentales con los valores calculados según la norma ACI 318-19, se evidencia que:

- Las vigas patrón (serie A) presentan una resistencia un 82% superior a la estimada por ACI 318-19.
- La serie D (con junta al extremo a 45°) supera en un 58% el valor calculado.
- La serie E (con junta al extremo a 30°) supera en un 43% el valor calculado.

Estos resultados sugieren que la norma ACI 318-19 es conservadora en la estimación de la resistencia al corte del concreto, ya que los valores experimentales obtenidos fueron significativamente superiores a los valores calculados.

Comparación de V_{exp}/V_c entre grupo de vigas

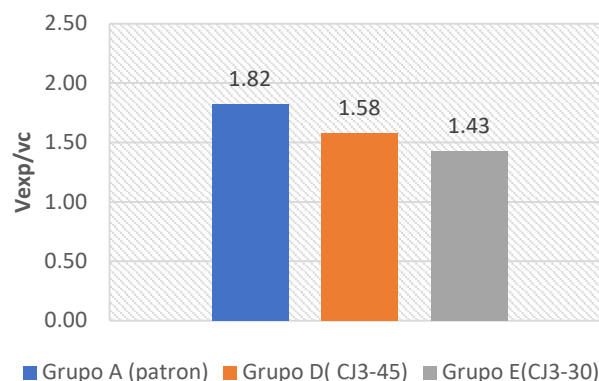


Figura 20. Comparación de V_{exp}/V_c de los grupos A, D y E.

Para evaluar si los datos de la relación V_{exp}/V_c entre los grupos A, D y E siguen una distribución normal, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, ya que este método es adecuado para muestras con un tamaño menor a 50 prototipos.

Esta prueba es fundamental para determinar si los valores experimentales de la fuerza cortante en las diferentes series de vigas tienen un comportamiento normal, lo cual es un requisito previo para realizar análisis estadísticos paramétricos más avanzados, como la comparación de medias o análisis de varianza (ANOVA).

El análisis se centró en comparar la relación V_{exp}/V_c , donde:

- V_{exp} es la fuerza cortante experimental obtenida en los ensayos de las vigas.
- V_c es la fuerza cortante teórica calculada según la norma ACI 318-19.

La comparación entre los grupos A, D y E permite identificar cómo la presencia y la inclinación de las juntas frías afectan la resistencia al corte del concreto en las vigas.

Tabla 7. Prueba de distribución normalidad entre grupos.

GRUPO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.p
A	0.889	3	0.35
D	0.807	3	0.132
E	0.989	3	0.799

Dado que el p-valor de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a 0.05 en todos los grupos (A, D y E), podemos afirmar que no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos provienen de una distribución normal. Con esta condición satisfecha,

se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de la relación V_{exp}/V_c de los grupos:

- Grupo A: Vigas patrón (sin junta fría).
- Grupo D: Vigas con junta en el extremo inclinada a 45°.
- Grupo E: Vigas con junta en el extremo inclinada a 30°.

El ANOVA es adecuado en este caso, ya que permite comparar las medias de más de dos grupos y verificar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas o si se deben al azar. Este análisis es relevante porque permite evaluar cómo la presencia y la inclinación de las juntas frías afectan la resistencia al corte en comparación con las vigas patrón, proporcionando una base cuantitativa para validar las observaciones experimentales.

Tabla 8. Prueba ANOVA.

Comparación entre V_{exp}/V_c						
RESULTADO ANOVA						
V_{exp}/V_c			SQ	GL	MQ	F
Grupo A	Grupo D	Grupo E				
1.82	1.58	1.43	0.24	2	0.12	2.06
						0.21

Si el nivel de significancia (p-valor) del análisis ANOVA es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la relación V_{exp}/V_c entre los siguientes grupos:

- Grupo A: Vigas de control (sin junta fría).
- Grupo D: Vigas con junta al extremo a 45°.
- Grupo E: Vigas con junta al extremo a 30°.

Este resultado indica que, aunque existen variaciones numéricas entre las vigas con y sin juntas frías, estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para considerarlas significativas desde el punto de vista estadístico. En términos prácticos, implica que la presencia e inclinación de las juntas frías en los extremos de las vigas no afecta de manera sustancial la capacidad de resistencia al corte en comparación con las vigas de control, sin embargo, se puede observar una tendencia de reducción de 13% y 21% en el valor de V_{exp}/V_c en los grupos D y E sugiriendo una influencia en la capacidad estructural relevante en presencia de juntas.

