

**AUXILIAR EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE  
EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL POR SISTEMA INDUSTRIALIZADO  
CON-TECH.**



**JHONY SEBASTIAN MESA MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN-CAUCA  
2023**

**AUXILIAR EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE  
EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL POR SISTEMA INDUSTRIALIZADO  
CON-TECH.**



**PRESENTADO POR:**

**JHONY SEBASTIAN MESA MARTÍNEZ  
CÓDIGO: 100416021651**

**PRACTICA EMPRESARIAL**

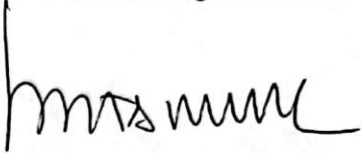
**DIRECTOR DE PASANTÍA:**

**ARQUITECTO GUSTAVO ANGEL VERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
POPAYÁN-CAUCA  
2023**

**NOTA DE ACEPTACIÓN.**

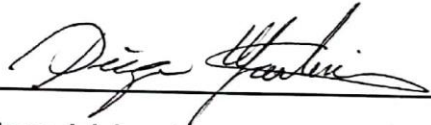
El director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación de este, por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniera Civil.

P/ 

**Firma del director**



**Firma del Jurado**



**Firma del Jurado**

Popayán, 8 de septiembre de 2023

## **AGRADECIMIENTOS.**

A mi amada familia que me ha apoyado moral y económicamente, de igual modo a amigos y compañeros de estudio quienes me inspiraron, motivaron y acompañaron durante todos estos años de estudio académico.

A mi querida Universidad del Cauca y a su alma mater que con su talento, destreza y sabiduría día tras día transmiten sus conocimientos a cientos de jóvenes de toda la región.

A la empresa J&A INGCIVILES SAS en cabeza del ingeniero Julian Valencia y la ingeniera Andrea Rosero, egresados de la Universidad del Cauca por brindarme la confianza y sus conocimientos para realizar mi pasantía en su empresa.

## DEDICATORIA.

A mi familia:

Madre amada, tú que cada radiante u oscura mañana te levantas con esfuerzo al son de los primeros cantos de las aves para hacernos la vida más fácil, a ti que a pesar de los más duros tropiezos sigues llenándome de amor y de fuerzas para poder levantarme y volverlo a intentar una y otra vez, a ti madre amada por tu amor puro, a ti madre por ser el alma y el corazón de nuestra familia, a ti, gracias por ser mi madre.

Padre, tú que a pesar de las dificultades y desafíos de la vida has podido sortear las más confusas encrucijadas de la vida para salir victorioso y ser el apoyo y capitán de nuestra familia.

Hermano, a ti por tu lealtad, por siempre creer en mí y apoyarme incondicionalmente.

*Con cariño, sebas.*

## TABLA DE CONTENIDO.

1.INTRODUCCIÓN .....	12
2.JUSTIFICACIÓN .....	13
3.OBJETIVOS .....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4.DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	15
4.1 LOCALIZACIÓN.....	15
4.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA .....	16
4.3 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL.....	17
5.MARCO TEÓRICO.....	19
5.1 SISTEMA INDUSTRIALIZADO .....	19
5.2 SISTEMA MODULAR CON-TECH MANOPORTANTE .....	19
5.3 CONCRETO PARA SISTEMA INDUSTRIALIZADO .....	20
6.DESARROLLO DE LA PASANTÍA.....	21
6.1 SUPERVISIÓN TÉCNICA Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES RESIDENCIALES .....	21
6.1.1 Cimentación. ....	21
6.1.2 Armado de la estructura de acero .....	23
6.1.2.1 Dovelas de arranque.....	24
6.1.2.2 Empalmes del refuerzo.....	25
6.1.2.3 Importancia del uso de separadores de concreto.....	27
6.1.2.4 Controles en los refuerzos estructurales.....	28
6.1.3 Cimbrado y pinado. ....	28
6.1.4 Armado de formaletas metálicas.....	30
6.1.4.1 Aplomo de muros.....	32
6.1.4.2 Chequeo de espesor de muros. ....	32
6.1.4.3 Chequeo general de accesorios.....	33
6.1.4.4 Nivelación de la losa.....	36

6.1.5 Vaciado del concreto fresco. ....	37
6.1.6 Importancia del vibrado del concreto.....	39
6.1.7 Consideraciones para un buen desencofrado. ....	43
6.1.8 Influencia de la mano de obra. ....	44
6.1.8.1 Armadores o encofradores.....	44
6.1.8.2 Herreros.....	45
6.1.8.3 Plomeros, fontaneros o hidráulicos.....	46
6.1.8.4 Electricistas o eléctricos.....	47
6.1.8.5 Personal de aseo.....	47
6.1.8.6 Resanadores.....	48
6.1.8.7 Andamios o palomeros.....	49
6.1.8.8 Cuadrilla de escalas o escaleras.....	50
6.2 ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO. ....	50
6.2.2 Cronograma. ....	50
6.2.3 Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.....	53
6.2.4 Factor climático. ....	55
6.2.5 Suministro de concreto industrializado.....	57
6.3 CONTROLES DE CALIDAD EN LAS EDIFICACIONES YA CONSTRUIDAS. ....	59
6.3.1 Chequeo de niveles en ventanas, puertas y muros.....	59
6.3.2 Pruebas hidráulicas en tuberías de agua potable .....	62
7.CONCLUSIONES.....	64
8.RECOMENDACIONES. ....	66
BIBLIOGRAFÍA. ....	67
ANEXOS. ....	69
ANEXO A .....	69
ANEXO B .....	70

## LISTA DE FIGURAS.

- Figura 1.** Ubicación del proyecto.
- Figura 2.** Emplazamiento ETAPA 2 del proyecto “Bosque Encantado”.
- Figura 3.** Vista en planta primer y segundo piso.
- Figura 4.** Sistema estructural con muros de carga.
- Figura 5.** Sección de cimentación diseño estructural.
- Figura 6.** Problemas generados por los desniveles en la cimentación.
- Figura 7.** Estructura de la cimentación.
- Figura 8.** Dovelas de arranque.
- Figura 9.** Traslapo de malla electrosoldada.
- Figura 10.** Ejemplo de empalme por traslapo en barras corrugadas.
- Figura 11.** Problema con empalme de barras.
- Figura 12.** Espaciadores en muros y losas de entrepiso.
- Figura 13.** Acero de refuerzo sin recubrimiento de concreto.
- Figura 14.** Refuerzos estructurales, esquineros.
- Figura 15.** Viga de refuerzo en dintel.
- Figura 16.** Proceso de cimbrado y pinado.
- Figura 17.** Cimbrado y pinado de muros.
- Figura 18.** Aplicación de desmoldante a la formaleta.
- Figura 19.** Proceso de armado de formaleta metálica en muro estructural.
- Figura 20.** Apuntalamiento de encofrado de muros.
- Figura 21.** Aplomo de muros.
- Figura 22.** Espesor de muro.
- Figura 23.** Chequeo de accesorios.
- Figura 24.** Muros deformados por el desajuste o fallo de corbatas.
- Figura 25.** Proceso de picado de muro con protuberancias.
- Figura 26.** Chequeo en la instalación de alineadores.
- Figura 27.** Soportes del encofrado de la losa de entre piso.
- Figura 28.** Prueba de consistencia del concreto fresco.
- Figura 29.** Antes y después del vaciado y vibrado del concreto.
- Figura 30.** Segregación del concreto en muros.



- Figura 31.** Problemas en los muros generados por mal vibrado.
- Figura 32.** Reparación de agujero en muro estructural.
- Figura 33.** Problemas en vigas de refuerzo por mal vibrado del hormigón.
- Figura 34.** Superficie de muros con imperfecciones y pigmentaciones.
- Figura 35.** Proceso de vaciado de concreto premezclado.
- Figura 36.** Almacenamiento del acero.
- Figura 37.** Marcación de la ubicación de las tuberías.
- Figura 38.** Instalación del sistema eléctrico.
- Figura 39.** Ejemplo de un mal revoque en bordes de muro
- Figura 40.** Dilaciones estructurales en la fachada.
- Figura 41.** Pasarela con tablonces de madera.
- Figura 42.** Encofrado y armado de acero de escalas.
- Figura 43.** Capacitación ARL: Riesgos osteomusculares.
- Figura 44.** Capacitación ARL: Actividades cognitivas.
- Figura 45.** Entrega de elementos de protección personal.
- Figura 46.** Implementación de línea de vida durante la fundición del segundo piso.
- Figura 47.** Lavado del concreto de losa de entre piso.
- Figura 48.** Estado de las vías en el mes de octubre.
- Figura 49.** Junta fría en muro.
- Figura 50.** Problemas de estabilización de autobombas en terreno inestable.
- Figura 51.** Chequeo de niveles y aplomes de ventanas y puertas.
- Figura 52.** Muro desplomado en la parte superior.
- Figura 53.** Instalación de rejillas.
- Figura 54.** Prueba hidráulica.

## LISTA DE GRAFICAS

**Grafica 1.** Porcentaje de resistencias a la compresión (CLAROS, 2021).

**Grafica 2.** Tiempo de fraguado del concreto (CLAROS, 2021).

**Grafica 3.** Precipitación [mm] en la ciudad de Popayán (IDEAM).

**Grafica 4.** Chequeo de niveles en ventanas, puertas y muros.

**Grafica 5.** Resultados de prueba de presión en los sistemas hidráulicos de agua potable.

**Grafica 6.** Distribución del número de fugas por vivienda.

## LISTA DE TABLAS.

**Tabla 1.** Comparación de características generales del concreto para sistema industrializado.

**Tabla 2.** Registro de los días en los cuales se suspendió la fundición.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una edificación es una estructura que debe ser diseñada, planificada y ejecutada por profesionales de la ingeniería y de la construcción mediante procesos y técnicas constructivas que garanticen su calidad, seguridad y durabilidad en el tiempo. Este tipo de estructuras se clasifican según su uso como: indispensables, de atención a la comunidad, de ocupación especial y normal. Las edificaciones de uso residencial se clasifican como estructuras de ocupación normal, sin embargo, esta clase de obras en general deben contar con estudios preliminares, de prefactibilidad, de diseño y con licencias de construcción que en conjunto optimicen los recursos, aseguren la calidad de las estructuras y la seguridad de sus ocupantes.

La construcción por sistema industrializado CON-TECH desarrollada en los Estados Unidos a principios de los años 60 implica una serie de procedimientos repetitivos de forma sistemática que se realizan in-situ y que buscan aumentar los rendimientos y disminuir recursos en los proyectos. “Este sistema se empezó a implementar en Colombia por el Instituto de Crédito Territorial y el Banco Central Hipotecario en la década de los ochenta con el fin de producir vivienda de forma masiva en corto tiempo, para dar respuesta al déficit habitacional, desde entonces, este sistema ha sido el usado con mayor frecuencia en el país”<sup>1</sup>.

En el proyecto conjunto residencial “Bosque Encantado” ubicado en la ciudad de Popayán se realizará la supervisión de los procesos y técnicas constructivas de las edificaciones construidas mediante sistema industrializado CON-TECH, con el objetivo de garantizar la calidad de las estructuras y que estas se construyan de acuerdo con los diseños estructurales y arquitectónicos aprobados en las licencias de construcción. Durante la supervisión técnica es necesario tener en cuenta el cronograma, los equipos de construcción, la forma en que está operando el personal de mano de obra, la calidad de los materiales, las técnicas de construcción y el área que se ocupa para llevar a cabo el proyecto, además de factores externos como el clima, el suministro de materiales y la seguridad de los trabajadores entre otros.

---

<sup>1</sup> DOMINGUEZ, María. *Influencia del proceso constructivo sobre la deflexión de placas de concreto construidas con sistemas industrializados manoportables*. Bogotá, 2014, 18p, trabajo de grado (ingeniera civil). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería civil.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Durante la construcción de edificaciones existen múltiples factores que se deben monitorear y chequear con precisión, con el fin de garantizar la calidad de la estructura. Durante la ejecución de la obra pueden presentarse cambios con respecto a los diseños iniciales producto de la complejidad de las técnicas constructivas, la calidad de los materiales, la planeación y factores externos, por esta razón es necesario de la experiencia y el conocimiento de profesionales de la ingeniería y de la construcción para que supervisen, chequen y controlen los procesos constructivos en este tipo de obras.

El practicante de ingeniería con la información de los proyectos aprobados y con el apoyo y experiencia de técnicos de la construcción tendrá como función realizar la supervisión y control técnico de calidad de todos los procesos constructivos.

