

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO “TORRE ÒNIX”
EN SISTEMA DE PÓRTICOS DE CONCRETO REFORZADO EN LA CIUDAD DE
POPAYÁN - CAUCA**



TRABAJO DE GRADO: INFORME FINAL

DAVID SANTIAGO BELTRÁN LÓPEZ

COD: 100419021195

dsbeltran@unicauca.edu.co

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYAN, CAUCA**

2025

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO “TORRE ÒNIX”
EN SISTEMA DE PÓRTICOS DE CONCRETO REFORZADO EN LA CIUDAD DE
POPAYÁN - CAUCA**



DAVID SANTIAGO BELTRÁN LÓPEZ

COD: 100419021195

dsbeltran@unicauca.edu.co

DIRECTOR

ING. ANDRÉS FELIPE CORAL VARGAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYAN, CAUCA**

2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han evaluado este documento, y luego de haber escuchado la sustentación realizada por el estudiante, lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante para desarrollar las gestiones pertinentes para optar por el título de ingeniero civil.

Firma del director de Pasantía

Ing. Andrés Felipe Coral Vargas

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Popayán, 13 de mayo de 2025.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha sido mi fortaleza y guía en cada paso de este camino, dándome la vida, la salud y la energía necesarias para alcanzar esta meta. Agradezco profundamente a mi universidad, por formarme no solo como profesional, sino también como ser humano. Extiendo mi gratitud a todas las personas que hicieron parte de este recorrido: docentes, compañeros y quienes, de manera directa o indirecta, contribuyeron a enriquecer esta experiencia. Me llevo en el corazón grandes amistades que nacieron a lo largo de estos años.

A mis padres y a mis hermanos, les dedico este logro con todo mi corazón. Ustedes son mi pilar, mi fuente inagotable de amor y apoyo incondicional. Gracias por su sacrificio y por creer en mí siempre, incluso en los momentos más difíciles. Todo lo que soy y lo que he logrado es reflejo de su amor y dedicación. Cada esfuerzo que hago está motivado por ustedes. A mi mejor amigo, Andrés, quien ha sido un verdadero ejemplo de lealtad y apoyo. Tu amistad ha sido el mejor recordatorio de que los lazos trascienden cualquier circunstancia. Gracias por estar siempre presente.

Un agradecimiento especial a la Constructora e Inmobiliaria Adriana Rivera S.A.S, al ingeniero Orlando Vásquez y a la profesional en seguridad y salud en el trabajo Liliana Pérez, quienes me brindaron la oportunidad de vivir una experiencia invaluable para mi crecimiento profesional. Su confianza y guía marcaron una etapa fundamental en mi desarrollo como profesional. También extiendo mi reconocimiento y gratitud al ingeniero Andrés Coral, por su dirección y acompañamiento durante mi práctica profesional, cuyo apoyo fue clave en la culminación de este proceso.

Finalmente, quiero destacar el impacto positivo que el CrossFit y mis queridas mascotas han tenido en mi vida. A ellos agradezco por contribuir a mi bienestar y equilibrio mental, permitiéndome afrontar con determinación cada paso de este camino.

A todos ustedes, gracias por ser parte de mi historia y por contribuir de manera tan especial en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. INFORMACIÓN GENERAL.....	14
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA	14
4.1.1 Misión	14
4.1.2 Visión.....	14
4.1.3 Función de la empresa	15
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	15
4.2.1 Localización	15
4.2.2 Especificaciones generales	15
4.2.3 Especificaciones técnicas	16
5. REFERENCIAS	17
5.1. Sistema de pórtico	17
5.2. Reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10	17
5.3. Control de calidad	18
5.4. Gestión financiera	18
6. PLAN DE TRABAJO EJECUTADO	18
7. AVANCE DE LA OBRA	21
8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PASANTIA.....	27
8.1 IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL CONTEXTO LABORAL.....	27
8.2 REVISIÓN DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	30
8.3 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES	33
8.3.1 Asistencia en la recepción de pedidos de acero	33
8.3.3 Supervisión y recepción de concreto en fundiciones	37
8.3.3.1 Prueba de asentamiento (Slump)	38
8.3.3.2 Toma de cilindros de prueba	41

8.4 REPORTE DE AVANCES DE OBRA Y DESVIACIONES	47
8.4.1 Toma de plomos en columnas y muros.....	47
8.4.2 Verificación de aceros en obra.....	51
8.4.4 Inspección del desencofrado, evaluación de superficies y curado	77
8.4.5 Control de asentamientos	82
8.4.6 Control de resultados de resistencia del concreto	88
8.5 ANÁLISIS Y AJUSTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	89
8.6 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES.....	91
8.7 COMPARACIÓN ENTRE PLANOS Y OBRA EN CURSO	98
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
10. BIBLIOGRAFIA	103
11. ANEXOS.....	105
11.1 PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN OBRA Y RESPUESTAS TÉCNICAS	105
11.1.1 Inconsistencias en la resistencia del concreto a 7 días.....	105
11.1.2 Filtraciones de agua en el sótano	106
11.1.3 Problema de bombeo en la fundición de la losa del piso 3	108
11.1.4 Error en el pedido de acero y ajuste en el diseño de columnas	109

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Logo entidad receptora.	14
Ilustración 2 Ubicación del proyecto Torre Onix	15
Ilustración 3 Diseño arquitectónico, fachada edificio Torre Onix	16
Ilustración 4. Modelo del sistema estructural, edificio Torre Onix.	17
Ilustración 5. Pilotes y excavación del sótano.	22
Ilustración 6. Sistema de drenaje y bomba.	23
Ilustración 7. Pilotes a nivel de la cimentación.	23
Ilustración 8. Armado inicial de acero.	24
Ilustración 9. Instalación de tuberías pluviales y eléctricas.	24
Ilustración 10. Armado de arranque columna C1.	25
Ilustración 11. Acero y fundición de la losa de cimentación.	25
Ilustración 12. Columnas y muros del sótano.	26
Ilustración 13. Losa y columnas de primer piso.	26
Ilustración 14. Avance de obra al inicio de la práctica (13/12/2024).	27
Ilustración 15. Entrega de documentos.	28
Ilustración 16. Campamento de obra.	28
Ilustración 17. Recorrido de obra primer y segundo piso.	29
Ilustración 18 Ciclo de construcción del edificio ONIX	29
Ilustración 19. Plano en planta piso 3.	30
Ilustración 20. Despiece de vigas piso 3 (parte 1).	31
Ilustración 21. Despiece de vigas piso 3 (parte 2).	31
Ilustración 22. Plano en planta de la mampostería - piso 1.	32
Ilustración 23. Plano de información complementaria para mampostería.	33
Ilustración 24. Recepción de los camiones con los respectivos pedidos de acero.	34
Ilustración 25. Sitio de depósito del acero.	34
Ilustración 26. Cartilla de acero y etiqueta.	35
Ilustración 27. Recepción de pedido de tubería.	35
Ilustración 28. Revisión de la cantidad de accesorios.	36
Ilustración 29. Recepción de tubería en el sitio de almacenamiento.	36
Ilustración 30. Llegada del mixer al sitio de bombeo en obra.	37
Ilustración 31. Preparación para realizar la verificación del concreto.	37
Ilustración 32. Esquema procedimiento del método ensayo asentamiento cono Abrams.	38
Ilustración 33. Comprobante de entrega Geoacopio (remisión).	39
Ilustración 34. Prueba del Slump en obra.	39
Ilustración 35. Tabla de referencia para análisis de resultados.	40
Ilustración 36. Toma de medida del asentamiento del concreto en obra.	40
Ilustración 37. Cilindros metálicos de la obra.	43
Ilustración 38. Llenado de los cilindros.	44

Ilustración 39. Compactado de los cilindros.	44
Ilustración 40. Golpes con el chipote alrededor del cilindro.	44
Ilustración 41. Enrase de los cilindros.	45
Ilustración 42. Cilindros recién hechos.	45
Ilustración 43. Marcación de los cilindros según la secuencia.	46
Ilustración 44. Muestras sumergidas.	46
Ilustración 45. Recolección de las muestras por parte de la empresa.	47
Ilustración 46. Tabla 8.2 Tolerancias para superficies terminadas.	48
Ilustración 47. Plomada de gravedad.	48
Ilustración 48. Formato realizado para toma de plomos.	49
Ilustración 49. Toma de plomos en campo.	50
Ilustración 50. Medida del plomo.	50
Ilustración 51. Ejemplo de registro de los plomos en campo.	51
Ilustración 52. Supervisión del armado de vigas.	52
Ilustración 53. Ejemplo de revisión de acero de vigas en campo.	52
Ilustración 54. Solución sugerida debido a falta de acero en una viga.	53
Ilustración 55. Recomendación de refuerzo en anclaje.	53
Ilustración 56. Supervisión de aceros en obra.	54
Ilustración 57. Supervisión del armado de columnas.	54
Ilustración 58. Empalme del acero longitudinal según el plano.	55
Ilustración 59. Diagrama de momentos de un pórtico con carga lateral.	56
Ilustración 60. Cambio de diámetro de acero longitudinal en el piso 5.	56
Ilustración 61. Verificación de la separación de estribos en columnas.	57
Ilustración 62. Verificación del diámetro del acero (identificando en la barra y con pie de rey).	57
Ilustración 63. Ejemplo de revisión de columnas y notas de lo encontrado en campo.	58
Ilustración 64. Verificación de la separación del acero en muros (MF3 – Piso 5).	58
Ilustración 65. Instalación de vigas Joist.	59
Ilustración 66. Esquema de un tramo de losa para determinar su dirección.	60
Ilustración 67. Esquema de dirección de trabajo de la losa y vigas con mayor carga.	61
Ilustración 68. Instalación de malla electrosoldada para losa de entrepiso.	61
Ilustración 69. Gráfica esfuerzo vs deformación unitaria para diferentes tipos de acero.	62
Ilustración 70. Entablero de losa según los planos.	64
Ilustración 71. Verificación del apuntalamiento en los gatos de la losa.	65
Ilustración 72. Armado de las gradas.	65
Ilustración 73. Replanteo de columnas mediante hilo entizado.	66
Ilustración 74. Desmoldante de concreto aplicado en las formaletas metálicas.	66
Ilustración 75. Aplicación del desmoldante en las formaletas.	67
Ilustración 76. Encofrado de columnas.	69
Ilustración 77. Toma de plomos después del encofrado.	69

Ilustración 78. Apuntalamiento de columnas encofradas.	70
Ilustración 79. Encofrado del punto fijo (muros de ascensor y escaleras).....	70
Ilustración 80. Paneles para separación del acero con los tableros.	71
Ilustración 81. Distanciadores para garantizar recubrimiento.	71
Ilustración 82. Preparación de la cebo agua-cemento previo a la fundición.....	72
Ilustración 83. Vaciado de concreto en la bomba.	72
Ilustración 84. Radio de comando en fundiciones.	73
Ilustración 85. Comando y dirección de fundiciones.	74
Ilustración 86. Vaciado y vibrado de concreto en vigas y losa.....	74
Ilustración 87. Nivelación del concreto.	75
Ilustración 88. Vaciado y vibrado de concreto en gradadas.	75
Ilustración 89. Vaciado y vibrado de concreto en columnas.	76
Ilustración 90. Chipoteo de columnas durante la fundición.	76
Ilustración 91. Toma de plomos después del vaciado del concreto.	77
Ilustración 92. Desencofrado de losa y vigas.	78
Ilustración 93. Curado de la losa.	78
Ilustración 94. Desencofrado de columnas.....	79
Ilustración 95. Hidratación y curado de columnas.	79
Ilustración 96. Retiro de "corbatas" en los muros.	80
Ilustración 97. Superficies con "nido de abeja" o desprendimiento.	80
Ilustración 98. Resane de superficies.....	81
Ilustración 99. Resane con lechada de cemento en fisuras de la losa.	81
Ilustración 100. Tornillos en el punto de referencia para medir asentamientos.	82
Ilustración 101. Toma de asentamientos con equipo de topografía.....	83
Ilustración 102. Nivel Óptico Automático.	84
Ilustración 103. Nivel Láser Rotativo.	84
Ilustración 104. Estación Total.	85
Ilustración 105. Cartera de control de asentamientos edificio Ónix.....	85
Ilustración 106. Ejemplo de registro de la resistencia a compresión del concreto Torre Ónix.....	88
Ilustración 107. Concreto sobrante de fundición.	90
Ilustración 108. Estimación de cantidades para cotización de acero de dovelas.	91
Ilustración 109. Viga eje 1 - piso 4, para ejemplo de cantidades de acero.....	92
Ilustración 110. Esquema de losa piso 4, para cantidades de concreto.	93
Ilustración 111. Esquema de gradadas piso 3 al 8.	94
Ilustración 112. Posible diagrama de momento flector para un tramo de las escaleras.	94
Ilustración 113. Detalles de mampostería (dovelas).	95
Ilustración 114. Ladrillos usados en la obra.....	96
Ilustración 115. Recepción de las escalerillas.	97
Ilustración 116. Piso despejado para verificación.	98
Ilustración 117. Superficie embombada y pandeo en muros.	99

Ilustración 118. Superficies de muros embombadas.	100
Ilustración 119. Puntos específicos de toma de núcleos.	105
Ilustración 120. Relleno de perforaciones.	106
Ilustración 121. Filtraciones identificadas en el sótano.	107
Ilustración 122. Aditivo usado para tapar reparar los muros.	107
Ilustración 123. Reparación en uno de los muros con mezcla de concreto más aditivo.	108
Ilustración 124. Remisión de viaje de concreto con modificación de aditivos.	109
Ilustración 125. Diagrama de Whitney.	111
Ilustración 126. Secciones circulares modificadas.	111
Ilustración 127. Secciones modificadas con verificación de áreas laterales.	112

TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de formaletas usadas en obra.	68
Tabla 2. Cuadro de cantidades de mampostería para cotización.	90
Tabla 3. Ejemplo de verificación del pedido de acero de vigas.	92
Tabla 4. Ejemplo de cálculo de concreto para la fundición de la losa del piso 4.	93
Tabla 5. Cálculo de cantidad de concreto para gradadas.	94
Tabla 6. Cálculo de cantidades de dovelas para muros de mampostería.	95
Tabla 7. Ejemplo de tablas de cálculo para cantidades de ladrillos.	96
Tabla 8. Tabla de cálculo para corrección de aceros.	110

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la sociedad depende en gran medida de la ingeniería civil, una disciplina fundamental que abarca un amplio campo de acción y busca dar solución a las problemáticas derivadas de las necesidades cotidianas. En este contexto, la Universidad del Cauca, como institución de educación superior, se destaca por ofrecer una formación integral a sus estudiantes, preparando a los futuros ingenieros civiles con las competencias necesarias para enfrentar los retos del entorno laboral.

La modalidad de pasantía, concebida como una de las alternativas para optar al título de ingeniero civil, permite a los estudiantes integrar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de su formación en el Alma Mater. Esta opción está regulada por la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, conforme a lo dispuesto en la Resolución No. 820 del 14 de octubre de 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil (Universidad del Cauca, 2014). Mediante esta modalidad, los estudiantes tienen la oportunidad de adquirir experiencia práctica en una entidad o empresa, enriqueciendo su desarrollo profesional y fortaleciendo su preparación para el mercado laboral.

El presente documento expone el informe correspondiente al desarrollo de la práctica profesional realizada en calidad de auxiliar de ingeniería. Durante esta experiencia, se llevaron a cabo diversas actividades de apoyo técnico, como el control de calidad y cantidad de materiales, así como la verificación de los procesos constructivos, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente y las especificaciones técnicas del proyecto.

La relevancia de esta práctica radica en su contribución al fortalecimiento de los conocimientos técnicos y en el avance y mejora del proyecto en el que se trabajó, permitiendo consolidar habilidades prácticas y aplicarlas en contextos reales. Esta pasantía representó una experiencia enriquecedora, integrando la teoría aprendida durante la formación académica con las destrezas necesarias para un desempeño profesional exitoso.

2. JUSTIFICACIÓN

La Ingeniería Civil, ejerce su influencia en diversos aspectos, es por eso que la Universidad del Cauca brinda a sus estudiantes la oportunidad de enfrentar desafíos reales mediante la modalidad de pasantía, permitiendo la aplicación de conocimientos teóricos en situaciones concretas. En este contexto, la presente justificación subraya la importancia de este anteproyecto, el cual tiene como objetivo contribuir al seguimiento y cumplimiento del proyecto “TORRE ÓNIX”.

La pasantía propuesta se centra en la gestión y coordinación administrativa, facetas fundamentales en los proyectos de infraestructura; en este sentido, la colaboración con la CONSTRUCTORA ADRIANA RIVERA S.A.S resulta como un factor primordial para llevar a cabo esta pasantía, dado que cumple con los requerimientos establecidos por la Universidad. Esto facilitará la aplicación de los conocimientos teóricos en una experiencia tangible y práctica, aportando a la solución de desafíos concretos.

En síntesis, esta propuesta de anteproyecto se justifica en virtud de la necesidad de brindar soluciones prácticas y sostenibles a las distintas problemáticas que se puedan presentar dentro del proceso constructivo del proyecto, además, la colaboración con la CONSTRUCTORA ADRIANA RIVERA S.A.S contribuye al progreso de la comunidad local y a profundizar en conocimientos relacionados con la planificación estructural y el diseño de edificaciones con sistemas estructurales de pórticos de concreto reforzado.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Brindar apoyo técnico como auxiliar de ingeniería en el proyecto “TORRE ÓNIX” mediante el seguimiento de las labores de control conforme el vigente Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar los procesos de construcción asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la seguridad y calidad en el trabajo.
- Colaborar en la revisión y ajuste del presupuesto asignado al proyecto mencionado.
- Calcular la cantidad necesaria de materiales según los planos y verificar si se ajusta a las necesidades reales.

4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA

CONSTRUCTORA ADRIANA RIVERA S.A.S. es una empresa caucana dedicada a la formulación, promoción y construcción de proyectos inmobiliarios, tales como edificaciones, condominios y conjuntos residenciales. En la actualidad se encuentran desarrollando el proyecto “Torre Ónix” el cual se encuentra en su fase de construcción.

Ilustración 1. Logo entidad receptora.



Fuente: Constructora Adriana Rivera S.A.S. (s. f.).

- **NIT:** 900.518.950-1
- **RAZÓN SOCIAL:** CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA ADRIANA RIVERA
- **DIRECCIÓN PRINCIPAL:** Calle 14 N # 6-53 - El Recuerdo (Popayán, Cauca)
- **REPRESENTANTE LEGAL:** Carlos Alberto Rivera Farinango.
- **TELEFONO:** 3105686001
- **PAGINA WEB:** <https://inmobiliariaadrianarivera.com/>

4.1.1 Misión

Construir espacios arquitectónicos y urbanísticos únicos e innovadores socialmente responsables, que generan bienestar y valor agrado a nuestros accionistas.

4.1.2 Visión

Ser una compañía colombiana con proyección internacional, líder en el sector de la construcción con los máximos estándares de calidad.

4.1.3 Función de la empresa

Nuestro compromiso es construir y comercializar proyectos inmobiliarios con infraestructura apropiada, el apoyo permanente de un equipo humano competente y comprometido con el mejoramiento continuo de los procesos de la compañía, garantizando de esta manera el cumplimiento de los requisitos, los mejores estándares de calidad y satisfacción de nuestros clientes.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.2.1 Localización

La Torre Ónix se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Popayán en el barrio Ciudad Jardín, sector que cuenta con cercanía a supermercados, restaurantes, espacios deportivos como el Parque de la Salud, Estadio Ciro López, Coliseo La Estancia, instituciones educativas como la Universidad del Cauca, Universidad Maria Cano y Cooperativa, Colegio Franciscanas y Bethlemitas.

Ilustración 2 Ubicación del proyecto Torre Onix



Fuente: Brochure edificio Torre Onix.

4.2.2 Especificaciones generales

La CONSTRUCTORA ADRIANA RIVERA S.A.S ha pensado en la necesidad de un proyecto para personas independientes y por ello ha creado la Torre Ónix, un edificio tipo

Coliving de 8 pisos de 55 apartaestudios rodeada de balcones, 55 parqueaderos para motos, 4 locales y espacios diseñados para disfrutar en comunidad: salón de coworking, gimnasio, sala de esparcimiento y sala de juegos.

Ilustración 3 Diseño arquitectónico, fachada edificio Torre Onix



Fuente: Brochure edificio Torre Onix, Diseños arquitectónicos CADAVID ARQUITECTOS

4.2.3 Especificaciones técnicas

El diseño estructural de la edificación está basado en un sistema de pórticos de concreto reforzado, catalogado como una estructura con capacidad especial de disipación de energía (DES). Este sistema está compuesto por columnas, que se encargan de transmitir las cargas del edificio al terreno; vigas, que conectan las columnas y soportan las cargas de los pisos; y losas, que cubren los espacios entre las vigas y distribuyen las cargas de los pisos. En conjunto, este sistema garantiza una alta resistencia estructural.

