



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Análisis del comportamiento de los conectores de cortante
tipo varilla en U y de disparo X-HVB en losas con placa
colaborante, mediante el ensayo de probetas reales**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

EVELYN MAYTÉ ARIAS ROJAS

STEPHEN JOSHUA TACURI MERCHÁN

Director:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA – ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación especialmente a mis padres Luis Arias y Marlene Rojas, a mis hermanos Eduardo y Doménica, y a mi sobrino Ian; por apoyarme, guiarme, ser la inspiración y motivación para culminar esta etapa universitaria.

Evelyn Mayté Arias Rojas

Este trabajo de titulación está dedicado a:
A mis padres, quienes, con su esfuerzo, paciencia y sobre todo apoyo incondicional, me han permitido cumplir mi mayor sueño. Fueron mi pilar durante todo este proceso, porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

A mi familia, por su amor y cariño que me han brindado, inculcando en mí el ejemplo de valentía de no rendirse ante las adversidades.

Finalmente dedico esta tesis a mis amigos, quienes me han acompañado en toda mi etapa universitaria, y he encontrado en ellos una verdadera familia.

Stephen Joshua Tacuri Merchán

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay junto con sus docentes quienes nos acogieron y nos transmitieron todos sus conocimientos de manera expresa.

A nuestro director de tesis, el Ing. José Vázquez que con su total entrega nos brindó una guía permanente a lo largo de este trabajo, y con sus palabras de aliento nos motivó a seguir adelante.

A los ingenieros Roberto Gamón y Rolando Armas Novoa, que además de ser nuestros grandes docentes, han sabido transmitir sus enseñanzas con mucha paciencia, entrega y dedicación.

Evelyn Mayté Arias Rojas - Stephen Joshua Tacuri Merchán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ESTADO DEL ARTE.....	2
1.2. MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3. PROBLEMÁTICA.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. SECCIÓN COMPUESTA.....	6
2.2. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN COMPUESTA.....	6
2.2.1. PLACA COLABORANTE.....	6
2.2.2. HORMIGÓN.....	7
2.2.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	8
2.2.3. CONECTORES DE CORTANTE.....	9
2.2.3.1. VENTAJAS DEL USO DE CONECTORES.....	9
2.2.3.2. TIPOS DE CONECTORES DE CORTANTE.....	10
2.2.4. ADITIVOS.....	13
2.2.5. VIGA DE ACERO.....	15
2.2.6. MALLA ELECTROSOLDADA.....	16

2.3. VENTAJAS DE USAR PLACA COLABORANTE	16
2.4. TRABAJO COMO SECCIÓN COMPUESTA	17
2.5. BASES PARA UN MEJOR COMPORTAMIENTO DE LOS CONECTORES	17
2.5.1. UBICACIÓN DE CONECTORES	18
2.6. TIPOS DE ENSAYOS.....	19
CAPÍTULO 3.	21
3. METODOLOGÍA	21
3.1. MATERIALES UTILIZADOS (CARACTERÍSTICAS).....	21
3.1.1. TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO	21
3.1.2. PLACA COLABORANTE.....	22
3.1.3. CONECTORES DE CORTANTE.....	22
3.1.3.1. CONECTOR DE DISPARO TIPO X-HVB 95.....	22
3.1.3.2. CONECTOR DE TIPO VARILLA	23
3.1.3.3. MALLA ELECTROSOLDADA	23
3.1.4. HORMIGÓN.....	24
3.1.4.1. HERRAMIENTAS Y SUS FUNCIONES.....	24
3.1.4.2. MATERIALES Y SUS FUNCIONES	28
3.2. NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES.....	29
3.3. MÉTODOS.....	31
3.3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA	32
3.3.1.2. INVESTIGACIÓN-LABORATORIO	32
3.3.1.3. INVESTIGACIÓN-EXPERIMENTAL.....	32
3.3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	33
3.3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	33
3.3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	33
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.5. PLAN DE PROCEDIMIENTO.....	34
CAPÍTULO 4.	36
4. RESULTADOS	36
4.1. ADAPTACIÓN DE LA PRENSA HIDRÁULICA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE METÁLICA.....	36
4.2. ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS.....	38
4.2.1. OBTENCIÓN DE MATERIALES	38

4.2.2.	CORTAR LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DEFINIDAS ANTERIORMENTE.....	38
4.2.3.	CONSTRUCCIÓN DEL ELEMENTO MONOLÍTICO: UNIÓN DE ELEMENTOS	38
4.2.4.	ENCOFRADO DE LAS PROBETAS	44
4.2.5.	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	44
4.2.6.	PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN	47
4.2.7.	FUNDICIÓN DE LAS PROBETAS	49
4.2.8.	VISUALIZACIÓN DEL PROTOTIPO CON SUS RESPECTIVAS DIMENSIONES	49
4.3.	TOMA DE MUESTRAS.....	51
4.4.	ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN.....	52
4.5.	ENSAYO A CORTANTE DE LAS PROBETAS.....	52
4.6.	TIEMPOS DE INSTALACIÓN	54
4.7.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	55
4.8.	RESUMEN CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS.....	56
4.9.	RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE FALLAS EN LOS ENSAYOS	59
4.10.	RESUMEN DE DATOS.....	65
	CAPITULO 5.	69
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1.	CONCLUSIONES.....	69
5.2.	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	Bibliografía.....	72
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sección Compuesta Acero-Concreto	6
Figura 2.2. Placa colaborante	7
Figura 2.3. Cemento Tipo I, Atenas	8
Figura 2.4. Ensayo a compresión	9
Figura 2.5. Tipos de conectores a corte.....	9
Figura 2.6. Conector X-HVB 95 en conjunto con la losa	11
Figura 2.7. Clavo X-ENP-21 HVB	11
Figura 2.8. Conector de cortante HVB 95.....	11
Figura 2.9. Cartucho calibre .27 largo.....	12
Figura 2.10. Herramienta de fijación directa DX 76.....	12
Figura 2.11. Conector de corte tipo varilla	13
Figura 2.12. Tipos de aditivos para la fabricación de concreto	14
Figura 2.13. Viga sección cuadrada estructural	15
Figura 2.14. Malla electrosoldada.....	16
Figura 2.15. Sistema de Losa Compuesta	17
Figura 2.16. Pestaña de placa colaborante	19
Figura 2.17. Ubicación de conectores de cortante	19
Figura 3.1. Tubo estructural de sección cuadrada.....	21
Figura 3.2. Sección cuadrada	21
Figura 3.3. Platina adherida con soldadura a la viga.....	22
Figura 3.4. Dimensiones de la placa colaborante.....	22
Figura 3.5. Conector X-HVB 95	23
Figura 3.6. Conector tipo varilla	23
Figura 3.7. Malla electrosoldada R64	24
Figura 3.8. Parihuela	24
Figura 3.9. Carretilla	24
Figura 3.10. Guantes de construcción	25
Figura 3.11. Pala	25
Figura 3.12. Martillo	25
Figura 3.13. Varilla apisonadora.....	26
Figura 3.14. Moldes cilíndricos	26
Figura 3.15. Mazo de caucho	26

Figura 3.16. Bailejo.....	26
Figura 3.17. Concretera.....	27
Figura 3.18. Clavos	27
Figura 3.19. Nivel de burbuja	27
Figura 3.20. Flexómetro.....	27
Figura 3.21. Cemento.....	28
Figura 3.22. Agua.....	28
Figura 3.23. Agregados	28
Figura 3.24. Aditivo	29
Figura 3.25. Madera	29
Figura 3.26. Aceite quemado	29
Figura 4.1. Prensa Hidráulica.....	36
Figura 4.2. Base Metálica.....	37
Figura 4.3. Base Metálica colocada en la Prensa	37
Figura 4.4. Elementos cortados con sus respectivas dimensiones	38
Figura 4.5. Platinas unidas mediante soldadura a la viga	39
Figura 4.6. Posición 1 de la herramienta de fijación directa DX 76	39
Figura 4.7. Insertar el primer clavo.....	39
Figura 4.8. Colocación del conector en la herramienta DX 76.....	40
Figura 4.9. Situar el cartucho la parte lateral de la herramienta	40
Figura 4.10. Ubicación del conector	40
Figura 4.11. Primer disparo.....	41
Figura 4.12. Posición 2	41
Figura 4.13. Insertar segundo clavo	41
Figura 4.14. Segundo disparo	42
Figura 4.15. Conector de Varilla.....	42
Figura 4.16. Perforación en la placa colaborante	43
Figura 4.17. Suelda del conector.....	43
Figura 4.18. Conector tipo varilla soldado a la viga	43
Figura 4.19. Colocación del encofrado	44
Figura 4.20. Finalización del encofrado.....	44
Figura 4.21. Dosificación en la parihuela	48
Figura 4.22. Mezcla de hormigón mediante el uso de la concretera.....	48
Figura 4.23. Fundición de losas	49

Figura 4.24. Finalización de la fundición de las probetas.....	49
Figura 4.25. Sección Compuesta, conector de corte tipo varilla.....	50
Figura 4.26. Sección Compuesta, conector de corte tipo X-HVB 95	50
Figura 4.27. Sección Compuesta: Espesores.....	50
Figura 4.28. Toma de muestras	51
Figura 4.29 Muestras cilíndricas	51
Figura 4.30. Ensayo de las muestras cilíndricas	52
Figura 4.31. Montaje de las probetas en la prensa	53
Figura 4.32. Probetas colocadas en la prensa.....	53
Figura 4.33. Ensayo #1: Tipo Varilla.....	59
Figura 4.34. Ensayo #1: Tipo Varilla.....	59
Figura 4.35. Ensayo #2: Tipo Varilla.....	60
Figura 4.36. Ensayo #2: Tipo Varilla.....	60
Figura 4.37. Ensayo #3: Tipo Varilla.....	61
Figura 4.38. Ensayo #3: Tipo Varilla.....	61
Figura 4.39. Ensayo #1: Tipo Hilti.....	62
Figura 4.40. Ensayo #1: Tipo Hilti.....	62
Figura 4.41. Ensayo #2: Tipo Hilti.....	63
Figura 4.42. Ensayo #2: Tipo Hilti.....	63
Figura 4.43. Ensayo #3: Tipo Hilti.....	64
Figura 4.44. Ensayo #3: Tipo Hilti.....	64
Figura 4.45. Gráfica: Conector tipo varilla	66
Figura 4.46. Gráfica: Ecuación de la recta promedio de las cargas últimas	66
Figura 4.47. Gráfica con conector tipo Hilti	67
Figura 4.48. Ecuación de la recta promedio de las cargas últimas	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Dimensiones del conector de corte X-HVB	10
Tabla 3.1. Variable independiente.....	33
Tabla 3.2. Variable dependiente.....	33
Tabla 4.1. Proporciones usualmente utilizadas en construcción para producir un metro cúbico de hormigón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	45
Tabla 4.2. Resumen de datos.....	47
Tabla 4.3 Cálculo de la dosificación del hormigón para un volumen de 0.225 m^3	47
Tabla 4.4. Tiempos de instalación conector X-HVB.....	54
Tabla 4.5. Tiempos de instalación conector varilla.....	54
Tabla 4.6. Tiempos de instalación individual.....	55
Tabla 4.7. Tiempos de instalación individual.....	55
Tabla 4.8. Ensayo #1: Tipo Varilla	56
Tabla 4.9. Ensayo #2: Tipo Varilla	56
Tabla 4.10. Ensayo #3: Tipo Varilla	57
Tabla 4.11. Ensayo #1: Tipo Hilti	57
Tabla 4.12. Ensayo #2: Tipo Hilti	58
Tabla 4.13. Ensayo #3: Tipo Hilti	58
Tabla 4.14. Resumen Cuadro comparativo	65

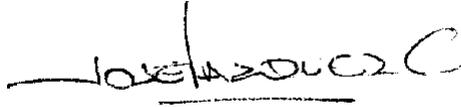
ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: APU Conector Hilti	77
Anexo 2: APU Conector Varilla	78
Anexo 3: Informe de laboratorio	82

RESUMEN

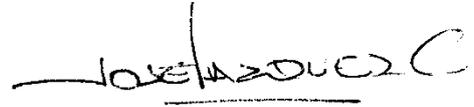
El uso de distintos tipos de conectores de cortante son empleados debido a sus características, su capacidad de esfuerzo y en la ejecución de obras. El problema se centra en estructuras que poseen fallas por corte entre la losa y viga. El objetivo de este estudio es determinar el comportamiento de estos dispositivos en losas mixtas. Este estudio se lo realiza mediante prototipos ensayados en laboratorio construidos con conectores de tipo varilla en U y de disparo X-HVB. Esto nos permitirá determinar los conectores de corte más eficientes y en base a los resultados, se podrán identificar propuestas y soluciones con el fin de reducir las fallas, sin dejar de lado el factor económico y la seguridad.

Palabras clave: conectores de cortante, viga, losa, varilla, disparo X-HVB.



Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Director del Trabajo de Titulación

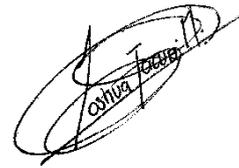


Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Director de la Escuela



Evelyn Mayté Arias Rojas



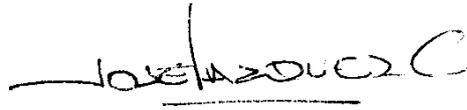
Stephen Joshua Tacuri Merchán

Autores

ABSTRACT

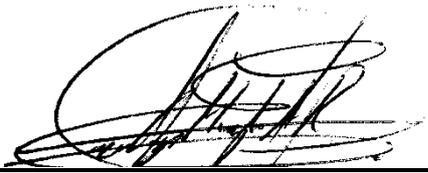
The use of different types of shear connectors is used due to their characteristics, their capacity for effort, and the execution of works. The problem focuses on structures that have shear failures between the slab and beam. The objective of this study is to determine the behavior of these devices in composite slabs. This study is carried out using laboratory-tested prototypes built with U-rod and X-HVB trigger-type connectors. This will allow us to determine the most efficient shear connectors and based on the results, proposals and solutions can be identified to reduce failures, without neglecting the economic factor and safety.

Keywords: shear connectors, beam, slab, rod, X-HVB shot.



Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Director del Trabajo de Titulación

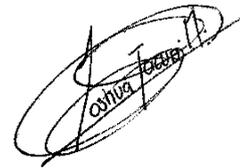


Evelyn Mayté Arias Rojas



Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Director de la Escuela



Stephen Joshua Tacuri Merchán

Autores

Evelyn Mayté Arias Rojas

Stephen Joshua Tacuri Merchán

Trabajo de titulación

Ing. José Vázquez Calero

Mayo, 2022.

Análisis del comportamiento de los conectores de cortante tipo varilla en U y de disparo X-HVB en losas con placa colaborante, mediante el ensayo de probetas reales

CAPÍTULO 1.

1. GENERALIDADES

Introducción

El avance de la construcción siempre ha estado asociado a la disponibilidad de materiales y nuevas técnicas que determinan su carácter y escala. En ingeniería civil, se requiere una adecuada verificación de que todos los procesos de manufacturación se lleven de manera óptima durante todas las fases de diseño y construcción, lo que significa entender las cualidades y el comportamiento de los diferentes materiales (Roncancio-Lozano, Castro-Martin, & Rivera-Basto, 2015).

Desde principios del siglo XX se ha venido empleando en la fabricación de edificaciones, los modelos de piso, estas son muy importantes ya que soportan diversos tipos de cargas. Debido a esto, el hombre siente la necesidad de crear estructuras más resistentes y dominantes, para esto una solución fue utilizar secciones compuestas formadas por conectores de corte, siendo su función principal la de contrarrestar el esfuerzo de cortante generado en la losa compuesta (viga de acero- losa de concreto), viga de acero y placa colaborante, de tal manera que se controla y reducen las deformaciones, así como se evita la separación vertical entre losa y viga (Perea, 2012).

En este estudio de titulación se pretende hacer una investigación completa sobre el análisis del comportamiento de los conectores de cortante tipo varilla y de disparo X-HVB en losa con placa colaborante, que permite verificar el conector más eficiente en cuanto a su resistencia y costo.

Para esto, en los siguientes capítulos se detallan las cualidades de los insumos usados en la sección compuesta, y se describe la metodología y resultados obtenidos que se llevaron a cabo en la investigación experimental.

1.1. Estado del arte

Se han realizado varias investigaciones para analizar el comportamiento de los conectores de cortante en placas colaborantes metálicas. En la ciudad de Quito, Ecuador, en el año 2012, Galán y Jaramillo realizaron una investigación sobre los conectores de corte, los mismos que poseen un rol relevante en el sistema estructural, dado que están diseñadas para resistir las fuerzas cortantes que se dan en la construcción compuesta, y continúan funcionando a la misma en forma compacta, se asegura que su uso principal es que permita al hormigón funcionar adecuadamente, a la plancha metálica y a la viga de acero con un propósito en común (Galán & Jaramillo, 2012).

Otro estudio se realizó en la ciudad de Quito, Ecuador por Cañar y Cupuerán (2016) quienes llevaron a cabo una investigación en 2015, que enumera las dimensiones, propiedades y pruebas de losas comunes para determinar las propiedades mecánicas y físicas de una selección de materiales para el mercado de la construcción ecuatoriano liderado por SATEC- ACEROMEX del Ecuador. En base a los resultados de las mediciones se determinó la resistencia a la flexión, las deformaciones máximas admisibles y la plasticidad para cada uno de los casos (Cañar & Cupuerán, 2016).

Otro estudio importante que vale la pena mencionar se realizó en la ciudad de Ambato, Ecuador fue el realizado por Alava (2021) donde exploró el uso de diferentes tipos de sujetadores como varillas, pernos, espárragos y canales. Se llevaron a cabo ensayos experimentalmente para determinar el efecto de las uniones a cortante en la unión de vigas metálicas a la losa del tablero, que se utilizan para evitar deslizamientos laterales o longitudinales entre vigas y losas del tablero. Las primeras fallas se descubrieron con frecuencia en las vigas y dobleces, así como en grietas a lo largo de los bordes del prototipo, concentrando los esfuerzos en el centro del prototipo (Alava, 2021).

Barroso et al. (2017) analizaron la importancia del uso de las estructuras compuestas en Ambato - Ecuador. Debido al rango de peligrosidad sísmica en el que nos encontramos por nuestra ubicación geográfica resulta imperativa la tendencia hacia la construcción de este tipo de estructuras, facilitando de esta manera sistemas constructivos más livianos, económicos y eficientes, demostrando que el diseño de losa compuesta y la transferencia de esfuerzos a los componentes que la soportan se consigue mediante estas estructuras (Barroso, Medina, & Medina, 2017).

Un estudio desarrollado por Allauca y Merizalde, en el año 2015, en la ciudad de Quito Ecuador, plantea una investigación de un diseño de la estructura de una solución habitacional estándar, empleando el modelo de construcción mixto que combina el acero con el hormigón, para este ensayo se emplearon los pernos tipo espárragos para las losas Deck (Allauca & Merizalde, Diseño de la estructura de una vivienda familiar tipo, utilizando el sistema de construcción compuesta acero-hormigón, 2015).

Un estudio fue realizado en la ciudad de Medellín-Colombia por Guzmán (2016), con el objetivo de establecer una comparación de la capacidad última de conectores de cortante tipo espigo (stud) en relación a los denominados de tipo perno, empleados en losa de concreto vaciada sobre tablero metálico. La comparación se llevó a cabo partiendo de los datos generados de las pruebas de corte directo mediante probetas. Se encontró una relación entre la capacidad promedio del conector tipo espigo en comparación a la obtenida con el conector tipo perno, obteniendo como el principal hallazgo una variación del 4 %, por lo tanto, se llega a la conclusión de que es similar emplear cualquiera de los dos (Guzmán, 2016).

Finalmente se presenta un estudio llevado en Colombia, particularmente en la ciudad de Bogotá, Colombia, el cual se realizó durante el año 2011, los investigadores Molina y Hurtado desarrollaron un estudio en el cual se verifica la variación de los resultados que se obtienen a través de la experimentación con ensayos de corte directo poseen varios factores que amplían la gama de posibilidades en este ámbito, en esta investigación se consideraron los parámetros como: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad del concreto, diámetro de las espigas, y número de conectores por placa (Molina & Hurtado, 2011).

1.2. Motivación de la investigación

En la actualidad la prioridad en el ámbito de la construcción es el empleo de las estructuras compuestas de acero y hormigón, ya que Ecuador ha visto una demanda de estructuras más ligeras, económicas y eficientes en los últimos años. Sin embargo, se debe prestar atención al diseño y cálculo de cada elemento estructural, además, la ubicación geográfica identificada como de alto riesgo sísmico juega un papel fundamental. Por ello, la estructura del panel mixto y la transmisión de esfuerzos a sus apoyos se realiza mediante conexiones a cortante. Su análisis preciso es fundamental en los estudios estructurales. Además, se sugiere obtener curvas que reflejen el funcionamiento de cada dispositivo y así poder determinar la mejor solución de diseño. Con el fin de promover la investigación a nivel local, fue necesario realizar este estudio sobre el comportamiento al corte y al disparo de conectores de varilla X-HVB en paneles laminados mediante ensayos en muestras reales, estableciendo una base de información, abriendo camino para estudios adicionales. en otras ciudades del país.

1.3. Problemática

Las juntas de corte se utilizan cuando se realizan trabajos que emplean de manera conjunta el acero con hormigón; Sin embargo, con la disponibilidad de estos dispositivos en el mercado, muchos de los cuales son hechos a mano, fue necesario determinar el conector que funcionaría mejor para el esfuerzo cortante de la interacción concreto-acero en paneles compuestos. Además, existen estudios en el Ecuador que muestran el uso de placas de acoplamiento, cubriendo una aplicación general, sin explicar el funcionamiento de este sistema con los cálculos y variables que se deben aceptar en sus propios términos. Los lineamientos con material teórico de Ecuador dejan un vacío en la aplicación y necesidad de juntas de cortante para paneles mixtos y vigas de concreto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de los conectores de corte en losas mixtas a través de prototipos ensayados en laboratorio construidos con conectores de corte tipo varilla y de disparo X-HVB.

1.4.2. Objetivos específicos

- Representar un modelo real de la sección compuesta viga y losa a través de los conectores de corte seleccionados para de esta manera obtener información sobre su comportamiento.
- Establecer el modelo estructural para resistir una carga cortante que lleve a la determinación de sus límites, y de esta manera poder comparar los diferentes tipos de conectores.
- Observar las características físicas visibles de las probetas elaboradas, a lo largo de la experimentación.
- Precisar sobre las posibilidades que se pueden presentar en este modelo experimental para así llegar a conclusiones específicas y detalladas del mismo, relacionando parámetros de costo y resistencia.
- Realizar una interpretación de los resultados obtenidos entre las distintas rigideces experimentales presentadas en cada ensayo con las predicciones teóricas desarrolladas a lo largo del estudio.

CAPÍTULO 2.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sección compuesta

Al actuar dos o más materiales de manera convexa estas ayudan con el desempeño de la etapa del rendimiento y eficiencia, en comparación con secciones integradas de un solo elemento y material, a esto se le denomina Sección Compuesta (Castellanos, 2013).

Este tipo de elemento monolítico se emplea con mucha frecuencia en el campo de la construcción para fabricar diversas estructuras, como edificios, puentes, naves industriales, estadios, etc. Además, para este estudio la sección estará compuesta por una viga de acero, placa colaborante, malla electrosoldada todos estos elementos anclados mediante conectores de cortante tipo varilla y de disparo X-HVB (Figura 1), lo que garantizan que ambos materiales trabajen en conjunto (Castellanos, 2013).

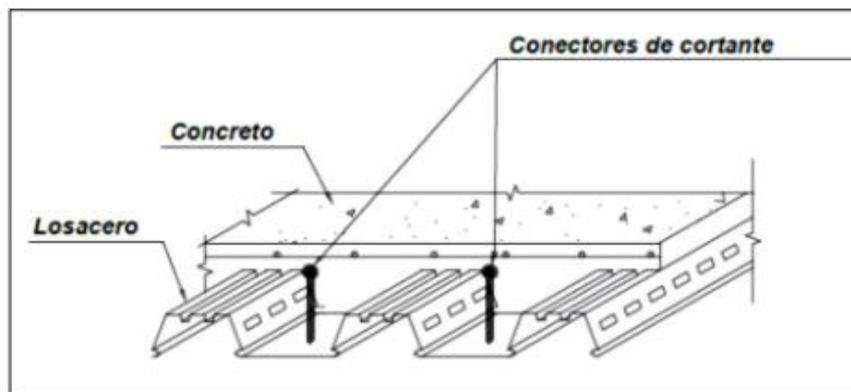


Figura 2.1. *Sección Compuesta Acero-Concreto*

Fuente: Barroso (2016)

2.2. Elementos de la sección compuesta

2.2.1. Placa colaborante

La placa colaborante es un elemento empleado en un edificio prefabricado que consta de una placa de acero prediseñada adecuada diseñada para soportar el peso del hormigón vertido y las cargas adicionales creadas durante la construcción. Estos

paneles cumplen dos funciones principales como encofrado durante el hormigonado: eliminan el uso de encofrado y actúan como refuerzo positivo después del endurecimiento. Los sistemas estructurales de acero u hormigón generalmente se unen a las vigas principales de soporte para actuar como una membrana estructural y actuar como un elemento (Barroso, 2016).



Figura 2.2. *Placa colaborante*

Fuente: DIPAC (2020)

La adherencia superficial que se produce entre la placa colaborante y el hormigón se debe a los resaltes laterales, hendiduras o fuerzas de corte en las superficies de la lámina de acero. Esta interacción es muy importante ya que contribuye a trabajar como una sección monolítica (Barroso, 2016).

2.2.2. Hormigón

El hormigón es una piedra artificial la cual se forma de la mezcla por cemento, agregados y agua en proporciones determinadas. El cemento y el agua forman una pasta que cubre el árido, generando un material heterogéneo. En ocasiones se añaden sustancias, denominadas aditivos, para optimizar o sustituir ciertas cualidades del concreto (Pineda, 2005).

La calidad del concreto depende en gran parte de que la mezcla sea óptima, y en un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado debe estar completamente cubierta por el mortero, al igual que todos los espacios entre las partículas de agregado (Pineda, 2005).

Para la obtención de las características requeridas del hormigón (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad, etc.), se emplean otros ingredientes como aditivos químicos, microsílíce, limaduras de hierro, etc. Que pueden añadirse o sus componentes básicos pueden ser sustituidos por materiales de mejor calidad (Harmsen, 2005).

Para el caso del hormigón se debe utilizar una mezcla de manera que cumpla con lo establecido en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015) para las edificaciones sismo resistentes (Barroso, 2016).

El cemento que utilizaremos para este estudio es el Tipo I que es comúnmente conocido como cemento Portland ordinario, el más utilizado en el mercado. Se utiliza para hormigón que normalmente no estará expuesto a sulfatos en el medio ambiente, el suelo o las aguas subterráneas (Harmsen, 2005).



Figura 2.3. *Cemento Tipo I, Atenas*

Fuente: ATENAS (2020)

2.2.2.1. *Resistencia a compresión del concreto*

En general, la propiedad mecánica más fácil de medir del hormigón es su resistencia a la compresión, que se obtiene probando muestras cilíndricas. Dado que está directamente relacionado con la mayoría de las propiedades mecánicas, es el parámetro de referencia para especificar otras propiedades mecánicas (MIDUVI & CAMICOM, 2015).

El ensayo de compresión se puede definir como la resistencia máxima medida de una probeta de hormigón sometida a cargas axiales. Por lo general, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a los 28 días de edad, denotado $f'c$. Para determinar la resistencia a compresión se ensayarán 4 muestras y se medirá la compresión el concreto en un cilindro de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, para la mayoría de los trabajos de construcción es necesario ensayar la resistencia del concreto, ya que debe cumplir con cierta resistencia (Pineda, 2005).