El estudiante con las actividades que realice en la obra puede adquirir conocimientos y experiencias para su práctica profesional y ampliar su conocimiento en las diferentes áreas involucradas en la pasantía. Con ello, la Universidad del Cauca en virtud de la resolución N.º 820 de octubre del 2014 permite al estudiante de ingeniería civil realizar su trabajo de grado en la modalidad de práctica profesional para optar al título de Ingeniero Civil.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Supervisar y evaluar los procesos constructivos de edificaciones de uso residencial construidas mediante sistema industrializado.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

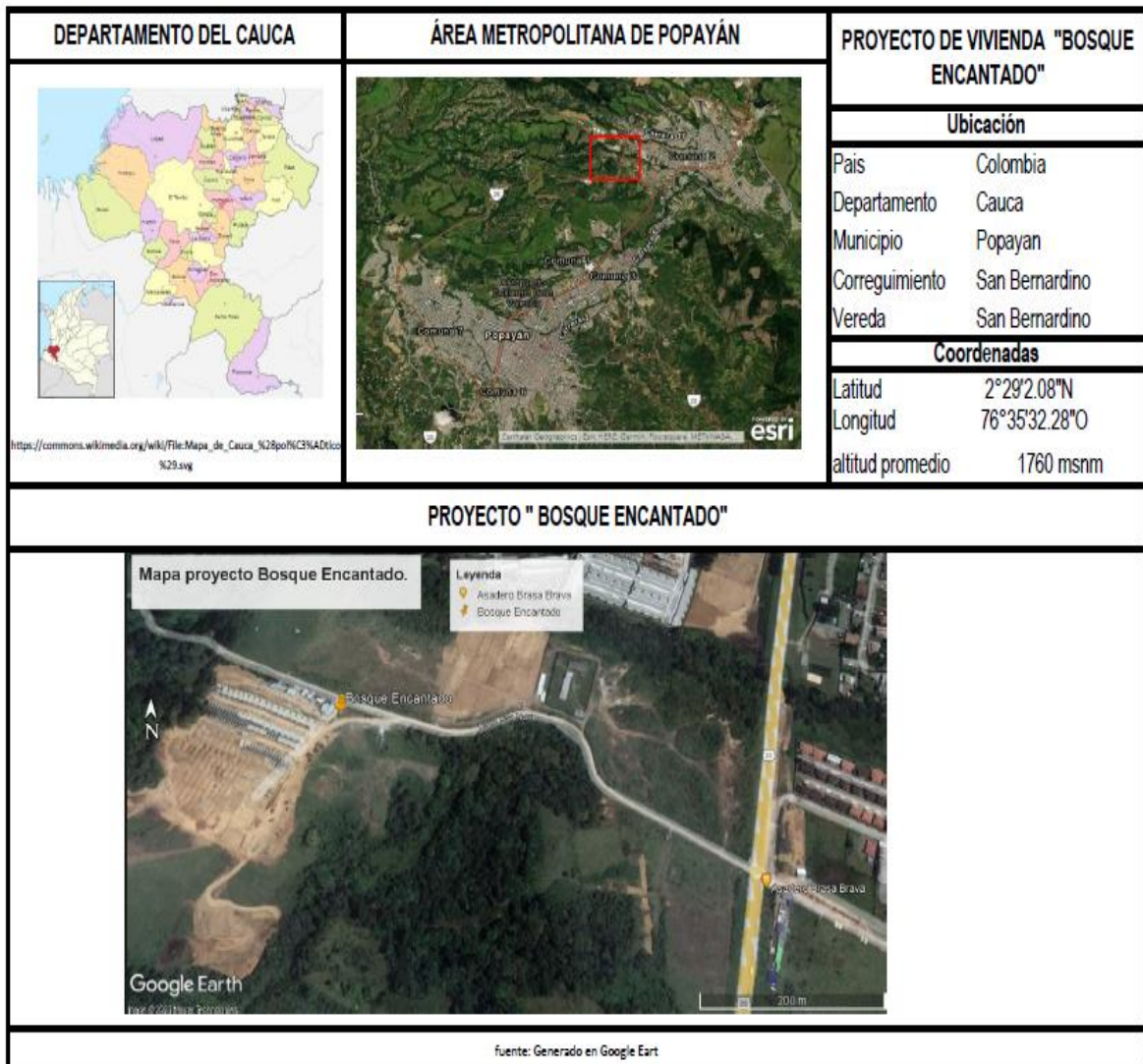
- Chequear el armado de formaletas metálicas.
- Nivelar y aplomar las formaletas metálicas.
- Controlar el proceso de fundición y vibrado del concreto.
- Hacer controles de calidad en las edificaciones ya construidas.
- Verificar el cumplimiento de las metas establecidas en el cronograma.
- Servir como vigía en el control de trabajo seguro en alturas.

## 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 4.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto de vivienda “Bosque Encantado” se encuentra ubicado en una zona de alto desarrollo al norte de la ciudad de Popayán en el departamento del Cauca sobre la calle 53 A norte, en un área aproximada para uso residencial y comercial de 38.545 y 8.260 metros cuadrados respectivamente. La entrada principal del conjunto residencial está a unos 600 metros de la variante norte.

**Figura 1.** Ubicación del proyecto.



Fuente: mapas satelitales tomados de Google Earth y

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=ff8b2b64e051403ca434d7b8d813d885>

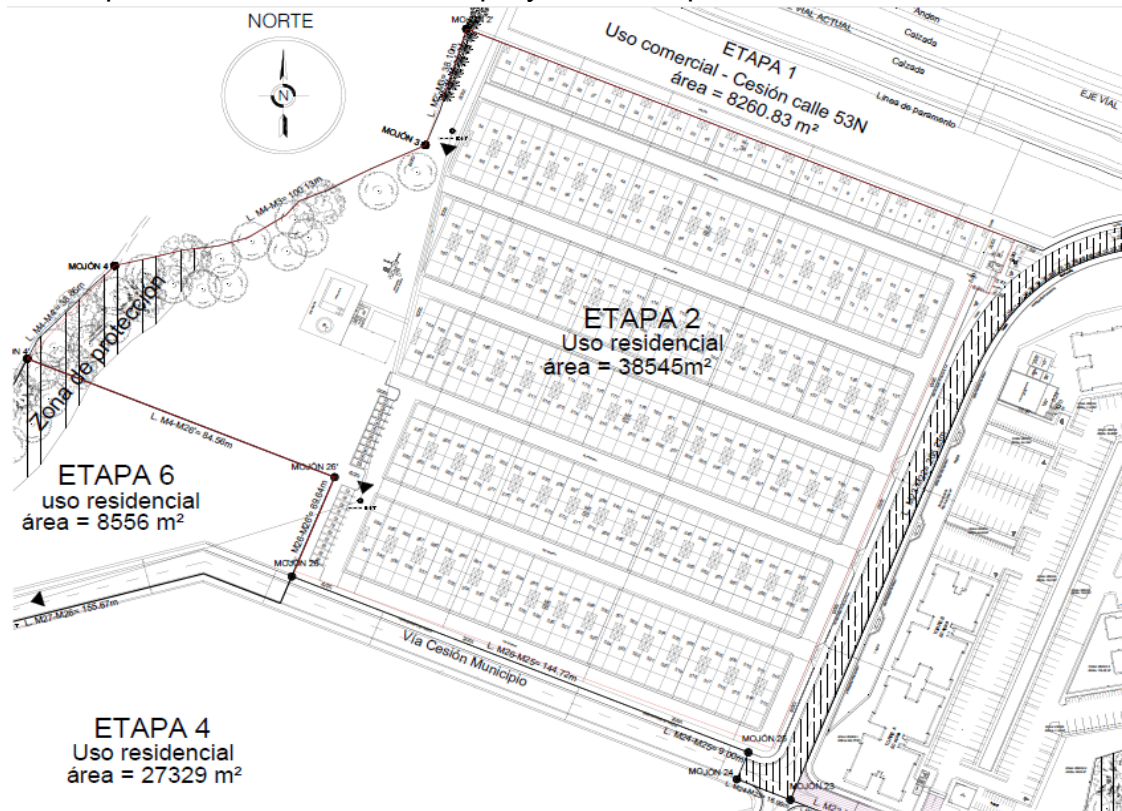
El acceso se realiza por la variante norte cruzando a mano izquierda en dirección sur norte por la calle 53 A norte. La vía de acceso está en afirmado, por esta razón en

épocas de lluvia se dificulta el tránsito de vehículos y motocicletas.

## 4.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

El proyecto de vivienda residencial “Bosque Encantado” se divide en tres etapas constructivas, la etapa uno se destinará como área de uso comercial con una superficie de 28.260 metros cuadrados, en las etapas dos y tres el área será de uso residencial y tendrá una extensión aproximada de 38.545 y 35.388 metros cuadrados respectivamente. Las descripciones se enfocarán en la etapa constructiva número dos, ya que las practicas académicas tuvieron lugar durante esa etapa, con base en los diseños se tiene proyectado la construcción de trecientas cuarenta y dos (342) casas unifamiliares, que contarán con diseños flexibles que permitirán futuras ampliaciones y donde cada casa tendrá un antejardín y zonas comunes como piscinas para niños y adultos, zonas verdes y de recreación.

**Figura 2.** Emplazamiento ETAPA 2 del proyecto “Bosque Encantado”.



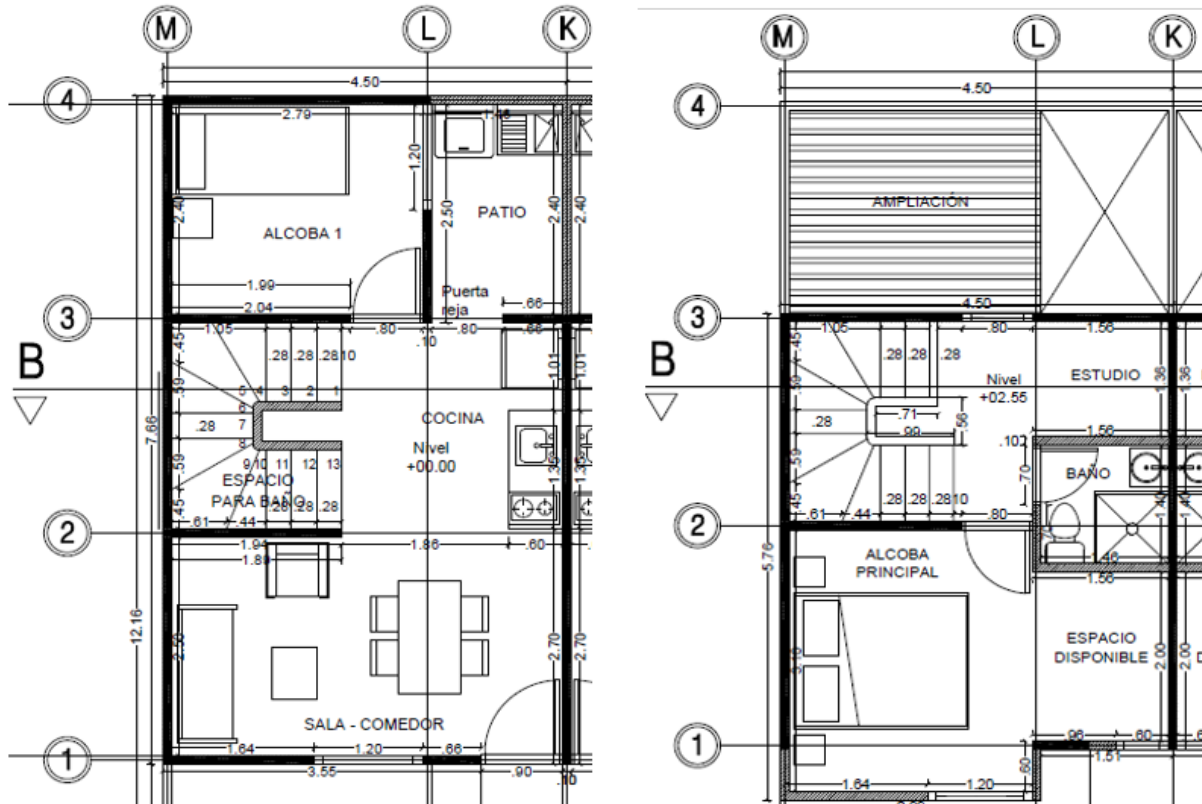
Fuente: SOLARTE Y CIA. Ingenieros calculistas S.A

La casa modelo se construirá en un lote con una extensión de 54.72 metros cuadrados de los cuales 30.69 corresponden al área del primer piso, la cual se distribuye de la siguiente manera: una alcoba, un patio sin cubierta que le da una buena iluminación a la casa, una cocina, el acceso a las gradas y un espacio común para la sala y el comedor



(ver figura 3). En el segundo piso se construirán 25.04 metros cuadrados distribuidos así: una alcoba principal con acceso justo en seguida del baño común y con una puerta ventana corrediza del lado de la fachada principal, además del baño común con acceso ubicado al frente de las gradas y una zona de estudio al lado. En total se tendrá un área construida de cincuenta y tres (53) metros cuadrados aproximadamente.

**Figura 3.** Vista en planta primer y segundo piso.



Fuente: SOLARTE Y CIA. Ingenieros calculistas S.A

### 4.3 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

El sistema estructural de las casas construidas corresponde a un sistema de muros de carga, los cuales son construidos en concreto reforzado con un espesor de diez (10) centímetros. La Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR 10) define al sistema de muros de carga como “Un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo, en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales”<sup>2</sup>. Los muros de carga son elementos planos que se caracterizan por tener un espesor menor a la altura y longitud del muro, las cargas verticales son soportadas por muros continuos en altura sin aberturas como lo son las puertas o ventanas.

<sup>2</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo, Título A - Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Bogotá. NSR-10, 2010, p53.

**Figura 4.** Sistema estructural con muros de carga.



Fuente: elaboración Propia.

La estructura se construye mediante sistema industrializado manoportante, utilizando formaletas metálicas. En este proceso se utiliza un concreto especial con aditivos que aceleran el fraguado y curado, además de ser premezclado en plantas industriales, transportado por camiones mezcladores de concreto conocidos coloquialmente como “mixers” y vaciado con autobomba.

Por lo General el refuerzo de acero en los muros son mallas electrosoldadas cuyas características dependerán del diseño estructural. Por otra parte, la fundición de la estructura es monolítica, es decir que los muros y la losa de entre piso se funden en conjunto.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 SISTEMA INDUSTRIALIZADO

“Un sistema industrializado es un esquema de construcción que, mediante la adecuada planeación de tareas y presupuesto, y una selección de equipos y materiales puede generar elevados rendimientos en obra y optimizar los recursos, sin afectar las condiciones económicas y la generación de empleo”<sup>3</sup>. En las últimas décadas la construcción de viviendas de uso residencial a gran escala se ha ido industrializando mediante procesos y técnicas innovadoras de encofrado y fundición, tales como la construcción por sistema manoportable CON-TECH, esta nace en Estados Unidos a comienzos de la década de los años sesenta y desde entonces ha estado en constante evolución.

Existen dos sistemas de formaleta para la construcción con sistemas industrializados: manoportable y tipo túnel. En ambos sistemas, los paneles unidos forman una estructura temporal autoportante, capaz de soportar presiones sin deformarse demasiado dando un acabado pulido a las superficies.