Adicionalmente, la edificación contará con dos tipos de muros: estructurales y no estructurales. Los muros estructurales, fabricados en concreto reforzado, estarán ubicados en zonas específicas, como el área destinada al ascensor, y contribuirán significativamente a la estabilidad de la estructura. Por otro lado, los muros no estructurales fabricados en mampostería y utilizados como divisiones interiores o

fachadas, no desempeñarán un papel en la resistencia estructural, pero sí en la compartimentación y estética del edificio.

Ilustración 4. Modelo del sistema estructural, edificio Torre Onix.



Fuente: Brochure edificio Torre Onix, Diseños arquitectónicos CADAVID ARQUITECTOS

5. REFERENCIAS

5.1. Sistema de pórtico

La norma NSR-10 describe el sistema de pórtico, el cual como su nombre lo indica está compuesto por un pórtico, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales. Este sistema es el que permite la mayor libertad en la propuesta arquitectónica y es el más difundido en nuestro medio. El mayor cuidado en el proceso constructivo debe darse a la adecuada conformación de los nudos puesto que de ellos va a depender su desempeño. Es a través de este concepto como se logra garantizar que los acabados no sufran daños mayores bajo el efecto de un sismo. (Sistema pórtico para estructura en concreto ¿Qué y cómo?, 2024.)

5.2. Reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10

Contiene las disposiciones y consideraciones a tener en cuenta en una construcción, en lo que se refiere a aspectos estructurales que son claves para garantizar tanto la

estabilidad de la misma estructura como la integridad de sus usuarios. (La Norma Sismo Resistente NSR 10, 2021.)

5.3. Control de calidad

La calidad en la construcción de obras civiles es primordial para garantizar la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia. Un proyecto respaldado por una buena calidad permite un rendimiento mucho más sólido, ya que es menos probable que requiera un mantenimiento inesperado. Esto, a su vez, reduce los costos y previene posibles riesgos y responsabilidades para los usuarios. Una buena calidad también garantiza que el proyecto cumplirá los requisitos establecidos en el diseño y las especificaciones, lo cual es esencial para lograr todos los objetivos previstos de un proyecto de construcción. (Importancia de la calidad en la construcción de obras civiles, 2024.)

5.4. Gestión financiera

La gestión financiera en proyectos de construcción es clave para asegurar la viabilidad económica y el éxito del proyecto. Esta implica la planificación, el control y el seguimiento de todos los costos asociados, desde el inicio hasta la finalización. Entre los conceptos más importantes se encuentran la gestión de presupuestos, el cual, si se encuentra bien estructurado permite proyectar los gastos previstos y controlar los costos a medida que el proyecto avanza. (Gestión financiera de proyectos de construcción, 2020.)

6. PLAN DE TRABAJO EJECUTADO

El marco temporal de la pasantía proporcionó la base para la implementación de una metodología estructurada para desarrollar debidamente los objetivos establecidos previamente, cuyas etapas se describen a continuación:

- Inicialmente, el pasante llevó a cabo una identificación y comprensión del contexto a través de un análisis de la dependencia receptora, la Constructora Adriana Rivera S.A.S. Esto se realizó mediante un proceso de inducción pertinente, la cual permitió una rápida comprensión de los procesos, requerimientos y, de hecho, la adaptación al entorno laboral.
- La planificación y diseño de estrategias o actividades se basaron en la comprensión del contexto y en las indicaciones de las tareas asignadas, lo cual incluía la supervisión de los procesos de construcción, el cálculo de los materiales necesarios para el avance de la obra y la revisión del presupuesto.
- Se registra el desarrollo de dichas actividades mediante el presente informe final, en donde se ilustran las conclusiones y aprendizajes obtenidos a través del trabajo de grado bajo la modalidad pasantía en la empresa.

Es importante resaltar que el enfoque principal de esta práctica se centraba en el sistema estructural, evaluando materiales y la ejecución de los diseños según las especificaciones técnicas y la normatividad vigente. Además, se llevó un registro detallado de pruebas y acciones realizadas, asegurando un seguimiento preciso y facilitando futuras auditorías.

Para llevar a cabo la pasantía en la CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA ADRIANA RIVERA S.A.S, se siguieron varias etapas clave que se describen teniendo en cuenta los objetivos específicos planteados inicialmente.

6.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Revisar los procesos de construcción asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la seguridad y calidad en el trabajo.

6.1.1. Actividad 1: Identificación y comprensión del contexto laboral.

El pasante revisó el avance de la obra para comprender y conocer el entorno laboral mediante un recorrido por toda el área construida con el fin de identificar cada uno de los avances realizados hasta el momento de la vinculación como pasante.

6.1.2. Actividad 2: Revisión de planos y especificaciones técnicas.

A partir de los planos suministrados por la empresa el pasante realizó un análisis detallado de planos y especificaciones técnicas con el fin de comprender los requisitos de diseño, el avance presente y el desarrollo posterior de la obra. La revisión detallada de los planos resultó ser un momento muy importante para entender el contexto de la obra y así mismo calcular la cantidad de los materiales requeridos para la evolución del proyecto.

6.1.3. Actividad 3: Supervisión de la calidad de los materiales.

Cada vez que se recibía material nuevo para la obra, el pasante debía verificar que llegará la cantidad solicitada y con las especificaciones requeridas, por ejemplo, en el caso del concreto, se realizaban ensayos de asentamiento y cilindros de prueba (6 unidades) para posteriormente enviarlos al laboratorio, pasado el tiempo establecido se recibían los resultados y se verificaba la calidad del concreto.

6.1.4. Actividad 4: Reporte de avances de obra y desviaciones.

Este reporte lo realizó el pasante con el fin de aportar información de lo realizado en la obra al interventor, las tareas más significativas era la toma de plomos de las columnas y algunos muros, lo que se realizaba con el fin de verificar la estabilidad y distribución del peso de cada uno de estos elementos después de su fundición, y también la verificación del acero en elementos estructurales.

6.2. **OBJETIVO ESPECÍFICO 2:** Colaborar en la revisión y ajuste del presupuesto asignado al proyecto mencionado.

6.2.1. Actividad 5: Análisis y ajuste del presupuesto del proyecto.

Al inicio de la práctica se realizó una introducción de lo ejecutado hasta el momento con el fin de que el pasante comprenda el avance de la obra en términos financieros, a medida que se iba desarrollando el proyecto, se encontraron diversos factores que afectaban dicho presupuesto, estas situaciones permitieron conocer las múltiples situaciones que se pueden presentar en una construcción y las soluciones rápidas que deben darse sin afectar significativamente el presupuesto.

6.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Calcular la cantidad necesaria de materiales según los planos asignados y verificar si se ajusta a las necesidades reales.

6.3.1. Actividad 6: Determinación de la cantidad de materiales.

Con la dirección del equipo técnico el pasante realizó el cálculo de las cantidades de los materiales, tales como aceros, concreto y mampostería, los cuales eran fundamentales para el avance de la obra, con el fin de asegurar que todos los materiales estén disponibles en la cantidad adecuada y en el momento preciso, se realizaba una exhaustiva revisión de los planos con tiempo de antelación para elaborar formatos dependiendo de la actividad que se necesitara calcular.

6.3.2. Actividad 7: Comparación entre planos y obra en curso.

Cada vez que se realizaba visita a la obra el pasante verificaba que lo realizado se ajustará a los planos establecidos, ya que algunos pisos del edificio variaban entre si debido a su uso. Por otro lado, los días en los que se realizaba fundición y también cuando se recibía el pedido del acero, se verificaba si la cantidad de materiales proyectada correspondió con las necesidades reales.

7. AVANCE DE LA OBRA

Al llegar al proyecto "Torre Ónix", la obra presentaba un avance considerable, ya que se había completado toda la etapa correspondiente a la cimentación. Para este proyecto, se

optó por una cimentación profunda mediante pilotes, debido a las características del suelo, la extensión del área de construcción y el uso de la edificación. Luego, se llevó a cabo la construcción un sistema de drenaje, debido a que en esta zona el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie, por eso es necesario darle un manejo adecuado de tal manera que no genere inestabilidades en el terreno, seguido a esto se realizó la construcción de las vigas de cimentación, losa de cimentación y del sótano, el cual contaba con un sistema de muros de concreto reforzado a todo su alrededor, también se ejecutaron los elementos estructurales principales, como el punto fijo y las columnas, definiendo la dirección estructural para las siguientes etapas y la instalación de las tuberías pluviales y eléctricas. Se fundieron, de manera progresiva, la losa de entrepiso 1 y 2, y los elementos estructurales del primer y segundo piso. Es importante resaltar que, para fundir las losas de entrepiso, se utilizaba un sistema de **vigas joist**, diseñado para optimizar la distribución de cargas y soporte en el momento de la fundición. Posterior a los procedimientos constructivos realizados, se inicia la práctica el **13 de diciembre de 2024**, mientras se estaba realizando el encofrado de la losa de entrepiso 3 y el amarre del acero para las columnas del tercer piso.

Ilustración 5. Pilotes y excavación del sótano.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Ing. Orlando Vásquez.

Ilustración 6. Sistema de drenaje y bomba.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Ing. Orlando Vásquez.

Ilustración 7. Pilotes a nivel de la cimentación.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 8. Armado inicial de acero.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 9. Instalación de tuberías pluviales y eléctricas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 10. Armado de arranque columna C1.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 11. Acero y fundición de la losa de cimentación.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 12. Columnas y muros del sótano.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Ilustración 13. Losa y columnas de primer piso.



Fuente: Registro fotográfico de obra, Pasante Karol Bolaños.

Al pasar un lapso de tiempo entre la finalización de la participación de la pasante Karol Bolaños y la iniciación del pasante David Beltrán, se presentó un avance significativo del cual no se tiene registro fotográfico.

Ilustración 14. Avance de obra al inicio de la práctica (13/12/2024).



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PASANTIA

8.1 IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL CONTEXTO LABORAL

Al llegar, se realiza una inducción al pasante sobre las políticas, objetivos y reglamento de higiene, seguridad industrial y convivencia de la constructora; donde se hace énfasis en las buenas prácticas de seguridad y salud. Se destacan los protocolos y el uso adecuado de los equipos de protección personal, así como las medidas a seguir en caso de accidente, enfermedad, acoso laboral, etc. La charla estuvo a cargo de Liliana Pérez, profesional encargada de seguridad y salud en el trabajo, quien hace firmar el compromiso para el cumplimiento de dichas normativas.

Ilustración 15. Entrega de documentos.



Fuente: Registro fotográfico, tomada por el autor.

Los días posteriores al inicio de la práctica el pasante realizó un reconocimiento de las oficinas, el campamento y la obra, donde se pudo identificar el entorno y el equipo de trabajo, tales como el director de obra, interventor, maestros de obra, ayudantes, herreros, almacenista, operarios de máquina, equipo eléctrico, entre otros, lo que permite conocer la función de cada uno de ellos y así mismo una mejor comprensión del contexto laboral. Durante esta inducción, se lleva a cabo una charla técnica con el director de obra, Orlando Vásquez, para conocer específicamente los avances del proyecto y recibir los planos del proyecto que servirán como guía de cumplimiento y referencia modificable.

Ilustración 16. Campamento de obra.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

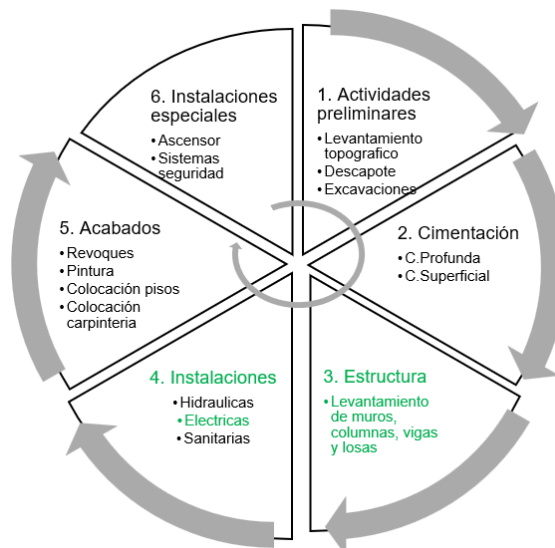
Ilustración 17. Recorrido de obra primer y segundo piso.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

El ciclo de construcción proporciona una visión organizada y secuencial de las etapas clave que conforman el desarrollo de la obra. Este esquema sirve como una guía práctica para entender y planificar cada fase del proyecto, desde las actividades preliminares hasta los acabados e instalaciones especiales. Además, permite identificar los recursos, tiempos y equipos necesarios para cada etapa, facilitando la toma de decisiones.

Ilustración 18 Ciclo de construcción del edificio ONIX

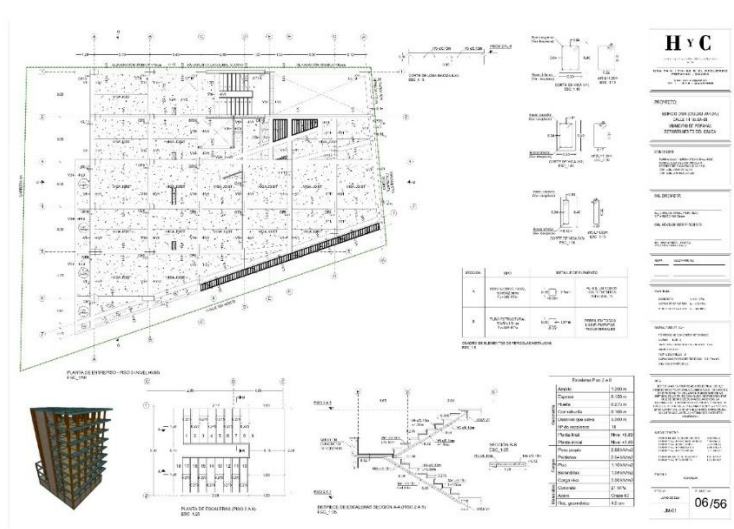


Fuente. Elaboración propia presente estudio pasantía. 2024

8.2 REVISIÓN DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el desarrollo de esta práctica, el pasante realizó el análisis detallado de los planos y las especificaciones técnicas constituye un paso fundamental para entender y garantizar el cumplimiento de los requisitos de diseño y la correcta ejecución de las actividades. A partir de los documentos suministrados por la empresa, llevó a cabo una revisión exhaustiva que permitió no solo comprender el estado actual y las etapas futuras de la obra, sino también calcular con precisión las cantidades de materiales necesarios. Este proceso fue clave para contextualizar el proyecto y asegurar una planificación eficiente de los recursos. A continuación, se presentan los planos analizados a partir del piso 3 para todo lo correspondiente a la estructura de concreto reforzado, y un plano tipo del piso 1 que contiene la información de la mampostería, ya que en ese punto fue donde inicio la participación en el proyecto. En la ilustración 19, encontramos el plano correspondiente a la planta del piso 3, mostrando la distribución estructural con detalles de vigas, columnas y losa maciza, especificaciones del acero de refuerzo y separaciones sísmicas. Incluye la planta y despiece de escaleras, con dimensiones de peldaños, huellas y contrahuellas. Se presentan detalles de elementos metálicos, especificando perfiles estructurales utilizados en pérgolas y refuerzos. Además, contiene notas técnicas sobre materiales, cargas, criterios de diseño y recomendaciones estructurales.

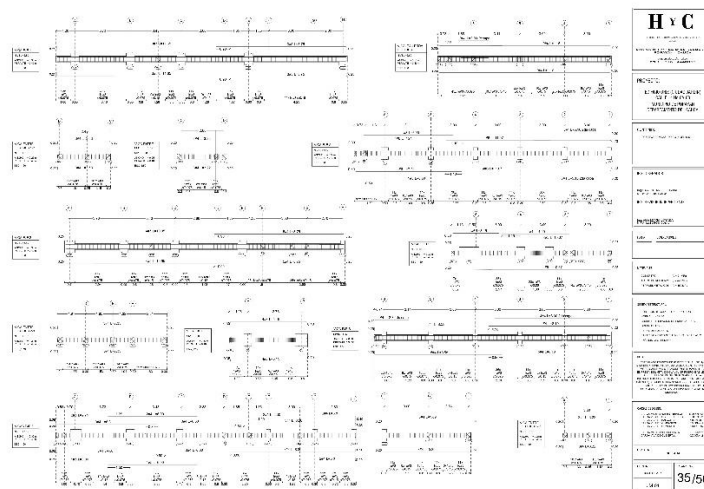
Ilustración 19. Plano en planta piso 3.



Fuente. H y C INGENIERIA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, Diseños estructurales

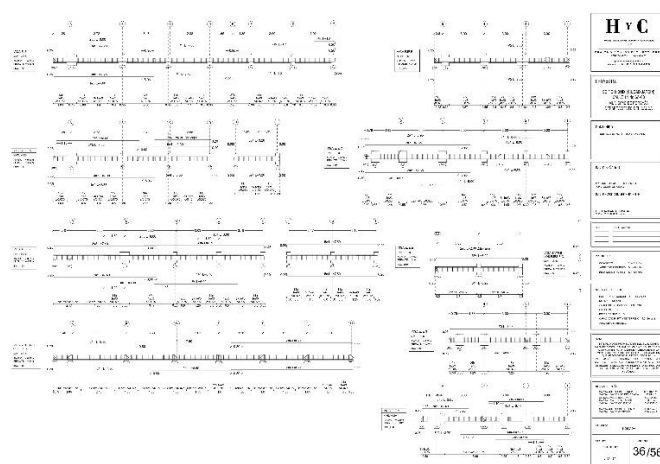
En las ilustraciones 20 y 21, encontramos el plano correspondiente al despiece de vigas del piso 3, mostrando las dimensiones, distribución y refuerzo de cada viga estructural. Incluyen cortes transversales con especificaciones del acero de refuerzo, longitud de traslapos, distribución de estribos y ubicación de apoyos. Se detallan diferentes tipos de vigas según su ubicación y carga, con sus respectivas dimensiones y cuantía de refuerzo en acero. Además, contienen notas técnicas sobre criterios de diseño, materiales y recomendaciones estructurales.

Ilustración 20. Despiece de vigas piso 3 (parte 1).



Fuente. H y C INGENIERIA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, Diseños estructurales

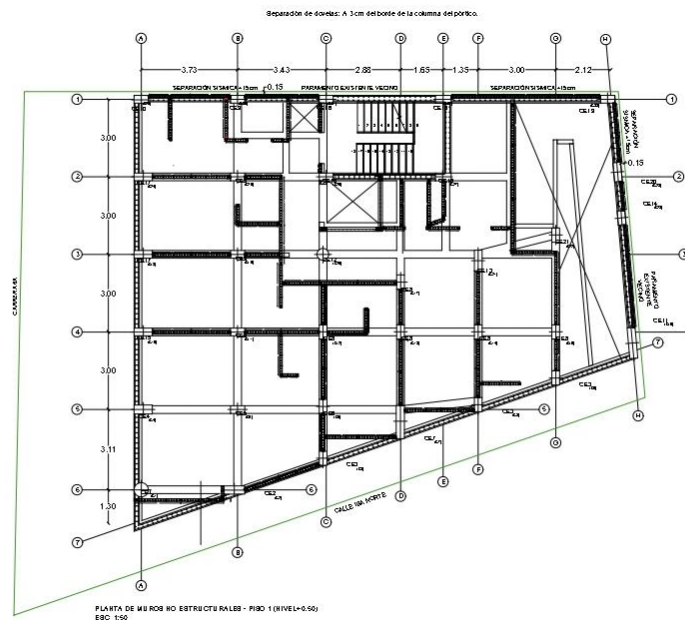
Ilustración 21. Despiece de vigas piso 3 (parte 2).



Fuente. H y C INGENIERIA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, Diseños estructurales

El siguiente plano muestra la planta de la mampostería del piso 1, detallando la distribución de muros, columnas y vanos dentro del proyecto. Se incorporó la información de las dovelas, considerando la separación recomendada para cada nivel según las indicaciones del ingeniero estructural (3 cm del borde de la columna), con el objetivo de garantizar la estabilidad y resistencia de la estructura. Además, se incluyen cotas, ejes estructurales y elementos clave para la ejecución de la obra.