No obstante, los ensayos se realizaron en vigas a gran escala por lo que los resultados aportan un alto valor experimental y evidencia significativa valiosa por lo que los resultados demuestran una tendencia clara que sugiere que la presencia de juntas influye en la capacidad cortante del elemento estructural.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, el presente estudio analiza el efecto de las juntas de construcción sobre la resistencia al corte en vigas de

concreto armado sometidas a flexión sin refuerzo de cortante, utilizando un enfoque experimental y un análisis numérico por el método de elementos finitos (MEF). Para ello, se ensayaron 15 vigas en el laboratorio de estructuras de la Universidad Peruana Unión empleando el marco de prueba MAGNUS TES FRAME, con una capacidad máxima de 300 kN. Las vigas se sometieron a un ensayo de flexión en cuatro puntos, aplicando las cargas de manera incremental hasta el momento de la falla, registrando la carga última y la evolución de las fisuras.

Las vigas se agruparon en cinco categorías según la ubicación e inclinación de la junta de construcción:

- Grupo A: Vigas patrón (sin juntas, referencia de control).
- Grupo B: Vigas con junta a 45° en el tercio medio.
- Grupo C: Vigas con junta a 30° en el tercio medio.
- Grupo D: Vigas con junta a 45° en el extremo.
- Grupo E: Vigas con junta a 30° en el extremo.

Con base en las características observadas en los ensayos experimentales y los resultados obtenidos del análisis numérico en SAP2000, se concluye lo siguiente:

i) Modo de falla según la ubicación de la junta:

- Los especímenes del Grupo A (vigas patrón) presentaron una falla combinada por corte-flexión, donde las fisuras iniciales por flexión en la zona de momentos máximos evolucionaron hacia grietas diagonales en el tramo de corte, provocando finalmente una falla por corte + tracción.
- Los Grupos D y E (vigas con juntas en los extremos) también mostraron una falla por corte influenciada por las juntas. La fisura principal se desarrolló a lo largo de la junta inclinada, provocando una falla frágil y repentina, especialmente en las vigas con juntas a 30°.
- Los Grupos B y C (vigas con juntas en el tercio medio) no lograron desarrollar esfuerzos cortantes significativos. Las grietas por flexión, al propagarse, se encontraron con la junta fría, generando una falla prematura a través de este plano y evitando el control de esfuerzos cortantes.

ii) Disminución de la resistencia a la carga última:

- En general, las vigas con juntas frías mostraron una reducción en la resistencia a la carga última, desarrollando entre el 78% y el 97% de la capacidad de las vigas patrón.
- El Grupo D (junta a 45° en el extremo) alcanzó el 91% de la capacidad de las vigas patrón.
- El Grupo E (junta a 30° en el extremo) desarrolló solo el 78%, evidenciando una mayor debilidad en estas vigas.

Este comportamiento indica que las juntas a 45° tienen un mejor desempeño estructural que las juntas a 30°, ya que permiten una distribución más gradual de los esfuerzos.

iii) Validación numérica mediante el Método de Elementos Finitos (MEF):

La simulación en SAP2000 validó los resultados experimentales. El modelo numérico reflejó una distribución de esfuerzos cortantes con una inclinación aproximada de 45°, confirmando que las zonas críticas se localizan en las

regiones cercanas a los apoyos y en las juntas frías.

- El valor de la fuerza de corte última obtenido en el modelo (46.34 kN) coincide con el valor experimental de 46.36 kN.
- Los esfuerzos máximos promedio estimados por la fórmula $3/2(V/A)$ dieron un valor de 1.85 MPa, muy cercano al valor obtenido en el modelo (1.86 MPa).

iv) Comparación con la Norma ACI 318-19:

Los resultados de los Grupos A, D y E mostraron que la resistencia al corte experimental es mayor que la predicha por la norma ACI 318-19:

- El Grupo A superó en un 82% la resistencia calculada por ACI 318-19.
- El Grupo D (junta a 45° en el extremo) fue un 58% mayor.
- El Grupo E (junta a 30° en el extremo) superó en un 43% la predicción normativa.