### 5.2 SISTEMA MODULAR CON-TECH MANOPORTANTE

El sistema industrializado de tipo modular es un sistema de encofrado metálico que se constituye principalmente por el uso de módulos (formaletas) que ensamblados entre sí dan forma a la estructura proyectada en el diseño, para posteriormente ser fundida monóticamente (muros y losa) con un concreto especial, con el objetivo de aumentar la productividad.

Los módulos están diseñados y fabricados para resistir las presiones y vibraciones generadas por el concreto durante el proceso de vaciado, además de dar a las superficies de los muros un acabado fino y uniforme generando al mismo tiempo una disminución en los costos de obra. De acuerdo con el ingeniero Omar Javier Silva las formaletas para sistema industrializado se pueden utilizar en promedio hasta en 1.500 ciclos con un adecuado almacenamiento y mantenimiento, así como la técnica utilizada para el desencofrado.

Las formaletas pueden tener diferentes dimensiones, lo que permite que se adapten fácilmente a cualquier forma. Están diseñadas para dar un acabado fino y uniforme a las superficies de los muros, esto constituye una reducción significativa en los costos de obra con respecto a la construcción tradicional de edificaciones en mampostería, ya que no es necesario repellar la totalidad de los muros, sin embargo, se debe resanar con

---

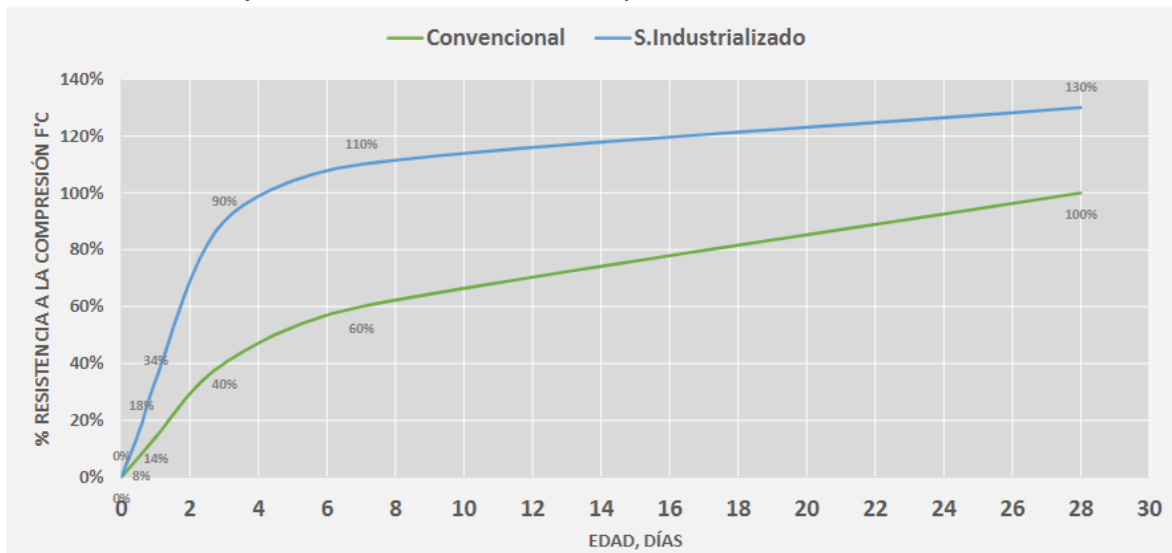
<sup>3</sup> DOMINGUEZ, María. *Influencia del proceso constructivo sobre la deflexión de placas de concreto construidas con sistemas industrializados manoportables*. Bogotá, 2014, 18p, trabajo de grado (ingeniera civil). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería civil.

mortero los espacios que dejan las corbatas y las imperfecciones antes de estucar.

### 5.3 CONCRETO PARA SISTEMA INDUSTRIALIZADO

El concreto para el sistema industrializado se caracteriza por una consistencia fluida, que, a su vez, garantiza una buena trabajabilidad durante el vaciado; también, por la capacidad para desarrollar resistencia a temprana edad y acelerar el proceso de curado. Para darle estas características particulares al concreto se le adiciona aditivos que deben ser dosificados en plantas industriales bajo la supervisión de un experto.

**Grafica 1.** Porcentaje de resistencias a la compresión.



Fuente: (CLAROS, 2021).

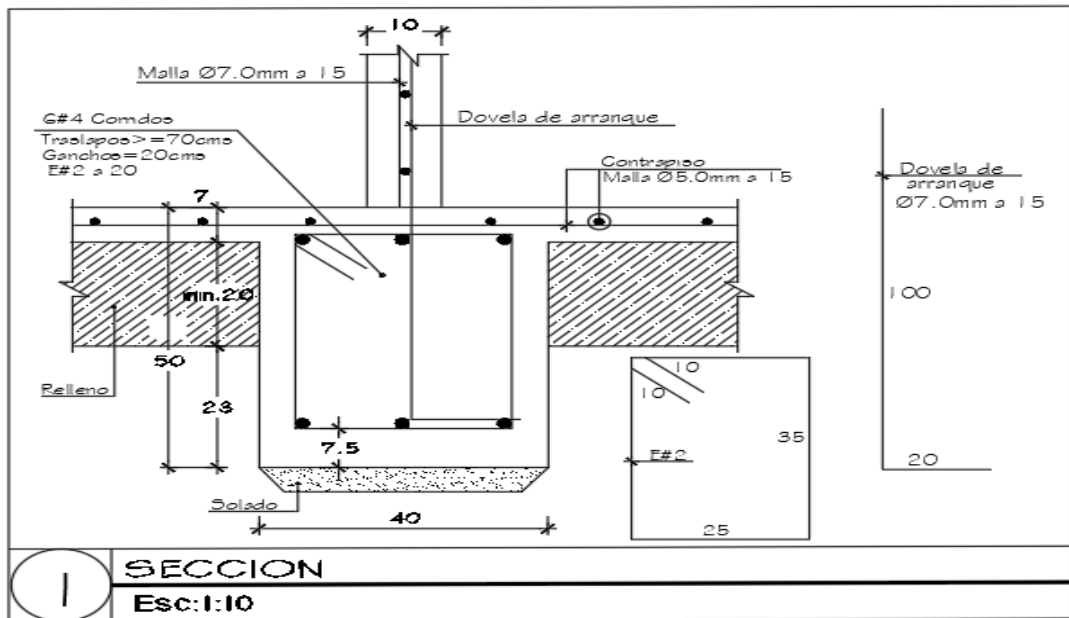
De acuerdo con la gráfica 1 se puede concluir que el concreto industrializado alcanza un porcentaje de resistencia a la compresión del cien por ciento (100%) en un tiempo de seis (6) a ocho (8) días aproximadamente, después de terminado el proceso de fundición. En comparación con un concreto convencional sin aditivos, en el mismo rango de tiempo este alcanza un porcentaje de resistencia a la compresión del sesenta por ciento (60%) y tarda 28 días en alcanzar el cien por ciento.

## 6. DESARROLLO DE LA PASANTÍA

### 6.1 SUPERVISIÓN TÉCNICA Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES RESIDENCIALES

**6.1.1 Cimentación.** “Una cimentación o fundación es la parte de la estructura de ingeniería, que se encarga de transmitir las cargas (de ésta) a la superficie que la sustenta, cumpliendo con los requisitos de resistencia a la falla (seguridad), las exigencias de servicio y los principios de economía que impone el contexto en el diseño y el uso de la construcción por sí misma”<sup>4</sup>.

**Figura 5.** Sección de la cimentación – diseño estructural.



Fuente: SOLARTE Y CIA. Ingenieros calculistas S.A.

Para el caso en particular de estudio, las estructuras construidas son edificaciones de uso residencial de dos plantas, y sus cimentaciones corresponden a una solución combinada de zapata corrida y una losa de cimentación de espesor siete (7) centímetros (Ver figura 5 y 7).

La superficie de la cimentación tendrá que estar completamente nivelada para evitar problemas durante el armado de los muros y el vaciado de concreto. Como se puede observar en la figura 6 la formaleta está separada de la superficie, ya que existen puntos más altos que otros en esta, entre mayor sea la separación mayor el desnivel, el pasante verifico constantemente este tipo de problemas y se detectó un caso en particular en una de las cimentaciones del proyecto, para solucionarlo durante el encofrado se tapó los espacios entre la cimentación y la formaleta con trozos de madera.

<sup>4</sup> CRUZ, Lucio. *Fundaciones Profundas Generalidades Primera Parte*. Popayán, 2007, 4p, Conferencias de Clase. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil.

**Figura 6.** Problemas generados por los desniveles en la cimentación.



Fuente: elaboración propia.

**Nota:** la empresa en la cual se realizó la practica académica estaba encargada de la construcción de la estructura, pero no de las cimentaciones, por esta razón no se realizó un control técnico detallado del proceso constructivo.

**Figura 7.** Estructura de la cimentación.



Fuente: elaboración propia.



**6.1.2 Armado de la estructura de acero.** El armado de la estructura de acero es una de las etapas más importantes del proceso constructivo, la supervisión es fundamental para que se garantice que se construya lo aprobado en los diseños estructurales. En esta etapa se requiere hacer el control de longitudes de desarrollo, traslapes de mallas y sus diámetros, ganchos en vigas de refuerzo y estribos entre otros.

En la práctica académica al tratarse de un proyecto con más de 300 viviendas las mallas electrosoldadas fueron cortadas en talleres y llegaron a la obra listas para ser colocadas o instaladas; sin embargo, refuerzos como estribos o dovelas de arranque se armaron en obra.

**6.1.2.1 Dovelas de arranque.** “Es necesario dejar un acero de arranque bien sea desde la cimentación o desde la placa de transición, para poder traslapar la malla electrosoldada de refuerzo de muro, y en algunos casos, si es necesario, colocar refuerzos verticales y horizontales que corresponden a varillas de acero corrugadas”<sup>5</sup>. En este punto el pasante realizó el chequeo de la longitud de la dovela, su diámetro y su separación.

**Figura 8.** Dovelas de arranque.



Fuente: elaboración propia.

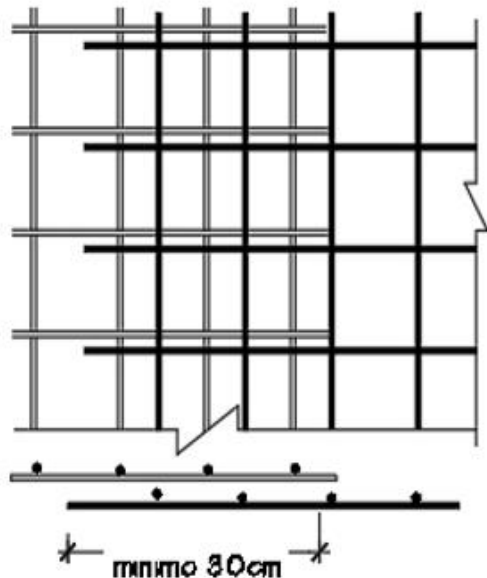
**6.1.2.2 Empalmes del refuerzo.** En general el refuerzo de muros y losas de entrepiso está constituido por mallas electrosoldadas, y diferentes tipos de refuerzos

---

<sup>5</sup> LUQUETTA, Oswaldo. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA VIVIENDA EN COLOMBIA: EL CASO DE FORSA Y UNI-SPAN*, 2006, 16p. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad de los Andes. Facultad de ingeniería civil y ambiental.

estructurales dispuestos horizontal y verticalmente que dependerán del diseño estructural y de las características propias de cada estructura. Los empalmes en obra de las mallas electrosoldadas son necesarios debido a limitaciones en el área disponible de estas. De acuerdo con el diseño estructural el traslapo de las mallas electrosoldadas tanto para muros como para la losa de entre piso tenía que ser mínimo de 30 centímetros, este chequeo lo realizo el pasante todos los días durante la instalación de las mallas.

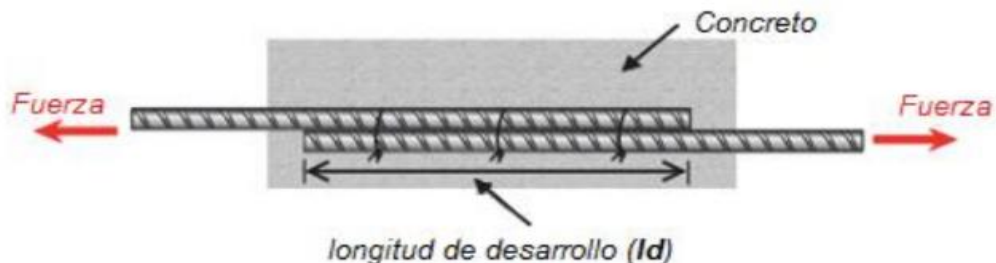
**Figura 9.** Traslapo de malla electrosoldada.



Fuente: elaboración propia.

Los empalmes de las barras de refuerzo suelen ser necesarios debido a las limitaciones en las longitudes de las varillas disponibles y a los cambios de diámetro de barras grandes a barras más pequeñas. Existen diferentes tipos de empalmes, entre ellos están los soldados, mecánicos y por traslapo.

**Figura 10.** Ejemplo de empalme por traslapo en barras corrugadas.



Fuente: Tomado de [\[https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/trabajo-en-acero\]](https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/trabajo-en-acero)

Como se puede observar en la figura 11 el traslapo es inexistente, por esta razón las cargas no se transmitirán de una barra a la otra. Este caso en particular fue detectado por el pasante durante la revisión rutinaria de la instalación de la



estructura de acero, en estos casos en particular lo ideal es que se coloque otra varilla nuevamente con la longitud adecuada para garantizar el traslape; sin embargo, también se podría utilizar un conector mecánico. Debido a que no se disponía de ningún tipo de conector mecánico ni de más barras de acero, lo que se hizo fue cortar un trozo de barra con una longitud igual a dos veces la longitud de desarrollo y sujetarla con trozos de alambre en ambas barras, teniendo presente que el traslape sea igual en ambos sentidos.