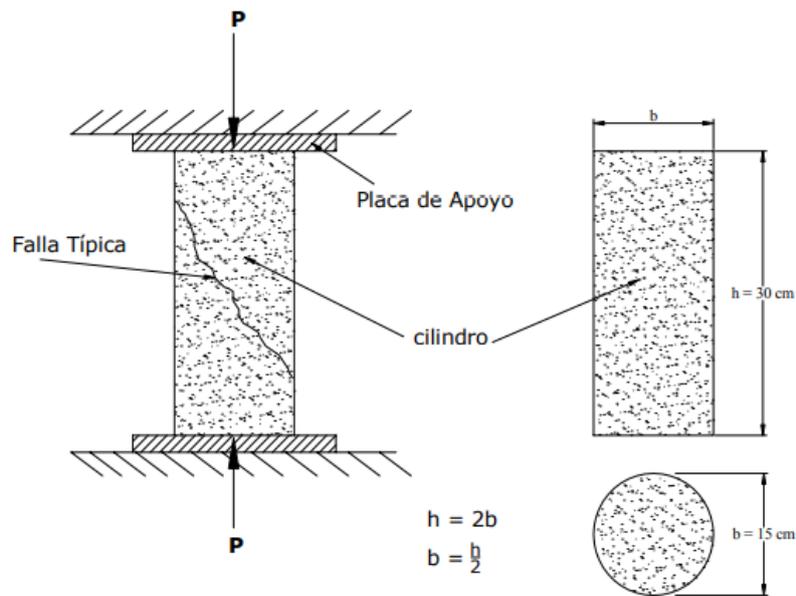


Figura 2.4. *Ensayo a compresión*

Fuente: Pineda (2005)

2.2.3. Conectores de cortante

Los conectores de cortante están constituidos por barras de acero cuyo propósito fundamental es resistir los esfuerzos cortantes generados en las secciones mixtas, controlar y reducir las deformaciones y evitar la separación longitudinal la losa de la viga (Barroso, 2016).

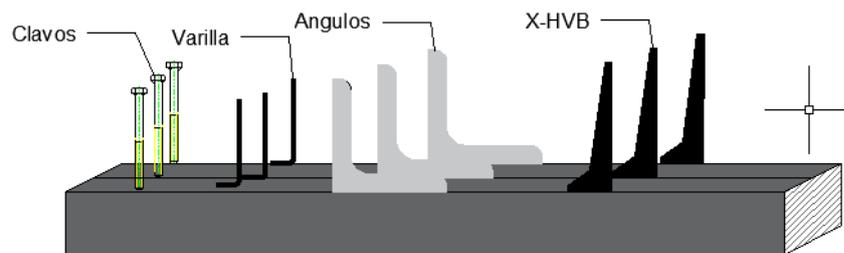


Figura 2.5. *Tipos de conectores a corte*

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.1. Ventajas del uso de conectores

Según Barroso (2016) algunas de las bondades del empleo de conectores son las siguientes:

- Una adecuada utilización de las alturas de edificación.

- Contribuye a realizar un mejor trabajo conjunto entre la losa y la viga del sistema.
- Se antepone a los esfuerzos de cortante horizontal.
- El sistema monolítico lleva a la obtención de una mayor área resistente a la compresión, que ayuda a minimizar el peralte de la viga y por lo tanto el gasto del sistema, logrando reducir hasta un 20 % en peso.

2.2.3.2. Tipos de conectores de cortante.

Debido a estudios realizados sobre dispositivos de transferencia de cortante, sus resultados han demostrado su eficiente comportamiento por lo que se describirá sus características a continuación:

Conector de cortante tipo de disparo X-HVB 95

El conector X-HVB es fabricado en rolado en frío, su material está compuesto por XES NF A 36-401 acero al carbón y un fu de 290 a 350 Mpa. Este tipo de conector posee diferentes dimensiones como se muestra en la siguiente tabla con sus especificaciones (HILTI, 2020).

Tabla 2.1. Dimensiones del conector de corte X-HVB

Resistencia al corte y de diseño (ETA-15/0876) en vigas compuestas con losas sólidas					
Conector de corte	Resistencia al corte P_{rk} [kN]	Resistencia de diseño P_{rd} [kN]	Espesor mínimo del material base [mm]	Posicionamiento X-HVB	Evaluación de ductilidad
X-HVB 40	29	23	6	"Paseo de pato (Duckwalk)"	Dúctil de acuerdo con EN 1994-1-1
X-HVB 50	29	23	6		
X-HVB 80	32.5	26	8 *)	Paralelo con viga	
X-HVB 95	35	28			
X-HVB 110	35	28			
X-HVB 125	37.5	30			
X-HVB 140	37.5	30			

Fuente: HILTI (2020)



Figura 2.6. Conector X-HVB 95 en conjunto con la losa

Fuente: Tomado de HILTI (2020)

Para la instalación de este sistema se debe tener en consideración que intervienen los siguientes elementos:



Figura 2.7. Clavo X-ENP-21 HVB

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.8. Conector de cortante HVB 95.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.9. *Cartucho calibre .27 largo*

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.10. *Herramienta de fijación directa DX 76.*

Fuente: Elaboración propia

El uso de conectores X-HVB es recomendado en algunos casos como, por ejemplo: en conectores de cortante en viga compuesta con sistema losa-acero, vigas con recubrimientos (galvanizados en caliente, y pinturas de alto grado), laminas con pinturas, mal tiempo, obras pequeñas y contratistas sin experiencia (HILTI, 2020).

Conector de cortante tipo varilla

La flexibilidad, resistencia y ductilidad de la varilla son fundamentales para definir el comportamiento conjunto con el hormigón (Alava, 2021).

Su forma de corrugación contribuye a una reducción de la concentración de esfuerzos en el momento en que la fatiga actúa, dado a la carga de estas características hacen óptimas para el empleo como conectores de cortante para dejar claro la capacidad de transferir cortante de la losa a la viga de acero (Alava, 2021).

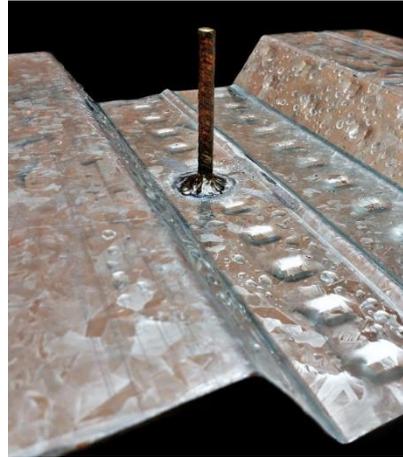


Figura 2.11. *Conector de corte tipo varilla*

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, para su registro del tiempo de instalación se requiere de los siguientes elementos:

- Varilla (10mm)
- Electrodo
- Equipo de soldadura manual
- Extensión de corriente
- Amoladora

2.2.4. Aditivos

Los productos empleados en la producción de hormigón tienen diferentes denominaciones, las más conocidas son: aditivos que contienen todas las sustancias excepto agua, áridos, cemento y fibras de refuerzo, que se utilizan como componentes del hormigón o mortero y se adicionan a la mezcla. justo antes o durante la mezcla (Aguirre, y otros, 2007).

Aunque las definiciones tradicionales consideran que los aditivos son ingredientes opcionales, en la práctica del mundo moderno son un elemento común debido a su facilidad de uso científicamente probada para mejorar las condiciones de tratamiento, manejo, dureza y durabilidad. En el aspecto económico resulta provechoso debido al ahorro en mano de obra, compactación de equipos, mantenimiento, reparación e incluso reducción en el consumo de cemento (Pasquel, 1998).

De los diferentes tipos de aditivos que existen (figura 12), sea cual sea su naturaleza, orgánicos (resinas) o inorgánicos, estos elementos se encuentran desarrollados para efectuar trabajos de manera simultánea con las partículas de cemento, y para cualquiera constituya su propósito, se debe garantizar una optimización de los insumos, reduciendo la dosificación de cemento o agua, para poder lograr en un lapso de tiempo reducido, una aceleración de sus características mecánicas, brindando una mayor permanencia de la obra en el tiempo (Fernández, Morales, & Soto, 2016).



Figura 2.12. *Tipos de aditivos para la fabricación de concreto*

Fuente: (Association Portland Cement, 2004)

Entre los factores que pueden interferir en el tiempo de fraguado del concreto se pueden mencionar:

Clima – Temperatura: Un incremento de la temperatura retarda la duración de la etapa de fraguado. Una reducción del calor prolonga el lapso de fraguado. La exposición solar y las condiciones ventosas también influyen en la etapa de solidificación, especialmente en la zona superficial debido al efecto del calor por vaporización. (Aguinaga, 2019)

Relación agua – cemento (a/c): Este cociente es una de las variables fundamentales de la tecnología del hormigón. Una baja relación reduce el lapso de solidificación. (Aguinaga, 2019)

Contenido de cemento: Una mayor cantidad del contenido de cemento nos puede ayudar a reducir el lapso de la etapa de fraguado (Aguinaga, 2019).

Tipo de cemento: Esta variable tendrá un efecto negativo sobre el tiempo de fraguado. (Aguinaga, 2019).

Aditivos químicos: Existen aditivos que aceleran o reducen el lapso de compactación de la masa de concreto en forma deliberada, no obstante, la adición por

encima de la cantidad recomendada puede conllevar al retraso del fraguado (Aguinaga, 2019).

Como se menciona en Portland Cement Association (2004), existen diversas razones que potencian el empleo de aditivos como:

- Disminuye el gasto ocasionado durante la producción de concreto;
- Se obtienen otras cualidades del concreto de forma más óptima que otras;
- Se sostiene la calidad durante las fases de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones climáticas desfavorables
- Mejores alternativas ante algunas adversidades durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.

A pesar de todas estas propiedades útiles, se debe enfatizar que ningún aditivo puede usarse como sustituto de los métodos de aplicación óptimos.

2.2.5. Viga de acero

Estos componentes cumplen la función de soportar parte del peso de la placa junto con las cargas que se puedan producir durante su vida útil. “Están diseñados para trabajar a tracción, si la losa trabaja conjuntamente con ellas. Cabe destacar que se habla de vigas de acero, porque son las más compatibles con este sistema y a la vez las más utilizadas” (Galán & Jaramillo, 2012, pág. 10).

Durante la fase de construcción, la estructura de acero soporta la carga del hormigón fresco y las herramientas de construcción, mientras que, en la fase de operación, las vigas metálicas trabajan en forma monolítica con las losas de hormigón, que han alcanzado su resistencia, y soportan las cargas activas y estáticas (Allauca & Merizalde, 2015).



Figura 2.13. *Viga sección cuadrada estructural*

Fuente: (NOVACERO, 2018)

2.2.6. Malla electrosoldada

Las mallas electrosoldadas consisten en barras de acero longitudinales y transversales lisas o corrugadas, laminadas en frío, cortadas en rectángulos y soldadas en todos los puntos de intersección (Julián, Diego, & Martha, 2016).

Debido a su alta resistencia, nos permite usar una menor cantidad de acero en su elaboración. Además, a diferencia de los sistemas tradicionales, la malla electrosoldada posee una gran ventaja al llegar preparada para ser directamente instalada en obra.



Figura 2.14. *Malla electrosoldada*

Fuente: (NOVACERO, 2018)

2.3. Ventajas de usar placa colaborante

Beneficios al emplear la placa colaborante en este sistema:

- La placa colaborante sustituye el encofrado.
- No es necesario el apuntalamiento temporal.
- Montaje más fácil e instalación más rápida, menores gasto en recurso humano.
- Disminuye el volumen de hormigón logrando losas de menor peso
- Reemplaza el esfuerzo de acero positivo.
- Se puede fijar a la estructura con pernos autoperforantes, soldados o clavados.
- Las planchas pueden ser cortadas a medida así evitar desperdicios (DIPAC, 2020)

2.4. Trabajo como sección compuesta

La sección compuesta trabaja de manera más óptima cuando el hormigón alcanza la máxima resistencia y trabaja de manera compacta con la placa colaborante. Para este estudio teórico se empleó la teoría de las secciones transformadas, donde se obtienen las características de la sección transversal compuesta (Alava, 2021).

Las razones por las que se deben usar miembros compuestos que incluyen vigas de acero y pisos de concreto en la construcción son las siguientes (Alava, 2021):

- Relativamente fácil de construir.
- Más asequible por razones económicas.
- Principalmente para aprovechar el hecho de que cada material se comporta mejor bajo diferentes cargas, es decir, la losa de hormigón tiene mejores propiedades de absorción de esfuerzos de compresión y las vigas de acero un mejor desempeño bajo esfuerzos de tracción.

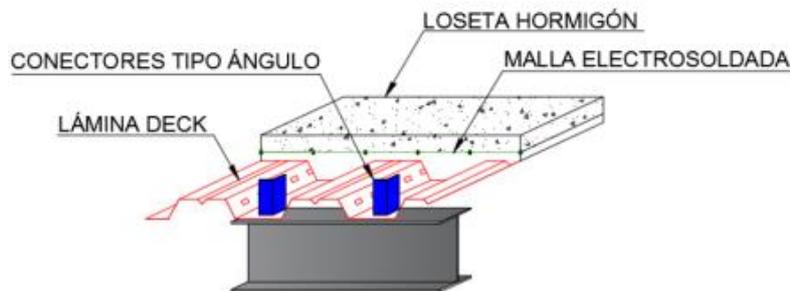


Figura 2.15. Sistema de Losa Compuesta

Fuente: Alava (2021)

2.5. Bases para un mejor comportamiento de los conectores

El conector tiene como finalidad absorber los esfuerzos cortantes horizontales y verticales, por lo que la determinación de los esfuerzos horizontales es el estado límite de diseño (Navarro, 2012).

Mediante un análisis previo se pueden presentar tres modos de comportamiento, según Alava (2021), estos son los siguientes:

- Esfuerzo a compresión del hormigón
- Esfuerzo de tracción de la viga metálica

- Esfuerzo a corte que puede generarse a partir de la suma de todos los conectores

Dentro de este contexto, se pueden evidenciar dos posibilidades, la primera, es que la estructura trabaje como un conjunto, en donde la falla que resulte será por compresión del concreto y, posiblemente, también por la tensión de las vigas metálicas. La filosofía de diseño se basa en buscar que la ductilidad falle, razón por la cual, en el diseño, los elementos que se esperaba que fluyeran eran las vigas de acero (Navarro, 2012).

La segunda posibilidad es que la estructura se encuentre trabajando bajo acción mixta parcial, y en el caso de que el esfuerzo cortante exceda al esfuerzo cortante que pueda generar la conexión, ocurrirá la falla, y la misma determinará la resistencia a esfuerzos de la sección (Navarro, 2012).