Estos resultados sugieren que el ACI 318-19 utiliza factores de seguridad conservadores, incluso en presencia de juntas frías, subestimando la capacidad real del concreto.

v) Análisis estadístico (Shapiro-Wilk y ANOVA):

- La prueba de Shapiro-Wilk confirmó que los datos de V_{exp}/V_c para los Grupos A, D y E siguen una distribución normal ($p > 0.05$).

- El análisis ANOVA indicó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los tres grupos, lo que confirma que, a pesar de la presencia de juntas frías, las vigas con juntas en los extremos conservan una capacidad similar en términos de V_{exp}/V_c .

Finalmente, las juntas de construcción tienen un impacto en la resistencia al corte de las vigas, particularmente aquellas ubicadas en el extremo lo que genera un comportamiento estructural frágil. Por otro lado, al ubicarse en el tercio medio, la falla ocurre a través de la junta impidiendo la formación de grietas en la sección de corte. Además, el código ACI 318-19 proporciona una estimación conservadora de la resistencia al corte, subestimando la capacidad real del concreto incluso en presencia de juntas frías.

6. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

ACI Committee 224. (2001). Joints in Concrete Construction. 8-9.

Ala S, A.-H., Ali, A.-R., & Wael, O. (2020). Behaviour of steel beams with circular web openings under impact loading. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-11. doi:10.1088/1757-899X/888/1/012069

Ali Al, R., Hisham Al, H., & Ali A, S. (2021). Flexural behaviour of reinforced concrete beams with horizontal construction joints. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-10. doi:10.1088/1757-899X/1090/1/012003

Ali Al, R., Hisham, A.-H., & Ali, S. (2021). Flexural behaviour of reinforced concrete beams with horizontal construction joints. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-10. doi:10.1088/1757-899X/1090/1/012003

Arowojolu, O., Ibrahim, A., Almakrab, A., Saras, N., & Nielsen, R. (2021). Influence of Shear Span-to-Effective Depth Ratio on Behavior of High-Strength Reinforced Concrete Beams. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 1-12. doi:

Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.

Berka Cipta, Z., Hakas, P., Fanny, M., Fadillawaty, S., & Dian Eksana, W. (1 de Junio de 2021). Effects of cold joint and its direction on the compressive and flexural strength of concrete. *International Journal of GEOMATE*, 20, 86-92. doi:10.21660/2021.82.J2086

Cleidson Carneiro, G., Raimar Ramos de Macedo, F., Helio Guimarães, A., & Vinícius Almeida, C. (2023). Influência de juntas frias no comportamento de elementos de concreto armado sob flexão. *Revista de Engenharia Civil IMED*, 1-16. doi:10.18256/2358-6508.2022.V9I1.4106

- Comite ACI 318. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural(ACI 318-19). *American Concrete Institute*, 155-156.
- Howard P, T. (1972). Shear Strength of Large Beams. *Journal of the Structural Division*, 98, 2473-2490. doi:10.1061/JSDEAG.0003376
- Jeffery S, V., Carlton A, O., Ralph G, O., & Steven H, G. (2008). Are They Pour Lines Or Cold Joints. *En 23rd International Convenion & Trade Show*, 26-33.
- Kamaram S, I., Mauricio, G., & Kypros, P. (2019). Shear Behavior of Reinforced Concrete Deep Beams. *ACI Structural Journal*, 114, 87-99. doi:10.14359/51689151
- Kamil Akin, S., & Hediye, G. (2024). An Experimental Study on the Behavior of Reinforced Concrete Beams Having Different Angled Cold Joints in the Shear Zone under. *International Journal of Engineering Research and Development*, 16, 496-506. doi:10.29137/umagd.1408221
- Murtada A., I., & Yahyia M, H. (31 de 7 de 2020). Effect of Construction Joint on Flexural Behavior of Reinforced Self compacting Concrete Two Way Slabs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-9. doi:10.1088/1757-899X/888/1/012040
- Quraish Qusay , A., Barış, E., & ,Taha Mohammed, J. (15 de 12 de 2023). Critical cold joint angle in concrete. *Construction and Building Materials*, 409, 1-17. doi:10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.133881
- Torres, A., Ramos Cañon, A., Prada Sarmiento, F., & Botía Diaz, M. (2016). Mechanical behavior of concrete cold joints. *Ingenieria de Construcción*, 151-162.



Copyright (c) 2025 Herson Duberly Pari Cusi, Juana Jhoselyn Pancca Rojo. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).