**Figura 11.** Problema con empalme de barras.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.2.3 Importancia del uso de separadores de concreto.** Después de instalar toda la estructura de acero es necesario colocar espaciadores que garanticen el recubrimiento del concreto en los elementos estructurales, estos por lo general son de plástico y se disponen tanto en muros como en losas de entre piso; también, pueden ser fabricados en la obra utilizando el mismo concreto con el que se va a fundir la estructura.

El espesor del recubrimiento dependerá de las condiciones de exposición que tengan los elementos estructurales. Por ejemplo, las vigas de amarre en la cimentación estarán en contacto directo con el suelo, por ello necesitan un recubrimiento mayor en comparación a una columna que no va a estar expuesta a la intemperie.

**Figura 12.** Espaciadores en muros y losas de entrepiso.



Fuente: elaboración propia.

En el proyecto se utilizaron espaciadores plásticos en los muros y en las losas, en promedio el recubrimiento era de alrededor de 4 centímetros; No obstante, se presentaron problemas en algunos muros estructurales. El pasante luego de realizar diferentes observaciones en las edificaciones y de un análisis del proceso constructivo identifico dos razones principales, la primera fue la falta de separadores, pero la más grave fue que en algunos casos las dovelas de arranque estaban mal posicionadas, casi que, en el borde del muro, por ello al empalmar las mallas electrosoldadas y después de armar las formaletas, estas quedaban en contacto entre sí.

Con base a la experiencia en obra adquirida por el pasante, la solución a este tipo de problemas es utilizar separadores fabricados en concreto, debido a que son más resistentes y pueden mantener en su lugar a las mallas electrosoldadas durante el vaciado, a diferencia de los separadores plásticos que son más frágiles y se doblan con mayor facilidad, pero sobre todo hacer un control durante la ubicación de las dovelas de arranque.

El problema de dejar el acero sin recubrimiento es que este estará en contacto con agentes corrosivos como el agua y el aire, acelerando su desgaste y afectando la durabilidad de la estructura en el tiempo.

**Figura 13.** Acero de refuerzo sin recubrimiento de concreto.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.2.4 Controles en los refuerzos estructurales.** Los refuerzos estructurales fueron flejados en la obra, por esta razón el pasante colaboró realizando el control de calidad durante el proceso de armado e instalación. Se llevó un control en: vigas de refuerzo, escuadras o esquineros y varillas adosadas a la malla en las orillas de ventanas. Los chequeos ejecutados se enfocaron a controlar los diámetros de las barras, su longitud, la distribución de estribos y la ubicación en la estructura.

A pesar de los controles realizados tanto por el ingeniero residente y el auxiliar de ingeniería se identificó que el oficial encargado de la cuadrilla de herreros era permisivo en cuanto a la calidad del armado de la estructura de acero, por esta razón se recomienda que los controles de calidad se enfoquen en dos puntos claves: 1) durante la flejada de los refuerzos estructurales y 2) durante la instalación.

**Figura 14.** Refuerzos estructurales, esquineros.



Fuente: elaboración propia.



Las consecuencias de no hacer un control de calidad durante el armado de elementos de refuerzo, como por ejemplo las vigas en dinteles, es que estos no cumplan con las hipótesis de diseño estructural, y, por tanto, su comportamiento no sea el esperado cuando la estructura se someta a eventos sísmicos. El pasante identifico problemas en cuanto al armado de refuerzos estructurales, en la siguiente figura se observa una viga de refuerzo a la cual no se le ha realizado un control durante su armado, se detalla como los estribos están mal distribuidos y no cumplen con una separación uniforme entre ellos.

**Figura 15.** Viga de refuerzo en dintel.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.3 Cimbrado y pinado.** El cimbrado como se lo llama en obra es una demarcación que se hace en la superficie de la cimentación y de la losa de entre piso, es una guía que sirve para armar el encofrado metálico. Este trabajo se hace entre dos personas, se necesita de un metro y de una cimbra, la cual es un instrumento rudimentario que hace las veces de marcador.

El cimbrado también se realiza en el armado de la formaleta de escaleras, aunque el proceso es diferente y se utilizan, además de la cimbra y el metro, un nivel láser, en general el objetivo es el mismo, hacer la demarcación y la guía para el encofrado de gradas, esta vez utilizando formaletas de madera.

El pasante colaboro realizando verificaciones del espesor de los muros y también chequeando que las dovelas de arranque estuviesen dentro de la demarcación. Para las escalas se revisaba la huella, contrahuella y el ancho de las gradas.

**Figura 16.** Proceso de cimbrado y pinado.



Fuente: elaboración propia.

Luego de cimbrar se debe perforar con un taladro a lo largo de la demarcación, con el objetivo de asegurar la primera línea de formaletas con trozos de varilla (por lo general de 3/8 de pulgada) contra el suelo de cimentación para estabilizarlas y evitar que se muevan (ver figura 16 y 17), a este proceso se le denomina coloquialmente como pinado.

**Figura 17.** Cimbrado y pinado de muros.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.4 Armado de formaletas metálicas.** “El sistema de formaleta metálica está fabricado en aceros de alta resistencia que garantizan una larga duración, facilitando el proceso de encofrado, vaciado y desencofrado”<sup>6</sup>. El acabado de las superficies dependerá, entre otros factores, del estado de desgaste de las formaletas y de los accesorios que componen el molde, por ello se deben realizar revisiones y valoraciones del estado de deterioro para remplazarlos, si es necesario, y así, garantizar acabados finos y uniformes.

**Figura 18.** Aplicación de desmoldante a la formaleta.



Fuente: elaboración propia.

El proceso de encofrado inicia después de armar la estructura de acero, el sistema hidráulico y eléctrico que van embebidos en los muros de la edificación. El pasante colaboro verificando que los obreros limpiaran y luego aplicaran desmoldante a la superficie de la formaleta (ver figura 18) para conservarla y agilizar el proceso de desencofrado, posteriormente se aseguraba de que la primera línea de formaletas estuviera sujeta con trozos de varilla (por lo general de 3/8 de pulgada) contra el suelo de cimentación con el objetivo de estabilizarlas y evitar que se muevan, de ahí en adelante el obrero seguía armando hacia arriba hasta armar por completo una de las caras del muro (ver figura 19), simultáneamente iban colocando las corbatas y las chapetas o grapas, y finalmente armaban la otra cara del muro.

---

<sup>6</sup> INGEQUIPOS. Ficha Técnica Formaleta Metálica ficha. {En línea}. {17 febrero de 2023} disponible en: ([www.ingequipos.com.co](http://www.ingequipos.com.co)).



**Figura 19.** Proceso de armado de formaleta metálica en muro estructural.



Fuente: elaboración propia.

Una vez terminado el armado de los muros se empezaba a ensamblar la formaleta de la losa, para ello se colocaban tacos y vigas de soporte para que mantuvieran en su lugar los paneles. posteriormente se instalaba los alineadores y se aseguraban con trozos de varilla (de diámetro media pulgada) la parte exterior de la formaleta contra el suelo de cimentación, después se instalaban los gatos en la parte inferior y superior de los muros, los cuales sirven como apuntalamiento y mantienen firme el molde durante el vaciado y vibrado del concreto (ver figura 20).

**Figura 20.** Apuntalamiento de encofrado de muros.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.4.1 Aplomo de muros.** Finalizado el proceso de armado se debe realizar controles de calidad, uno de los más importantes es el aplomo de muros, que se hace con el objetivo de que estos queden totalmente verticales y sin curvaturas, garantizando así un paralelismo uniforme. El aplomo se debe hacer en todos los muros del molde; sin embargo, es fundamental realizarlo en la fachada, puertas, muros con alturas que superen los 2 metros y en general en lugares estratégicos que tienden a deformar el molde de acuerdo con las características particulares de cada proyecto.

**Figura 21.** Aplomo de muros.



Fuente: elaboración propia.

El aplomo de la formaleta metálica lo realizó el pasante utilizando una pesa rudimentaria fábrica in-situ (ver figura 21), esta tenía que estar a una distancia entre 5 y 10 cm del suelo, luego se media la longitud horizontal entre el nylon o cuerda y la formaleta, tanto en la parte inferior como superior del muro, la medida debía ser la misma. La tolerancia para casas de dos pisos debe estar en un rango de 0 a 3 mm, es muy importante garantizarla, ya que durante el vaciado las formaletas son sometidas a presiones y vibraciones constantes que generan movimientos causando desaplomos. Por esta razón el pasante ejecutó un reaplomo de muros inmediatamente después del vaciado y vibrado del concreto. Para ello se utilizaron gatos mecánicos que jalaban o empujaban los muros para aplomarlos.

**6.1.4.2 Chequeo de espesor de muros.** De acuerdo con el diseño estructural, para este proyecto en particular el espesor mínimo de muros es de diez (10) centímetros. El auxiliar de ingeniería reviso el espesor antes y después de la fundición, en general no se encontraron problemas- significativos en el espesor de los muros.



**Figura 22.** Espesor de muro.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.4.3 Chequeo general de accesorios.** Dentro del control de calidad del armado de la formaleta metálica, un aspecto fundamental es la revisión de accesorios (chapetas, espaciadores, mordazas, rinconeras, alineadores, etc.). En este punto es necesario chequear que todos estos se encuentren en su lugar y que estén ajustados. Los accesorios en el sistema de construcción industrializado tienen un grado de desgaste alto, por cada día de fundición se pierde y se daña un porcentaje importante, pero que es incierto, ya que esto depende de las particularidades específicas de cada proyecto, la magnitud, la organización y el control que se tenga en el mismo; sin embargo, es recomendable que exista personal dedicado al control y organización de los accesorios tanto en el almacén como en campo.

**Figura 23.** Chequeo de accesorios.



Fuente: elaboración propia.

Uno de los controles realizados por el pasante fue verificar que los espaciadores o corbatas estuviesen instalados y sujetos con pines, además de que se encontraran forrados con “Yumbolon”, que es un tipo junta que evita que el concreto se adhiera, permitiendo la recuperación y reutilización del espaciador (ver figura 23). Es aconsejable cambiar estos accesorios periódicamente, debido a que sufren un desgaste considerable, en especial cuando no se utiliza el “Yumbolon”.

Uno de los problemas más comunes identificados por el pasante en la obra fue el fallo de las corbatas, el cual puede generarse bien sea por desgaste del accesorio o por estar mal ajustadas. Cuando los espaciadores fallan, las formaletas se desajustan y no pueden resistir la presión ejercida por el concreto ni las vibraciones que genera el vibrador eléctrico utilizado durante el vaciado. Como resultado, los muros se deforman, desaploman y son estéticamente inaceptables, problemas que dado el caso se deberán solucionar después del desencofrado.

**Figura 24.** Muros deformados por el desajuste o fallo de corbatas.



Fuente: elaboración propia.

Para darle una solución a las protuberancias de los muros causadas por el fallo de corbatas, se picaron los muros con un martillo percutor para remover el exceso de concreto y luego se repello con mortero. El pasante colaboro supervisando el aplomo de los muros reparados (ver figura 25).

**Figura 25.** Proceso de picado de muro con protuberancias.



Fuente: elaboración propia.

Los alineadores proporcionan rigidez al molde, de igual modo un alineamiento vertical y horizontal según su disposición. Estos se deben ubicar en todos los muros del molde; no obstante, se tienen que seguir las recomendaciones del fabricante de la formaleta. Los chequeos realizados por el pasante fueron: la ubicación, la cantidad de alineadores instalados y el ajuste de las mordazas.

**Figura 26.** Chequeo en la instalación de alineadores.



Fuente: elaboración propia.



**6.1.4.4 Nivelación de la losa.** Este proceso se realizó una vez finalizado el encofrado de todo el molde, con el objetivo de nivelar la losa y a su vez garantizar la altura de entre piso. La actividad se llevó a cabo utilizando el nivel de precisión y una mira topográfica. Este proceso consistió en chequear con el nivel de precisión la altura de varios puntos sobre la formaleta de la losa, especialmente esquinas, vigas, puertas, dinteles y balcones, la lectura en la mira topográfica tenía que ser la misma independientemente de la ubicación de la mira.

El pasante apoyo al residente de obra verificando que la formaleta utilizada en la losa de entre piso estuviese bien soportada en un sistema de tacos o puntales pinados que sostenían una especie de viga de acero y a su vez el encofrado (ver figura 27). El proceso de nivelación se realizó con los puntales, de forma tal que su altura se iba graduando para que toda la losa quede al mismo nivel.

**Figura 27.** Soportes del encofrado de la losa de entre piso.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.5 Vaciado del concreto fresco.** Previamente a la fundición se deben realizar controles de calidad al concreto fresco, por eso es importante conocer sus propiedades con el fin de garantizar la trabajabilidad, consistencia y segregación del producto, para ello se realiza el ensayo del cono de abrams, también conocido como ensayo de asentamiento o Slump test. El comportamiento del concreto en la prueba indica su consistencia, es decir, su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La prueba de asentamiento se ejecutó todos los días y el pasante verificaba que el asentamiento estuviese entre 8 y 10 pulgadas.

**Figura 28.** Prueba de consistencia del concreto fresco.



Fuente: elaboración propia.

“El concreto outinord, es un concreto de fluidez media, acelerado de resistencia y fraguado, diseñado específicamente para ser empleado en el sistema industrializado, permitiendo una rápida rotación de formaleta y velocidad en la construcción”<sup>7</sup>. Puntualmente fue utilizado para fundir monolíticamente losas de entre piso y muros estructurales.

**Nota:** *GeoAcopio es una empresa ubicada en el parque industrial de la ciudad de Popayán que fabrica concretos y fue durante la practica académica la encargada de proveer el concreto en la obra*

---

<sup>7</sup> DÍAZ, Jorge. Caracterización de mezcla de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones. En: Revista de ingeniería Uniandes. Vol.; 19 (mayo 1 ,2004); p. 63.