2.5.1. Ubicación de conectores

El detallamiento para su colocación efectiva a lo largo de la viga metálica o el elemento de acero resulta una decisión relativa, sin embargo, se presentan dos posibles locaciones:

En la primera, la distribución de los conectores de cortante será la forma en que se coloquen los estribos en la viga de hormigón armado, es decir, en donde los cortes sean más grandes, la separación será menor, y donde los cortes sean más pequeños, se colocarán con una separación mayor. Esta forma de colocar los conectores de corte requiere más atención por parte del técnico supervisor (Rogel & Tenorio, 2018).

La segunda distribución consiste en colocar un espaciamiento constante entre los conectores de corte, tendencia que facilita el trabajo de los constructores, al agilizar la colocación de los dispositivos, es decir, empleando un menor lapso de tiempo. La desventaja de esta instalación es que cuando se presentan cargas puntuales en la estructura, se requiere un espaciamiento más pequeño de los conectores, lo que puede no ser posible debido a la tendencia a colocarlos a una distancia constante. (Rogel & Tenorio, 2018)

En una sección compuesta la placa colaborante cumple la función de una plataforma en la que se colocan otros elementos. De igual manera, se puede evidenciar que la misma cuenta con una pestaña que le proporciona una mayor estabilidad, rigidizando el elemento para un mejor desempeño (figura 16).

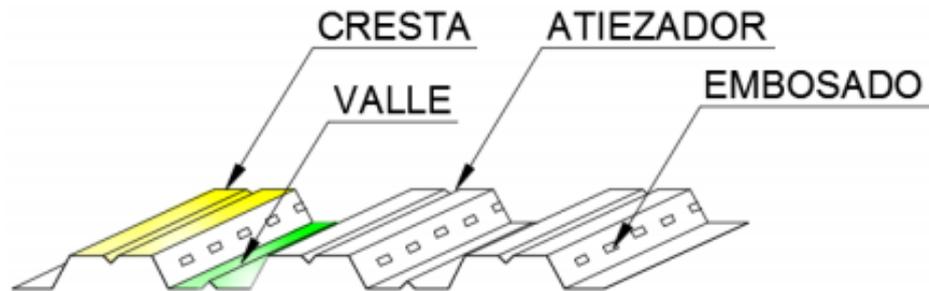


Figura 2.16. Pestaña de placa colaborante

Fuente: Alava (2021)

Esta característica nos brinda la posibilidad de ubicar a los conectores de cortante a la izquierda o a la derecha de la pestaña rigidizadora, ubicada en el centro del valle, en donde se determinará el lado fuerte y el lado débil según la fuerza horizontal resultante.

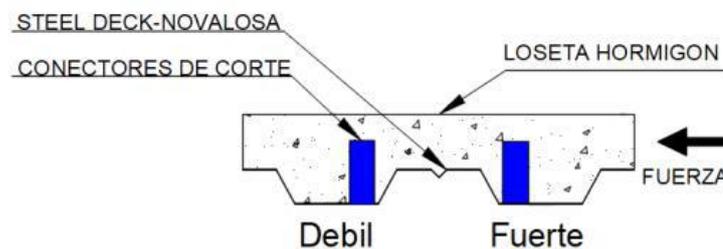


Figura 2.17. Ubicación de conectores de cortante

Fuente: Alava (2021)

2.6. Tipos de ensayos

Una de las maneras de anomalías más frecuente en la losa compuesta es la falla a corte y la de adherencia la cual ocasiona un deslizamiento horizontal por esta razón se emplea una variedad de dispositivos para la transferencia de cortante y consiste en que las láminas de acero poseen resaltes en la superficie las cuales contribuyen a evitar el desprendimiento y la geometría de la misma el desprendimiento vertical (Barroso, 2016).

Según Alava (2012), generalmente se recurre a tres tipos de ensayo para analizar el comportamiento de los conectores de cortante:

- Viga de sección completa
- Corte directo con conectores soldados en una sola ala
- Corte directo con conectores soldados en ambas alas

La falta de información que se facilita para el análisis del comportamiento de los conectores de cortante nos conduce a realizar ensayos específicos para los dispositivos mencionados. Para el caso de este estudio se analizaron los conectores usados con mayor frecuencia en el ámbito de la construcción, obteniendo de esta manera una correcta verificación de su comportamiento.

CAPÍTULO 3.

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales utilizados (Características)

3.1.1. Tubo estructural cuadrado

Este elemento estructural cuenta con un acabado de acero negro y galvanizado, el largo de la viga normalmente es de 6.00 m, por lo que se adquirieron 3 elementos con esta longitud inicial, para posteriormente cortarlas en secciones de 125 cm, de esta manera se obtuvieron 9 vigas con la longitud ya mencionada. La sección del tubo es de 10x10cm con un espesor de 3mm.

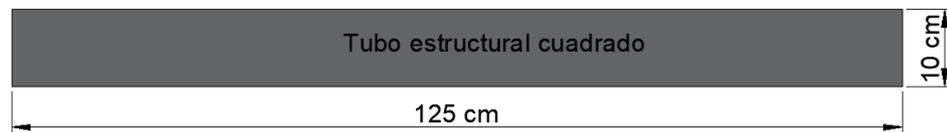


Figura 3.1. *Tubo estructural de sección cuadrada*
Fuente: *Elaboración propia*

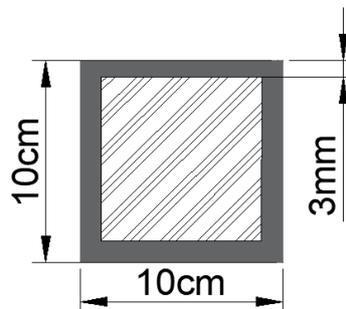


Figura 3.2. *Sección cuadrada*

Fuente: *Elaboración propia*

Para cumplir con los requerimientos y economizar costos se colocaron tres platinas a lo largo de la viga, de esta manera se logró cumplir con el espesor mínimo requerido, conjuntamente con la viga de acero 3mm y la platina 10mm lo que se obtiene un espesor de 13mm, para la adecuada colocación de los conectores de corte.

La sección de la platina es de 10x10 cm, por lo que se realizaron 27 platinas para los 9 prototipos.

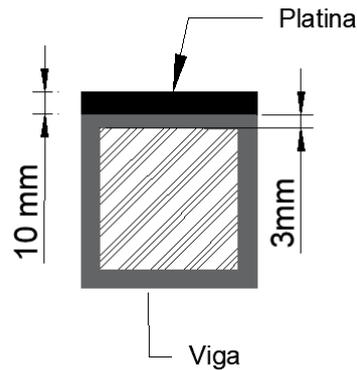


Figura 3.3. *Platina adherida con soldadura a la viga*

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Placa colaborante

El acero utilizado para la fabricación de la losa DIPAC es elaborado de una lámina de acero galvanizada con resaltes en su superficie, es de tipo laminado elaborado en frío y que posee un límite de fluencia mínima de 2600 kg/cm². Las dimensiones de este elemento son de 100 x 35 cm y su espesor es de 0.75 mm (Figura 3.4.).

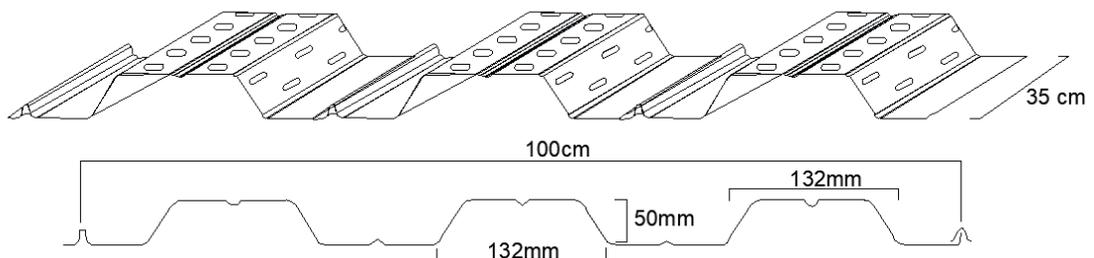


Figura 3.4. *Dimensiones de la placa colaborante*

Fuente: DIPAC (2020)

3.1.3. Conectores de cortante

3.1.3.1. Conector de disparo tipo X-HVB 95

Para este estudio se empleó el conector X-HVB 95 (Figura 3.5) que posee una resistencia al corte de 35 kN y de diseño es de 28 kN, así mismo tiene un espesor mínimo del material base de 8 mm, su posicionamiento es paralelo con la viga y es dúctil de acuerdo con EN 1994-1-1.



Figura 3.5. *Conector X-HVB 95*

Fuente: Tomado de HILTI (2020)

3.1.3.2. *Conector de tipo varilla*

Este tipo de conector está conformado en una varilla corrugada de acero de 10 mm de diámetro y altura de 9.5 cm la cual se funde monolíticamente con la losa (Figura 3.6).

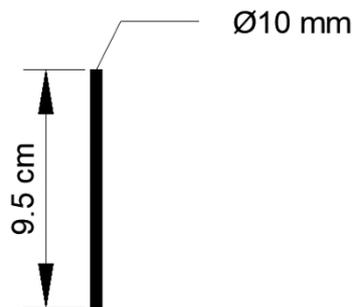


Figura 3.6. *Conector tipo varilla*

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3. *Malla electrosoldada*

La malla electrosoldada es fabricada con aceros de alta resistencia, lisos y corrugados, ortogonalmente dispuestos. Preparadas para ser empleados; ayudando al proceso constructivo, mejorando los diseños estructurales y administración de los materiales empleados en la obra. El tipo de malla a emplear es la R64 con un peso de 1.01 kg/m². De manera que sus dimensiones son de 95x27 cm para cada probeta (Figura 3.7).

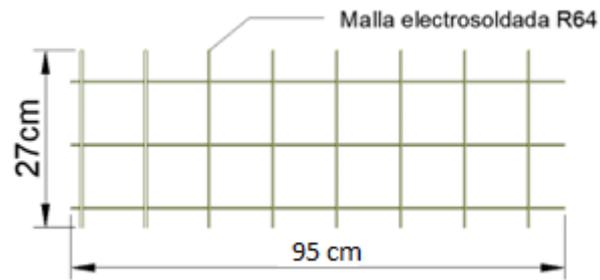


Figura 3.7. *Malla electrosoldada R64*

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Hormigón

Los materiales y herramientas que se emplearon para la fabricación del hormigón se muestran a continuación:

3.1.4.1. Herramientas y sus funciones

- Parihuela: Para abastecimientos de agregados (ripio y arena) en mezcladoras de hormigón (Figura 3.8).

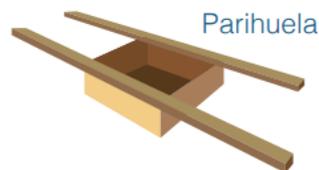


Figura 3.8. *Parihuela*

Fuente: (IdealAlambrec Bekaert, SF)

- Carretilla: Utilizada para transportar materiales (sacos de cemento) y las propias probetas de un lugar a otro (Figura 3.9).



Figura 3.9. *Carretilla*

Fuente: (IdealAlambrec Bekaert, SF)

Guantes: Es un equipo de protección personal y se utilizó con la finalidad de evitar el contacto con sustancias químicas como aditivos o cemento (Figura 3.10).



Figura 3.10. *Guantes de construcción*

Fuente: Grupo JOMIBA (2022)

- Pala: Fue utilizada para colocar la mezcla en los moldes encofrados (Figura 3.11).



Figura 3.11. *Pala*

Fuente: (IdealAlambrec Bekaert, SF)

- Martillo: Se empleó para construir los encofrados de las probetas (Figura 3.12).



Figura 3.12. *Martillo*

Fuente: Reingeniería Ziembell (2020)

- Varilla apisonadora: Este elemento fue utilizado para compactar las 3 capas de concreto en los cilindros (Figura 3.13).



Figura 3.13. *Varilla apisonadora*

Fuente: Harmsen (2002)

- Moldes cilíndricos: Empleados para llenarlos de hormigón y medir la resistencia mediante pruebas de laboratorio (Figura 3.14).



Figura 3.14. *Moldes cilíndricos*

Fuente: Harmsen (2002)

- Mazo de caucho: Utilizado para golpear las muestras por el exterior para evitar cúmulos de aire en la mezcla (Figura 3.15).



Figura 3.15. *Mazo de caucho*

Fuente: Reingeniería Ziembell (2019)

- Bailejo: Fue utilizado para quitar el sobrante de hormigón en los moldes cilíndricos y moldearlos (Figura 3.16).



Figura 3.16. *Bailejo*

Fuente: BEKAERT (n.d.)

- Concretera: Equipo utilizado para mezclar todos los materiales para la elaboración del concreto (Figura 3.17).



Figura 3.17. *Concretera*

Fuente: Dinattek, (n.d.)

- Clavos: fueron empleados para la construcción del encofrado.



Figura 3.18. *Clavos*

Fuente: Tomado de Adelca, (2018)

- Nivel: instrumento utilizado para nivelar correctamente la pasta del hormigón.



Figura 3.19. *Nivel de burbuja*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

- Flexómetro: Instrumento utilizado para medir la altura de fundición.



Figura 3.20. *Flexómetro*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

3.1.4.2. Materiales y sus funciones

- **Cemento:** Es el material común utilizado en obras civiles para dar una adecuada resistencia a las estructuras. Para este estudio hemos utilizado la marca Atenas.



Figura 3.21. *Cemento*

Fuente: Atenas (2020)

- **Agua:** Es un componente del hormigón que en contacto con el cemento proporciona propiedades de fraguado y endurecimiento para formar un sólido denso con agregados.



Figura 3.22. *Agua*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

- **Grava y Arena:** Utilizadas para generar una mayor resistencia al final de la mezcla.



Figura 3.23. *Agregados*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

- **Aditivo:** Utilizado para acelerar el proceso de fraguado en un menor tiempo. El tipo de aditivo es un acelerante plastificante “Plastocrete 161 HE”.



Figura 3.24. *Aditivo*

Fuente: Elaboración propia

- Madera: Para este estudio las tablas de madera fueron utilizadas para la construcción del encofrado en las probetas.



Figura 3.25. *Madera*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

- Aceite quemado: Se utilizó este elemento para engrasar los moldes cilíndricos con el objetivo de posteriormente desmoldearlos con facilidad.



Figura 3.26. *Aceite quemado*

Fuente: Tomado de BEKAERT (n.d.)