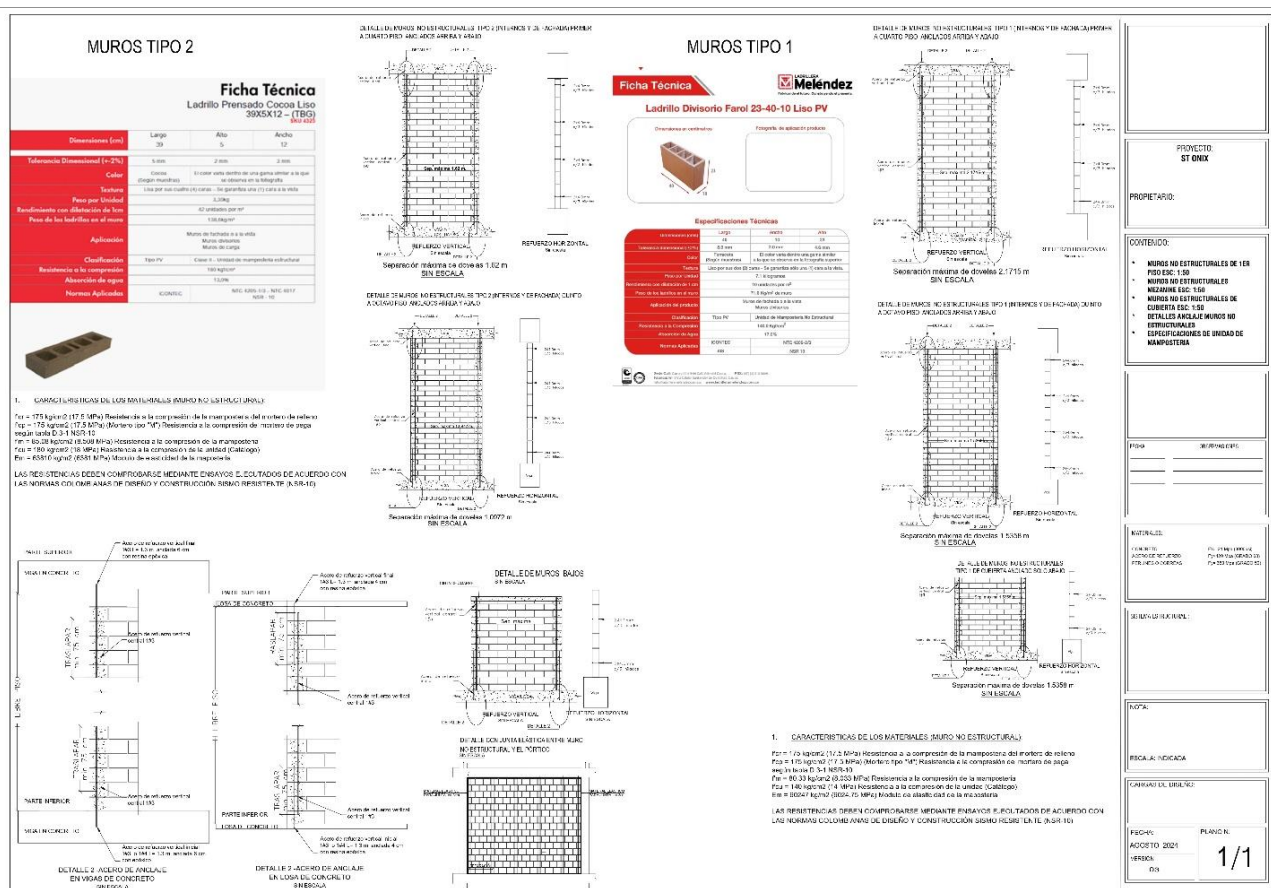
Ilustración 22. Plano en planta de la mampostería - piso 1.



Fuente. H y C INGENIERIA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S, Diseños estructurales

El siguiente plano complementa la información necesaria para la mampostería, pues muestra la distribución de los muros no estructurales en el proyecto, diferenciando entre los ubicados en los primeros cuatro pisos y los de los niveles superiores, e incluyendo detalles sobre el refuerzo horizontal y vertical con acero Grado 60 y 50 según su función. Se especifican los materiales, como la mampostería con resistencia definida por la NSR-10 y el mortero, así como el módulo de elasticidad correspondiente. Además, se incluyen los anclajes en vigas y losas de concreto con resina epóxica y la junta elástica de 3 cm entre muro y pórtico para absorber movimientos estructurales, todo acompañado de planos detallados con cotas y especificaciones clave para su correcta ejecución.

Ilustración 23. Plano de información complementaria para mampostería.



Fuente. H y C INGENIERIA ESTRUCTURAL COLOMBIA S.A.S. Diseños estructurales

8.3 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

8.3.1 Asistencia en la recepción de pedidos de acero

Esta actividad consistió en que el pasante brindara asistencia para supervisar y verificar que los materiales entregados cumplieran con las especificaciones requeridas para el proyecto, lo que quiere decir que se debía recibir y revisar las órdenes de entrega, asegurando que las cantidades, dimensiones y tipos de acero entregados coincidieran con los detalles del pedido (cartillas).

El pasante debía realizar la supervisión y verificación de materiales, lo cual es una tarea fundamental para garantizar la calidad y eficiencia en cualquier proyecto de construcción.

Hay que asegurar que los materiales entregados cumplan con las especificaciones requeridas evita retrasos, reduce desperdicios y garantiza la seguridad estructural.

Ilustración 24. Recepción de los camiones con los respectivos pedidos de acero.



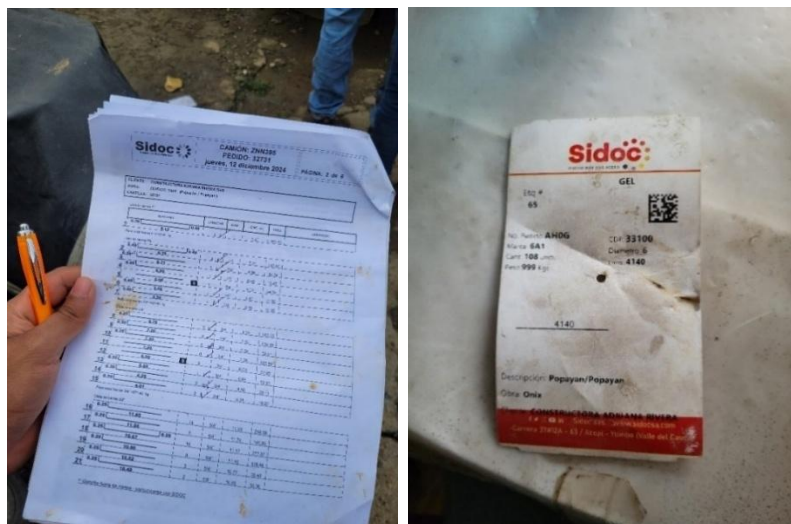
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 25. Sitio de depósito del acero.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 26. Cartilla de acero y etiqueta.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.3.2 Asistencia en la recepción de pedidos de tubería

Esta actividad consistió en la asistencia del pasante para la recepción y revisión de las órdenes de entrega del pedido de la tubería, asegurando que las cantidades, dimensiones y tipos de tuberías, accesorios hidráulicos y sanitarios coincidieran con los detalles del pedido.

Ilustración 27. Recepción de pedido de tubería.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

En el registro fotográfico se respalda la supervisión realizada y documenta el conteo y organización de los materiales recibidos.

Ilustración 28. Revisión de la cantidad de accesorios.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 29. Recepción de tubería en el sitio de almacenamiento.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.3.3 Supervisión y recepción de concreto en fundiciones

Esta actividad consistía el pasante debía supervisar la recepción del concreto en obra, verificando que la etiqueta del mixer coincida con la remisión, en la cual se debe asegurar el cumplimiento de especificaciones técnicas y normativas de calidad. También realizaba la verificación del asentamiento, toma de cilindros de prueba para ensayos de resistencia, así como monitorear la distribución y colocación en los elementos estructurales.

Ilustración 30. Llegada del mixer al sitio de bombeo en obra.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 31. Preparación para realizar la verificación del concreto.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.3.3.1 Prueba de asentamiento (Slump)

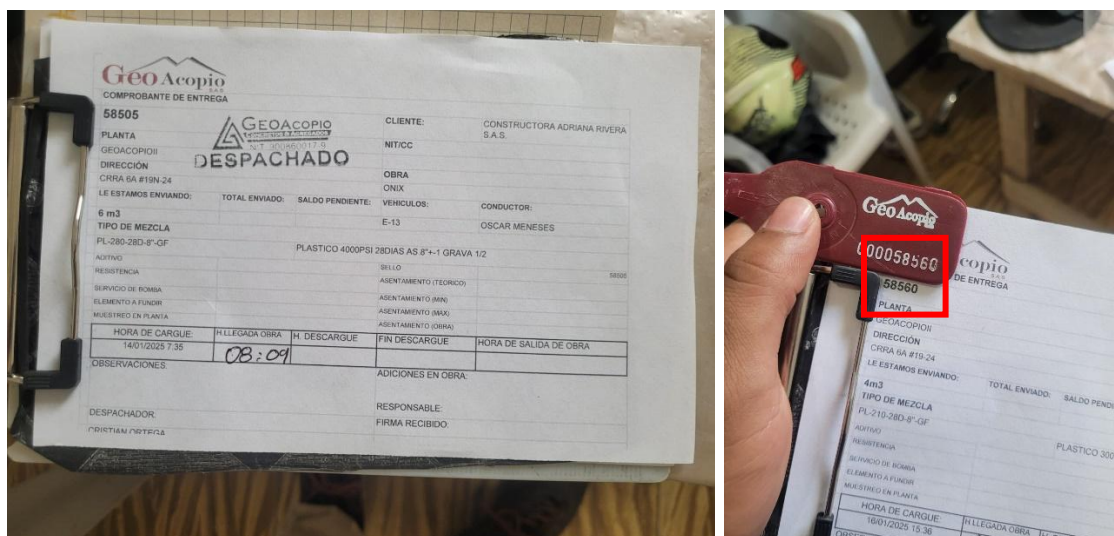
La prueba de asentamiento con el método cono de Abrams, consiste en tomar una muestra del concreto premezclado, se coloca la mezcla dividida en 3 capas y en cada capa se deben dar 25 golpes con la varilla, luego se procede a retirar el molde y se mide la altura, esa altura corresponde al asentamiento del concreto es decir la fluidez, es importante que este valor coincida con el asentamiento pedido (en pulgadas), en un margen de error de más o menos 2".

Ilustración 32. Esquema procedimiento del método ensayo asentamiento cono Abrams.



Fuente: Sanitary Engineer, Prueba de slump procedimiento, 2021.

Ilustración 33. Comprobante de entrega Geoacopio (remisión).



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 34. Prueba del Slump en obra.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

El resultado de la prueba se obtiene midiendo el descenso del concreto una vez que se retira el cono de Abrams. Esta medida refleja la capacidad del concreto para fluir y moldearse sin segregar sus componentes. Dependiendo de la magnitud del asentamiento, se puede clasificar, a continuación, se presenta una tabla de clasificación que podría servir como referente para entender la medida obtenida.

Ilustración 35. Tabla de referencia para análisis de resultados.

CONSISTENCIA EN CONO		NORMATIVA EUROPEA	
Consistencia	Asentamiento en cm.	Clase	Asentamiento en mm.
Seca	0 a 2	S1	10 a 40
Plástica	3 a 5	S2	50 a 90
Blanda	6 a 9	S3	100 a 150
Fluida	10 a 15	S4	≥ 160
Líquida	≥ 16		

Consistencia del Hormigón	Aspecto	Asentamiento [cm]	Método de Compactación
A-1 Seca	Suelto y sin cohesión	1,0 a 4,5	Vibración potente, apisonado enérgico en capas delgadas
A-2 Plástica	Levemente cohesivo	5,0 a 9,5	Vibración normal, varillado y apisonado.
A-3 Blando	Levemente fluido	10,0 a 15,0	Vibración leve, varillado.
A-4 Superfluidificado	Fluido	15,5 a 22,0	Muy leve y cuidadosa vibración, varillado

Fuente: El blog del ingeniero civil, 2015.

Ilustración 36. Toma de medida del asentamiento del concreto en obra.





Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

La realización de la prueba de *slump* en la obra no solo permitió el control de calidad del concreto, sino que también facilitó la toma de decisiones oportunas respecto a su uso y manejo durante las fundiciones. Esta prueba es fundamental para verificar la trabajabilidad del concreto y garantizar que se ajuste a las especificaciones del diseño estructural. Un asentamiento demasiado bajo puede dificultar el vaciado y la compactación, mientras que uno excesivamente alto podría comprometer la resistencia y favorecer la segregación de los materiales. Por lo general, la tolerancia aceptada para el asentamiento es de aproximadamente $\pm 1"$ con respecto al valor especificado, variando según la resistencia del concreto solicitado y el tipo de estructura. Como ejemplo, en la prueba realizada en el punto fijo del piso 7 el día 13 de marzo de 2025, se obtuvo un asentamiento de 7", un valor que se encontraba dentro del rango permitido, por lo que fue considerado aceptable para su uso en la fundición correspondiente.

8.3.3.2 Toma de cilindros de prueba

De acuerdo con lo establecido en el capítulo C.5 – CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN de la NSR-10, donde se especifican la frecuencia y los criterios técnicos para la realización de los ensayos de resistencia del concreto, se determinan las condiciones estándar que deben implementarse durante la ejecución de la obra. El cumplimiento de estas directrices es fundamental para garantizar que el

concreto utilizado cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y desempeño estructural, asegurando así la estabilidad, seguridad y calidad de la estructura final.

C.5.6.2 — Frecuencia de los ensayos

C.5.6.2.1 — Las muestras (véase C.5.6.2.4) para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 40 m^3 de concreto, ni menos de una vez por cada 200 m^2 de superficie de losas o muros. De igual manera, como mínimo, debe tomarse una muestra por cada 50 tandas de mezclado de cada clase de concreto.

C.5.6.2.3 — Cuando la cantidad total de una clase dada de concreto sea menor que 10 m^3 , no se requieren ensayos de resistencia cuando la evidencia de que la resistencia es satisfactoria sea aprobada por el Supervisor Técnico.

C.5.6.2.4 — Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c .

Respecto a la frecuencia de la toma de los cilindros de prueba, para esta obra se tomaban cada vez que había fundición de cualquier parte de la estructura, sea losa, columnas o muros. Esta práctica cumple con el criterio establecido en el apartado C.5.6.2.1 de la NSR 10, ya que, por ejemplo, para el caso de la fundición de las losas el volumen de concreto era mayor de 40 m^3 , según las cubicaciones realizadas en cada fundición.

Para tomar las muestras, en la obra se decidió utilizar seis cilindros metálicos, resistentes y reutilizables, que cumplen con las especificaciones establecidas por la norma. Esta decisión se tomó con el fin de contar con un mayor número de especímenes que permitieran repetir ensayos en caso de resultados anómalos o realizar pruebas complementarias si era necesario.

Asimismo, se cumplió con el criterio de que el diámetro del cilindro fuera al menos el doble del tamaño máximo nominal del agregado, y que su altura fuera igual al doble del diámetro. En este caso, los cilindros utilizados en obra tenían una dimensión de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, cumpliendo con los requisitos normativos y asegurando condiciones adecuadas para la evaluación de la resistencia del concreto.

Ilustración 37. Cilindros metálicos de la obra.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Los cilindros deben ser limpiados y lubricados previamente para asegurar una fácil extracción de la muestra una vez que el concreto ha fraguado. El pasante procede a llenar los cilindros con el concreto fresco, dividido en 3 capas, donde cada capa se compacta con una varilla metálica 25 veces y se dan de 10 a 15 golpes alrededor del cilindro con un chipote de goma para eliminar posibles vacíos, es importante tener cuidado de no compactar demasiado el concreto para evitar que se alteren sus propiedades mecánicas

y de fluidez. Una vez llenados los cilindros, se procede a nivelar la superficie con una espátula metálica la superficie de la muestra.

Ilustración 38. Llenado de los cilindros.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 39. Compactado de los cilindros.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 40. Golpes con el chipote alrededor del cilindro.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 41. Enrase de los cilindros.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 42. Cilindros recién hechos.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Al día siguiente de haber fabricado los cilindros, se retiran del molde metálico, se marcan según la secuencia establecida en la obra para su identificación y se sumergen en agua

a temperatura ambiente para mantener una humedad adecuada. Posteriormente, la empresa encargada de realizar las pruebas de resistencia a los 7, 14 y 28 días.

Ilustración 43. Marcación de los cilindros según la secuencia.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Los cilindros de concreto se sumergen en agua a temperatura ambiente para garantizar un proceso de curado adecuado. Este procedimiento permite que el concreto mantenga la humedad necesaria para que la hidratación del cemento continúe de manera óptima, lo que contribuye al desarrollo de su resistencia mecánica. Un curado deficiente podría afectar a las pruebas.

Ilustración 44. Muestras sumergidas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 45. Recolección de las muestras por parte de la empresa.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.4 REPORTE DE AVANCES DE OBRA Y DESVIACIONES

Esta actividad consistía en la supervisión diaria de la obra, donde el pasante realizaba reportes de lo encontrado.

8.4.1 Toma de plomos en columnas y muros

La toma de plomos en elementos estructurales fundidos, como muros y columnas, es fundamental en la construcción para verificar la verticalidad de estos elementos y garantizar su estabilidad y funcionalidad dentro de la edificación. Esta verificación se realiza con el uso de instrumentos como el nivel láser, la plomada de gravedad o el teodolito, dependiendo del grado de precisión requerido en el proyecto. El procedimiento de verificación comienza con la preparación del área, para asegurar una medición precisa. Luego, se selecciona la herramienta adecuada que en este caso se usó **la plomada de gravedad**.

La medición se realiza posicionando la plomada en el elemento estructural y comparando las lecturas en diferentes alturas del muro o columna. Posteriormente, se registran las desviaciones encontradas en relación con la línea de referencia. Dichas desviaciones tienen una tolerancia, como se indica en la ilustración 46. Todos estos datos obtenidos se reportaban mediante un formato realizado para esta actividad, donde se organizaba correctamente la información y si se detectaban valores que excedieran dichas tolerancias, era necesario evaluar las posibles correcciones.

Ilustración 46. Tabla 8.2 Tolerancias para superficies terminadas.

» Tabla 8.2 Tolerancias para superficies terminadas			
1. Variaciones en el desplome	a. En el alineamiento y superficies de columnas, pilas, muros y en las esquinas	Por cada 2 m de longitud	0,5 cm
		Máximo para la longitud total	2,5 cm
	b. Para esquinas expuestas de columnas, ranuras en juntas de control, y otras líneas visibles	Por cada 5 m de longitud	0,5 cm
		Máximo para la longitud total	1,5 cm
2. Variaciones con respecto a los niveles especificados en los documentos del contrato	a. En la superficie superior de placas, cubiertas, vigas y gradas, medidas antes de remover los elementos temporales de soporte	Por cada 2 m de longitud	0,5 cm
		En cualquier vano o por cada 6 m de longitud	1,0 cm
		Máximo para toda la longitud	2,0 cm
	b. En dinteles expuestos, soleras, antepechos, ranuras horizontales y otras líneas visibles	En cualquier vano o por cada 5 m de longitud	0,5 cm
3. Variaciones en líneas rectas de edificios, a partir de posiciones establecidas en planos y de posiciones relacionadas de columnas, muros y particiones		Máximo para longitud total	1,5 cm
		En cualquier vano	1,5 cm
		Por cada 5 m de longitud	1,0 cm
		Máximo para la longitud total	2,5 cm
4. Variaciones en las medidas y localización de	Vacíos, ductos, aberturas en placas y muros		± 1,0 cm

Fuente: Manual práctico: Supervisión de estructuras de concreto

Ilustración 47. Plomada de gravedad.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 48. Formato realizado para toma de plomos.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 49. Toma de plomos en campo.



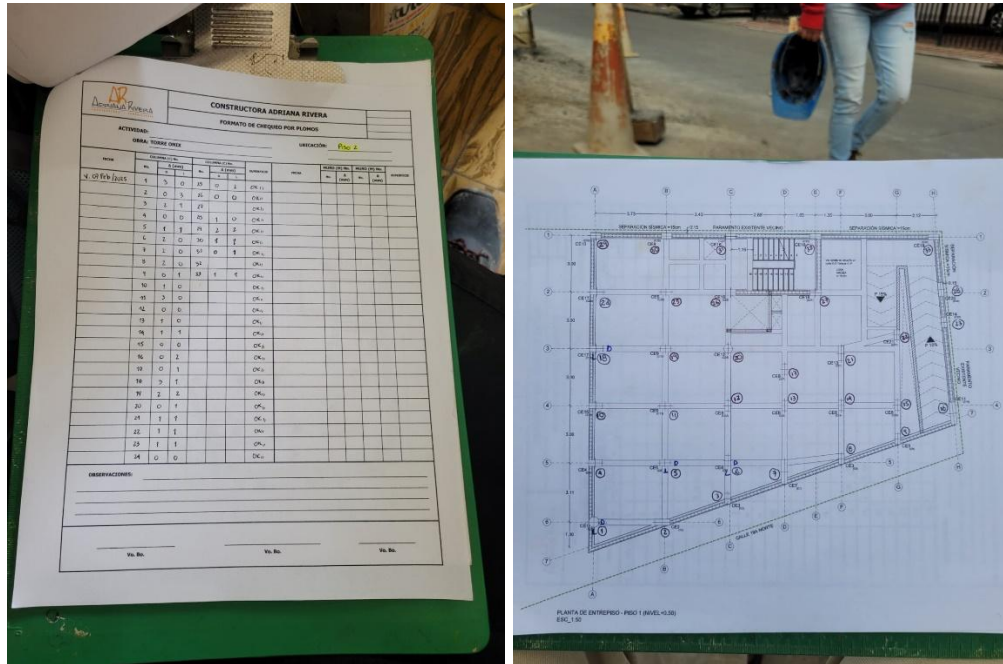
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 50. Medida del plomo.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 51. Ejemplo de registro de los plomos en campo.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.4.2 Verificación de aceros en obra

En cada nivel de la estructura, previo al proceso de fundición, el pasante realizó la verificación de los aceros en vigas y columnas con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los planos estructurales y las especificaciones técnicas. Para esta tarea, se imprimieron los planos de cada elemento estructural con su ubicación en planta, lo que permitió una inspección detallada y organizada.