**Tabla 1.** Comparación de características generales del concreto para sistema industrializado.

Característica	GEOAcopio	(HURTADO, 2018)	[NTC 396 y NTC 673]	[CEMEX,2003]	(ARGOS)
Mezcla de concreto	concreto outinord			contech	
Resistencia inicial para el desencofrado.		15% -20% de f'c	15% -20% de f'c (18 a 20 horas)	18% -23% de f'c (14 a 18 horas)	15%-20% de f'c (14 horas)
Asentamiento [In]	[8-10]	[6 -8]	[6-7]	5	[6-9]
tamaño máximo del agregado [In]	1/2	[1/2 - 1]	1	1	[1/2 - 1]

Fuente: elaboración propia.

El Instituto Americano del Concreto (ACI) define el concreto bombeado como el que es transportado a través de manguera o tubo empleando una bomba. “Para que una operación de bombeo sea satisfactoria es necesario un abastecimiento constante de concreto, con especificaciones para este tipo de colocación, y que al igual que el concreto convencional, requiere buen control de calidad, distribución homogénea de agregados, granulometría adecuada, materiales dosificados uniformemente y mezclados perfectamente”<sup>8</sup>.

El proceso de vaciado se iniciaba llenando los muros y posteriormente la losa de entre piso, con el objetivo de garantizar una estructura fundida monolíticamente. Una de las tareas del pasante fue la de supervisar que simultáneamente con el vaciado un obrero estuviese verificando si los muros estaban llenos en su totalidad, este proceso se ejecutó dando golpes con un martillo de caucho a las formaletas, también existen métodos más sofisticados como la vibración externa de la formaleta, pero que no se implementó en este proyecto.

<sup>8</sup> SILVA, Omar. *Colocación de Concreto con Equipo de Bombeo*. {En línea}. {19 febrero de 2023} disponible en: (<https://360enconcreto.com/blog/detalle/colocacion-de-concreto-con-equipo-de-bombeo/?tm=true>)

**Figura 29.** Antes y después del vaciado y vibrado del concreto.



Fuente: elaboración propia.

El vaciado y vibrado del concreto se realizó simultáneamente con el objetivo de garantizar una estructura homogénea. Sea cual sea el método elegido para vibrar, siempre se debe tener especial cuidado en: antepechos, esquinas, muros de parche, vigas de refuerzo y en general lugares con espacios reducidos, bien sea por la densidad de acero, por el espesor del muro o por objetos embebidos.

Terminado el vaciado y vibrado de concreto se pulio (tallar, recorrer, etc.) la superficie y al mismo tiempo verificar el espesor de la losa de entre piso de acuerdo con el diseño estructural, en este caso un espesor de 10 cm. Comúnmente se fabrican pequeñas herramientas rudimentarias para medir el espesor de la losa de forma práctica y rápida, además de la losa se pulieron los remates de muros. Para este proceso es fundamental la experiencia y practicidad de la mano de obra.

**6.1.6 Importancia del vibrado del concreto.** “El principal objetivo del proceso de vibrado es lograr que las burbujas de aire asciendan dentro de la masa del concreto fresco y de este modo salgan, eliminándose con el ambiente y homogenizándose. Debido al proceso de mezclado, transporte y colocación del concreto, se atrapa aire en forma de vacíos o poros, que varían tanto en tamaño como en distribución, y que es necesario remover para darle el carácter de sólido monolítico. Como es sabido, estos vacíos disminuyen la densidad del concreto haciendo que este sea más permeable, poco resistente y menos durable”<sup>9</sup>. Con el vibrado la mezcla de concreto adquiere una consistencia más fluida aumentando la trabajabilidad y garantizando una compactación homogénea.

---

<sup>9</sup> SILVA, Omar. *Colocación de Concreto con Equipo de Bombeo*. {En línea}. {19 febrero de 2023} disponible en: (<https://360enconcreto.com/blog/detalle/colocacion-de-concreto-con-equipo-de-bombeo/?tm=true>)



**Figura 30.** Segregación del concreto en muros.



Fuente: elaboración propia.

El vibrado se realizó con vibradores de inmersión, con base a la experiencia adquirida durante la pasantía por el pasante se recomienda que se tenga uno o dos vibradores adicionales en caso de fallas eléctricas o corto circuito, daños muy comunes en obras grandes donde el desgaste de estos equipos es alto, además la mano de obra debe ser calificada, expertos en el vibrado.

En el proyecto en particular el pasante identifico problemas de segregación del concreto en los muros, comúnmente conocido como “hormigueo” (ver figura 30). “La segregación es la separación o distribución no homogénea de los componentes del hormigón. La distribución homogénea de pastas y áridos es un aspecto fundamental, con claras repercusiones en el comportamiento mecánico y en la durabilidad del hormigón”<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> BENITO, F. MÉTODO PARA CUANTIFICAR LA SEGREGACIÓN EN HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES. *MÉTODO PARA CUANTIFICAR LA SEGREGACIÓN EN HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES*. En: Cemento y concreto. Vol 6., No2 (enero – junio de 2015); p. 49.



**Figura 31.** Problemas de homogeneidad en los muros generados por mal vibrado de concreto.



Fuente: elaboración propia.

El concreto debe tener la fluidez y cohesión necesaria para garantizar que se llenen todos los espacios de la formaleta. Sin embargo, existen diferentes factores que pueden afectar la trabajabilidad durante el vaciado, por ello en obra se tuvo en cuenta: 1) el espesor de los muros, 2) la densidad del refuerzo y 3) el vibrado del concreto. Si no se vibra adecuadamente pueden ocurrir grandes problemas estructurales, como se observa en la figura 31, el auxiliar de ingeniería detecto grandes espacios vacíos en diferentes muros, los cuales afectan seriamente las hipótesis de diseño, ya que en estos elementos con este tipo de problemas las cargas estructurales no se transmiten homogéneamente.

En los muros con presencia de agujeros producto de la falta de vibrado el pasante colaboro en la supervisión de su reparación (ver figura 30), lo que se hizo fue: 1) picar con taladro percutor los bordes para que el concreto fluyera con facilidad, 2) aplicar un producto para adherir el concreto fresco al endurecido con el objetivo de garantizar la continuidad y homogeneidad del elemento estructural, 3) encofrar la parte del muro intervenida. 4) vaciar y vibrar concreto nuevamente (ver figura 32).

**Figura 32.** Reparación de agujero en muro estructural.



Fuente: elaboración propia.

Durante la practica académica el auxiliar de ingeniería identifico problemas constructivos en vigas de refuerzo, en la figura 33 se observa una viga con problemas de homogeneidad en el hormigón y de recubrimiento del acero, el cual se encuentra a la vista en contacto con agentes corrosivos como el aire y el agua, el resultado es un punto frágil y de riesgo de falla en la estructura.

**Figura 33.** Problemas en vigas de refuerzo por mal vibrado del hormigón.



Fuente: elaboración propia.

Es importante saber que, si la fundición se detiene por razones externas como fuertes precipitaciones o problemas logísticos, cuando se reanude se debe vibrar previamente al vaciado del concreto, con el objetivo de evitar la formación de juntas frías en los muros. “Una junta fría lisa en el concreto es un plano débil no tratado causado por la interrupción de suministro de mezcla en el vaciado que puede afectar de manera considerable el desempeño de un sistema estructural”<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Torres, A., Ramos-Cañón, A., Prada-Sarmiento, F., & Botía-Díaz, M. *Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto*. En: Revista de ingeniería RIC. Vol.; 31. No 3 (3 marzo de 2016); p.151.

**6.1.7 Consideraciones para un buen desencofrado.** “Para el desencofrado de muros es importante garantizar un menor tiempo de fraguado que permita retirar la formaleta sin generar desprendimientos de pasta en la superficie”<sup>12</sup>. La formaleta debe retirarse de tal manera que no se afecte negativamente la seguridad o funcionamiento de la estructura.

**Figura 34.** Superficie de muros con desprendimientos y pigmentaciones en su superficie.



Fuente: elaboración propia.

“Las formaletas deben permanecer en su estado de construcción hasta que el concreto haya fraguado. Esto se hace para evitar fallas y para garantizar la completa rigidez del concreto en el momento de desformaletear los muros y losas”<sup>13</sup>. Se deberán tener algunos cuidados básicos como limpiar las formaletas antes de aplicar antiadherentes, en la figura 34 se observa un muro con un color rojizo, esto fue causado por la presencia de barro en la cara del panel que estaba en contacto con el concreto.

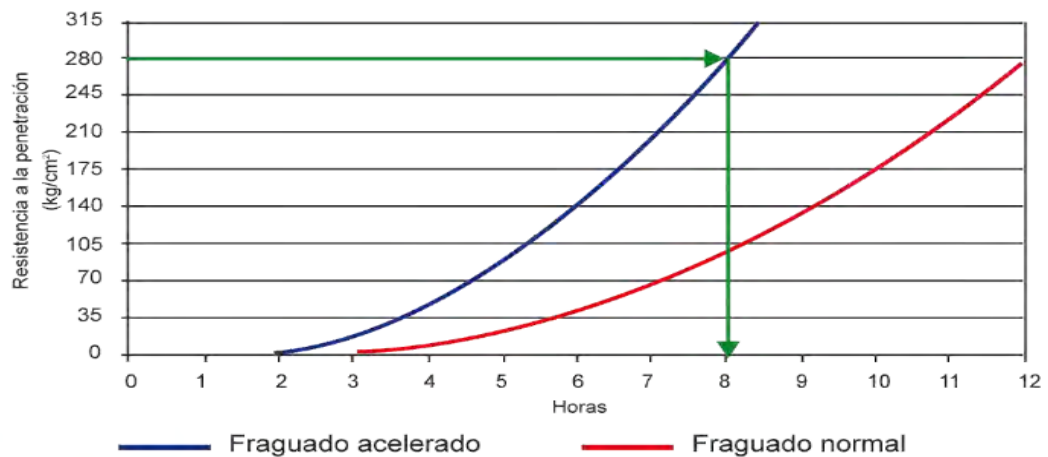
Con base en la tabla 1 y la gráfica 2 se recomienda desencofrar entre 8 y 12 horas después de terminada la fundición; sin embargo, siempre se debe consultar con el fabricante del concreto. Cuando se desarma el molde antes de que alcance la resistencia requerida por el diseño se pueden generar desprendimientos en la superficie de los muros (ver figura 34).

---

<sup>12</sup> CLAROS, Eduardo. *Ciclo de Conferencias Virtuales Vivienda Industrializada, Concretos especiales para construcción de sistemas industrializados y su control.* {En línea}. {febrero 13 de 2023}, disponible en: (file:///C:/Users/Acer/Desktop/ANTEPROYECTO/BIBLIOGRAFIA/concretos-especiales-para-sistemas-industrializado%20(1).pdf)

<sup>13</sup> GARCIA, Alberto. *Diseño y prueba de formaletas de acero para paredes y columnas a partir del vaciado de concreto en la construcción de obras civiles.* Pereira, 2007, 26p. Trabajo de investigación (ingeniero civil). Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería civil.

**Grafica 2.** Tiempo de fraguado del concreto.



Fuente: (CLAROS, 2021)

De acuerdo con la gráfica 2 se puede concluir que el concreto industrializado alcanza una resistencia de 280 [Kg/cm<sup>2</sup>] o 27.5 Mpa en un tiempo aproximado de 8 horas después de terminar la fundición. En comparación con el fraguado de un concreto convencional, la diferencia es de 4 horas más para alcanzar la misma resistencia. Esto representa uno de los pilares de la industrialización de los procesos constructivos de edificaciones, ya que disminuye el tiempo para poder desencofrar y volver armar el molde para realizar nuevamente la fundición.

**6.1.8 Influencia de la mano de obra.** La conformación de equipos de trabajo es una tarea que debe realizar el ingeniero residente de obra; no obstante, durante el desarrollo de las actividades se pueden hacer cambios de personal con base en criterios relacionados con el progreso de las tareas asignadas o retrasos constantes de las mismas. La experiencia y conocimiento de los trabajadores de la construcción es un punto clave, por ello, cuando se estén conformando las cuadrillas es indispensable considerar su opinión.

**6.1.8.1 Armadores o encofradores.** Son oficiales de obra encargados del armado y desarmado de los encofrados de muros y losas, generalmente esta cuadrilla también se encarga del vaciado y vibrado del concreto. Para aumentar los rendimientos, a cada armador se le asigna un ayudante práctico, con el objetivo de que transporte de forma manual las formaletas y demás accesorios al punto de armado, facilitándole el trabajo al armador y aumentando los rendimientos de la cuadrilla.

En el proyecto en particular el pasante identifico que los armadores no tenían ayudantes; en consecuencia, el proceso de armado fue más lento y agotador físicamente. El equipo de trabajo en promedio lo conformaban 8 o 10 oficiales, de los cuales uno estaba a cargo. Una de sus tareas fue repartir equitativamente las actividades, para ello tenía en cuenta las habilidades de cada obrero, por ejemplo, en cada cuadrilla se delegó a un oficial para ejecutar el vaciado de concreto



premezclado, ya que era una de las actividades que requería de una gran experticia y habilidad (ver figura 35).

**Figura 35.** Proceso de vaciado de concreto premezclado.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.8.2 Herreros.** Son oficiales de obra encargados de figurar y armar la estructura de acero, el número de obreros que constituyen la cuadrilla está sujeto a la magnitud y dificultad del proyecto. Durante la construcción de las casas del conjunto residencial Bosque Encantado, el grupo fue conformada por 3 herreros, de los cuales uno era el encargado y responsable de que se armara la estructura acorde con las instrucciones dadas por los ingenieros. Adicionalmente, el pasante colaboro realizando una revisión de forma aleatoria para verificar que la estructura que se estaba armando correspondiera con la diseñada.