3.2. Normativa y especificaciones

En este estudio es importante basarse y cumplir con las normas del sector de la construcción ya que las mismas se basan en estándares de desempeño, de experiencia y en los desarrollos tecnológicos, y en muchos casos cuentan con el apoyo de

organizaciones internacionales especializadas, desarrollando estándares técnicos y procesos que buscan diseños seguros que permitan hacer las cosas bien y se proteja el medio ambiente y las personas.

Por lo que, para este estudio es basado en la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN), esta norma establece el método de experimentación para cuantificar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico, adicionalmente, este procedimiento experimental se emplea para estimar la resistencia a compresión, preparados y curados de acuerdo a las normas ASTM C31, ASTM C192, ASTM C617, ASTM C42 Y ASTM C873. También para la comprobación y calibración de las máquinas de ensayo se empleó las normas ASTM E4 Y E74.

Además, nos hemos apoyado en algunas especificaciones de investigaciones realizadas en nuestro país Ecuador sobre la elaboración de estas muestras y por otra parte, la resistencia a cortante en la American Concrete Institute (ACI 318-14). Para ensambles de pernos de acero para refuerzo al cortante de hormigón según la Norma Ecuatoriana de la Construcción para estructuras de hormigón armado (NEC-SE-HM) se menciona en la sección 3.4.5 que los conectores para resistir fuerzas de corte deben cumplir con los requisitos de la norma American Society for Testing and Materials (ASTM) A 1044 M.

Los materiales que se emplean para este estudio fueron obtenidos de empresas conocidas en el mercado que cumplan con la calidad y normativas correspondientes.

Finalmente, se mencionarán algunas especificaciones de los elementos que compone la sección compuesta:

- Para asegurar que la losa tenga una adecuada trabajabilidad y no haya inconvenientes a un largo plazo se debe asegurar el procedimiento de vibrado al concreto de manera adecuada para garantizar una adherencia mecánica entre el acero y el concreto (Alava, 2021).
- Cuando se utilice malla electrosoldada por estrés térmico y retracción por apilamiento o refuerzo negativo, el refuerzo debe estar entre 2,0 - 2,5 cm por debajo de la capa superior de la losa de hormigón (NOVACERO, 2019).

- Se recomienda por solicitaciones de incendio y control de vibración, fundir la losa con una altura mínima de 5-7 cm sobre la cresta. (NOVACERO, 2019).
- Además, este dispositivo debe estar 4 cm por encima de la cresta de la lámina colaborante para garantizar de manera óptima la sección compuesta. Lo ideal es que los conectores deben ser colocados de manera alternada, es decir, uno mirando al otro y viceversa de esta manera se contrarresta la fuerza horizontal en cualquier sentido.

3.3. Métodos

La metodología empleada en esta investigación experimental fue aplicada para dar veracidad a los objetivos planteados inicialmente, son los que se muestran a continuación:

Antes de realizar esta prueba experimental, se investigaron los diferentes tipos de conectores utilizados y sus especificaciones de tal manera que podamos obtener los mejores resultados en cada tipo de conector. Los conectores que se analizaron en este estudio son los conectores tipo varilla, son sencillos ya que son de un material de fácil acceso en el mercado y el de disparo X HVB 95 que posee dimensiones normalizadas.

Posteriormente, se definieron las dimensiones de los elementos, cómo se colocarían los conectores de corte y el número de ensayos o especímenes a utilizar en la investigación.

Se procedió a conseguir los materiales necesarios para la elaboración de este prototipo.

Después del montaje de los elementos, comenzaron las pruebas de la resistencia a cortante, de acuerdo con investigaciones y estudios realizados en Ecuador no hemos basado en algunas especificaciones y también en la norma ASTM A 1044 M. Mediante esta prueba de cortante se registró el resultado, es decir, las fallas producidas, la carga máxima que llegó a resistir cada espécimen.

Se visualizó el mecanismo de falla de cada muestra. Y se compararon los resultados obtenidos.

En conclusión, se seleccionó qué dispositivo de prueba es más efectiva para cumplir con los requisitos utilizados en varios diseños que surgen en la vida diaria. (Alava,2021)

3.3.1. Nivel o tipo de investigación

3.3.1.1. Investigación aplicada

Esteban Alava (2021) nos menciona la definición de la investigación aplicada: “El objetivo de investigación tiene como propósito la resolución práctica de problemas, por lo tanto, se enfoca fundamentalmente en cómo se pueden ejecutar práctica las teorías generales, debido a que su motivación se dirige a la resolución de los problemas en un momento y periodo dado”.

Es decir, la investigación aplicada es utilizada en este trabajo ya que determina el efecto de los conectores de cortante en la transferencia de esfuerzos generada por la losa compuesta.

3.3.1.2. Investigación-laboratorio

Igualmente, Esteban Alava (2021) nos explica que: “La investigación de laboratorio parte de una premisa que da respuesta a una hipótesis planteada y/o describe determinados procesos, los cuales pueden ser comprobados o explicados mediante la experimentación, donde los investigadores manipulan las variables que influyen sobre la ocurrencia de dicho fenómeno para así poder encontrar alguna relación entre estas”.

Este tipo de investigación- laboratorio es muy importante para este estudio de titulación debido que para obtener los resultados requeridos de cómo actúan las conexiones de transferencia de corte en la losa compuesta se deben ensayar estas muestras en laboratorio con los equipos necesarios.

3.3.1.3. Investigación-experimental

Esteban Alava (2021) aclara que “La investigación experimental es cualquier experimentación llevada a cabo mediante un proceso sistemático con un enfoque científico a la investigación durante el cual un grupo de variables puede ser manipuladas y se cuantifican como sujeto del experimento”.

Este ensayo utiliza estudios experimentales, ya que es un ensayo empírico de conectores de corte y su propósito es que las pruebas de cortante deben realizarse con

este tipo de conectores, pero el enfoque es la fuerza de corte en la placa compuesta y la conexión de la viga.

3.3.2. Población y muestra

No se cuantifica población ni muestra en este trabajo de investigación empírica, ya que el objeto de estudio son prototipos de dos tipos de conectores de corte que están unidos a la unión losa compuesta y viga de acero.

3.3.3. Operacionalización de variables

3.3.3.1. Variable Independiente

Tabla 3.1. Variable independiente

Identificación de variables	Concepto	Indicador	Incógnita	Técnicas e Instrumentos
Variable Independiente	Son piezas de acero capaces de generar esfuerzos cortantes en la sección transversal, asegurando la edificación en su conjunto.	Tipo	¿Qué tipos de conectores de transferencia garantizan el mejor rendimiento?	Ensayos de laboratorio
Conectores de cortante		Resistencia	¿Qué conector posee la mayor resistencia?	Construcción de gráficas y análisis de comparación de resultados

Fuente: Alava (2021)

3.3.3.2. Variable Dependiente

Tabla 3.2. Variable dependiente

Identificación de variables	Concepto	Indicador	Incógnitas	Técnicas e Instrumentos
Variable Dependiente	Esta variable dependiente se comporta de manera que actúa monolíticamente es decir como un conjunto.	Placa colaborante	¿Qué función y calidad cumple la placa colaborante?	Ensayos de laboratorio Normas INEN Y ASTM
Comportamiento en la unión placa colaborante y viga de acero.		Viga de acero	¿Cómo influye la viga de acero en esta sección?	Construcción de gráficas y análisis de comparación de resultados

Fuente: Alava (2021)

3.4. Plan de recolección de datos

Esta sección nos permite determinar la razón por la que se aplican las preguntas.

- ¿Para qué?
 - Para analizar los efectos de las conexiones a cortante en la unión losa compuesta y vigas de acero.
- ¿Dónde?
 - Laboratorio de la carrera de ingeniería civil, universidad del Azuay.
- ¿Como?
 - Mediante ensayos de laboratorio e investigaciones relacionadas.

3.5. Plan de procedimiento

El plan de procesamiento y análisis de la información de los especímenes va a ser realizado de la siguiente manera:

1. Inspección crítica y detallada de la información recopilada.
2. Montaje de la probeta de forma horizontal en la base metálica de la prensa hidráulica.
3. Centrar correctamente la fuerza vertical o el apoyo a la cara lateral de la losa.
4. La carga aplicada a la cara de la losa deberá estar a una velocidad constante hasta su punto de ruptura.
5. Verificación del comportamiento de cada conector al ser aplicada por esta fuerza vertical, esto se realizará con seis especímenes, 3 muestras con cada conector.
6. Tabulación de los resultados, registrando su falla y la capacidad de carga última de cada espécimen.
7. Retirar la muestra y continuar realizando el mismo procedimiento con las demás probetas.
8. Representación gráfica de resultados.
9. Comparación de resultados del laboratorio entre los dos tipos de conectores.

10. Determinación de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 4.

4. RESULTADOS

4.1. Adaptación de la prensa hidráulica mediante la construcción de una base metálica.

Para el análisis del estudio experimental fue necesario utilizar la máquina denominada “Prensa Hidráulica” (Figura 4.1), que sirvió para ver el comportamiento a cortante de la sección compuesta al trabajar conjuntamente con los dos tipos de conectores de corte en estudio.

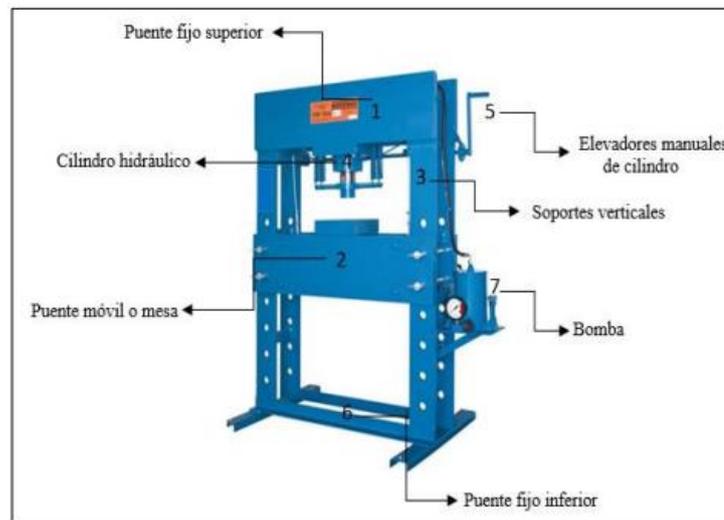


Figura 4.1. *Prensa Hidráulica*

Fuente: Tomado de Arias Torres (2019)

Para esta investigación tratamos de adaptarnos a los recursos que ofrece el laboratorio de la Universidad, es por eso que nos ingeniamos en crear este modelo de apoyo y procedimos a elaborar una base que soportara la parte posterior de la probeta, con el objetivo de que no exista volcamiento ni deslizamiento de la misma y esté sujeta apropiadamente a la hora de realizar los respectivos ensayos. La razón por la que decidimos construir esta base fue porque los prototipos del estudio tenían dimensiones no habituales para el uso de esta máquina.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la estructura que se construyó por medio de vigas de acero cuadradas unidas mediante soldadura.



Figura 4.2. *Base Metálica*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.3. *Base Metálica colocada en la Prensa*

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, esta estructura se elaboró de tal manera que se pueda retirar con facilidad la viga, con el objetivo de reutilizar la misma estructura con los 9 prototipos elaborados.

4.2. Elaboración de prototipos

4.2.1. Obtención de materiales

Se procedió a conseguir los materiales necesarios para la elaboración del prototipo que son: tubo estructural cuadrado con un espesor de 3 mm, platina con un espesor de 10 mm, placa colaborante, conectores de cortante tipo varilla con un diámetro de 10 mm y una altura de 95 cm y el de disparo X-HVB con una altura de 95 cm, malla electrosoldada tipo R64 y finalmente el cemento Atenas para la elaboración del hormigón.

4.2.2. Cortar las dimensiones de los elementos definidas anteriormente

Como segundo paso, se procedió a cortar los tubos estructurales para las 9 muestras en total. De igual manera, se cortó la placa colaborante con dimensiones de 100 x 35 cm, malla electrosoldada de 95x27 cm y la platina de 10x10 cm.

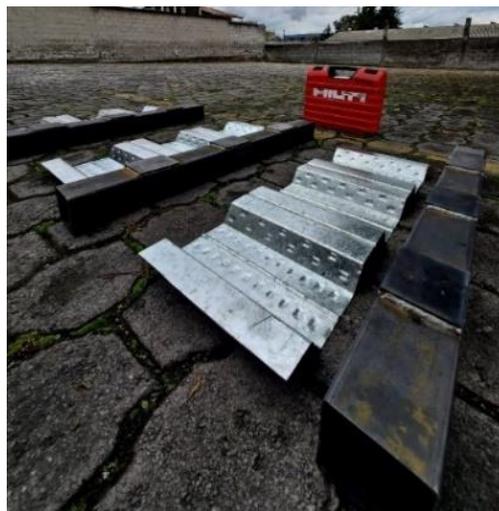


Figura 4.4. Elementos cortados con sus respectivas dimensiones

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Construcción del elemento monolítico: Unión de elementos

Por otra parte, para construir el elemento monolítico se unieron estos materiales mediante soldadura, esto se realizó de la siguiente manera, primero se soldó las 3 platinas a lo largo del tubo metálico, luego se soldó la placa colaborante conjuntamente con los conectores.



Figura 4.5. *Platinas unidas mediante soldadura a la viga*

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento que se sigue para la instalación de cada conector de este tipo se detalla a continuación:

1. Una vez montada la placa colaborante sobre la unión de la platina con la viga de acero se situó la posición 1 en la herramienta de fijación directa DX 76 para fijar el primer clavo.