Durante la revisión, el pasante identificó posibles inconsistencias, como variaciones en el diámetro de las barras, desplazamientos en la distribución del refuerzo o errores en los empalmes y traslapos. Cualquier anomalía detectada fue reportada de inmediato, procediendo a su corrección antes del vaciado del concreto. Asimismo, todas las modificaciones y ajustes realizados fueron informados al interventor del proyecto para su validación y registro.

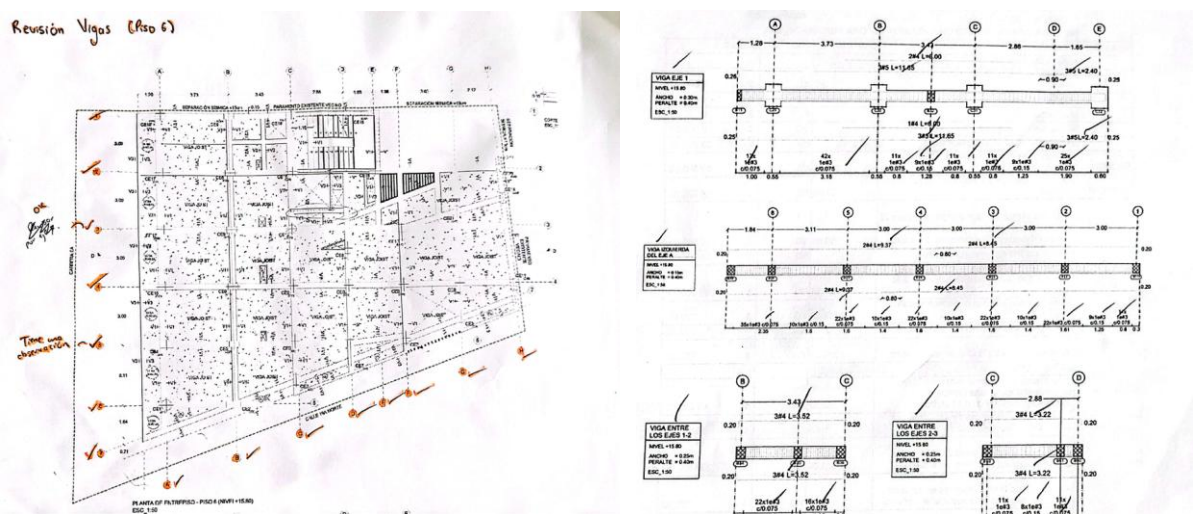
Este procedimiento garantizó que la estructura cumpliera con los requisitos de diseño y normatividad vigente, reduciendo el riesgo de fallas y asegurando la calidad del proceso constructivo.

Ilustración 52. Supervisión del armado de vigas.



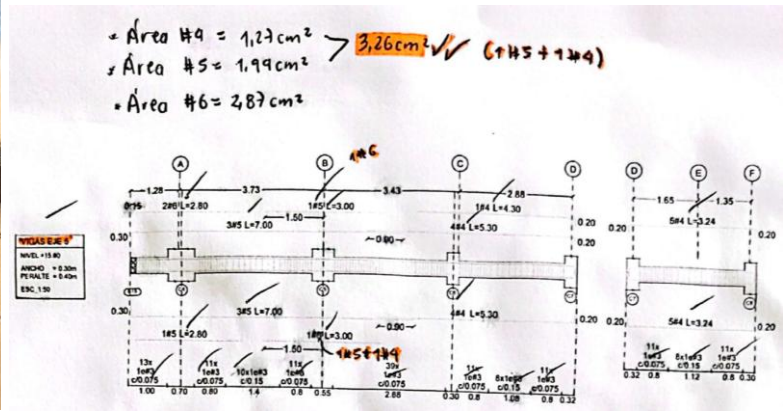
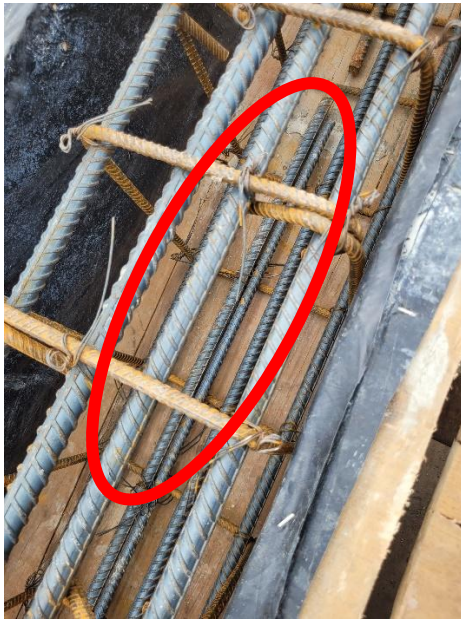
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 53. Ejemplo de revisión de acero de vigas en campo.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 54. Solución sugerida debido a falta de acero en una viga.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 55. Recomendación de refuerzo en anclaje.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 56. Supervisión de aceros en obra.



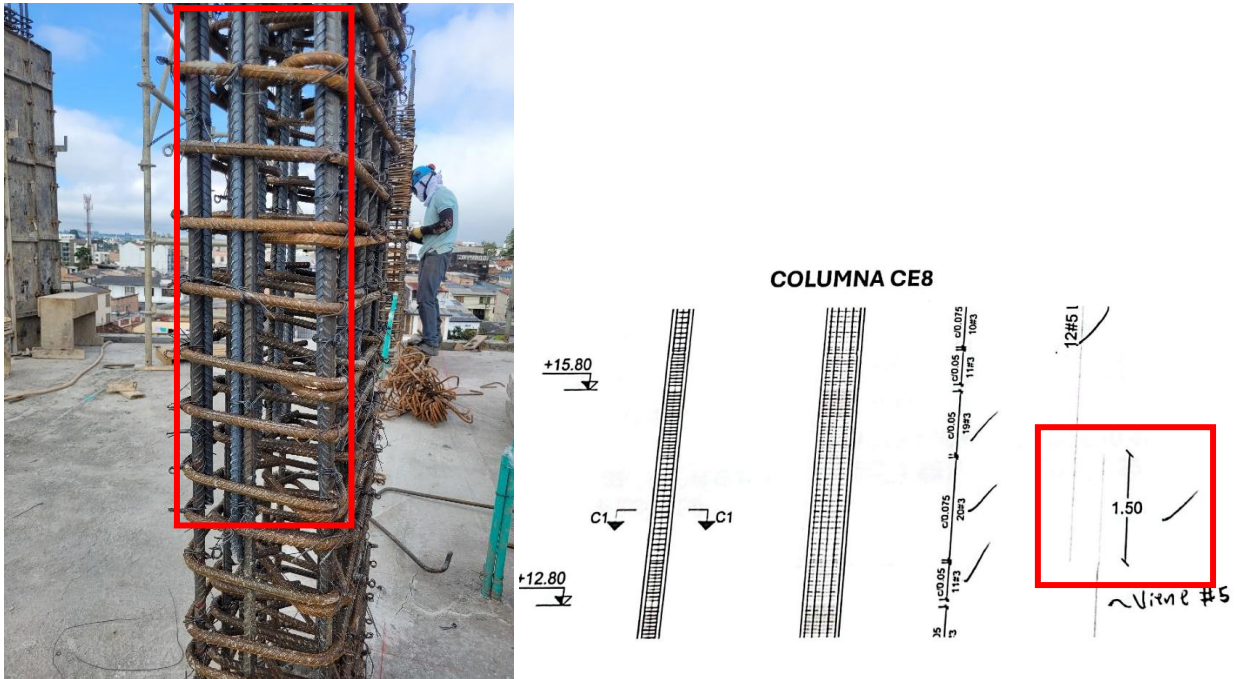
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 57. Supervisión del armado de columnas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 58. Empalme del acero longitudinal según el plano.



Fuente: Registro fotográfico de obra y plano estructural, tomada por el autor.

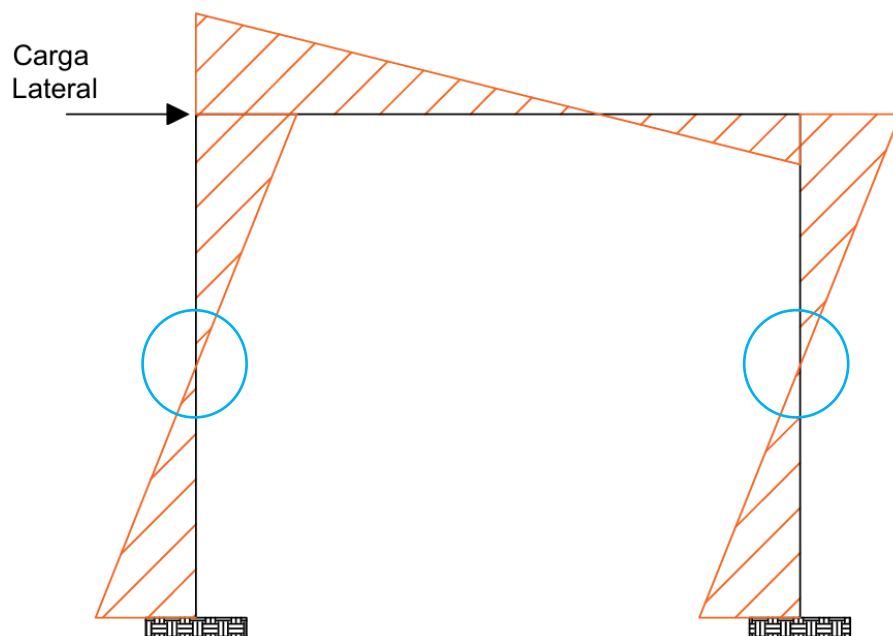
El comportamiento estructural de un elemento sometido a cargas laterales, como las provocadas por el viento o un sismo, influye significativamente en su comportamiento, es por esta razón que en la Ilustración 59 se presenta un pórtico sometido a una carga lateral, junto con su correspondiente diagrama de momento flector. Esta representación permite analizar el comportamiento estructural del sistema ante esfuerzos de flexión, resaltando la importancia de ubicar los traslapes en la zona media de las columnas.

Dicho esquema permite al pasante identificar las zonas de mayor y menor exigencia estructural dentro de las columnas. Como se observa en el diagrama, las áreas sombreadas (en color naranja) indican regiones de altos momentos flectores, mientras que las zonas marcadas con círculos azules, ubicadas en la mitad de las columnas, corresponden a áreas donde el momento es significativamente menor.

Es precisamente en estas zonas intermedias donde se recomienda realizar los traslapes del acero longitudinal. La razón técnica se debe a que, al ubicar el traslazo en una región

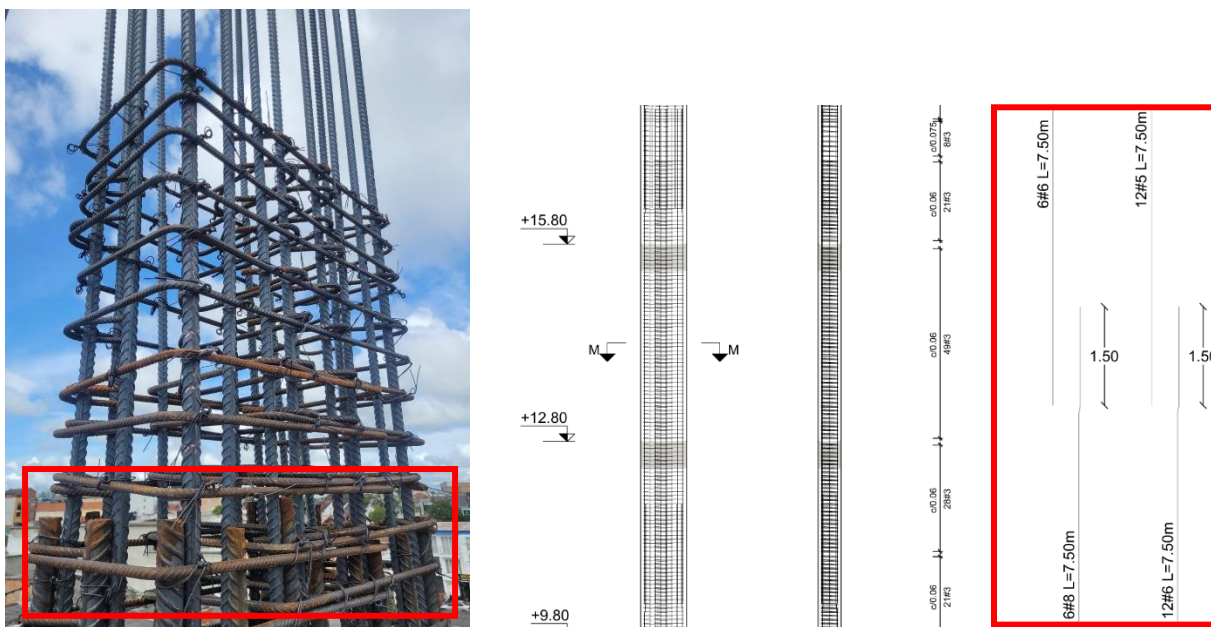
de baja solicitación, se reduce el riesgo de falla, asegurando así una mejor adherencia del concreto al acero y una mayor eficiencia estructural.

Ilustración 59. Diagrama de momentos de un pórtico con carga lateral.



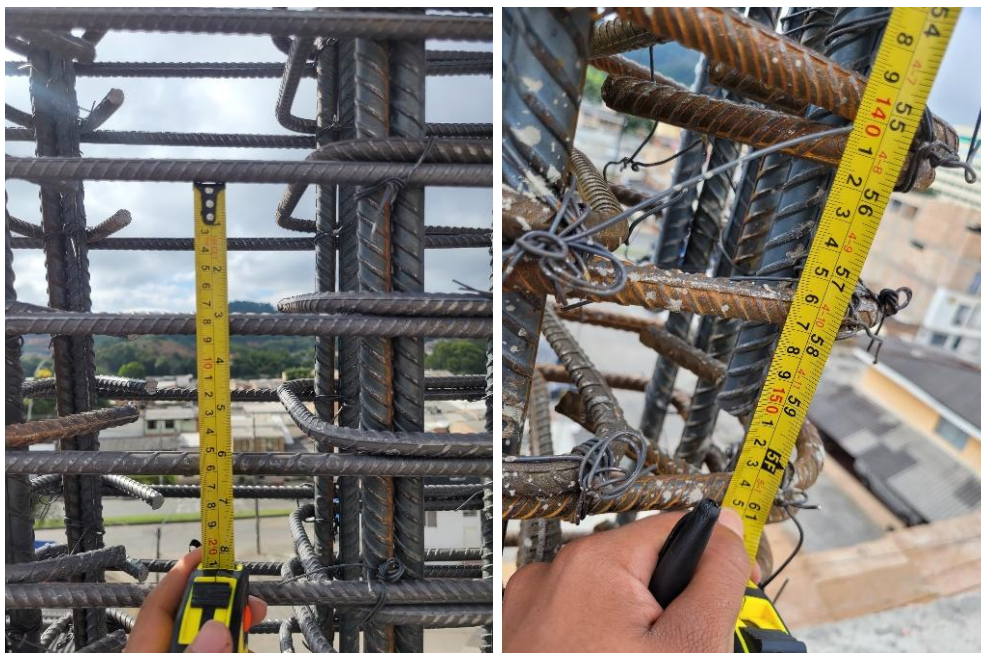
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 60. Cambio de diámetro de acero longitudinal en el piso 5.



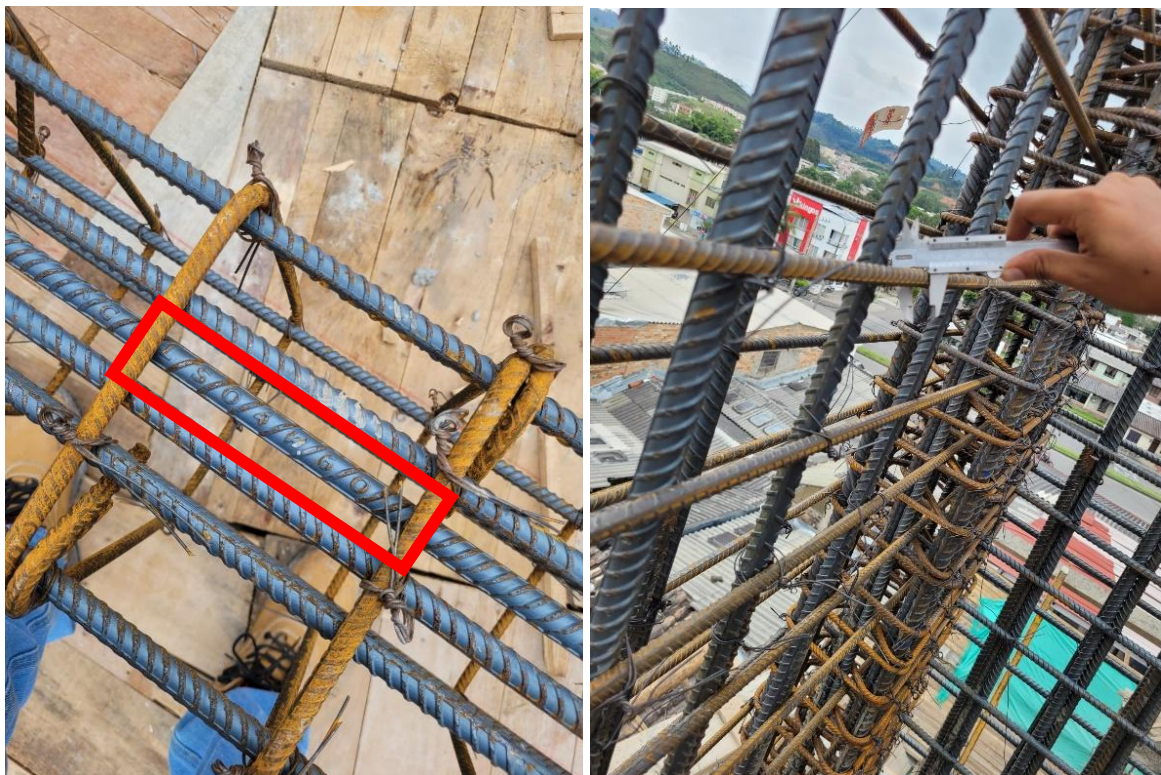
Fuente: Registro fotográfico de obra y plano estructural, tomada por el autor.

Ilustración 61. Verificación de la separación de estribos en columnas.



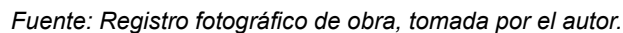
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 62. Verificación del diámetro del acero (identificando en la barra y con pie de rey).

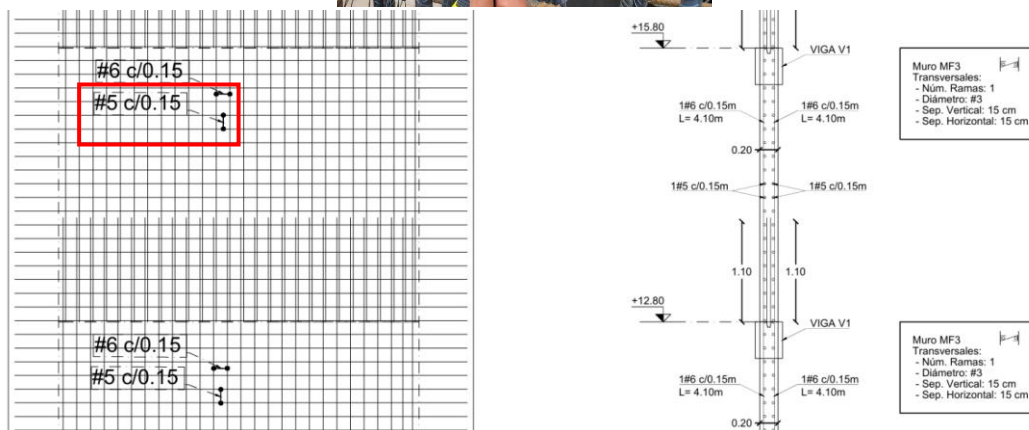


Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Columns p. 5



Se realizó un cambio en la separación de las varillas horizontales sugerido por el diseñador, debido a que se cambió el diámetro de #5 a #4.



Fuente: Registro fotográfico de obra y plano estructural, tomada por el autor.

En la obra, se implementó el sistema de vigas Joist en las losas de entrepiso, una solución estructural eficiente y ampliamente utilizada en edificaciones de varios niveles.

El sistema de vigas Joist consiste en elementos estructurales de acero conformado, diseñados para soportar cargas en grandes luces con un peso reducido en comparación con vigas tradicionales. Estas vigas están compuestas por cordones superior e inferior, unidos por elementos diagonales que forman un entramado liviano pero resistente.

Su aplicación en las losas de entrepiso permite optimizar el diseño estructural al reducir la cantidad de material necesario, disminuir las cargas muertas y mejorar la rapidez de ejecución en obra. Además, Permite construir estructuras de piso con mayores luces, exigencia hoy en día de los nuevos diseños arquitectónicos. (Tomado de: Studocu, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco)

La implementación de este sistema contribuyó a la eficiencia constructiva del proyecto, garantizando una estructura segura, liviana y funcional.