Con base en la experiencia adquirida el pasante recomienda que en obras de urbanización en las cuales se proyecta un número considerable de edificaciones se debe planear muy bien la ubicación donde se va a almacenar el acero, ya que los obreros tendrán que cargarlo y transportarlo manualmente.

En el caso del proyecto Bosque Encantado, donde se construyeron más de 350 casas, la ubicación del acero no fue la mejor, dado que los obreros tenían que recorrer en algunos casos más de 50 metros cargando mallas electrosoldadas, generándoles un esfuerzo físico importante y por consiguiente un retraso en el rendimiento de la cuadrilla, además cuando las vías se encontraban en mal estado que es algo común en épocas de lluvia el riesgo de alguna caída y de sufrir lesiones físicas aumentaba.

**Figura 36.** Almacenamiento del acero.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.8.3 Plomeros, fontaneros o hidráulicos.** Son los encargados de llevar a cabo las instalaciones del sistema hidráulico de agua potable y sanitario de las edificaciones. El desarrollo de esta actividad se ejecutó simultáneamente con el armado de la estructura de acero. Una importante tarea en obra supervisada por el pasante fue marcar con pintura sobre la superficie de la cimentación los lugares donde se encontraban los tubos, con el objetivo de identificarlos y evitar que fueran perforados durante el proceso de armado de la formaleta (ver figura 37).

**Figura 37.** Marcación de la ubicación de las tuberías.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.8.4 Electricistas o eléctricos.** A diferencia del sistema tradicional en mampostería, la instalación del sistema eléctrico (tubos Conduit, cajas de tomacorrientes, interruptor, breakers etc.) se realiza simultáneamente con el



armado de la estructura de acero, esto permite ahorrar costos por reprocesos, ya que luego de fundir la edificación no se necesita romper los muros para armar el sistema eléctrico como es lo común en muros en mampostería.

**Figura 38.** Instalación del sistema eléctrico.



Fuente: propia.

**6.1.8.5 Personal de aseo.** Son ayudantes de obra encargados de la remoción y limpieza de escombros generados por la fundición, se recomienda que esta actividad se realice al día siguiente de la fundición luego de haber realizado el desencofrado.

En el proyecto este trabajo lo realizó un solo obrero, la actividad esencialmente era recoger y sacar de las casas los escombros generados por la fundición de la estructura, al tratarse de un solo trabajador fue muy común su retraso, por lo general realizaba la limpieza y remoción de escombros tres o hasta cuatro días después de haber sido desencofrada la edificación, por esta razón la remoción se hacía más compleja, ya que en algunos casos tenía que picar la lechada y mezcla de concreto que se desperdiciaba y que caía en el suelo durante la fundición y que para ese entonces ya se había endurecido.

La remoción de escombros y limpieza de las edificaciones es un trabajo que no se considera complejo desde el punto de vista técnico, pero sí requiere de un esfuerzo físico importante.

**6.1.8.6 Resanadores.** Personal encargado de resanar los huecos que dejan las corbatas y los desperfectos en los muros, también realizan los revoques con mortero en los bordes de ventanas y puertas, además de las dilataciones estructurales. Para este trabajo es importante la experiencia en cuanto a la preparación de morteros, el manejo de niveles y la calidad de los acabados, el grupo de resonadores lo conformaron en promedio 7 oficiales de obra.

En algunas casas se cometieron errores en los acabados de bordes de muros, lo que generó un daño en la estética de estos. Los errores se cometieron tanto en la supervisión como en la ejecución, primero porque el oficial encargado de realizar el trabajo no tenía la experiencia requerida, y en cuanto a la supervisión se permitió que alguien sin experiencia realizara los revoques. Específicamente el error cometido fue dejar un resalto entre el revoque y el muro (ver figura 39), la forma ideal es rematar el repello evitando sobresaltos.

**Figura 39.** Ejemplo de un mal revoque en bordes de muro.



Fuente: elaboración propia.

El mortero utilizado para el revoque o repello es de consistencia seca con una cantidad mínima de agua, por este motivo una de las recomendaciones más importantes en el desarrollo de esta actividad es la de humedecer muy bien el lugar donde se va a repellar, si la superficie no se humedece esta absorberá la humedad del mortero generando que este se seque más rápido y que sufra fisuras o no se adhiera a la superficie de concreto.

Antes de realizar el repello de las dilataciones estructurales en la fachada de las casas, un obrero picaba con un taladro percutor toda la superficie, dándole una textura rugosa no uniforme a esta, con el propósito de que el mortero se adhiriera.

**Figura 40.** Dilaciones estructurales en la fachada.



Fuente: elaboración propia.

**6.1.8.7 Andamios o palomeros.** Personal encargado del montaje del sistema de andamios, escaleras y líneas de vida, garantizando un trabajo seguro en alturas, por lo general la cuadrilla se conformó por dos o tres obreros. En el proyecto se utilizaron pasarelas estándar que se instalaron sobre el muro fundido usando corbatas para su sujeción, sobre ellas se extendieron tablonos de madera.

Esta cuadrilla debe estar adelante de los armadores y herreros en cuanto a sus actividades, ya que sin las pasarelas y las líneas de vida no se puede de ninguna manera armar la estructura de acero, ni mucho menos el encofrado y aviado de concreto.

**Figura 41.** Pasarela con tablonos de madera.



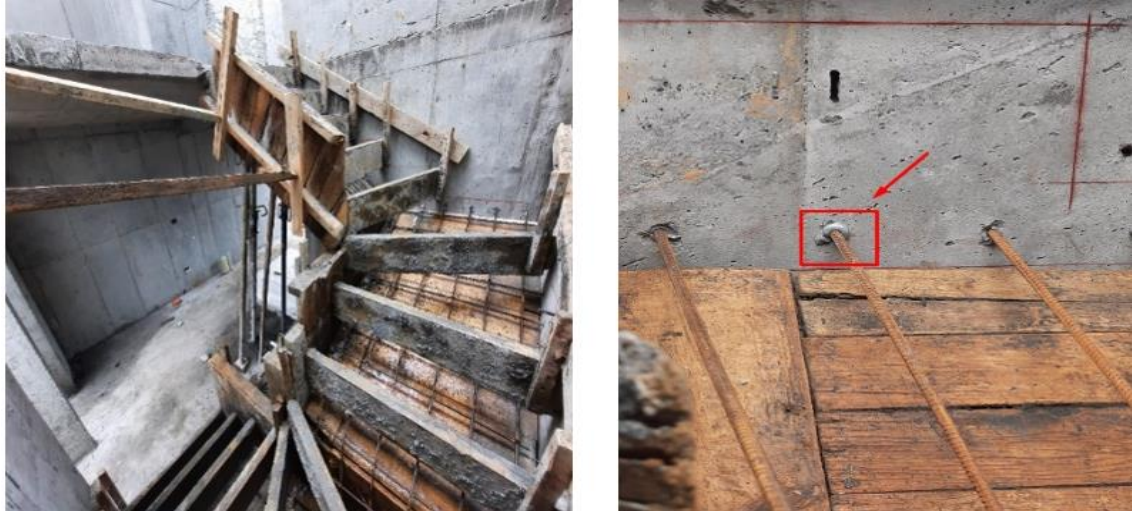
Fuente: elaboración propia.

**6.1.8.8 Cuadrilla de escalas o escaleras.** Esta cuadrilla estuvo conformada por 4 obreros, su trabajo era cimbrar, encofrar, armar la estructura de acero, fundir y desencofrar las gradas de cada vivienda, el número de escalas fundidas por día



estuvo sujeto al rendimiento de las demás cuadrillas, en especial a la de los armadores, por lo general se fundían entre 2 o 3 gradas por día. El tipo de encofrado usado fue el tradicional, con tableros y tablones de madera, por otro lado, para anclar las varillas al muro se utilizó resina epóxica (ver figura 42).

**Figura 42.** Encofrado y armado de acero de escalas.



Fuente: elaboración propia.

El concreto usado en la fundición de las gradas tenía especificaciones diferentes al utilizado en el resto de la estructura, por ejemplo, el asentamiento era menor con respecto al utilizado en muros y losas, aproximadamente de 6 más o menos una pulgada y tenía una grava con tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, es decir que una de sus características principales era una consistencia seca disminuyendo así la trabajabilidad.

## **6.2 ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.**

**6.2.2 Cronograma.** El cronograma comprende la organización y programación de cada una de las actividades de la obra, el éxito dependerá del nivel de detalle en la planeación del cronograma. En el proyecto Bosque Encantado se evaluó el cronograma siguiendo metas diarias, las cuales establecían que se tenía que fundir por día un primer y segundo piso, por esta razón la empresa disponía de dos moldes (conjunto de formaletas) y, por lo tanto, de dos cuadrillas de armadores.

El orden de la fundición se estableció así, una semana fundía primero la cuadrilla encargada de armar el primer piso y la siguiente la del segundo piso y así sucesivamente. Es importante recalcar que esta programación se realizó teniendo presente la opinión de los mismos trabajadores y la experiencia en la misma obra, ya que se podría llegar a pensar que lo más lógico sería que iniciara a fundir la cuadrilla

que primero termine el armado; sin embargo, al implementarlo durante una semana el pasante observo que se generó una especie de competencia entre las dos cuadrillas, causando problemas no solo de tipo técnicos en el armado sino de convivencia entre los mismos obreros de una misma cuadrilla, ya que si alguno se retrasaba todo el grupo lo haría también.





En general, durante el tiempo que duró la práctica académica el cronograma se cumplió según lo planificado, con excepción de cuatro días en los cuales se presentaron inconvenientes que dieron lugar a la suspensión de la fundición (ver tabla 2).

Durante el tiempo que duro la pasantía el pasante logró observar como por parte de los propietarios del proyecto se priorizaba el cumplimiento del cronograma antes que la calidad de las estructuras. Por esta razón, en muchas ocasiones donde lo más conveniente desde el punto de vista técnico era la suspensión de la fundición, lo que se hizo fue lo contrario.

En conclusión, priorizar el cronograma y no la calidad de las estructuras es un error grave que tiene repercusiones en el desempeño del sistema estructural y pone en riesgo no solo la reputación de los dueños y constructores de la obra, sino la vida de las personas que habitaran las edificaciones.



**Tabla 2.** Registro de los días en los cuales se suspendió la fundición.

FECHA	FUNDICIÓN	MOTIVO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
13/09/2022	No	se alcanza a fundir un molde, pero por las fuertes precipitaciones que terminaron en granizada se suspenden labores y no se cumplió con el cronograma en su totalidad.	
16/09/2022	No	se ordenó la demolición de un muro en un primer piso a raíz de su desplome y la presencia de juntas frías, lo que en conjunto representaba un riesgo latente de falla estructural en el futuro, por ello se dedicó el tiempo de una de las cuadrillas a demoler, encofrar y fundir dicho muro.	
12/10/2022	No	las actividades se suspenden en horas de la tarde por las fuertes precipitaciones, además del retraso del suministro de concreto premezclado, factores que hicieron inviable la fundición.	
31/10/2022	No	se suspenden las actividades todo el día dado que desde tempranas horas de la madrugada se presentaron fuertes lluvias y los trabajadores no llegaron a laborar.	

Fuente: elaboración propia.

**6.2.3 Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.** Es fundamental desarrollar un trabajo coordinado entre los empleadores, trabajadores y administradoras de riesgos laborales (ARL), cada uno de estos actores tendrá que cumplir con obligaciones específicas, con el objeto de implementar y gestionar la seguridad y salud en el trabajo de una forma ordenada y exitosa; No obstante, durante la ejecución de las obras y a pesar de que las obligaciones de los trabajadores, empleadores y administradoras de riesgos laborales están especificadas y reglamentadas, no se cumplen a cabalidad.

**Figura 43.** Capacitación ARL: Riesgos osteomusculares.



Fuente: elaboración propia.

Una de las obligaciones de las administradoras de riesgos laborales (ARL) es la de prestar asesoría y asistencia técnica a las empresas afiliadas para la implementación del SG-SST (sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo). Durante la ejecución de la obra se desarrollaron capacitaciones de riesgos osteomusculares por parte de un fisioterapeuta vinculado a la ARL contratada por la empresa (ver figura 43). Realizadas con el fin de prevenir o detectar cualquier afectación osteomuscular que podría estar sufriendo algún obrero; sin embargo, algunos trabajadores no cumplían con la obligación de participar en las actividades de capacitación, por esta razón el pasante colaboraba haciendo llamados constantes y anticipados para que todos los obreros participaran; También, se realizaron capacitaciones a nivel psicológico, en las cuales se desarrollaron actividades de integración y diferentes dinámicas para mejorar la capacidad cognitiva de los obreros, además de informarles y concientizarlos de todos los peligros a los que están expuestos en los trabajos en alturas (ver figura 44).

**Figura 44.** Capacitación ARL: Actividades cognitivas.



Fuente: elaboración propia.

El autocuidado integral de la salud es una de las obligaciones más importantes por parte de los trabajadores de la construcción, por ello siempre se deben utilizar los elementos de protección personal (EPP) durante el desarrollo de sus actividades en la obra. A pesar de los beneficios que tiene el uso de los EPP algunos de los trabajadores se rehusaban a utilizar estos elementos, muchas veces justificando incomodidad, olvido o falta de costumbre. Para evitar estos inconvenientes en la obra, el pasante inspeccionaba constantemente el uso de los EPP.

En Colombia se considera trabajo en alturas a toda actividad que sobrepase los 2 metros de altura, según la resolución 4272 del 2021; por lo tanto, como una de las responsabilidades de los empleadores estará la de suministrar los recursos necesarios para la protección de los obreros, garantizando un trabajo seguro (arnés, eslinga, línea de vida, casco, guantes, etc.). En la obra el profesional de seguridad y salud ocupacional junto con el pasante entregaba elementos de protección personal periódicamente (ver Figura 45).

**Figura 45.** Entrega de elementos de protección personal.



Fuente: elaboración propia.