Figura 4.6. *Posición 1 de la herramienta de fijación directa DX 76*

Fuente: Elaboración propia

2. Se insertó el primer clavo X-ENP 21 en la posición 1.



Figura 4.7. *Insertar el primer clavo*

Fuente: Elaboración propia

3. Se colocó el conector de cortante X-HVB 95 en la herramienta DX 76.



Figura 4.8. *Colocación del conector en la herramienta DX 76*

Fuente: Elaboración propia

4. Situar el cartucho calibre 27 en la parte lateral de la herramienta DX 76.



Figura 4.9. *Situar el cartucho la parte lateral de la herramienta*

Fuente: Elaboración propia

5. Elegir ubicación del conector en el sistema, en este caso lo más cercano al centro del valle.



Figura 4.10. *Ubicación del conector*

Fuente: Elaboración propia

6. Se realizó el primer disparo para fijar el anclaje de manera parcial.



Figura 4.11. *Primer disparo*

Fuente: Elaboración propia

7. Se dispone la posición 2 en la herramienta de fijación directa DX 76 para fijar el segundo clavo.



Figura 4.12. *Posición 2*

Fuente: Elaboración propia

8. Se insertó el segundo clavo X-ENP 21 en la posición 2.

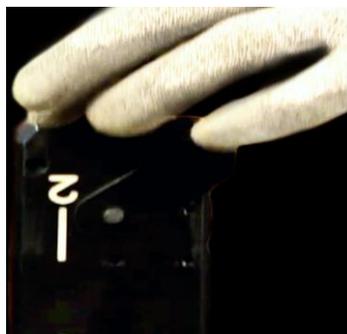


Figura 4.13. *Insertar segundo clavo*

Fuente: Elaboración propia

9. Se realizó nuevamente un disparo para fijar totalmente el sistema.



Figura 4.14. *Segundo disparo*

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, para la instalación del conector tipo varilla se requirió de los siguientes elementos

- Varilla (10mm)
- Electrodo
- Equipo de soldadura manual
- Extensión de corriente
- Amoladora

El procedimiento que se requiere para la instalación del conector de este tipo se realizó de la siguiente manera:

1. Dimensionar las varillas para su instalación, es decir, cortar a una altura deseada, en el caso de estudio se definió una altura de 9.5cm.



Figura 4.15. *Conector de Varilla*

Fuente: Elaboración propia

2. Realizar una perforación en la placa colaborante, de acuerdo a la ubicación del conector, que en este caso fueron dispuestos en los nervios. El diámetro de perforación debe ser superior al de la varilla propuesta, por tal motivo se definió de 16mm.



Figura 4.16. *Perforación en la placa colaborante*

Fuente: Elaboración propia

3. Se realizó el montaje de la placa colaborante sobre la unión de la viga de acero con la platina, y se soldó el conector de manera convencional, obteniéndose una unión entre la parte superior de la platina con la placa colaborante.



Figura 4.17. *Suelda del conector*

Fuente: Elaboración propia

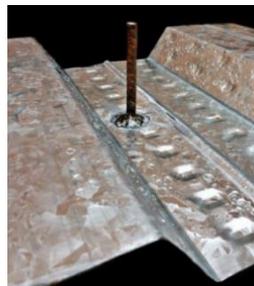


Figura 4.18. *Conector tipo varilla soldado a la viga*

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Encofrado de las probetas

Se realizó el encofrado de las muestras mediante el uso de tablas de madera, clavos y un martillo, con el objetivo rellenar las muestras de hormigón hasta una altura total de 12 cm.



Figura 4.19. *Colocación del encofrado*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.20. *Finalización del encofrado*

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Dosificación del hormigón

Para la elaboración del hormigón se utilizó una dosificación que tiene una proporción de 1:2:2, es decir, 1 parte de cemento, 2 de grava y 2 de arena, siendo esta una resistencia mínima a compresión $f'c = 21 \text{ MPa}$ (210 kg/cm^2).

Para la elaboración del concreto nos hemos basado en la dosificación por volumen, este tipo de dosificación es antiguo, sencillo y convenientes a todos los efectos en trabajos pequeños.

Para el trabajo, los datos del cemento y agregados por m³ nos hemos guiado de un libro denominado “Costos y presupuestos en edificación” elaborado por CAPECO.

Las cantidades a utilizar se muestran en la siguiente tabla, lo cual nos permite calcular fácilmente el material necesario para producir 1 m³ de este material, así como predecir el volumen de concreto requerido para el trabajo.

Tabla 4.1. *Proporciones usualmente utilizadas en construcción para producir un metro cúbico de hormigón $f'c=210$ kg/cm².*

f'c (Kg/cm ²)	a/c	Slump (pulg)	Tamaño Agregado (pulg)	Dosificación en volumen	MATERIALES POR M ³			
					Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	Agua (m ³)
140	0,61	4	3/4	1 : 2,5 : 3,5	7,01	0,51	0,64	0,184
175	0,51	3	1/2	1 : 2,5 : 2,5	8,43	0,54	0,55	0,185
210	0,45	3	1/2	1 : 2 : 2	9,73	0,52	0,53	0,186
245	0,38	3	1/2	1 : 1,5 : 1,5	11,50	0,50	0,51	0,187
280	0,38	3	1/2	1 : 1 : 1,5	13,34	0,45	0,51	0,189

Fuente: (CAPECO, s.f.)

Se procedió a calcular el volumen requerido de hormigón. Para esto, primero calculamos las dimensiones de la placa colaborante y de la chapa de compresión para un análisis más preciso. Nos ayudamos con las dimensiones de la figura 3.4..

Simbología

- ***Av*** = **área del valle**
- ***ACh*** = **área chapa de compresión**
- ***AT_{Total}*** = **área transversal total**
- ***V_{Probetas}*** = **Volumen de las probetas**
- ***V_{Cilindros}*** = **Volumen de cilindros**
- ***V_{Hormigón}*** = **Volumen del hormigón**

$$Av = \frac{(0.1325 + 0.1925)}{2} \times 0.05$$

$$Av = 0.008125 \text{ m}^2$$

$$Av = 1 \times (0.12 - 0.05)$$

$$Av = 0.07 \text{ m}^2$$

$$AT_{Total} = ACh + 3 * Av$$

$$AT_{Total} = 0.07 + 3 * (0.008125)$$

$$AT_{Total} = 0.09438 \text{ m}^2$$

$$V_{Probetas} = AT_{Total} * Profundidad * N^{\circ} \text{ de probetas}$$

$$V_{Probetas} = 0.09438 \text{ m}^2 * 0.35 \text{ m} * 6 \text{ u}$$

$$V_{Probetas} = 0.1982 \text{ m}^3$$

$$V_{Cilindros} = 3 * (\pi * radio^2 * h)$$

$$V_{Cilindros} = 3 * (\pi * 0.075^2 * 0.3)$$

$$V_{Cilindros} = 0.016 \text{ m}^3$$

$$V_{Hormigón} = (V_{Cilindros} + V_{Probetas}) * \%Desperdicios$$

$$V_{Hormigón} = (0.016 + 0.1982) * 1.05$$

$$V_{Hormigón} = 0.225 \text{ m}^3$$

Tabla 4.2. *Resumen de datos*

DATOS		
Volumen total de hormigón	0.225	m ³
# de muestras probetas	6	u
# de muestras cilíndricas	3	u
f'c	210	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se procedió a calcular la cantidad de materiales requeridos según el volumen del estudio, basándonos en las proporciones de hormigón mencionadas en la tabla 4. El volumen total del hormigón utilizado nos dio como resultado 0.225 m³.

Tabla 4.3. *Cálculo de la dosificación del hormigón para un volumen de 0.225 m³*

	Materiales por m ³			Dosificación	
f'c=210 kg/cm²	Cemento	9.73	bolsas	2.189	bolsas
	Arena	0.52	m ³	0.117	m ³
	Grava	0.53	m ³	0.119	m ³
	Agua	0.186	m ³	0.042	m ³

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Preparación del hormigón

Para la preparación del concreto se utilizaron algunas herramientas como la parihuela para obtener cantidades dosificadas de agregados, baldes de agua con medida y la concretera. Las dimensiones de la parihuela a emplear fueron de 0.3x0.3x0.3 el cual posee un volumen de 0.027 m³. Se emplean este tipo de herramientas racionalizadas con la finalidad de proporcionar una mezcla adecuada de hormigón y para poder cumplir con las especificaciones que menciona la normativa.

Para el trabajo en campo y entendimiento de los ayudantes se calculó el número de parihuelas de cada agregado de igual manera para la cantidad de litros de agua.

$$Cemento = \frac{V_{Hormigón} * 9.73}{1} = 2.19 \text{ sacos.}$$

$$\text{Arena} = \frac{V_{\text{Hormigón}} * 0.52}{0.027} = 4.33 \text{ parihuelas.}$$

$$\text{Grava} = \frac{V_{\text{Hormigón}} * 0.53}{0.027} = 4.415 \text{ parihuelas.}$$

$$\text{Agua} = \frac{V_{\text{Hormigón}} * 0.186}{1} * 1000 = 41.8 \text{ litros.}$$

En las siguientes figuras se puede apreciar la preparación del hormigón



Figura 4.21. *Dosificación en la parihuela*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.22. *Mezcla de hormigón mediante el uso de la concreteira*

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Fundición de las probetas

Primero se engrasó el encofrado para que el hormigón no se pegara a la madera. Luego se utilizó un modificador de vibraciones para asegurar un buen concreto.



Figura 4.23. *Fundición de losas*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.24. *Finalización de la fundición de las probetas*

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Visualización del prototipo con sus respectivas dimensiones

En las siguientes figuras se muestra el prototipo del estudio unido, con sus respectivas dimensiones.

Nota: La losa se encuentra unida a la viga mediante conectores de cortante.

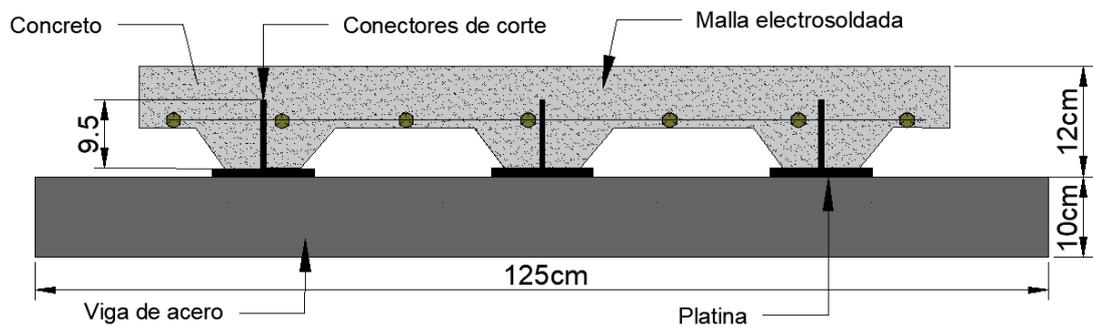


Figura 4.25. Sección Compuesta, conector de corte tipo varilla

Fuente: Elaboración propia

Nota: La losa se encuentra unida a la viga mediante conectores de corte.

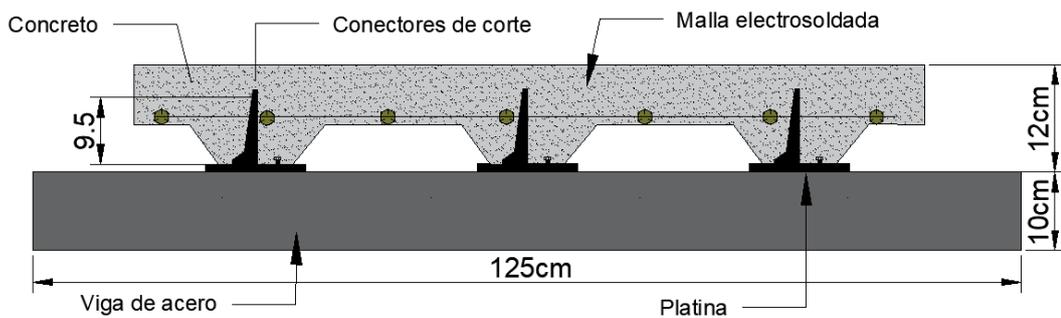


Figura 4.26. Sección Compuesta, conector de corte tipo X-HVB 95

Fuente: Elaboración propia

Nota: El espesor de la viga de acero es de 3 mm, placa colaborante y malla electrosoldada R64 rellena con concreto, unidos mediante conectores de cortante propia.

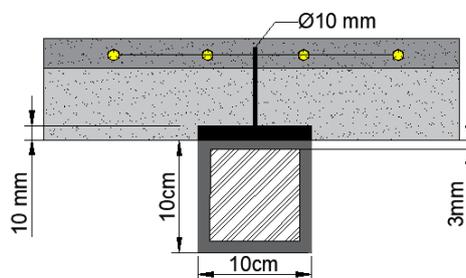


Figura 4.27. Sección Compuesta: Espesores

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Toma de muestras

Para la toma de muestras se realizaron las pruebas de calidad del hormigón con la finalidad de conocer la resistencia que posee la mezcla. Para esto, se tomaron dos muestras en moldes cilíndricos. Primero se engrasaron estos moldes, con la finalidad retirar la mezcla endurecida con facilidad, y se colocaron tres capas de hormigón, en cada capa se utilizó la varilla apisonadora para realizar 25 golpes. Esto se realizó con las dos mezclas de hormigón.



Figura 4.28. *Toma de muestras*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.29. *Muestras cilíndricas*

Fuente: Elaboración propia

4.4. Ensayo a compresión de las muestras cilíndricas de hormigón

Este ensayo se realizó al cumplir los 28 días, estas muestras cilíndricas fueron transportadas a un laboratorio con la finalidad de someterlas a la prueba de compresión para determinar si se alcanzó la resistencia deseada.

De tal manera que, en la prueba, la carga de rotura fue de 37 591 kg, con un diámetro de 15.10 cm dando como resultado una fatiga de rotura de 209.91 kg/cm² y la requerida es de 210 kg/cm², por consiguiente, se alcanzó la resistencia deseada.



Figura 4.30. *Ensayo de las muestras cilíndricas*

Fuente: Elaboración propia

4.5. Ensayo a cortante de las probetas

Posteriormente, comprobada la resistencia a compresión de las muestras cilíndricas se procedió a ensayar las losas en la prensa hidráulica para determinar qué tipo de conector es el más resistente a cortante trabajando como una sección compuesta. Este procedimiento se realizó con la ayuda de una grúa pequeña que facilitó el montaje de las probetas.

Ya colocadas las muestras en la prensa hidráulica, se verificó que el apoyo estuviese colocado correctamente de tal manera que esta fuerza esté aplicada en la

sección lateral de la probeta para poder analizar cada una de estas muestras la resistencia a cortante de los dispositivos de transferencia.