Ilustración 65. Instalación de vigas Joist.



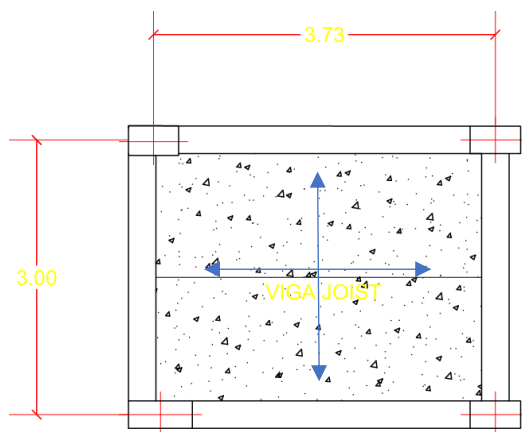
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

En la ilustración 67, se presenta un esquema donde se identifica claramente la dirección de trabajo de la losa, indicada por las flechas amarillas, las cuales representan el sentido en el que la losa transmite principalmente las cargas hacia los elementos de soporte. Esta orientación define cómo fluyen las cargas estructurales y permite clasificar el tipo de comportamiento de la losa. Las vigas que se encuentran perpendiculares a esta dirección de trabajo, destacadas en color rosado en el plano, corresponden a las vigas principales. Estas vigas son las que reciben la mayor parte de la carga transmitida por la losa, su función es fundamental en el sistema estructural, ya que canalizan los esfuerzos hacia los elementos verticales como columnas o muros estructurales.

De acuerdo con lo establecido en la NSR-10, particularmente en el Título C, se señala que las losas deben ser diseñadas considerando el modo en que transmiten cargas a las vigas y otros elementos de soporte, diferenciando entre losas unidireccionales y bidireccionales. De acuerdo a la ilustración 66, la losa trabaja estructuralmente en dos direcciones (tanto en el sentido de 3.00 m como en el de 3.73 m), aunque debido a la ligera diferencia de dimensiones, puede haber mayor carga distribuida hacia la dirección más corta (3.00 m), por esta razón se considera la dirección horizontal para la losa.

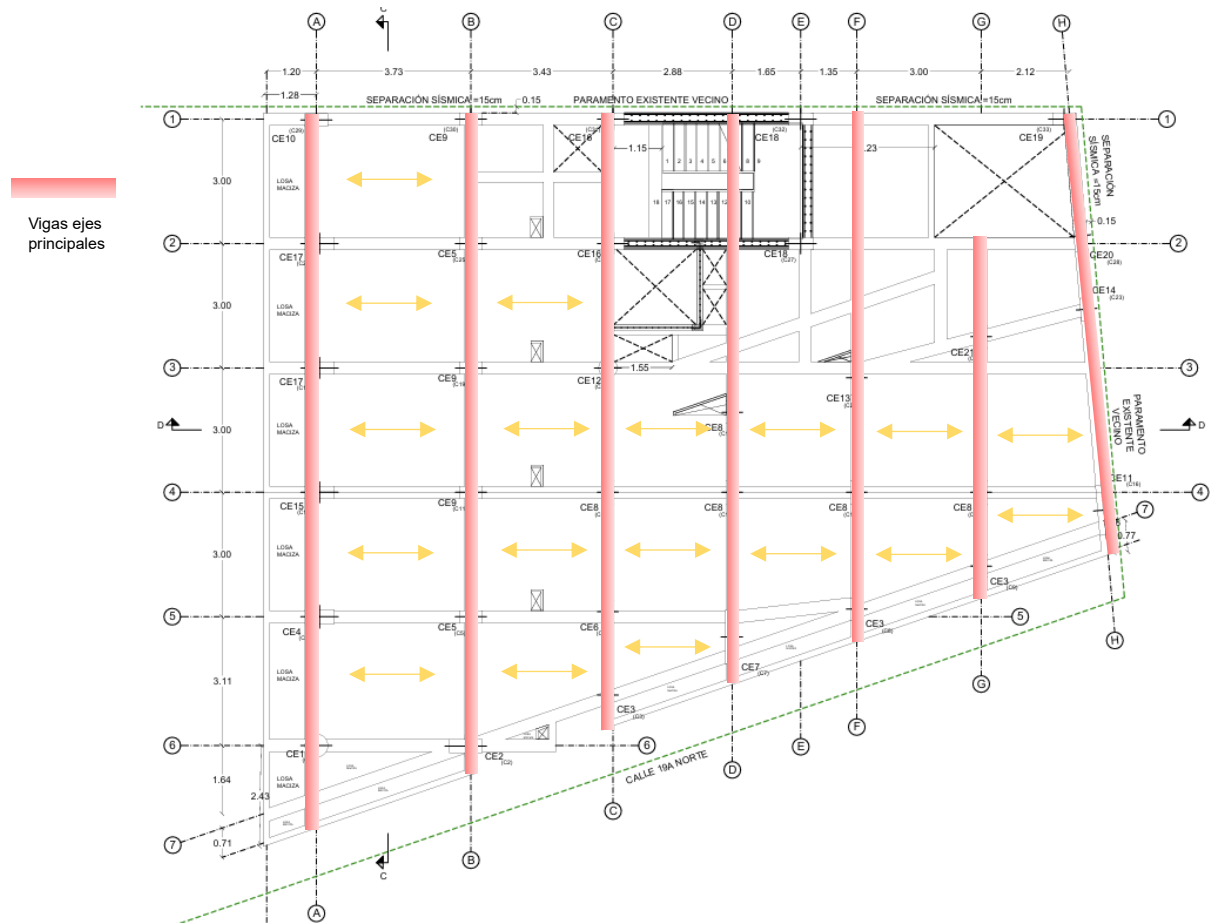
Asimismo, la norma estipula que los elementos estructurales deben cumplir con requisitos mínimos, de modo que se garantice el desempeño adecuado de la estructura bajo condiciones de carga tanto estática como sísmica.

Ilustración 66. Esquema de un tramo de losa para determinar su dirección.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 67. Esquema de dirección de trabajo de la losa y vigas con mayor carga.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 68. Instalación de malla electrosoldada para losa de entrepiso.

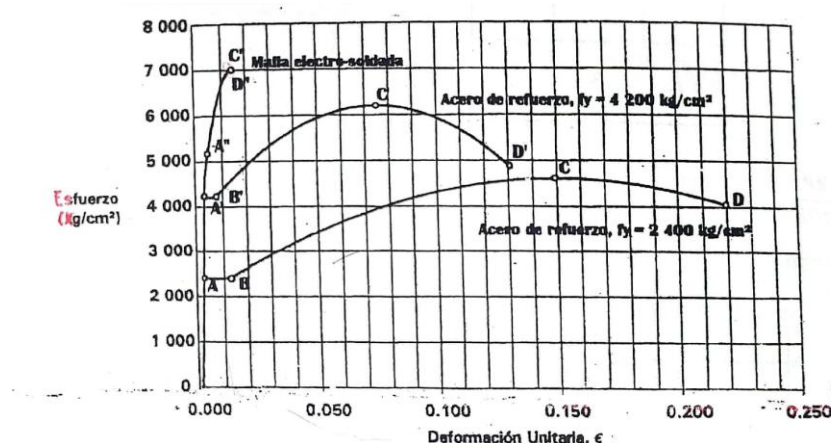


Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

La gráfica esfuerzo-deformación presentada en la ilustración 69 permite evidenciar las diferencias de comportamiento mecánico entre distintos tipos de acero utilizados en elementos de concreto reforzado. En el caso de las mallas grafiladas electrosoldadas, se observa un comportamiento frágil, con altos niveles de esfuerzo alcanzados a muy bajas deformaciones, lo que indica una limitada capacidad de deformación plástica. Esta característica es adecuada para losas, donde el refuerzo no cumple una función estructural primaria, sino que se emplea principalmente para controlar la fisuración provocada por retracción del concreto y variaciones térmicas. En estos elementos, la distribución uniforme del acero, que permite la malla, facilita su instalación y garantiza una respuesta adecuada ante esfuerzos bidireccionales.

En contraste, los muros estructurales de concreto reforzado están sometidos a mayores exigencias, tanto por cargas verticales como por solicitaciones laterales, especialmente en regiones sísmicamente activas. Para estos casos, la gráfica muestra que los aceros de refuerzo con límites de fluencia de 4,200 kg/cm² y 2,400 kg/cm² ofrecen una respuesta más dúctil, con capacidad para deformarse significativamente antes de fallar, lo que es esencial para disipar energía y evitar colapsos frágiles. Las mallas electrosoldadas, debido a su limitada ductilidad, a su menor diámetro y a su método de unión, no proporcionan el anclaje, desarrollo y continuidad requeridos en estos elementos críticos, por lo cual no son recomendables en muros estructurales.

Ilustración 69. Gráfica esfuerzo vs deformación unitaria para diferentes tipos de acero.



Fuente: Concreto Armado I – Ing. Alfer Silva.

8.4.3 Supervisión previa (encofrado) y durante las fundiciones

Previo a la fundición, se realizó la instalación y verificación del encofrado de cada elemento estructural, garantizando su correcta alineación y rigidez. Durante esta etapa, el pasante supervisaba que se llevara a cabo la toma de plomos, tanto en la fase de encofrado como después del vaciado del concreto, con el fin de asegurar la verticalidad de columnas y muros, así como la nivelación y dimensión adecuada de las losas y vigas.

En obra, se pueden emplear diferentes tipos de formaletas para la construcción de elementos estructurales, entre ellas las formaletas metálicas, de madera, fenólicas y de plástico. La elección del tipo de formaleta depende de factores como la resistencia, reutilización, facilidad de instalación y calidad del acabado final. En el caso de esta obra, se optó por utilizar formaletas metálicas debido a su durabilidad, precisión en el armado y capacidad de reutilización en múltiples vaciados, lo que permitió optimizar los tiempos de ejecución y reducir costos a largo plazo. Sin embargo, también se emplearon tableros de madera, especialmente en el encofrado de losas y vigas, los cuales fueron cubiertos con plástico negro. Esta técnica se utilizó para evitar la adherencia del concreto al encofrado, facilitando el desencofrado y mejorando el acabado superficial. Además, el uso de madera permitió mayor flexibilidad en zonas con geometrías irregulares, donde la formaleta metálica no se adaptaba fácilmente.

Adicionalmente, el pasante llevó a cabo una revisión minuciosa de los apuntalamientos y gatos de seguridad que sostenían la losa antes y durante el proceso de vaciado del concreto. Se verificó que estos elementos estuvieran correctamente instalados para evitar movimientos o deformaciones en la estructura, garantizando así la estabilidad y seguridad en la obra.

El proceso de fundición de los diferentes elementos estructurales de la edificación, tales como losa, columnas, vigas, gradas y muros del punto fijo, implicó la coordinación y verificación de cada etapa del vaciado del concreto, asegurando que se cumplieran los procedimientos constructivos y las normativas de calidad establecidas.

Para la ejecución de la fundición, se empleó una bomba de concreto que, mediante un sistema de tuberías, transportó el material hasta la altura requerida. La supervisión incluyó la comunicación constante del pasante con el equipo de trabajo mediante radios, lo que permitió coordinar eficientemente el bombeo y la distribución del concreto en cada sector de la estructura.

Uno de los procesos clave fue el vibrado del concreto, realizado con vibradores mecánicos de aguja para garantizar una adecuada compactación del material, evitando la formación de vacíos. El pasante verificó que el vibrado se realizara de manera correcta, introduciendo el vibrador verticalmente en puntos estratégicos para lograr una compactación uniforme.

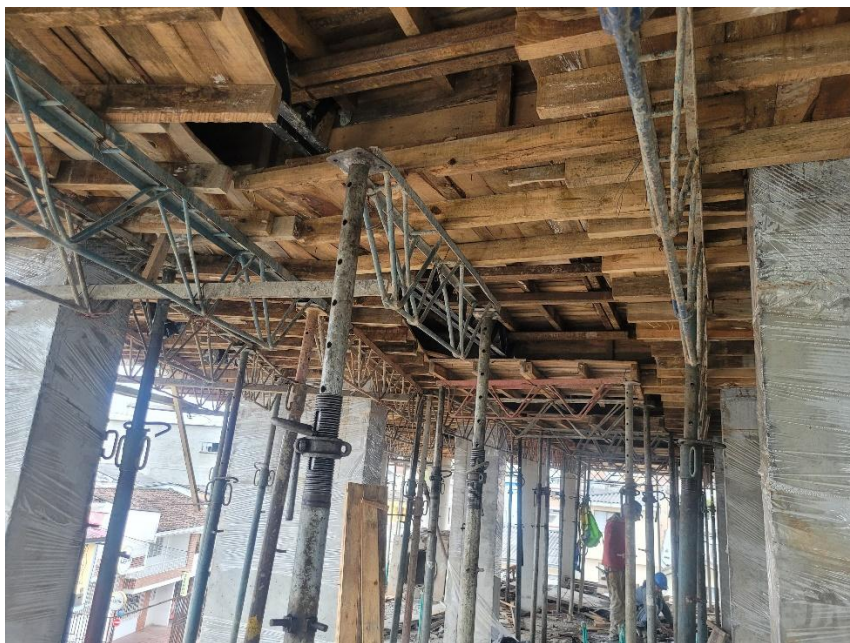
En el caso de las columnas y los muros del punto fijo, además del vibrado, se realizó el chipoteo de la superficie. Este procedimiento consistió en golpear suavemente los encofrados durante la fundición, favoreciendo el escape de burbujas de aire y mejorando la adherencia del concreto con el acero de refuerzo. Esta acción también ayudó a lograr un acabado superficial más uniforme y con menos imperfecciones.

Ilustración 70. Entablerado de losa según los planos.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 71. Verificación del apuntalamiento en los gatos de la losa.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 72. Armado de las gradas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 73. Replanteo de columnas mediante hilo entizado.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 74. Desmoldante de concreto aplicado en las formaletas metálicas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 75. Aplicación del desmoldante en las formaletas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Las formaletas metálicas son sistemas de encofrado reutilizables, fabricados generalmente en acero o aluminio, utilizados para moldear el concreto durante el proceso de construcción. Una de sus principales ventajas es su alta durabilidad y resistencia, lo que permite múltiples usos sin deformarse ni deteriorarse fácilmente. Además, proporcionan acabados lisos y uniformes, reduciendo la necesidad de revoque o acabado adicional en las superficies de concreto. Su precisión dimensional mejora la calidad estructural y la estética de los elementos construidos. También ofrecen una mayor rapidez en el montaje y desmontaje.

Sin embargo, las formaletas metálicas también presentan algunas desventajas. Su costo inicial es elevado en comparación con formaletas de madera u otros materiales, lo que puede ser una limitación en proyectos pequeños. Además, son pesadas, lo que requiere mayor esfuerzo o incluso equipos para su manipulación, afectando la logística en obra. En ambientes húmedos o con escaso mantenimiento, pueden estar expuestas a problemas de corrosión, especialmente si no están adecuadamente protegidas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de formaletas usadas en obra.

FORMALETAS USADAS EN OBRA		
TIPO DE FORMALETA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Metálicas  Fuente: Dimacro.	- Alta durabilidad y resistencia. - Reutilizables muchas veces. - Buena precisión en acabados. - Soportan grandes cargas.	- Costo inicial elevado. - Transporte. - Pueden oxidarse si no se protegen adecuadamente.
Madera  Fuente: Medro Construcción.	- Económicas y de fácil acceso. - Fáciles de cortar y adaptar en obra. - Ligeras y fáciles de manejar.	- Menor durabilidad y resistencia. - Se deforman con la humedad. - No son reutilizables muchas veces.
Fenólicas  Fuente: Indek.	- Buena resistencia al agua y humedad. - Superficie lisa, ideal para buenos acabados. - Reutilizables varias veces.	- Más costosas que la madera tradicional. - Se pueden astillar o dañar en los bordes. - Necesitan buen mantenimiento para durar.
Plástico  Fuente: Rentaequipos.	- Resistentes al agua y corrosión. - Ligeras y fáciles de limpiar. - Reutilizables muchas veces sin perder forma.	- Costo inicial moderado-alto. - Menor resistencia estructural que las metálicas. - Difícil adaptación en formas complejas.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 76. Encofrado de columnas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 77. Toma de plomos después del encofrado.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 78. Apuntalamiento de columnas encofradas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 79. Encofrado del punto fijo (muros de ascensor y escaleras).



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Para asegurar un adecuado recubrimiento del acero en obra, es clave el uso de separadores o distanciadores, los cuales se fabrican comúnmente en plástico, acero, concreto o materiales prefabricados. Estos elementos garantizan que se mantenga la distancia entre las varillas de refuerzo y las formaletas, permitiendo que el concreto recubra completamente el acero. Entre los más recomendados están los separadores prefabricados de concreto, ya que tienen propiedades similares a la mezcla estructural y evitan interferencias químicas (Tomado de: ¿Qué hacer cuando en la obra se necesita garantizar un buen recubrimiento? – Argos).

Ilustración 80. Paneles para separación del acero con los tableros.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 81. Distanciadores para garantizar recubrimiento.



Fuente: <https://360enconcreto.com/>.

Ilustración 82. Preparación de la ceba agua-cemento previo a la fundición.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 83. Vaciado de concreto en la bomba.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 84. Radio de comando en fundiciones.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

En el ámbito de la construcción, los vibradores de concreto son herramientas fundamentales para garantizar una adecuada compactación del concreto fresco, eliminando el aire atrapado y asegurando una correcta adherencia al refuerzo. Existen diferentes tipos de vibrados, entre los que se destacan: el vibrado interno o de inmersión, el vibrado externo y el vibrado de superficie o regla vibratoria. El vibrado interno, también conocido como de aguja, es el más común y eficiente para elementos estructurales, ya que se introduce directamente en la mezcla de concreto.

Los vibradores internos utilizan puntas o agujas de distintos diámetros según el tipo de elemento que se va a fundir. Las puntas de 25 mm a 35 mm se recomiendan para elementos delgados como columnas estrechas o vigas pequeñas. Las de 45 mm a 60 mm son de uso general para columnas, vigas y losas de tamaño medio. Por su parte, las puntas de 75 mm o más se emplean en grandes volúmenes de concreto, como cimentaciones profundas o elementos masivos.

En la obra se utilizó un vibrado interno o de inmersión con un vibrador con punta de 38 mm, lo cual fue una elección adecuada considerando los elementos fundidos: columnas, vigas, losas, muros y escaleras. Este tipo de vibrador y tamaño de punta permitió una compactación eficiente del concreto en todos los elementos estructurales, favoreciendo la continuidad del vertido y evitando defectos como la segregación de la mezcla o la formación de vacíos. Por tanto, se concluye que el vibrador utilizado en la obra fue el correcto, tanto por su tipo como por el diámetro de la punta, asegurando así la calidad estructural del proyecto.

Ilustración 85. Comando y dirección de fundiciones.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 86. Vaciado y vibrado de concreto en vigas y losa.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 87. Nivelación del concreto.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 88. Vaciado y vibrado de concreto en gradas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 89. Vaciado y vibrado de concreto en columnas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 90. Chipoteo de columnas durante la fundición.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 91. Toma de plomos después del vaciado del concreto.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.4.4 Inspección del desencofrado, evaluación de superficies y curado

Este proceso se llevó a cabo siguiendo los tiempos de fraguado establecidos y considerando las recomendaciones técnicas para evitar daños en la estructura o afectaciones en la resistencia del concreto.

Previo al retiro de los encofrados, se verificó que el concreto hubiera alcanzado la resistencia mínima necesaria para garantizar su estabilidad y evitar desprendimientos o deformaciones, para el caso de la losa se realizaba este proceso pasados 7 días ya que el concreto ha adquirido aproximadamente el 70% de su resistencia. Después del desencofrado, el pasante realizó una inspección detallada del estado de las superficies de los elementos, evaluando la presencia de imperfecciones o irregularidades en la textura. En el caso de detectar defectos menores, se llevaron a cabo correcciones inmediatas mediante resanes con lechada de cemento y adhesivos específicos para garantizar una superficie uniforme y adecuada.

Es importante resaltar la aplicación de las técnicas de curado del concreto, con el objetivo de evitar fisuración y garantizar el desarrollo óptimo de la resistencia del material. Por un lado, las columnas se envolvían en plástico, mientras que en la losa se regaba agua cada cierto tiempo para mantener la humedad durante el tiempo recomendado.

Ilustración 92. Desencofrado de losa y vigas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 93. Curado de la losa.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 94. Desencofrado de columnas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 95. Hidratación y curado de columnas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 96. Retiro de "corbatas" en los muros.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

En construcción, es importante distinguir entre nido de abeja, hormiguero y desprendimiento de concreto, ya que son defectos que afectan la calidad del concreto. El nido de abeja aparece cuando no se compacta bien la mezcla, dejando huecos y piedras visibles; se parece a un panal y suele estar en bordes o esquinas. El hormiguero son túneles internos causados por mala mezcla o exceso de agua; no siempre se ve a simple vista, pero debilita el interior del concreto. El desprendimiento de concreto ocurre cuando partes del concreto se sueltan o se caen, debido a golpes, mala vibración o problemas durante el fraguado. Para identificarlos: si hay huecos con piedras sueltas, es nido de abeja; si hay canales internos, es hormiguero; si el concreto se ha soltado, es desprendimiento. Todos deben corregirse para evitar daños estructurales.