Una de las actividades más importantes realizadas en la pasantía en materia de la implementación del SG-SST fue la de coordinar la instalación de líneas de vida para la fundición del segundo piso; ya que, cuando se llegó a la obra todavía no se había implementado y era uno de los puntos más importantes y obligatorios para desarrollar trabajos seguros en alturas. Con esa finalidad se soldaron ganchos elaborados con barras de media pulgada en los extremos de alineadores que se instalaban verticalmente en el molde y en los cuales se aseguraba la línea de vida.

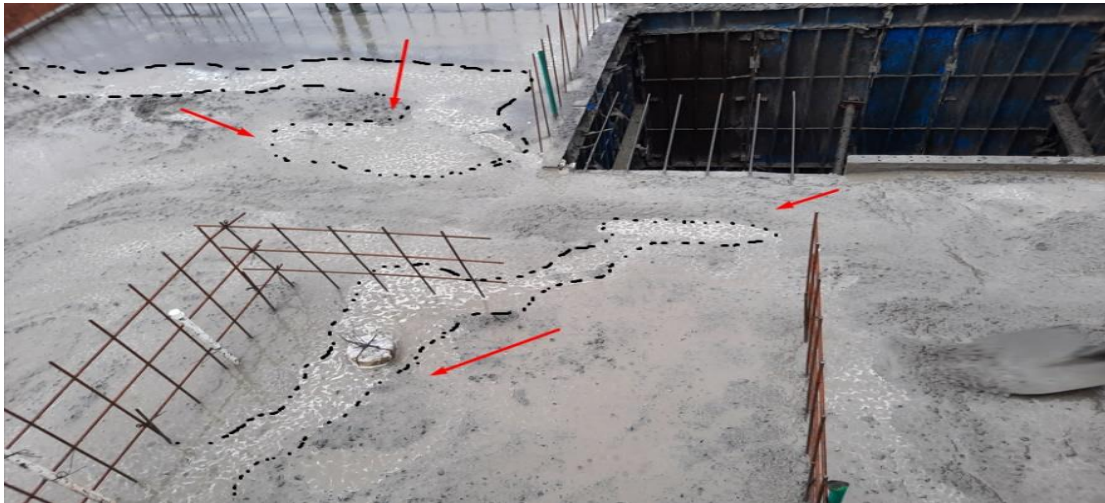
**Figura 46.** Implementación de línea de vida durante la fundición del segundo piso.



Fuente: elaboración propia.

**6.2.4 Factor climático.** Existen factores externos que pueden afectar negativamente los proyectos, uno de los más determinantes es el factor climático, el cual, durante las épocas de lluvia, puede ocasionar, desde la suspensión de las actividades laborales de manera temporal, hasta problemas constructivos en las estructuras. En la obra se identificó el “lavado del concreto” en las losas de entre piso, el cual genera un cambio en la relación agua cemento disminuyendo la resistencia a la compresión (ver figura 47). Las fuertes precipitaciones también causaron inundaciones, deterioro de las vías de acceso, cortes de electricidad entre otras afectaciones logísticas que retrasaron la obra.

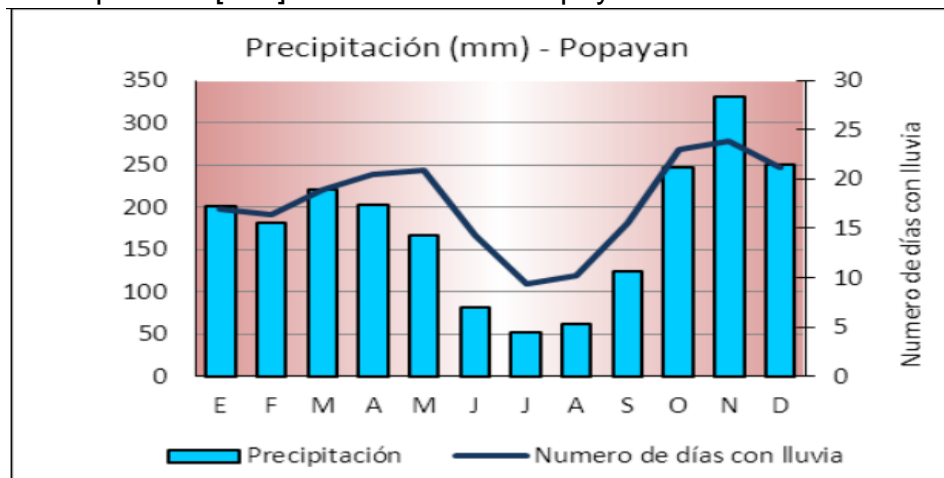
**Figura 47.** Lavado del concreto de losa de entre piso.



Fuente: elaboración propia.

Como recomendación con base a la experiencia adquirida durante el desarrollo de la pasantía se propone que la planeación de las obras debe involucrar el análisis climatológico de la zona geográfica donde se encontrara ubicado el proyecto, y así poder integrar las actividades del cronograma con los análisis estadísticos de las características climáticas más relevantes. Por ejemplo: En el municipio de Popayán según el IDEAM el promedio de lluvia total anual es de 2121 mm, durante el año se presenta una temporada seca muy definida durante los meses de junio, julio y agosto, en septiembre las lluvias aumentan paulatinamente y en octubre, noviembre y diciembre se registran las mayores lluvias del año. Los meses de enero a mayo, son de lluvias, aunque no alcanzan la intensidad de los meses correspondientes al último trimestre del año (ver grafica 3).

**Grafica 3.** Precipitación [mm] en la ciudad de Popayán.



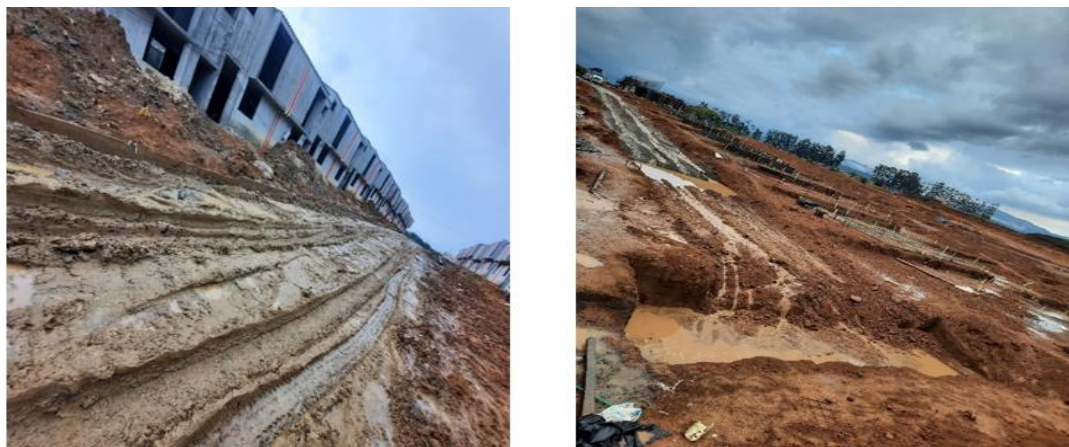
Fuente: tomado de la página web del IDEAM.



El deterioro de las vías de acceso en épocas de lluvia causó retrasos en los trabajos de pavimentación, dificultando el tránsito tanto de obreros como de maquinaria pesada a la obra. Por ello se recomienda aprovechar al máximo el buen tiempo de acuerdo con los análisis de las características climáticas, con el fin de realizar actividades esenciales como la construcción de alcantarillados y la adecuación y mejoramiento de las vías de acceso, de lo contrario la obra sufrirá retrasos y problemas constructivos.

En el mes de octubre del 2022 se registraron fuertes precipitaciones en la ciudad de Popayán, las cuales afectaron el estado de las vías de acceso del conjunto residencial Bosque Encantado, ocasionando múltiples problemas técnicos y logísticos en el desarrollo de las actividades constructivas; en especial, el transporte de formaletas y la función de la estructura (ver figura 48).

**Figura 48.** Estado de las vías en el mes de octubre.



Fuente: elaboración propia.

**6.2.5 Suministro de concreto industrializado.** Uno de los factores claves para industrializar los procesos constructivos de edificaciones es el suministro bombeado de concreto premezclado. Cuando se inicia el vaciado en el molde, el abastecimiento de concreto deberá ser continuo durante todo el proceso, cuando se interrumpe esta actividad por problemas logísticos, técnicos o climatológicos, etc. Se pueden generar graves daños a los elementos estructurales, por lo general se forman juntas frías (ver figura 49); que son planos de falla en la estructura y que en el futuro afectan el desempeño del sistema estructural.

Durante la estancia en la obra se pudo comprobar que la gran mayoría de veces la concretera no garantizaba una puntualidad en cuanto al suministro continuo del concreto, es decir, que en ocasiones el tiempo de llegada entre un camión transportador de concreto y el otro oscilaba entre 40 minutos hasta una hora.

**Figura 49.** Junta fría en muro.



Fuente: elaboración propia.

En conclusión, la fundición de la estructura es una actividad que requiere de una gran planeación y organización, este proceso tiene que ser continuo de principio a fin. La coordinación y puntualidad es fundamental, si no existe un cumplimiento de parte de la concretera es muy difícil garantizar una buena calidad de la estructura. En general, el desabastecimiento de materiales de la construcción durante el desarrollo de un proyecto puede acarrear problemas de tipo técnico, logístico y económico.

Para el vaciado se utilizaba una autobomba, la cual tenían que ser anclada al suelo mediante un sistema hidráulico con el objetivo de estabilizar el vehículo, cuando las vías de acceso se encontraban en mal estado este proceso se dificultaba y se retrasaba. Esto fue muy común durante el proyecto, a raíz del retraso en el mejoramiento vial, el operador de la autobomba tenía que lidiar con problemas de desestabilización, generando demoras en la fundición (ver figura 50).

**Figura 50.** Problemas de estabilización de autobombas en terreno inestable.



Fuente: elaboración propia.

### **6.3 CONTROLES DE CALIDAD EN LAS EDIFICACIONES YA CONSTRUIDAS.**

Los controles realizados por el pasante se enfocaron en los acabados de la estructura y en la funcionalidad del sistema hidráulico. Consistieron en realizar verificaciones de aplomes en muros, ventanas y puertas, además de realizar pruebas hidráulicas para chequear posibles filtraciones de agua en el sistema hidráulico.

**6.3.1 Chequeo de niveles en ventanas, puertas y muros.** A pesar de que antes de la fundición se realizan controles de aplomo de muros y nivelación de losa, durante el vaciado se generan presiones y vibraciones que las formaletas tienen que resistir, es decir, que algunos muros pueden desplomarse; por ello, existe una cuadrilla de resonadores que tiene como trabajo verificar los desniveles y aplomes, con el fin de realizar el revoque con mortero en los bordes de ventanas y puertas donde se encuentren fallas.

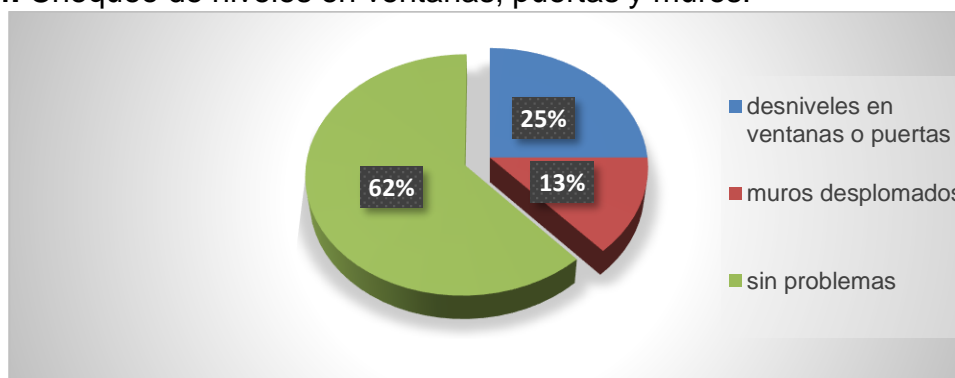
**Figura 51.** Chequeo de niveles y aplomes de ventanas y puertas.



Fuente: elaboración propia.

Para realizar el chequeo de los niveles y aplomos se utilizó un nivel de mano, comúnmente usado para los bordes de ventanas, en el caso de las puertas al tratarse de bordes con una mayor longitud fue necesario el uso de un codal de aluminio (ver figura 51); sin embargo, para tener una mayor precisión en los chequeos se pueden utilizar niveles láser. La tolerancia que se manejó fue de hasta cinco (5) milímetros.

**Grafica 4.** Chequeo de niveles en ventanas, puertas y muros.

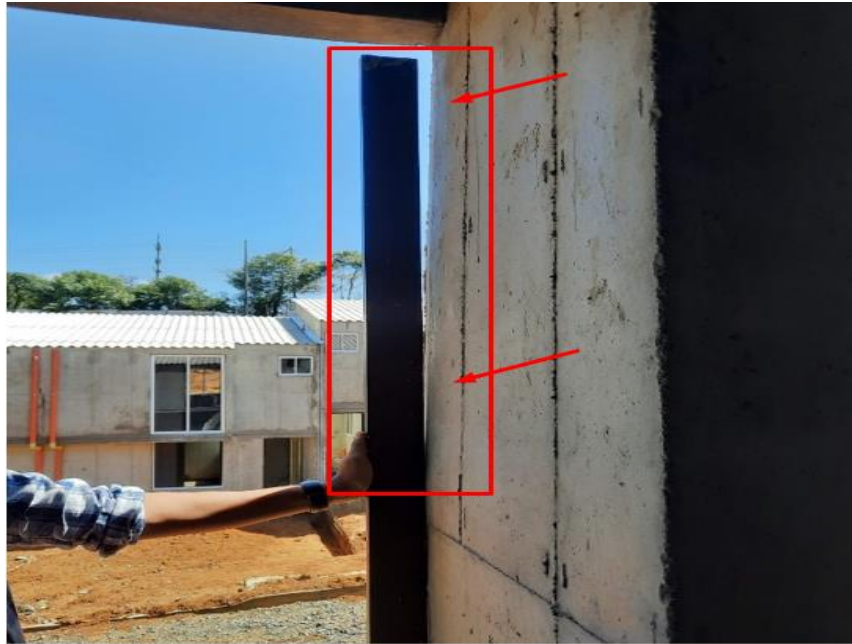


Fuente: elaboración propia.