Figura 4.31. *Montaje de las probetas en la prensa*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.32. *Probetas colocadas en la prensa*

Fuente: Elaboración propia

4.6. Tiempos de instalación

El tiempo de instalación que se pretende obtener se encuentra condicionado por factores específicos de cada tipo de conector perteneciente al estudio, por esta razón, se determinaron de manera individual con la finalidad de registrar un análisis comparativo posterior entre los dos sistemas propuestos. Cabe recalcar que en cada probeta de ensayo se colocaron tres conectores de cortante del mismo tipo.

Las anotaciones de los resultados del tiempo se registraron mediante un cronómetro, y comenzaron en el momento en que se realizó el montaje de la placa colaborante sobre la unión de la platina con la viga de acero. Finalizaron cuando se instalaron los tres conectores de cortante dispuestos para cada probeta, estableciendo una fijación correcta del sistema.

Los resultados que se obtuvieron en esta etapa de la investigación se resumen en las tablas 4.4 y 4.5.

Tabla 4.4. *Tiempos de instalación conector X-HVB*

	(seg)	(min)
Probeta 1	153	2.55
Probeta 2	129	2.15
Probeta 3	141	2.35
Promedio	141	2.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. *Tiempos de instalación conector varilla*

	(seg)	(min)
Probeta 1	760	12.67
Probeta 2	696	11.60
Probeta 3	721	12.02
Promedio	725.67	12.09

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tiempo aproximado de manera individual para cada tipo de conector se divide para el número de elementos contenidos en cada probeta, que en el caso de estudio son 3. Derivando los siguientes resultados (Tablas 4.6 y 4.7).

Tabla 4.6. *Tiempos de instalación individual*

	(seg)	(min)
Tiempo de instalación individual conector X-HVB	47	0.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. *Tiempos de instalación individual*

	(seg)	(min)
Tiempo de instalación individual conector de varilla	241.89	4.03

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se define que el conector X-HVB representa un 514.66% de mayor rapidez de colocación que el conector de varilla.

4.7. Análisis de precios unitarios

Se debe tomar en consideración que dicho análisis es un proceso aproximado, mismo que depende de diversos factores, entre ellos, la experiencia del analista. La presente investigación se enfocó en los aspectos básicos y fundamentales que intervienen en la instalación de cada tipo de conector, tales como: Equipo y maquinaria, mano de obra, materiales, transporte y costos indirectos.

En el proceso de elaboración del análisis, se tomó en cuenta la diferenciación de los costos de mano de obra que intervienen, el requerimiento de personal certificado y calificado para el desempeño de la tarea, así como los diversos frentes de trabajo que se presenten al tener más herramientas en uso. Se adjunta los APUS en anexos.

4.8. Resumen características de las probetas.

- Ensayo Losa #1 (tipo varilla)

Tabla 4.8. *Ensayo #1: Tipo Varilla*

PROBETA #1 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo varilla corrugada con un diámetro de 10mm y una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p><u>Losa:</u> 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p><u>Placa colaborante:</u> Metal G90 40 ksi.</p> <p><u>Malla electrosoldada:</u> $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p><u>Hormigón:</u> 210 kg/cm²</p> <p><u>Viga de acero:</u> longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #2 (tipo varilla)

Tabla 4.9. *Ensayo #2: Tipo Varilla*

PROBETA #2 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo varilla corrugada con un diámetro de 10mm y una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p><u>Losa:</u> 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p><u>Placa colaborante:</u> Metal G90 40 ksi.</p> <p><u>Malla electrosoldada:</u> $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p><u>Hormigón:</u> 210 kg/cm²</p> <p><u>Viga de acero:</u> longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #3 (tipo varilla)

Tabla 4.10. *Ensayo #3: Tipo Varilla*

PROBETA #3 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo varilla corrugada con un diámetro de 10mm y una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p><u>Losa:</u> 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p><u>Placa colaborante:</u> Metal G90 40 ksi.</p> <p><u>Malla electrosoldada:</u> $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p><u>Hormigón:</u> 210 kg/cm²</p> <p><u>Viga de acero:</u> longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #1 (tipo Hilti)

Tabla 4.11. *Ensayo #1: Tipo Hilti*

PROBETA #1 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo Hilti X-HVB con una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p><u>Losa:</u> 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p><u>Placa colaborante:</u> Metal G90 40 ksi.</p> <p><u>Malla electrosoldada:</u> $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p><u>Hormigón:</u> 210 kg/cm²</p> <p><u>Viga de acero:</u> longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #2 (tipo Hilti)

Tabla 4.12. *Ensayo #2: Tipo Hilti*

PROBETA #2 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo Hilti X-HVB con una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p>Losa: 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p>Placa colaborante: Metal G90 40 ksi.</p> <p>Malla electrosoldada: $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p>Hormigón: 210 kg/cm²</p> <p>Viga de acero: longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #3 (tipo Hilti)

Tabla 4.13. *Ensayo #3: Tipo Hilti*

PROBETA #3 ANTES DE SER ENSAYADA	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El conector a ensayar es el tipo Hilti X-HVB con una altura de 9.5cm.</p> <p>El elemento monolítico comprende las siguientes características:</p> <p>Losa: 100x35 cm y una altura de 12 cm.</p> <p>Placa colaborante: Metal G90 40 ksi.</p> <p>Malla electrosoldada: $f_y=4200$ kg/cm² de 95x25 cm.</p> <p>Hormigón: 210 kg/cm²</p> <p>Viga de acero: longitud 125 cm con una sección de 10x10 cm</p>

Fuente: Elaboración propia

4.9. Resultados y verificación de fallas en los ensayos

- Ensayo Losa #1 (tipo varilla)

En el ensayo N° 1 se obtuvo una capacidad de carga ultima de 48.73 kN. Se aplicó a una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo falló por soldadura, mas no por esfuerzo a cortante, por lo que no se presentaron fisuras en el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.33. Ensayo #1: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.34. Ensayo #1: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #2 (tipo varilla)

En el ensayo N°2 se obtuvo una capacidad de carga última de 44.19 kN. Se aplicó a una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo también falló por soldadura, mas no por esfuerzo a cortante, por lo que no se presentaron fisuras en el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.35. Ensayo #2: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.36. Ensayo #2: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #3 (tipo varilla)

En el ensayo N°3 se obtuvo una capacidad de carga última de 40,73 kN. Se aplicó a una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo no falló por soldadura, pero si por esfuerzo a cortante, por lo que se presentaron fisuras en el hormigón y la perdida de adherencia entre el valle de la placa colaborante y el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.37. Ensayo #3: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.38. Ensayo #3: Tipo Varilla

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #1 (tipo Hilti)

En el ensayo N°1 del tipo Hilti se obtuvo una capacidad de carga última de 102.91 kN. Se aplicó a una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo presentó fisuras en el hormigón y la pérdida de adherencia entre el valle y cresta de la placa colaborante y el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.39. Ensayo #1: Tipo Hilti

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.40. Ensayo #1: Tipo Hilti

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo Losa #2 (tipo Hilti)

En el ensayo N°2 del tipo Hilti se obtuvo una capacidad de carga última de 88.12 kN. Se aplicó a una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo presentó fisuras en el hormigón y la pérdida de adherencia entre el valle, cresta de la placa colaborante y el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.41. *Ensayo #2: Tipo Hilti*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.42. *Ensayo #2: Tipo Hilti*

Fuente: Elaboración propia

Ensayo Losa #3 (tipo Hilti)

En el ensayo N°3 del conector tipo Hilti se obtuvo una capacidad de carga última de 81.65 kN. Se aplicó una velocidad constante en donde se pudo visualizar que este prototipo presentó fisuras en el hormigón y la pérdida de adherencia entre el valle, cresta de la placa colaborante y el hormigón. En las siguientes figuras se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.43. *Ensayo #3: Tipo Hilti*

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.44. *Ensayo #3: Tipo Hilti*

Fuente: Elaboración propia

4.10. Resumen de datos.

En la tabla 4.14 se puede observar el resumen cuadro comparativo de cada una de las muestras con la respectiva carga última necesaria, tiempo de instalación y costo.

Tabla 4.14. *Resumen Cuadro comparativo*

CUADRO COMPARATIVO				
Tipo	# Muestras	Carga última (kN)	Tiempo de instalación (min)	Costo (\$)
Varilla	#1	48.73	12.67	3.05
	#2	44.19	11.60	
	#3	40.73	12.02	
	Promedio	44.55	12.10	
Hilti	#1	102.91	2.55	4.67
	#2	88.12	2.15	
	#3	81.65	2.35	
	Promedio	90.89	2.35	

Fuente: Elaboración propia

Representación gráfica de las tres muestras del conector tipo varilla con sus respectivas cargas últimas.

El conector tipo varilla utilizado en el estudio posee una capacidad de carga última promedio de 44.55 kN, el tiempo de instalación promedio es de 12.10 minutos y el análisis del precio unitario que corresponde a los materiales y mano de obra empleada tiene un valor de 3.05 dólares. En la siguiente grafica se puede visualizar la representación de las tres muestras con sus respectivos valores de cargas últimas.



Figura 4.45. Gráfica: Conector tipo varilla

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.46, se puede apreciar la ecuación de la recta de la carga última del conector tipo Varilla.

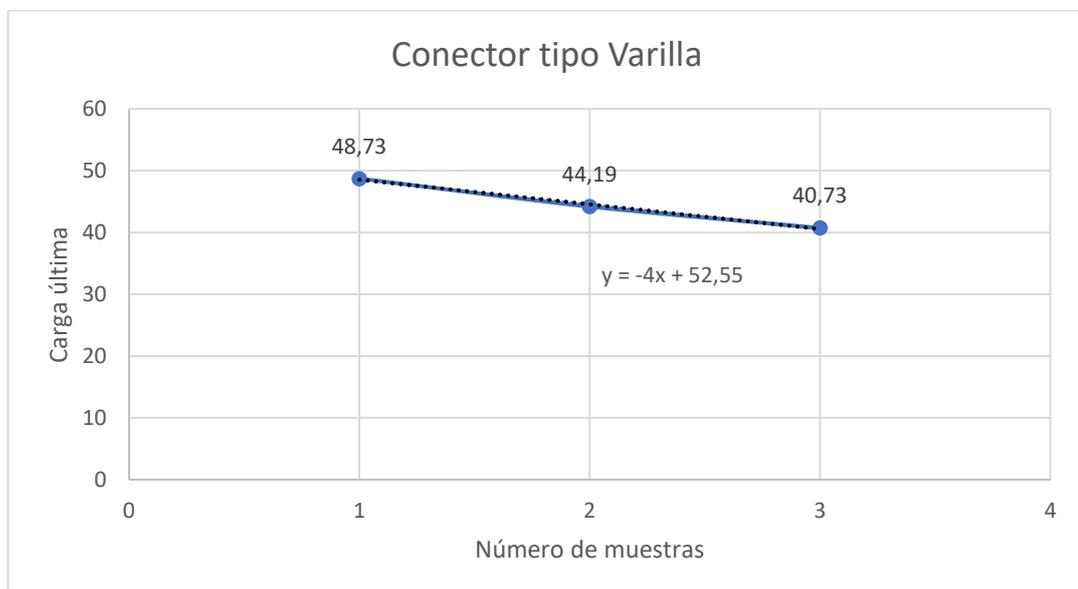


Figura 4.46. Gráfica: Ecuación de la recta promedio de las cargas últimas

Fuente: Elaboración propia

Representación gráfica de las tres muestras del conector tipo Hilti con sus respectivas cargas últimas.

El conector tipo Hilti utilizado en el estudio posee una capacidad de carga última promedio de 90.89 kN, el tiempo de instalación promedio es de 12.10 minutos y el análisis del precio unitario que corresponde a los materiales y mano de obra empleada tiene un valor de 2.35 dólares. En la siguiente grafica se puede visualizar la representación de las tres muestras con sus respectivos valores de cargas últimas.

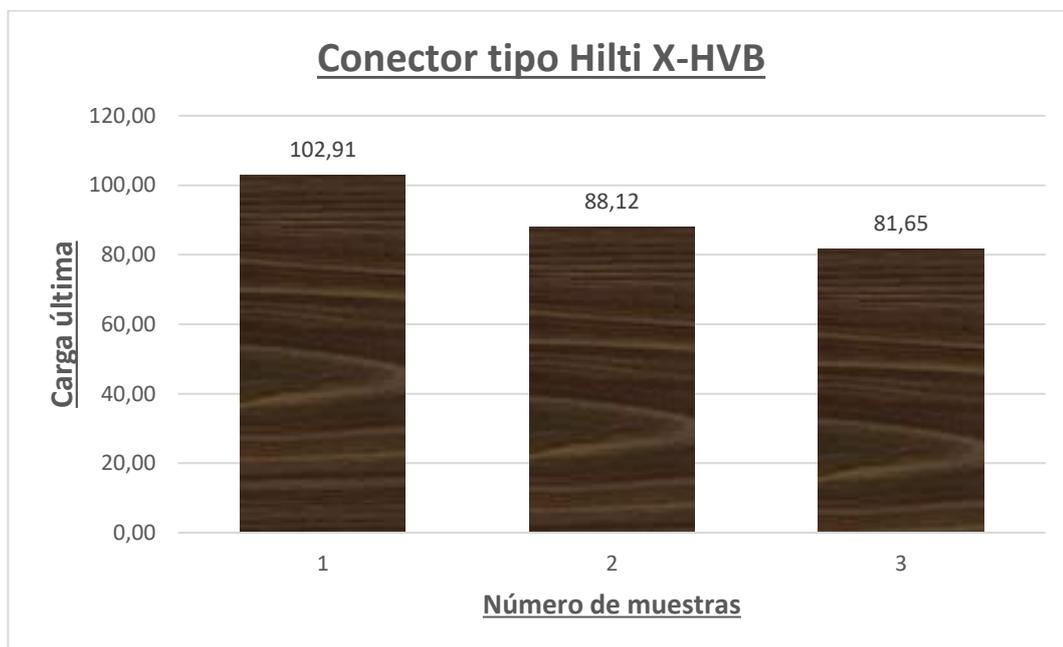


Figura 4.47. Gráfica con conector tipo Hilti

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.48, se puede apreciar la ecuación de la recta de la carga última del conector tipo Varilla.