Ilustración 97. Superficies con "nido de abeja" o desprendimiento.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 98. Resane de superficies.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 99. Resane con lechada de cemento en fisuras de la losa.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

8.4.5 Control de asentamientos

Es un control sistemático que se realiza durante y después de la construcción. Se realiza para medir el asentamiento en el transcurso del tiempo de la construcción y de las viviendas aledañas constatando que no se presenten asentamientos en la construcción o que sean mínimos y se pueda concluir si el comportamiento del suelo ha sido el adecuado. Para llevar a cabo este control se hace uso de la topografía.

El procedimiento consiste en colocar unos tornillos que servirán como puntos de referencia en unos puntos estratégicos, sea en el sótano del edificio, el primer piso, casas colindantes, etc. La posición de estos tornillos se localiza con un dispositivo topográfico de alta precisión previamente conectado a unas placas geodésicas, que cumplen la función de ser unos puntos de referencia en la superficie terrestre para localizar otros puntos con gran precisión. Una vez se tienen las señales satelitales captadas se toma lectura de la cota de la posición de los tornillos donde quedaron instalados y cada cierto tiempo se vuelve a hacer lectura de la cota y por diferencia alturas se obtiene el asentamiento. Se lleva una cartera de control donde se registra las diferentes mediciones realizadas.

Ilustración 100. Tornillos en el punto de referencia para medir asentamientos.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 101. Toma de asentamientos con equipo de topografía.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Para la toma de niveles en la obra, se utilizó un **nivel óptico automático**, como se observa en la ilustración 98, este instrumento es ampliamente utilizado en el sector de la construcción por su facilidad de uso y adecuada precisión para nivelaciones y control de asentamientos.

A continuación, se presenta una comparación de tres instrumentos comúnmente usados para medir niveles, junto con sus características técnicas, usos y tolerancias:

1. Nivel Óptico Automático

- **Uso:** Replanteo y control de niveles en obra.
- **Precisión:** Aproximadamente ± 2.5 mm por kilómetro de doble nivelación.
- **Ventajas:** Robusto, no requiere energía eléctrica, fácil de usar con entrenamiento básico.
- **Limitaciones:** Requiere personal para lectura manual y buena estabilidad del trípode.

Ilustración 102. Nivel Óptico Automático.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/>.

2. Nivel Láser Rotativo

- **Uso:** Nivelaciones horizontales rápidas en construcción y acabados.
- **Precisión:** $\pm 1/8"$ a 100 pies (aproximadamente ± 3 mm a 30 metros).
- **Ventajas:** Alta velocidad de trabajo, operación con un solo operario, ideal para interiores.
- **Limitaciones:** Requiere batería, sensibilidad a la luz solar directa.

Ilustración 103. Nivel Láser Rotativo.



Fuente: <https://www.plineasy.com/>.

3. Estación Total

- **Uso:** Levantamientos topográficos completos (distancias, ángulos y niveles).
- **Precisión:** $\pm 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$.
- **Ventajas:** Alta precisión, registro digital de datos, ideal para proyectos complejos.
- **Limitaciones:** Mayor costo y necesidad de capacitación técnica avanzada.

Ilustración 104. Estación Total.



Fuente: <https://topotienda.com/>.

Ilustración 105. Cartera de control de asentamientos edificio Ónix.

 ALEXANDER PALTA		CARTERA DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS EDIFICIO ONIX	
CONTRATANTE: ADRIANA RIVERA			
PROYECTO: EDIFICIO ONIX			
UBICACIÓN		DEPARTAMENTO : CAUCA	
		MUNICIPIO : POPAYAN	
FECHA	DESCRIPCION DE PUNTO	COTA LEIDA	
28 de mayo de 2024	P1	1739.527	
	P2	1739.518	
	P3	1739.510	
	P4	1739.526	
	P5	1739.416	
	P6	1739.408	
	P7	1739.409	
	P8	1739.388	

FECHA	DESCRIPCION DE PUNTO	COTA LEIDA	DIFERENCIA CONTROL ANTERIOR	ACUMULADOS
11 de julio de 2024	P1	1739.528	0.001	
	P2	1739.517	-0.001	
	P3	1739.511	0.001	
	P4	1739.523	-0.003	
	P5	1739.417	0.001	
	P6	1739.407	-0.001	
	P7	1739.409	0.000	
	P8	1739.389	0.001	

FECHA	DESCRIPCION DE PUNTO	COTA LEIDA	DIFERENCIA CONTROL ANTERIOR	ACUMULADOS
23 de octubre de 2024	P1	1739.528	0.000	0.001
	P2	1739.517	0.000	-0.001
	P3	1739.511	0.000	0.001
	P4	N/V	S/C	S/C
	P5	N/V	S/C	S/C
	P6	N/V	S/C	S/C
	P7	N/V	S/C	S/C
	P8	N/V	S/C	S/C
	PO1	1736.034	S/C	S/C
	PO2	1735.972	S/C	S/C
	PO3	1736.077	S/C	S/C
	PO4	1735.836	S/C	S/C
	PO5	1735.872	S/C	S/C
	PO6	1735.965	S/C	S/C
	PO7	1735.882	S/C	S/C

FECHA	DESCRIPCION DE PUNTO	COTA LEIDA	DIFERENCIA CONTROL ANTERIOR	ACUMULADOS
10 de diciembre de 2024	P1	1739.526	-0.002	-0.001
	P2	1739.518	0.001	0.000
	P3	1739.510	-0.001	0.000
	P4	N/V	S/C	S/C
	P5	N/V	S/C	S/C
	P6	N/V	S/C	S/C
	P7	N/V	S/C	S/C
	P8	N/V	S/C	S/C
	PO1	1736.029	-0.005	S/C
	PO2	1735.965	-0.007	S/C
	PO3	1736.074	-0.003	S/C
	PO4	1735.835	-0.001	S/C
	PO5	1735.867	-0.005	S/C
	PO6	1735.960	-0.005	S/C
	PO7	1735.877	-0.005	S/C

FECHA	DESCRIPCION DE PUNTO	COTA LEIDA	DIFERENCIA CONTROL ANTERIOR	DIFERENCIA CONTROL INICIAL
21 de enero de 2025	P1	1739.525	-0.001	-0.002
	P2	1739.518	0.000	0.000
	P3	1739.510	0.000	0.000
	P4	N/V	S/C	S/C
	P5	N/V	S/C	S/C
	P6	N/V	S/C	S/C
	P7	N/V	S/C	S/C
	P8	N/V	S/C	S/C
	PO1	1736.029	0.000	-0.005
	PO2	1735.959	-0.006	-0.013
	PO3	1736.073	-0.001	-0.004
	PO4	1735.831	-0.004	-0.005
	PO5	1735.864	-0.003	-0.008
	PO6	1735.959	-0.001	-0.006
	PO7	1735.877	0.000	-0.005

Fuente: Alexander Palta.

De estos resultados obtenidos del control de asentamientos, podemos evidenciar que la estructura ha experimentado asentamientos leves y dentro de los rangos esperados. Se realizaron mediciones en distintas fechas, comparando las cotas leídas en cada punto con controles anteriores y el control inicial.

La NSR 10 en el título H, establece que:

H.4.9.1 — CLASIFICACION — Se deben calcular los distintos tipos de asentamientos que se especifican a continuación:

- (a) **Asentamiento máximo** — Definido como el asentamiento total de mayor valor entre todos los producidos en la cimentación.
- (b) **Asentamiento diferencial** — Definido como la diferencia entre los valores de asentamiento correspondientes a dos partes diferentes de la estructura.
- (c) **Giro** — Definida como la rotación de la edificación, sobre el plano horizontal, producida por asentamientos diferenciales de la misma.

H.4.9.2 — LÍMITES DE ASENTAMIENTOS TOTALES — Los asentamientos totales calculados a 20 años se deben limitar a los siguientes valores:

- (a) Para construcciones aisladas 30 cm, siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.
- (b) Para construcciones entre medianeros 15 cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.

Con lo anterior se puede determinar que la mayoría de los puntos de medición dentro de la estructura han mostrado variaciones mínimas en el orden de los milímetros, lo que indica estabilidad en el terreno y la edificación. Esto también lo podemos verificar tomando el límite de asentamiento total de H.4.9.2, donde podemos clasificar la construcción como medianera, y el límite es 15 cm, por lo tanto, el asentamiento de 1.3 cm < 15 cm es aceptable.

Aunque hasta la fecha los asentamientos en los puntos son tolerables y menores a los máximos; el punto PO2 muestra un comportamiento que podría indicar un asentamiento diferencial. En la medición del 21 de enero de 2025, PO2 registró una cota de 1735.959 m, reflejando una diferencia de -0.006 m con respecto al control anterior y una variación acumulada de -0.013 m desde la primera medición. Este comportamiento sugiere que la zona donde se encuentra este punto está experimentando un descenso más marcado que el resto, lo que podría corresponder a un asentamiento diferencial en PO2 podría deberse a varios factores, como diferencias en la compactación del suelo, la presencia de humedad en la zona o la influencia de cargas externas.

Es importante tener en cuenta que la obra aún se encuentra en construcción por lo que se prevé que los asentamientos seguirán aumentando debido a asentamientos por consolidación y asentamientos secundarios, por lo que era importante la constante revisión de todos los puntos.

8.4.6 Control de resultados de resistencia del concreto

Como parte del control de calidad en la construcción del proyecto *Torre Ónix*, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión del concreto, en cumplimiento con las normas E-410 y E-412. Estos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de CITEC S.A.S., con muestras tomadas en obra y sometidas a prueba a diferentes edades (7, 28 y 56 días).

El objetivo principal de este control es verificar que el concreto utilizado cumpla con la resistencia especificada en el diseño estructural, garantizando la seguridad y durabilidad de la edificación. Para ello, se moldearon cilindros de concreto y fueron sometidos a pruebas de compresión en laboratorio, midiendo la carga máxima soportada antes de la fractura.

Ilustración 106. Ejemplo de registro de la resistencia a compresión del concreto Torre Ónix.

PROVEEDOR:										GEOACÓPIO									
RESISTENCIA DE DISEÑO (PSI)										300									
ESTRUCTURAS										VARIAS									
Ref. N°	Muestra N°	Fecha fundición	Fecha Rotura	Edad días	Longitud cm	Dímetro cm	Dímetro promedio (mm)	Área (mm²)	Carga		Resistencia			Patrón de fractura	% Cumplimiento resistencia	Detalle obra			
									Lb	KN	kg/cm²	MPa	PSI						
4981	169	14-ene	21-ene	7	30.3	15.5	155.0	18669.2	94308	419.5	227	22.2	3224	2	107%	LOSA ENTRE PISO 4			
						15.5													
						15.5													
4982	170	14-ene	21-ene	7	30.3	15.5	155.0	18669.2	85765	381.5	206	20.2	2932	4	96%				
						15.5													
						15.5													
4983	171	14-ene	11-feb	28	30.3											LOSA ENTRE PISO 4			
4984	172	14-ene	11-feb	28	30.3														
4985	173	14-ene	11-mar	56	30.3														
4986	174	14-ene	11-mar	56	30.3														
4987	175	16-ene	23-ene	7	30.3	15.3	153.3	18465.6	72344	321.8	178	17.4	2528	4	84%	COLUMNAS PISO 4 TANDA 1			
						15.4													
						15.3													
4988	176	16-ene	23-ene	7	30.3	15.4	153.7	18546.0	70523	313.7	172	16.9	2453	4	82%				
						15.4													
4989	177	16-ene	13-feb	28	30.3											COLUMNAS PISO 4 TANDA 1			
4990	178	16-ene	13-feb	28	30.3														
4991	179	16-ene	13-mar	56	30.3														
4992	180	16-ene	13-mar	56	30.3											COLUMNAS PISO 4 TANDA 1			

Ref. N°	Muestra N°	Fecha fundición	Fecha Rotura	Edad días	Longitud cm	Diámetro cm	Diámetro promedio (mm)	Area (mm²)	Carga		Resistencia			Patrón de fractura	% Cumplimiento resistencia	Detalle obra
									Lb	KN	kg/cm²	MPa	PSI			
4993	181	18-ene	25-ene	7	30.3	15.4	154.0	18626.5	76121	338.6	185	18.2	2637	4	88%	COLUMNAS PISO 4 TANDA 2
						15.4										
						15.4										
4994	182	18-ene	25-ene	7	30.3	15.5	155.0	18869.2	85630	380.9	206	20.2	2928	4	98%	
						15.5										
						15.5										
4995	183	18-ene	15-feb	28	30.3											
4996	184	18-ene	15-feb	28	30.3											
4997	185	18-ene	15-mar	56	30.3											
4998	186	18-ene	15-mar	56	30.3											

Fuente: CITEC SAS Ingeniería y Geotecnia.

Los resultados obtenidos muestran que la resistencia de diseño especificada para el concreto fue de 3000 psi. Se analizaron varias muestras provenientes de elementos estructurales como losas entrepiso y columnas del cuarto piso.

En la evaluación de resistencia a los 7 días, algunas muestras presentan valores superiores al 70% de la resistencia esperada para esta edad, lo que indica un buen desarrollo inicial de la resistencia del concreto, además este resultado nos permitía autorizar el desencofrado de la losa.

8.5 ANÁLISIS Y AJUSTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El pasante llevó a cabo un análisis del presupuesto del proyecto con el propósito de conocer la situación económica del proyecto al momento de la llegada como pasante, para así buscar la manera de aportar. Dentro de las posibilidades se buscó optimizar la planificación de los materiales y reducir los desperdicios, lo que permitió un control más eficiente de los costos. Antes de la intervención, se evidenciaban pérdidas, especialmente en el concreto, debido a estimaciones inexactas en las cantidades requeridas, lo que generaba excedentes innecesarios y sobrecostos en la obra.

Para corregir estas deficiencias, el pasante implementó un proceso de ajuste en la cuantificación de materiales, basándose en mediciones más precisas. Estos ajustes permitieron una reducción significativa en los desperdicios, optimizando los recursos y garantizando que cada material se utilizara de manera eficiente. Como resultado, se logró

una disminución en los sobre costos del proyecto, mejorando la rentabilidad y contribuyendo a una ejecución más sostenible.

Sin embargo, durante el desarrollo de la obra, también surgieron imprevistos relacionados con el suministro y consumo de materiales, una situación común en la construcción debido a la variabilidad en los procesos y las condiciones del entorno. En algunos casos, se presentaron excedentes de concreto debido a cálculos iniciales imprecisos o a imprevistos en la ejecución. Estas situaciones, aunque generan alguna alteración acumulada en cuanto a los costos, también son normales en obra, ya que los cálculos teóricos pueden verse afectados por factores como desperdicios inevitables, errores en la logística de abastecimiento o ajustes de último momento en el diseño. Sin embargo, con una planificación más precisa y controles periódicos, es posible minimizar estos inconvenientes y optimizar el uso de los recursos.

Ilustración 107. Concreto sobrante de fundición.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Tabla 2. Cuadro de cantidades de mampostería para cotización.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Dovelas	und	6517.6		
2	Área de muros con ladrillo tipo 1 (23X40X10)	m2	2219.9		
3	Área de muros con ladrillo tipo 2 (39X5X12)	m2	287.3		
4	Ladrillo 23x20x10	mL	16.3		
5	Muros de fachada	mL	59.8		
6	Escalerilla	und	683		

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 108. Estimación de cantidades para cotización de acero de dovelas.



**TORRE ONIX
POPAYÁN
POPAYÁN
LISTADO PARA ESTRIBADORA**

PÁGINA: 1 de 1

Lista de barras 3/8"

DIAGRAMA	CANTIDAD	DIAM.	LONG. (m)	PESO	UBICACION
	27	3/8"	3.30	49.90	[27 En Acero central 3.30m].
	306	3/8"	3.00	514.08	[306 En Acero central 3.0m].
	91	3/8"	2.90	147.78	[91 En Acero central 2.9m].
	816	3/8"	2.60	1188.10	[816 En Acero central 2.6m].
	90	3/8"	2.50	126.00	[90 En Acero central cubierta 2.5m].
	2237	3/8"	1.30	1628.54	[2237 En Acero inicial y final].

Peso total barras 3/8" = 3654.39 kg

PESO TOTAL = 3654.39 kg

Fuente: Programa *dl_net* SIDOC.

8.6 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES

El pasante llevó a cabo un proceso de determinación y ajuste de las cantidades de materiales necesarios para la ejecución del proyecto, con el objetivo de optimizar su uso y reducir desperdicios. Este análisis incluyó materiales clave como concreto, acero, mampostería, dovelas y escalerillas.

Para ello, el pasante realizó cálculos detallados basados en planos, especificaciones técnicas y volúmenes de obra. En el caso del concreto, determinó la cantidad requerida para cada vaciado, considerando los cambios que podían presentarse en la estructura, con el fin de evitar sobrantes excesivos. En cuanto al acero el pasante realizó una verificación cuantificando según las dimensiones y refuerzos estructurales necesarios, asegurando que las varillas y mallas cumplieran con las necesidades del diseño.

La mampostería fue calculada en función del área total de muros a construir, considerando la modulación del material para optimizar su rendimiento. Asimismo, se

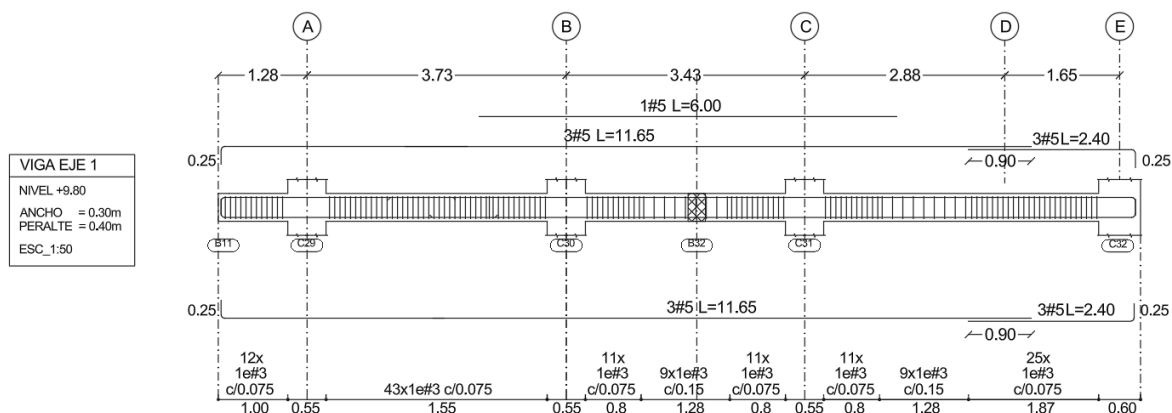
determinaron las cantidades de escalerillas y dovelas requeridas para la correcta sujeción y refuerzo de los muros, garantizando su estabilidad estructural.

Tabla 3. Ejemplo de verificación del pedido de acero de vigas.

descripcion	Nivel	acero	viga	eje	entre	long	gancho 1	gancho 2	long total	cant	diámetro	peso	peso total
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	1	A-E	11.65	0.25	0	11.9	6	# 5	1.57	112.098
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	1	A-E	2.4	0.25	0	2.65	6	# 5	1.57	24.963
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	1	A-E	6	0	0	6	1	# 5	1.57	9.42
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	1	A-H	1.08	0.08	0.08	1.24	132	# 3	0.56	91.6608
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V2 (40X25)	ENTRE B-C	ENTRE 2-1	3.22	0.2	0.2	3.62	6	# 4	1	21.72
LOSA	losa piso 4	estribo	V2 (40X25)	ENTRE B-C	ENTRE 2-1	0.98	0.08	0.08	1.14	33	# 3	0.56	21.0672
LOSA	losa piso 3	longitudinal	V3 (40X15)	izq eje A	ENTRE 6-3	11.58	0.2	0.2	11.98	4	# 4	1	47.92
LOSA	losa piso 3	longitudinal	V3 (40X15)	izq eje A	ENTRE 6-3	1.5	0	0	1.5	2	# 4	1	3
LOSA	losa piso 3	estribo	V3 (40X15)	izq eje A	ENTRE 6-3	0.98	0.08	0.08	1.14	127	# 3	0.56	81.0768
LOSA	losa piso 3	longitudinal	V2 (40X25)	ENTRE 1-2	B-C	3.52	0.2	0.2	3.92	6	# 4	1	23.52
LOSA	losa piso 3	estribo	V2 (40X25)	ENTRE 1-2	B-C	0.98	0.08	0.08	1.14	38	# 3	0.56	24.2592
LOSA	losa piso 3	longitudinal	V2 (40X25)	ENTRE 2-3	C-D	3.22	0.2	0.2	3.62	6	# 4	1	21.72
LOSA	losa piso 3	estribo	V2 (40X25)	ENTRE 2-3	C-D	0.98	0.08	0.08	1.14	30	# 3	0.56	19.152
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	9	0	0	9	1	# 7	3.04	27.36
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	7.6	0.3	0	7.9	4	# 6	2.24	70.784
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	7	0	0	7	4	# 6	2.24	62.72
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V2 (40X25)	A	ENTRE 6-1	5.5	0.2	0	5.7	10	# 4	1	57
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V2 (40X25)	A	ENTRE 6-1	2.5	0	0	2.5	1	# 5	1.57	3.925
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	7.5	0.3	0	7.8	4	# 6	2.24	69.888
LOSA	losa piso 5	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	7.2	0	0	7.2	4	# 6	2.24	64.512
LOSA	losa piso 6	longitudinal	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	5.4	0.2	0	5.6	10	# 4	1	56
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	A	ENTRE 6-1	1.08	0.08	0.08	1.24	199	# 3	0.56	138.1856
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	2	ENTRE A-H	10.9	0.25	0	11.15	8	# 5	1.57	140.044
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	2	ENTRE A-H	8.75	0.25	0	9	10	# 4	1	90
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	2	ENTRE A-H	3	0	0	3	2	# 4	1	6
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	2	ENTRE A-H	1.08	0.08	0.08	1.24	176	# 3	0.56	122.2144
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	7.6	0.25	0	7.85	6	# 5	1.57	73.947
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	8.04	0.2	0	8.24	8	# 4	1	65.92
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	5.5	0	0	5.5	2	# 5	1.57	17.27
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	10.4	0.25	0	10.65	2	# 5	1.57	33.441
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	6.71	0.35	0	7.06	2	# 7	3.04	42.9248
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	C	ENTRE 5-1	1.08	1.08	0.08	2.24	165	# 3	0.56	206.976
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	ENTRE 2-3	ENTRE D-F	7.3	0.2	0.2	7.7	6	# 4	1	46.2
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	ENTRE 2-3	ENTRE D-F	1.08	0.08	0.08	1.24	79	# 3	0.56	54.8576
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	EJE 6	ENTRE A-B	5.15	0.35	0.4	5.9	8	# 8	3.97	187.384
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	EJE 6	ENTRE A-B	0.98	0.08	0.08	1.14	54	# 3	0.56	34.4736
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	8.6	0.25	0	8.85	10	# 4	1	88.5
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	8.2	0.2	0	8.4	10	# 4	1	84
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	6	0	0	6	2	# 4	1	12
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	1.8	0.2	0	2	1	# 4	1	2
LOSA	losa piso 4	longitudinal	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	2.5	0.3	0	2.8	4	# 4	1	11.2
LOSA	losa piso 4	estribo	V1 (40X30)	B	ENTRE 6-1	1.08	1.08	0.08	2.24	162	# 3	0.56	203.2128

Fuente: Cartilla de pedido de acero.

Ilustración 109. Viga eje 1 - piso 4, para ejemplo de cantidades de acero.



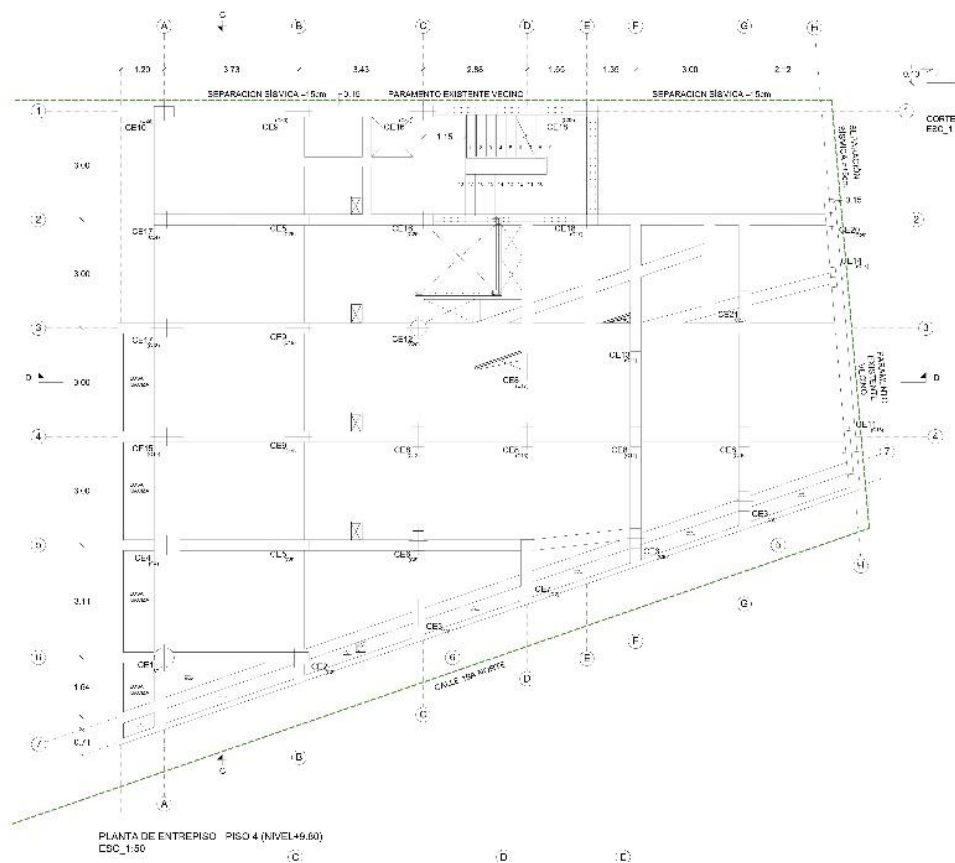
Fuente: Planos DES Ónix.

Tabla 4. Ejemplo de cálculo de concreto para la fundición de la losa del piso 4.

VACIOS		Losa maciza e=10 cm		Losa e=8cm					
Área vacío ascensor	3.5994	A1	2.295	A1	9.58	A13	2.295	A25	0.669
Área vacío pequeño	0.6333	A2	2.295	A2	9.585	A14	0.5512	A26	1.4056
Área vacío escaleras	9.045	A3	2.3863	A3	9.585	A15	0.0254	A27	1.3873
Área vacío	16.6649	A4	1.0213	A4	9.585	A16	7.2898	A28	2.3071
Área vacío patio	1.2858	A5	0.343	A5	9.9434	A17	7.2785	A29	0.3163
Área vacío basuras	1.0023	A6	1.4323	A6	1.7889	A18	3.0226	A30	7.29
Área vacío cerca ascensor	0.9044	A7	1.1977	A7	2.1311	A19	2.1168	A31	5.5435
ÁREA TOTAL	279.4832	A8	1.2979	A8	1.5317	A20	0.705	A32	3.5201
ÁREA SIN VACIOS	246.3481	A9	1.0894	A9	8.0998	A21	1.3097	A33	1.8137
ÁREA VIGAS	70.669	A10	1.0894	A10	8.0998	A22	0.9538	A34	6.6934
AREA LOSA MACIZA	16.6379	A11	1.0894	A11	8.1	A23	7.29	A35	2.7233
AREA LOSA e= 8cm	158.0243	A12	1.1012	A12	6.6216	A24	6.8659		
Volumen vigas	28.2676								
Volumen losa maciza	1.66379								
Volumen losa	12.641944								
VOLUMEN TOTAL CONCRETO	42.573334								

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 110. Esquema de losa piso 4, para cantidades de concreto.



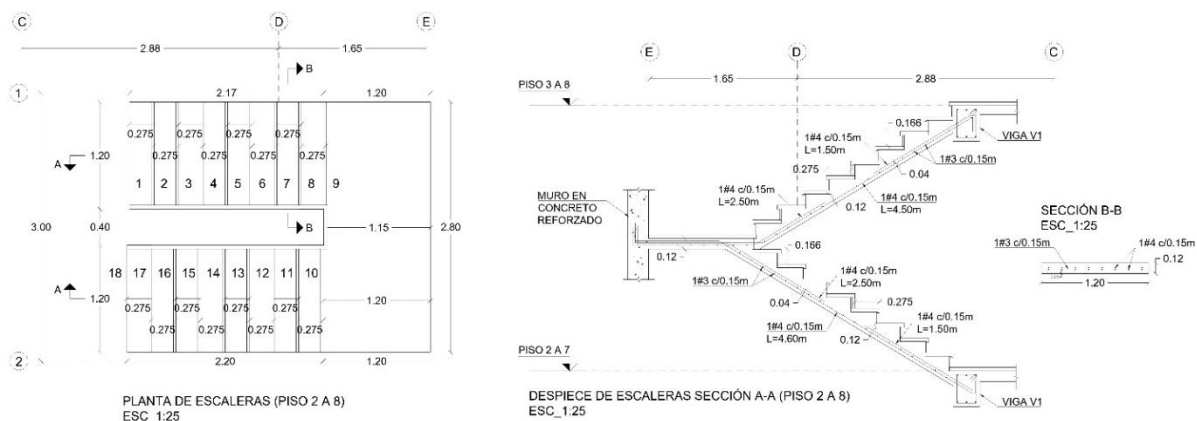
Fuente: Planos DES Ónix.

Tabla 5. Cálculo de cantidad de concreto para gradas.

CANTIDAD DE CONCRETO GRADAS				
Triangulo	alto	0.165	área	0.045375
	ancho	0.275		
Descanso	largo	2.8		
	ancho	1.2	volumen	0.4032
	profundidad	0.12		
Diagonal	largo	2.98	volumen	0.5002824
	ancho	0.1399		
volumen				0.05445
todas las gradas				0.8712
VOLUMEN DE CONCRETO PARA LAS ESCALERAS				1.8

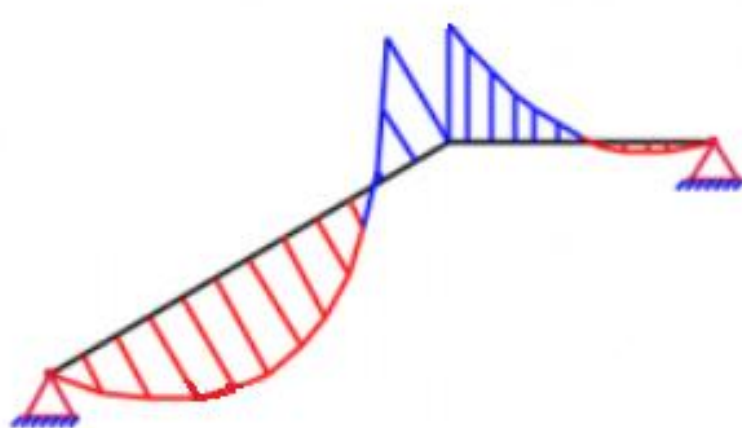
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 111. Esquema de gradas piso 3 al 8.



Fuente: Planos DES Ónix.

Ilustración 112. Posible diagrama de momento flector para un tramo de las escaleras.



Fuente: Elaboración propia.

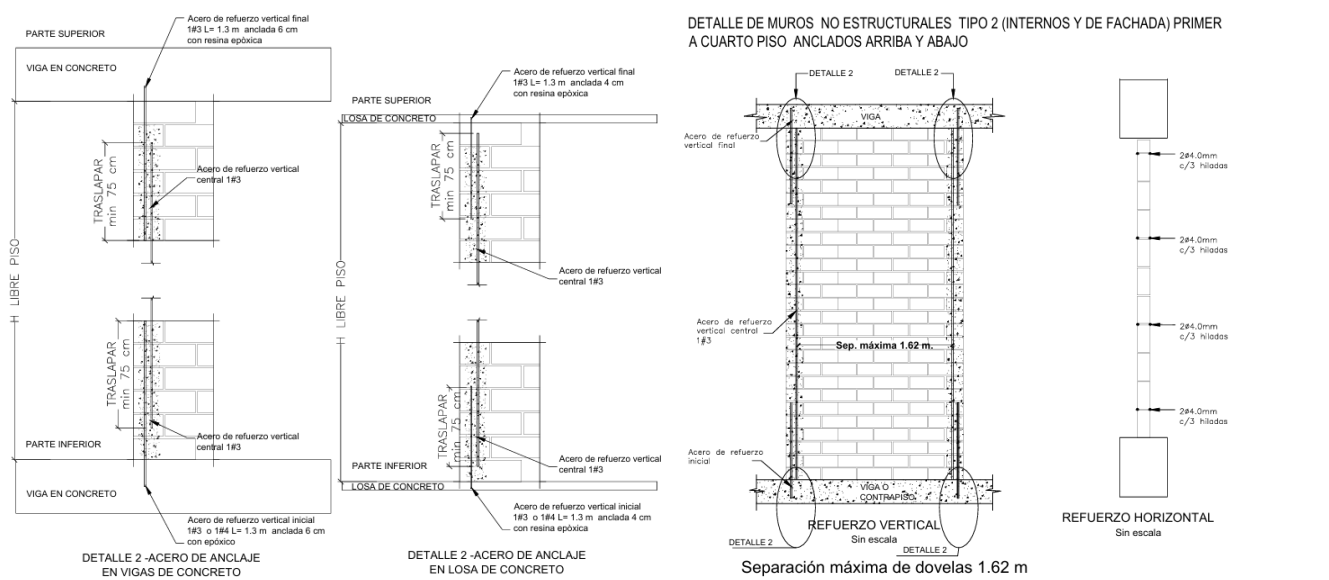
La colocación del acero en la escalera es correcta desde el punto de vista estructural. La disposición de refuerzo superior en apoyos y refuerzo inferior en zonas de momento positivo, junto con el acero en el descanso, cumple con los principios del diseño por flexión en elementos de concreto armado.

Tabla 6. Cálculo de cantidades de dovelas para muros de mampostería.

	1.3m		1.3m	
	ACERO INICIAL (und)	ACERO CENTRAL (und)	ACERO FINAL (und)	L
PISO 1	91	91	91	2.9m
PISO 2	120	120	120	2.6m
PISO 3	98	98	98	2.6m
PISO 4	112	112	112	2.6m
PISO 5	134	134	134	2.6m
PISO 6	113	113	113	2.6m
PISO 7	122	122	122	2.6m
PISO 8	117	117	117	2.6m

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 113. Detalles de mampostería (dovelas).



Fuente: Plano detalles de mampostería Ónix.

Tabla 7. Ejemplo de tablas de cálculo para cantidades de ladrillos.

MUROS TIPO 1							una hilada mide 1.23 m
PISO	UBICACIÓN	LARGO	ALTO	ÁREA	ÁREA LADRILLO	NÚMERO DE LADRILLOS	ESCALERILLA (und)
1	EJE 1 ENTRE A Y B	3.04	2.9	8.816	0.092	96	2
1	EJE 1 ENTRE B Y C	2.74	2.9	7.946	0.092	87	2
1	EJE 1 ENTRE E Y H	5.566	2.9	16.1414	0.092	176	5
1	EJE A ENTRE 1 Y 2	1.5741	2.9	4.56489	0.092	50	1
1	ENTRE 1 Y 2 - A Y B	0.87	2.9	2.523	0.092	28	1
1	ENTRE 1 Y 2 - C Y B (horizontal)	0.6847	2.9	1.98563	0.092	22	1
1	ENTRE 1 Y 2 - C Y B (vertical)	1.5106	2.9	4.38074	0.092	48	1
1	EJE C ENTRE 1 Y 2	1.0931	2.9	3.16999	0.092	35	1
1	EJE H ENTRE 1 Y 2 (diagonal)	2.1825	2.9	6.32925	0.092	69	2
1	EJE 2 ENTRE A Y B	2.89	2.9	8.381	0.092	92	2
1	EJE 2 ENTRE B Y C	1.39	2.9	4.031	0.092	44	1
1	EJE C ENTRE 1 Y 2 (pequeño)	0.3469	2.9	1.00601	0.092	11	0
MUROS TIPO 2							una hilada mide 1.2 m
PISO	UBICACIÓN	LARGO	ALTO	ÁREA	ÁREA LADRILLO	NÚMERO DE LADRILLOS	ESCALERILLA (und)
1	EJE B ENTRE 1 Y 2	1.5036	2.9	4.36044	0.0195	224	1
TOTAL PISO 1						224	
2	EJE B ENTRE 1 Y 2	1.4342	2.6	3.72892	0.0195	192	1
2	EJE A ENTRE 1 Y 2	0.475	2.6	1.235	0.0195	64	0
2	EJE B ENTRE 2 Y 3	1.335	2.6	3.471	0.0195	178	1
2	EJE B ENTRE 3 Y 4	1.335	2.6	3.471	0.0195	178	1
2	ENTRE 2 Y 3 - G Y H	1.5599	2.6	4.05574	0.0195	208	1
2	ENTRE 3 Y 4 - F Y G	1.315	2.6	3.419	0.0195	176	1
2	ENTRE 3 Y 4 - E Y F	1.315	2.6	3.419	0.0195	176	1
2	ENTRE 3 Y 4 - C Y D	1.305	2.6	3.393	0.0195	174	1

TOTAL LADRILLOS TIPO 1	21676	UND
TOTAL LADRILLOS TIPO 2	14782	UND
TOTAL LADRILLOS 23X20X10	375	UND

Fuente: Elaboración propia.

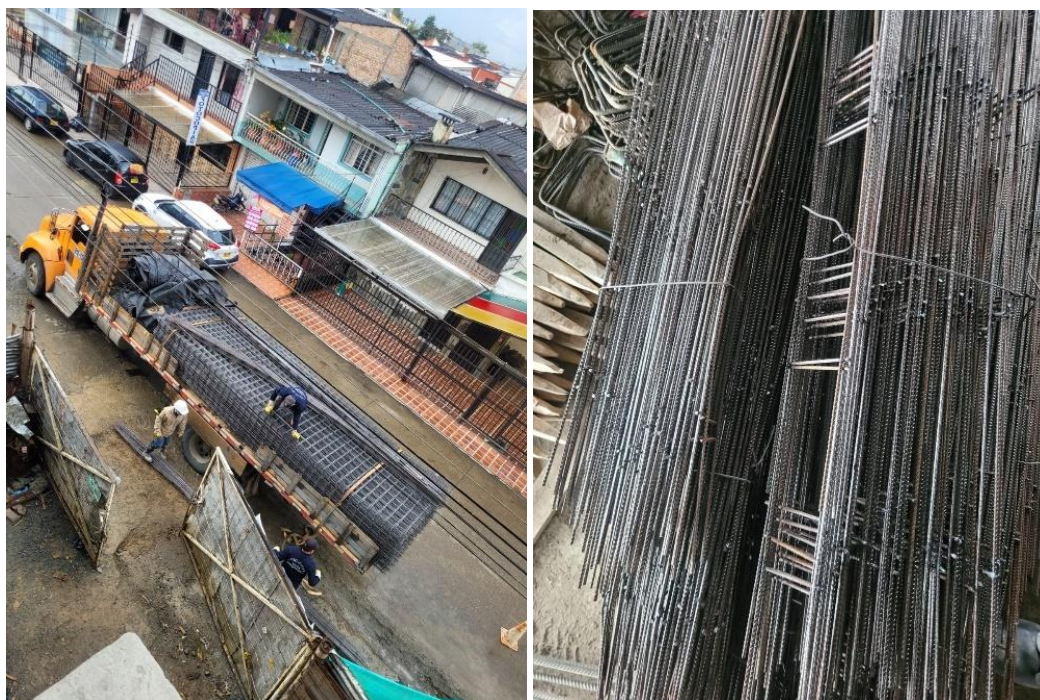
Ilustración 114. Ladrillos usados en la obra.



Fuente: Plano detalles de mampostería Ónix.

En el proyecto se emplearon dos clases de ladrillos destinados a la conformación de muros no estructurales, seleccionados por razones arquitectónicas y funcionales. El primero de ellos es el ladrillo Farol 23-40-10 Liso de perforación vertical (PV), el cual se ajusta a lo establecido en la NTC 4205-2. Este tipo de ladrillo está diseñado para construcciones no portantes, específicamente en interiores, y requiere de un acabado protector, como revoque o pañete, para evitar el deterioro por exposición directa a condiciones climáticas adversas. Su uso garantiza ligereza en los muros y facilidad en su instalación. El segundo tipo corresponde al ladrillo Prensado Cocoa Liso 39x5x12 cm, de tipo macizo (M), también regulado por la NTC 4205-2. Este presenta una mayor resistencia mecánica por su condición maciza, siendo apto tanto para muros interiores no estructurales como para fachadas.

Ilustración 115. Recepción de las escalerillas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Las escalerillas metálicas se emplean en muros de mampostería para mejorar su resistencia a cortante, especialmente frente a cargas laterales como sismos o presión del viento. Al colocarse en las juntas de mortero, ayudan a reducir la formación de grietas,

distribuir esfuerzos de manera uniforme y aumentar la estabilidad del muro. Su uso está respaldado por normas técnicas, como la NSR-10 en Colombia, que recomiendan su aplicación en muros portantes y confinados, siendo una solución práctica y económica para reforzar estructuras en zonas sísmicas.