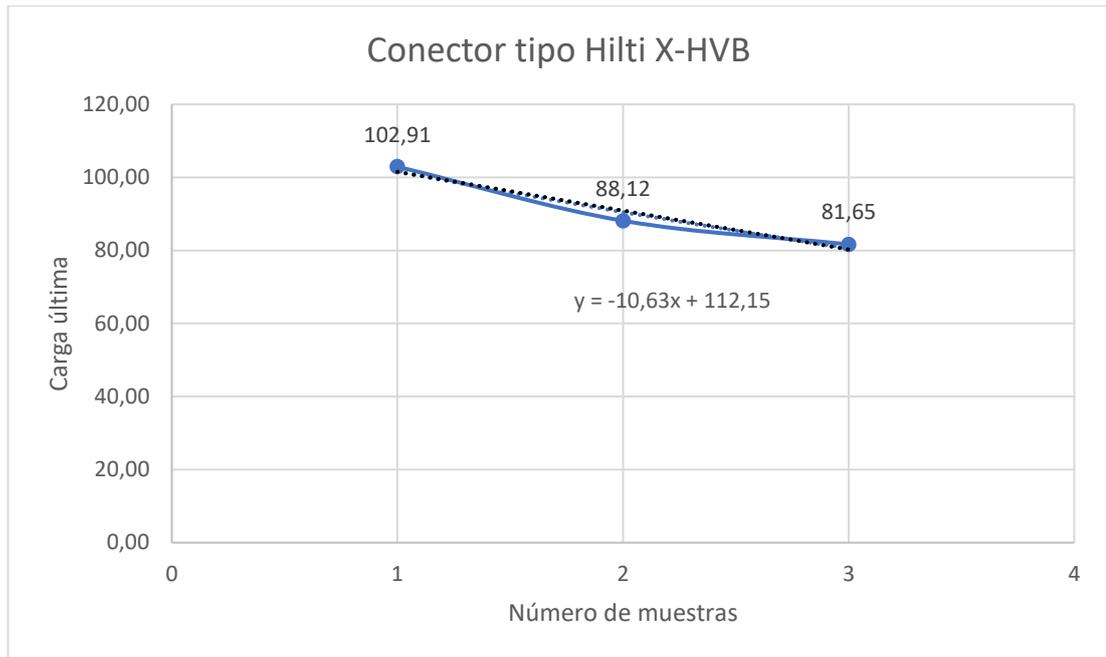


Figura 4.48. Ecuación de la recta promedio de las cargas últimas

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 5.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las probetas ensayadas en el laboratorio que fueron fijadas mediante conectores de corte resultaron eficientes en cuanto a su función principal que es la de transmitir esfuerzos de corte a la losa. Esto a su vez fue posible gracias a la adaptación de la prensa hidráulica mediante la construcción de la base metálica, la misma que impidió el volcamiento y el deslizamiento de los prototipos.

Al analizar el comportamiento de los modelos estructurales, se pudo evidenciar que el prototipo que obtuvo un mejor rendimiento fue el N°2 (Hilti), el mismo que soportó una carga máxima de 102.91 KN. Además, se logró determinar que la capacidad de corte de las probetas ensayadas con este tipo de conector siguió la misma tendencia y fueron superiores a las ensayadas con el elemento de corte de tipo varilla, que presentaron un menor desempeño, siendo una de ellas (prototipo N°3) la que menor carga pudo soportar, obteniendo un valor de 40.73 KN.

Al observar las características físicas que se derivaron, se determinó que la falla que predomina en las probetas ensayadas con los conectores de tipo varilla se da por soldadura, no existió daño alguno en el concreto del sistema, y no existió pérdida de adherencia entre la placa colaborante y el hormigón. Sin embargo, las probetas que se anclaron con los elementos X-HVB de Hilti presentaron un mejor desempeño, trabajando de manera efectiva como sección compuesta. Sus fallas localizadas en el centro de la losa de hormigón generalmente empiezan con pequeñas fisuras que se extienden. Además, sí se evidenció una pérdida de adherencia entre la placa colaborante y el hormigón.

El análisis de precios unitarios determinó que el valor de la instalación de los conectores de corte X-HVB es de \$4.67 por cada uno, a diferencia de los elementos de anclaje de tipo varilla, cuyo importe individual fue de \$3.05. A pesar de existir una brecha significativa entre los valores se debe considerar el rendimiento (traducido en tiempos de instalación) que nos brinda cada tipo de conector, estableciendo un porcentaje de 514.66% de mayor rapidez de colocación. Además, para llegar a conclusiones más detalladas, se debe tomar en cuenta la resistencia que presentó cada tipo elemento de corte, siendo superiores los elementos de la compañía Hilti, cuyas probetas soportaron una mayor carga última, traduciéndose en un mejor desempeño estructural.

Se determinó que el conector de corte más efectivo dentro de este estudio es el X-HVB 95, basándonos en parámetros de resistencia y costo, el mismo que aun siendo superior se puede llegar a una compensación mucho mayor por el gran rendimiento que conlleva. Además de otras ventajas como una mayor versatilidad en la obra, una instalación segura en cualquier ambiente, y una mejor conveniencia al no requerir mano de obra calificada.

5.2. RECOMENDACIONES

La influencia de los dispositivos de transferencia de cortante al elemento monolítico es muy importante ya que su correcto comportamiento ante las diversas solicitaciones que se le pueden presentar a la estructura. También se debe tener cuidado al diseñar estructuras mixtas, especialmente al momento de elegir el tipo de conector a utilizar.

Al realizar este tipo de investigación, es recomendable utilizar conectores de cortante al construir las secciones compuestas, debido que la capacidad de carga aumenta considerablemente a la losa.

Al analizar el comportamiento de los dos conectores de corte en estudio, se sugiere emplear el conector tipo Hilti en la construcción de la unión viga de acero y placa colaborante, ya que ha mostrado el mejor desempeño en las pruebas respectivas y también es de fácil obtención y montaje.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Aguinaga, G. (2019). *Mitigación de los efectos negativos en el concreto de $F'c= 210$ kg/cm², producidos por las altas temperaturas en la ciudad de Tarapoto*. Trabajo de grado, Universidad Nacional San Martín de Tarapoto, Tarapoto. Obtenido de <http://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/3343>
- Aguirre, D., Pacheco, R., Lagos, P., Hernández, S., Abarca, P., & Castillo, J. (2007). *Uso de aditivos para concreto*. México DF: Universidad "Albert Einstein". Editorial International Thomson.
- Alava, E. G. (2021). *Estudio experimental de conectores de corte en la unión losa LOSA DECK-VIGA ACERO*. Trabajo de grado, Universidad Técnica Amabato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32587/1/Tesis%20I.%20C.%201471%20-%20Alava%20Apr%C3%A1ez%20Esteban%20Gregorio.pdf>
- Allauca, D. L., & Merizalde, J. A. (2015). *Diseño de la estructura de una vivienda familiar tipo, utilizando el sistema de construcción compuesta acero-hormigón*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11010/1/CD-6358.pdf>
- Allauca, D. L., & Merizalde, J. A. (2015). *Diseño de la estructura de una vivienda familiar tipo, utilizando el sistema de construcción compuesta acero-hormigón*. Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11010/1/CD-6358.pdf>
- Association Portland Cement. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*.
- Barroso, M. (2016). *Análisis de la influencia de los conectores de cortante en la unión viga de hormigón y losa compuesta*. Trabajo de grado, Universidad

Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24603>

Barroso, M., Medina, C., & Medina, S. (2017). Influence of shear connectors on the concrete beam-composite slab connection. *Ciencia*, 19(4), 447-464. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/546>

Cañar, J. C., & Cupuerán, J. P. (2016). *Ensayos de laboratorio para la obtención de la certificación NTE INEN 2397: 2014, y análisis de carga a momento negativo, de Placa Colaborante Deck con conectores Nelson Stud para la empresa Satec.*

Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14917/1/CD-6829.pdf>

Castellanos, S. E. (2013). *Análisis de secciones compuestas mediante elemento finito.*

Trabajo de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3170/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DIPAC. (2020). *Catálogo DIPAC, Productos de Acero-2020.* Obtenido de

<https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>

Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo

superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días. *Revista*

Ingeniería UC, 23(2), 197-203. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634010.pdf>

Galán, V. P., & Jaramillo, D. W. (2012). *Ensayo experimental de los conectores de corte de las losas tipo Deck.*

- Grupo JOMIBA. (30 de abril de 2022). *Guantes y accesorios de trabajo para tu protección*. Obtenido de <https://www.jomiba.com/>
- Guzmán, C. H. (2016). *Comparación de conectores de cortante tipo espigo con cabeza con tipo perno sobre tablero metálico*. Universidad EAFIT-UNIQUINDIO, Medellín. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11560>
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. . Lima: Fondo editorial PUCP.
- HILTI. (2020). *Manual Internacional. X-HVB Conectores de Corte* . Obtenido de https://www.hilti.com.mx/medias/sys_master/documents/hc3/hc3/9483917590558/Informacion-tecnica-ASSET-DOC-LOC-6156463.pdf
- IdealAlambrec Bekaert. (SF). *La nueva guía de la construcción*. Quito: IdealAlambrec Bekaert. Obtenido de <https://idealalambrec.bekaert.com/-/media/Brands2017/Idealalambrec/Catalogos/Guia-de-la-Construccion-1ra-parte.pdf>
- Julián, C., Diego, S., & Martha, S. (2016). Desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con malla electrosoldada o fibras de acero. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(4), 499-510.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.11.009>
- MIDUVI, & CAMICOM. (2015). *NEC-SE-HM. Estructuras De Hormigón Armado*. Quito. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-HM-Hormig%C3%B3n-Armado.pdf>

- Molina, M., & Hurtado, X. F. (2011). Formulación para el diseño de conectores de cortante tipo tornillo en secciones compuestas. *Ingeniería e Investigación*, 31(2), 52-64. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64322334007.pdf>
- Navarro, S. (2012). *Comparación técnica-económica de elementos compuestos vs. elementos de acero y elementos de hormigón armado*. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6418>
- NOVACERO. (2018). *Catálogo de producto perfiles estructurales*. Guayaquil: NOVACERO.
- Núñez, B. J. (2020). *Diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ empleando resina epóxica para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto-2020*. Trabajo de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Tarapoto, Perú. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656759/Ccasani_CJ.pdf?sequence=3
- Pasquel. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú* (Segunda Edición ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56875794/dlscib.com_topicos-de-tecnologia-del-concreto-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653424764&Signature=AXKewvn7K-d9WQ2~7Xsbh3pm6uaTykwpEaPHIDqoNC42vtY8kHy~so6LcAbyUUE7tGJItrw2OvjeA4v2iX9OlcV-Epjbh5CxHfYZ2beafuDYO
- Perea, Y. A. (2012). *Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional*. Universidad de Medellín, Medellín. Obtenido de <http://repository.udem.edu.co/handle/11407/359>

- Pineda, M. (2005). *Diseño de elementos estructurales de sección compuesta con LRFD*. México, DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Reingeniería Ziembell. (2020). *CATÁLOGO 2020*. Obtenido de https://www.hansa.com.ec/wp-content/uploads/2020/01/Catalogo-HANSA-2020_low.pdf
- Rogel, J. C., & Tenorio, G. A. (2018). *Ensayo experimental de los conectores de corte tipo ángulo en losas tipo deck sobre estructura metálica*. Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Roncancio-Lozano, M. A., Castro-Martin, J. A., & Rivera-Basto, A. (2015). Análisis comparativo de las normas ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 y OHSAS 18001: 2007, para su aplicación integral en procesos de construcción para empresas de Ingeniería Civil. *Respuestas*, 20(1), 95-111. Obtenido de <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/263>

ANEXOS

Anexo 1:

APU Conector Hilti

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO 1:				UNIDAD:	u
Instalación conector de cortante Hilti X-HVB 95					
DETALLE:					
EQUIPOS Y MAQUINARIA					
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Rendim.	Total	
Herramienta Hilti (DX 76)	1.0000	1,698.29	0.0001	0.12	
Subtotal de Equipo y Maquinaria:				0.12	
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal / HR	Costo Hora	Rendim.	Total
PEÓN (Estr. Ocup. E2)	1.0000	3.51	3.51	0.0200	0.07
Subtotal de Mano de Obra:				0.07	
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
Conector de acero galvanizado, modelo X-HVB 95	Unidad	1.0000	2.78	2.78	
Clavo de acero galvanizado, modelo X-ENP-21 HVB	Unidad	2.0000	0.23	0.46	
Cartucho de pólvora, calibre .27 rojo	Unidad	2.0000	0.23	0.46	
Subtotal de Materiales:				3.70	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Total	
Subtotal de Transporte:				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3.89	
INDIRECTOS Y UTILIDADES			20.00%	0.78	
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				4.67	
VALOR TOTAL				4.67	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2:*APU Conector Varilla*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO 2:				UNIDAD:	u
Instalación conector de cortante de varilla de diámetro 10mm					
DETALLE:					
EQUIPOS Y MAQUINARIA					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendim.	Total
Equipo y elementos auxiliares para soldadura manual de conectores	1.0000	8.00	8.00	0.0500	0.40
Subtotal de Equipo y Maquinaria:					0.40
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal / HR	Costo Hora	Rendim.	Total
MAESTRO SOLDADOR ESPECIALIZADO (Estr. Ocup. C1)	1.0000	5.15	5.15	0.0500	0.26
PEÓN (Estr. Ocup. E2)	1.0000	3.51	3.51	0.0200	0.07
Subtotal de Mano de Obra:					0.33
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
Conector de varilla corrugada de diámetro de 10mm	Unidad	1.0000	1.81	1.81	
Subtotal de Materiales:				1.81	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Total	
Subtotal de Transporte:				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.54
INDIRECTOS Y UTILIDADES				20.00%	0.51
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.05
VALOR TOTAL					3.05

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3:

Informe de resistencia cilíndrica a la compresión del hormigón



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN: CONECTORES DE CORTANTE
PROYECTISTA: JOSÉ SANTACRUZ - MATEO ORELLANA
DIRECTOR: ING. JOSÉ VÁZQUEZ
UBICACIÓN: CANTÓN CUENCA
FECHA: MAYO 06 DEL 2022

No.	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO CIL. (cm.)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FATIGA DE ROTURA (Kg/cm2)	EDAD (días)	FATIGA REQUERIDA (Kg/cm2)	OBSERVACIÓN
1	02/04/2022	05/05/2022	15.10	37591	209.91	31	210	Modelos a escala
2	02/04/2022	05/05/2022	15.25	39085	213.98	31	210	Modelos a escala




 Ing. Iván Riquetti V.