8.7 COMPARACIÓN ENTRE PLANOS Y OBRA EN CURSO

El pasante realizó un proceso de verificación continua entre los planos de diseño y la ejecución en obra, con el propósito de asegurar que cada etapa constructiva se llevara a cabo conforme a las especificaciones técnicas. Para ello, se mantuvo una comunicación constante con el equipo de trabajo, incluyendo maestros de obra, herreros y ayudantes, con el fin de revisar en conjunto la correcta ejecución de los elementos estructurales.

Durante estas inspecciones, el pasante supervisó el armado del acero, verificando que las dimensiones, el recubrimiento y las disposiciones de refuerzo coincidieran con lo indicado en los planos. Asimismo, se llevó a cabo la revisión del encofrado de la losa y otros elementos estructurales, asegurando que se cumpliera con las alineaciones, niveles y anclajes necesarios antes del vaciado de concreto.

Estos diálogos y revisiones en sitio permitieron identificar y corregir posibles errores antes de avanzar con las siguientes fases de la construcción y nos permitía garantizar que la ejecución de la obra se desarrollara conforme a lo proyectado, asegurando calidad, estabilidad estructural y eficiencia en los tiempos de construcción.

Ilustración 116. Piso despejado para verificación.



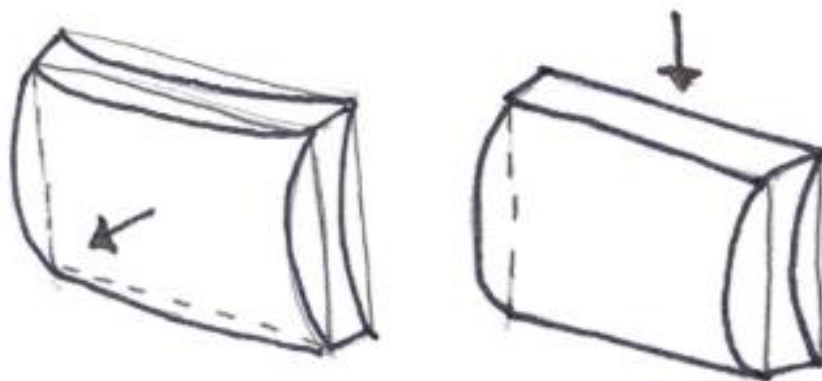
Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Se identificaron problemas en la superficie de uno de los muros debido a desplazamientos en las formaletas durante el proceso de fundición. La causa fue la incorrecta ubicación de las corbatas, lo que generó una pérdida en la alineación y un deficiente acabado superficial del muro. Tras la inspección realizada, se verificó que la afectación es exclusivamente estética y superficial, sin comprometer la integridad estructural del elemento. No se evidenciaron deformaciones que alteren la estabilidad del muro ni desviaciones que afecten su función dentro del sistema estructural.

Es importante aclarar que el fenómeno observado no corresponde a un pandeo estructural, ya que no existe evidencia de desplazamientos laterales progresivos ni de cargas críticas superadas que generen inestabilidad. El pandeo es un tipo de falla estructural que se manifiesta generalmente en elementos esbeltos sometidos a compresión axial, y que conlleva un riesgo considerable para la seguridad estructural. En este caso, lo ocurrido corresponde a una deformación localizada de la superficie del muro, producto de una presión desequilibrada del concreto fresco sobre una formaleta mal asegurada, lo que provocó un desplazamiento leve durante el vaciado.

Se acordó con el contratista que se realizará la corrección correspondiente mediante trabajos de resane y afinado, con el fin de garantizar que el muro cumpla con las especificaciones estéticas exigidas en el proyecto.

Ilustración 117. Superficie embombada y pandeo en muros.



Fuente: Wikimedia, deformación muros.

Ilustración 118. Superficies de muros embombadas.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La pasantía realizada en el proyecto “Torre Ónix” permitió fortalecer competencias en el ámbito de la ingeniería civil, especialmente en el seguimiento y control de los procesos constructivos. Durante el desarrollo de las actividades, se logró brindar apoyo técnico como auxiliar de ingeniería, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos propuestos.
- El diseño y ejecución de los pórticos de concreto reforzado permitieron comprender la importancia de una adecuada disposición de los elementos estructurales, así como la correcta ejecución de procesos constructivos como el armado de refuerzos, el encofrado y el vertido del concreto. Además, se evidenció la necesidad de un control riguroso en la calidad de los materiales y en la supervisión de las actividades constructivas para evitar errores que puedan comprometer el desempeño estructural del edificio.
- Verificar que las actividades se desarrollaran conforme a las especificaciones técnicas establecidas, permitían garantizar la seguridad y calidad en cada fase del proyecto. Esta labor facilita la identificación de oportunidades de mejora y la optimización de ciertos procedimientos.
- El cálculo minucioso de las cantidades de materiales permite ajustar las cantidades teóricas con las necesidades reales en obra, asegurando una adecuada planificación y reduciendo desperdicios. Es por eso que se resalta la importancia de la precisión en los estudios de cantidades y su impacto en la eficiencia del proyecto.
- La pasantía fue una experiencia enriquecedora que permitió aplicar conocimientos teóricos en un entorno real, desarrollar habilidades en control y supervisión de obra, y comprender mejor la dinámica de un proyecto de construcción. Se reafirma la importancia del rigor técnico, la organización y la comunicación efectiva para el éxito de una obra.
- Este acercamiento permitió descubrir y fortalecer nuevas habilidades como ingeniero civil, tales como la capacidad de análisis, la toma de decisiones en

situaciones imprevistas y la comunicación efectiva con diferentes actores del proyecto. La interacción con profesionales experimentados brindó una perspectiva más amplia sobre el ejercicio de la ingeniería en el campo, reforzando la importancia del trabajo en equipo y la responsabilidad en la ejecución de cada tarea.

- La experiencia en la pasantía fue altamente enriquecedora gracias al ambiente laboral positivo y colaborativo. El equipo de trabajo desempeñó un papel fundamental en la integración y desarrollo profesional, proporcionando un entorno de apoyo que facilitó la adquisición de conocimientos y la resolución de dudas en cada etapa del proyecto.

10. BIBLIOGRAFIA

- UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Resolución FIC-820 de 2014 (reglamento de trabajo de grado en la Facultad de Ingeniería Civil). [En línea]. Popayán. 14 de Octubre de 2014.<http://portal.uniCauca.edu.co/versionP/documentos/resoluciones/resoluci%C3%B3n-fic-820-de-2014-reglamento-de-trabajo-de-grado-en-la-facultad-de-ingenier%C3%AD-civil>
- NSR-10. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10.
- SISTEMA DE VIGAS JOIST. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-juarez-autonoma-de-tabasco/procedimiento-constructivo/sistema-joist/73667935>
- Sanitary Engineer (17 julio de 2021). Prueba del slump procedimiento.https://web.facebook.com/SanitaryEngineer7/posts/pruebadelslumpprocedimientoesunapruebautilizadaenconstrucci%C3%B3ntambi%C3%A9nll/2975926406068336/?_rdc=1&_rdr.
- Argos. “¿Qué hacer cuando en la obra se necesita garantizar un buen recubrimiento?”. 360 en Concreto, <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-hacer-cuando-en-la-obra-se-necesita-garantizar-un-buen-recubrimiento/>.
- Wikipedia. (s.f.). Nivel topográfico. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_topogr%C3%A1fico
- Plineasy. (s.f.). *Todo lo que necesitas saber sobre los niveles de láser rotativo*. Recuperado de <https://www.plineasy.com/es/everything-you-need-to-know-about-rotary-laser-levels.html>
- Topotienda. (s.f.). *¿Qué es una estación total y para qué sirve?*. Recuperado de <https://topotienda.com/es/blog/noticias/que-es-una-estacion-total-y-para-que-sirve.html>
- NTC 4205-2: *Unidades de mampostería de arcilla. Parte 2: Requisitos para unidades utilizadas en muros no estructurales*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Disponible en:

<https://www.cytarcillasyprefabricados.com/wp-content/uploads/2017/02/NTC-4205-Unidades-de-mamposteria-de-arcilla-ladrillos-y-bloques-ceramicos.pdf>

- Orjuela Daza, J. A. (s.f.). Manual práctico: Supervisión de estructuras de concreto (1.^a ed.). Asocreto.

11. ANEXOS

11.1 PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN OBRA Y RESPUESTAS TÉCNICAS

11.1.1 Inconsistencias en la resistencia del concreto a 7 días

Previo a la llegada a la obra como pasante, se identificó un problema con los cilindros de prueba de concreto, los cuales, tras ser ensayados a los 7 días, no alcanzaban el 70% de la resistencia esperada.

Ante la incertidumbre sobre la calidad del concreto suministrado, se optó por realizar ensayos de núcleos en diferentes elementos estructurales (6 núcleos). Estas pruebas consisten en la extracción de muestras cilíndricas de concreto endurecido directamente de las estructuras ya fundidas, utilizando un taladro con corona diamantada. Posteriormente, los núcleos extraídos se ensayan en laboratorio para determinar su resistencia real a la compresión, permitiendo así evaluar si el concreto en servicio cumple con los requisitos del diseño estructural.

Los resultados de los ensayos de núcleos fueron aceptables, lo que indicó que el concreto colocado en obra sí alcanzaba la resistencia necesaria, a pesar de las deficiencias observadas en los cilindros de prueba iniciales. No obstante, para evitar futuros inconvenientes y garantizar la calidad del material desde su origen, se tomó la decisión de cambiar de proveedor de concreto. Con esta medida, se buscó prevenir nuevas discrepancias en los resultados y asegurar la confiabilidad de la estructura.

Ilustración 119. Puntos específicos de toma de núcleos.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 120. Relleno de perforaciones.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

11.1.2 Filtraciones de agua en el sótano

En la obra se ha identificado un problema de filtración de agua en el sótano, afectando los muros y los bordes de las columnas. Esta situación ha generado acumulación de humedad y deterioro en las superficies de concreto, lo que compromete la durabilidad de la estructura y puede ocasionar daños mayores si no se atiende a tiempo.

Para solucionar este inconveniente, se realizó una intervención en el interior del sótano. Se llevó a cabo una limpieza exhaustiva en las zonas afectadas, removiendo el material deteriorado mediante raspado. Posteriormente, se aplicó una nueva mezcla de concreto con la adición de Sikadur - 32, un aditivo impermeabilizante que mejora la resistencia del material y sella posibles filtraciones de agua.

Adicionalmente, se consideró la necesidad de una intervención externa. Para ello, se proyectó realizar una excavación controlada en la parte exterior del muro, con el objetivo de reforzar la impermeabilización desde el lado expuesto a la humedad. También se propuso mejorar el sistema de drenaje instalado al inicio de la obra, con el fin de reducir la presión del agua sobre la estructura y prevenir futuras filtraciones.

Estas medidas buscan garantizar la estabilidad del sótano y evitar problemas estructurales a largo plazo, asegurando un adecuado control del agua en la obra y prolongando la vida útil de la edificación.

Ilustración 121. Filtraciones identificadas en el sótano.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

Ilustración 122. Aditivo usado para tapar reparar los muros.



Sikadur®-32 Primer

PUENTE DE ADHERENCIA DE CONCRETO FRESCO A ENDURECIDO.

★★★★★ 0.0 (4)

Sikadur®-32 Primer es un adhesivo epóxico de dos componentes, libre de solventes. Garantiza una pega perfecta entre concreto fresco y endurecido.

- ✓ Insensible a la humedad.
- ✓ Excelente adhesión a superficies húmedas.
- ✓ Forma de barrera de vapor.

Fuente: SIKA.

Ilustración 123. Reparación en uno de los muros con mezcla de concreto más aditivo.



Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

11.1.3 Problema de bombeo en la fundición de la losa del piso 3

Durante la fundición de la losa del piso 3, se solicitó un concreto con una resistencia de 3000 psi, un asentamiento de $6'' \pm 1''$ y grava de $\frac{3}{4}''$. Sin embargo, al momento de bombear la mezcla hasta el sitio de colocación, se presentaron inconvenientes debido a que la bomba no alcanzó la capacidad de bombeo esperada. Además, el concreto que logró pasar por la tubería generó taponamientos, lo que causó retrasos en la fundición.

Para solucionar este problema, se aplicaron aditivos a la mezcla con el fin de mejorar su trabajabilidad y facilitar su transporte. Se utilizaron 4 litros de Eucon y 2 litros de Plastol, lo que permitió restablecer el flujo del concreto y continuar con el proceso constructivo sin mayores contratiempos.

A partir de esta situación, se decidió modificar las especificaciones del concreto para evitar futuros inconvenientes y sobrecostos por el uso de aditivos no previstos. En

adelante, se solicitó un concreto con un asentamiento de $8" \pm 1"$ y grava de $\frac{1}{2}"$, lo que mejoró significativamente su bombeabilidad y optimizó el desarrollo de la obra.

Ilustración 124. Remisión de viaje de concreto con modificación de aditivos.

Fuente: Registro fotográfico de obra, tomada por el autor.

11.1.4 Error en el pedido de acero y ajuste en el diseño de columnas

Durante el armado de columnas de los pisos 7 y 8, se descubrió un error en el pedido del acero. En lugar de solicitar acero de refuerzo #6, como especificaba el diseño estructural, se había pedido acero #5. Dado que el diseño estructural era muy preciso y cualquier desviación podía comprometer la seguridad y estabilidad de la edificación, esta situación representó un problema.

El pedido de acero se realizaba con varios meses de anticipación, por lo que el error solo se evidenció al llegar a la etapa final de la estructura. Ante esta situación, se gestionó la compra de varillas adicionales de acero #6, pero la cantidad adquirida no era suficiente para cumplir con el diseño original.

Para solucionar el problema, el pasante rediseñó las secciones transversales de las columnas, asegurando que el área de acero requerida se mantuviera. Esto implicó una reorganización del acero longitudinal, adaptando los diámetros de las varillas disponibles sin comprometer la resistencia estructural ni la integridad del diseño.

Tabla 8. Tabla de cálculo para corrección de aceros.

# BARRA	CE1	CE2	CE3
	C1	C2	C3
#4	0	6	0
#5	0	0	8
#6	12	4	6
#7	0	4	0
#8	0	0	0
ÁREAS (cm ²)	34.2	34.518	32.932
ÁREA CORREGIDA	37.364		35.148
	18#5		4#6
			12#5

CE11	CE8	CE17	CE9	CE12
C16	C17	C18	C19	C20
0	0	0	0	0
0	12	18	14	0
14	0	0	0	10
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
39.9	23.748	35.622	27.706	28.5
40.374				31.664
10#6				16#5
6#5				

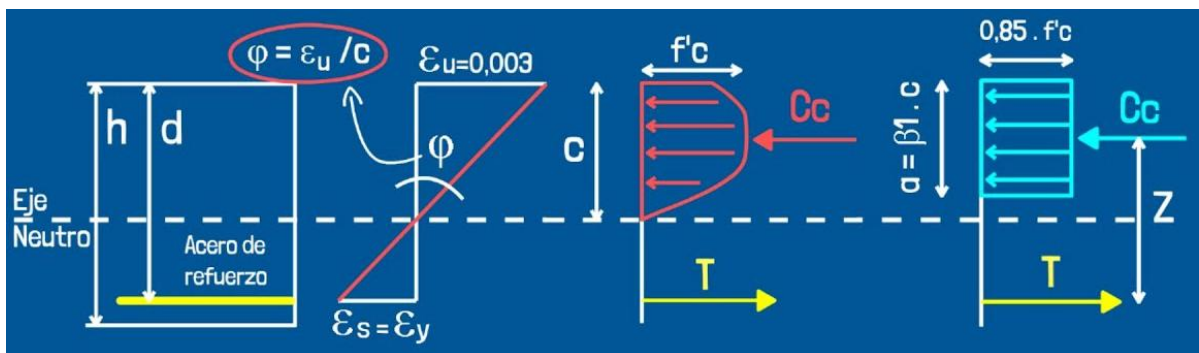
Fuente: Elaboración propia.

Para justificar adecuadamente las modificaciones realizadas en estas secciones, es pertinente considerar el modelo propuesto por el diagrama de Whitney. Este permite establecer con claridad el equilibrio interno entre la zona a compresión del concreto, representada mediante un bloque rectangular idealizado, y la zona a tensión, cuya resistencia recae completamente en el acero longitudinal. Esto se debe a la limitada capacidad del concreto para resistir la tensión, ya que tiende a fisurarse con facilidad. La

comprensión de esta interacción entre materiales es esencial para garantizar el desempeño estructural adecuado de las columnas sometidas a cargas combinadas.

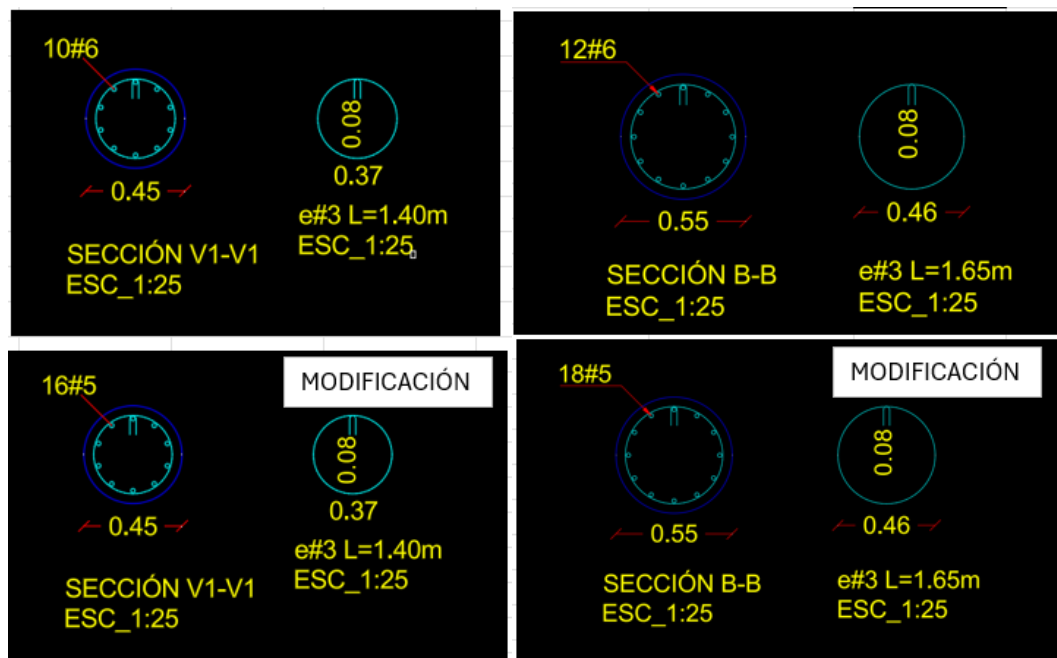
El diseño adecuado de esta zona traccionada es vital. Si la cantidad de acero es insuficiente, se corre el riesgo de una falla frágil, sin aviso previo, por esta razón es fundamental mantener un equilibrio adecuado en la cuantía del refuerzo, que permita un comportamiento dúctil y controlado de la sección.

Ilustración 125. Diagrama de Whitney.



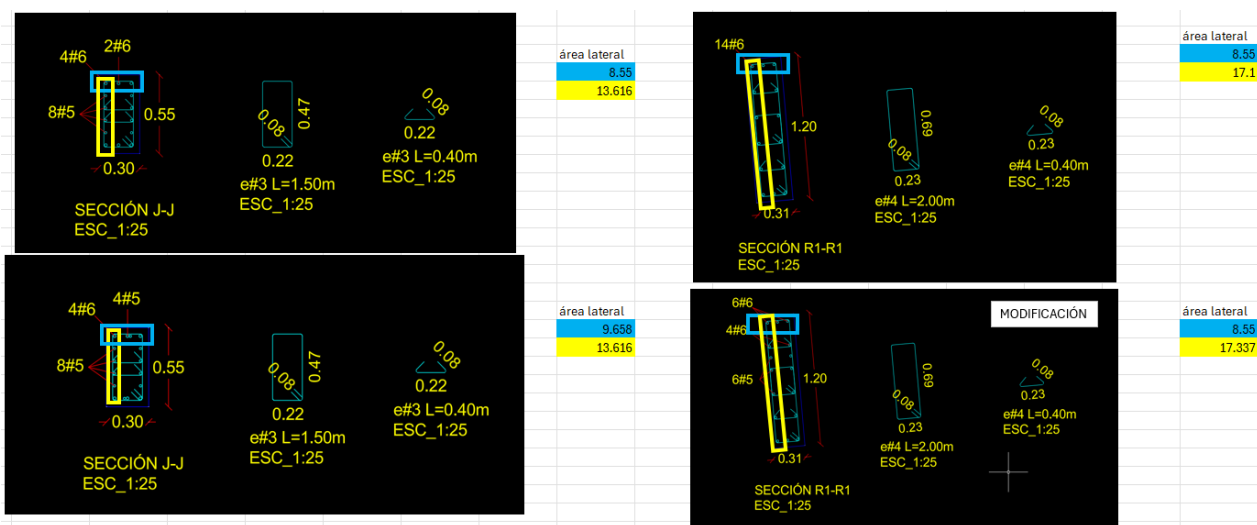
Fuente: JDM Academy

Ilustración 126. Secciones circulares modificadas.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 127. Secciones modificadas con verificación de áreas laterales.



Fuente: Elaboración propia