El chequeo de niveles y aplomes en ventanas, puertas y muros se realizó a sesenta y cuatro predios, de los cuales 42 no presentaban desniveles superiores a 5 milímetros ni tampoco desplomes en muros; sin embargo, en 17 se registraron desniveles en ventanas o puertas y en 9 se observaron muros desplomados. La gráfica 4 representa un diagrama circular en el cual se observa una predominación de predios sin problemas de desplome, bien sea en muros o en los bordes de ventanas y puertas, con un 62% del total de casas evaluadas.



**Figura 52.** Muro desplomado en la parte superior.



Fuente: elaboración propia.

Los desplomos en los bordes de las puertas o ventanas se traducen en problemas durante su instalación, además de que estéticamente son inaceptables, en la siguiente figura se observa dos rejillas, en una de ellas no se hizo ningún tipo de verificación del aplomo del borde del muro, en este caso el espacio entre el muro y la rejilla se rellenó con espuma de poliuretano.

**Figura 53.** Instalación de rejillas.



Fuente: elaboración propia.



**6.3.2 Pruebas hidráulicas en tuberías de agua potable.** El objetivo de realizar estas pruebas es identificar cualquier tipo de fuga en el sistema hidráulico. Para ello se empleó una bomba fabricada en obra, que puede ser de PVC o de hierro galvanizado, se recomienda que se fabrique con hierro galvanizado, por durabilidad y funcionalidad. La bomba deberá tener un manómetro en el cual se podrá identificar cualquier cambio de presión durante la prueba.

**Figura 54.** Prueba hidráulica.

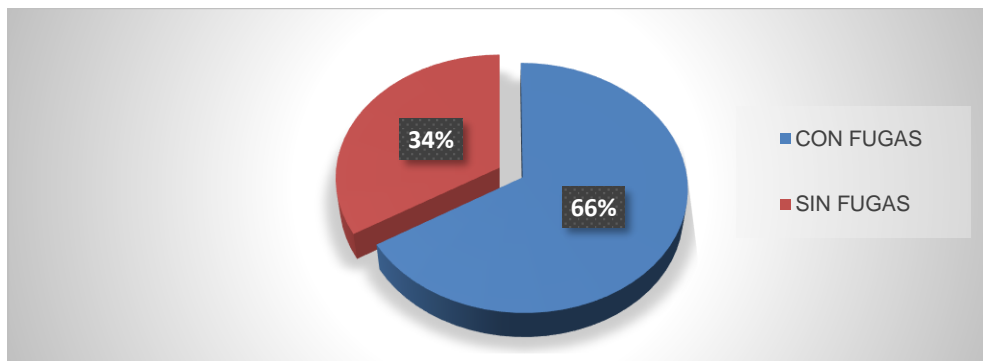


Fuente: elaboración propia.

el proceso consistió en llenar de agua el sistema de tuberías con una determinada presión, luego se esperaba durante 10 minutos y al mismo tiempo se observaba el manómetro para identificar una posible variación en la presión, cuando esta no cambiaba la prueba finalizaba de forma exitosa, de lo contrario se buscaba la fuga de agua que estaba generando la variación en la presión.

Analizando estadísticamente los datos obtenidos del chequeo de fugas en las tuberías de agua potable, realizado a un total de 199 predios se tiene que, 132 presentan fugas y 67 no presentan fugas, esto representa el 66% y 34% respectivamente del total de predios (grafica 5).

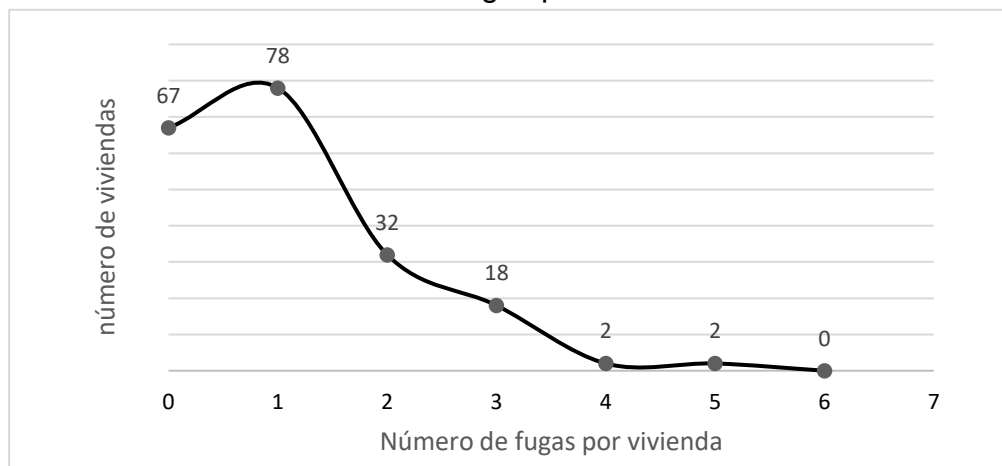
**Grafica 5.** Resultados de prueba de presión en los sistemas hidráulicos de agua potable.



Fuente: elaboración propia.

A pesar de que el 66% de las casas presentaron algún tipo de fuga o daño en el sistema hidráulico, después de realizar una distribución de los datos utilizando el diagrama de puntos se concluye que predominan las viviendas con un menor número de fugas en su sistema hidráulico de agua potable, si se observa la gráfica 6 se notará una asimetría positiva, lo que significa que hay muchos valores menores y pocos mayores, es decir que hay pocas casas con 4 o más fugas y la mayoría presentan una sola fuga.

**Grafica 6.** Distribución del número de fugas por vivienda.



Fuente: elaboración propia.

La metodología para la recolección de datos se basó en realizaron pruebas hidráulicas en 199 predios y contabilizar el número de fugas de agua en sistema hidráulico por cada casa, luego con los datos ordenados se realizó un análisis estadístico, con el objetivo de encontrar su forma de distribución y poder caracterizar a las viviendas de acuerdo con el número de fugas en su sistema hidráulico.

## 7. CONCLUSIONES.

- A pesar de que el sistema de encofrado metálico es más práctico y funcional que el tradicional en madera, el desgaste físico de los obreros es alto, además la experiencia es fundamental, es un error decir que cualquier obrero puede realizar el encofrado; ya que, el trabajo requiere de fuerza, resistencia física, agilidad y conocimiento, de lo contrario un obrero que jamás haya trabajado en el sistema de encofrado metálico retrasara notablemente el rendimiento de la cuadrilla. Por ello, un aspecto importante en la industrialización de los procesos constructivos es la especialización de la mano de obra en tareas específicas, esto con el objetivo de aumentar los rendimientos de cada proceso.
- La fundición de la estructura es una actividad que requiere de una gran planeación y organización, esta actividad tiene que ser continúa de principio a fin. La coordinación y puntualidad es fundamental, si no existe un cumplimiento de parte de la concretera no se puede garantizar una buena calidad de la estructura. En general, el desabastecimiento de materiales de la construcción durante el desarrollo de un proyecto puede acarrear problemas de tipo técnico, logístico y económico.
- El sistema industrializado necesita de grandes o medianas plantas de producción de concretos especializados; además, del suministro constante de acero flejado y cortado en talleres. Por esta razón la construcción en masa de edificaciones por este sistema es ideal en grandes y medianas ciudades que tengan un desarrollo importante en cuanto a la infraestructura y producción de materiales de construcción, por ello es indispensable el estudio de la oferta, la calidad y la puntualidad de las diferentes plantas de producción de concreto que existan en la ciudad donde se ubique el proyecto.
- No se requiere de equipos ni maquinaria pesada para la instalación del encofrado; sin embargo, en proyectos residenciales donde se proyecta un gran número de viviendas se debe considerar el traslado de las formaletas de un lugar a otro dentro de la obra, lo que implica el uso de volquetas o retroexcavadoras para su traslado. Es importante considerar este punto, ya que afecta los rendimientos en las obras.
- Para lograr un rote constante de los encofrados y generar altos rendimientos en la construcción de edificaciones, se necesita de un concreto especial, con aditivos acelerantes de resistencia y de curado, los cuales permiten disminuir considerablemente los tiempos de fraguado.

- Los accesorios en el sistema de construcción industrializado tienen un grado de desgaste alto, por cada día de fundición se pierde y se daña un porcentaje importante, pero que es incierto, ya que esto depende de las particularidades específicas de cada proyecto, la magnitud, la organización y el control que se tenga en el mismo; sin embargo, es recomendable que exista personal dedicado al control y organización de los accesorios tanto en el almacén como en campo.
- Deberá existir una comunicación y colaboración activa entre contratista y subcontratista, para desarrollar un trabajo en equipo que tenga como único fin la implementación del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, donde la única prioridad sea el bienestar de los trabajadores de la construcción. Las supervisiones deben ser propositivas de parte del contratista o dueño del proyecto evitando que su actividad en obra se limite solo a identificar errores o fallas en la implementación del SG-SST y no proponer, sugerir o contribuir de forma activa en el diseño e implementación de dicho sistema, ya que ambos (contratistas y subcontratistas) son solidariamente responsables por cualquier falla en la implementación del SG-SST.
- priorizar el cronograma y no la calidad de las estructuras es un error grave que tiene repercusiones en el desempeño del sistema estructural y pone en riesgo no solo la reputación de los dueños y constructores de la obra, sino la vida de las personas que habitaran las edificaciones.

## 8. RECOMENDACIONES.

- Una importante recomendación en obra es marcar con pintura sobre la superficie de la cimentación los lugares donde se encuentran los tubos del sistema hidráulico, con el objetivo de identificarlos y evitar que sean perforados durante el proceso de armado de la formaleta.
- Se recomienda que los trabajos en obra se limiten a horarios laborales, evitando al máximo trabajar en la noche, y más cuando se presenten fuertes precipitaciones, en la mayoría de los casos cuando se trabaja en estas condiciones, priorizando el cumplimiento del cronograma por encima de la calidad de la estructura, se corre el riesgo de que esta presente problemas constructivos que afectaran su desempeño estructural poniendo en riesgo la seguridad de sus ocupantes en caso de sismos.
- El vibrado se realizó con vibradores de inmersión, con base a la experiencia adquirida durante la pasantía por el pasante se recomienda que se tenga uno o dos vibradores adicionales en caso de fallas eléctricas o corto circuito, daños muy comunes en obras grandes donde el desgaste de estos equipos es alto, además la mano de obra debe ser calificada, expertos en el vibrado.
- Es importante saber que, si la fundición se detiene por razones externas como fuertes precipitaciones o problemas logísticos, cuando se reanude se debe vibrar previamente al vaciado del concreto, con el objetivo de evitar la formación de juntas frías en los muros.
- Como recomendación con base a la experiencia adquirida durante el desarrollo de la pasantía se propone que la planeación de las obras debe involucrar el análisis climatológico de la zona geográfica donde se encontrara ubicado el proyecto, y así poder integrar las actividades del cronograma con los análisis estadísticos de las características climáticas más relevantes.



## BIBLIOGRAFÍA.

BENITO, F. MÉTODO PARA CUANTIFICAR LA SEGREGACIÓN EN HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES. *MÉTODO PARA CUANTIFICAR LA SEGREGACIÓN EN HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES*. En: Cemento y concreto. Vol 6., No2 (enero – junio de 2015); p. 48 -63.

CLAROS, Eduardo. *Ciclo de Conferencias Virtuales Vivienda Industrializada, Concretos especiales para construcción de sistemas industrializados y su control*. {En línea}. {febrero 13 de 2023}, disponible en: (file:///C:/Users/Acer/Desktop/ANTEPROYECTO/BIBLIOGRAFIA/concretos-especiales-para-sistemas-industrializado%20(1).pdf)

CRUZ, Lucio. *Fundaciones Profundas Generalidades Primera Parte*. Popayán, 2007, 15p, Conferencias de Clase. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil.

DÍAZ, Jorge. Caracterización de mezcla de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones. En: Revista de ingeniería Uniandes. Vol.; 19 (mayo 1 ,2004); p. 60-73.

DOMINGUEZ, María. *Influencia del proceso constructivo sobre la deflexión de placas de concreto construidas con sistemas industrializados manoportables*. Bogotá, 2014, 159p, trabajo de grado (ingeniera civil). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería civil.

GARCIA, Alberto. *Diseño y prueba de formaletas de acero para paredes y columnas a partir del vaciado de concreto en la construcción de obras civiles*. Pereira, 2007, 222p. Trabajo de investigación (ingeniero civil). Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería civil.

INGEQUIPOS. Ficha Técnica Formaleta *Metálica ficha*. {En línea}. {17 febrero de 2023} disponible en: (www.ingequipos.com.co).

LUQUETTA, Oswaldo. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA VIVIENDA EN COLOMBIA: EL CASO DE FORSA Y UNI-SPAN*, 2006, 94p. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad de los Andes. Facultad de ingeniería civil y ambiental.

McCORMAC, Jack. *Diseño de Concreto reforzado*. Quinta edición. México: Alfaomega, 2011, 736p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo, Título A - Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Bogotá. NSR-10, 2010.

MORENO, Brayan, *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN DIGITAL “SUPERVISAPP” PARA EL CONTROL DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN CONCRETO REFORZADO CON ÉNFASIS EN SISTEMA INDUSTRIALIZADO EN COLOMBIA*, Bogotá, 2022, 37p. énfasis en construcción. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Programa de ingeniería civil.

SILVA, Omar. *Colocación de Concreto con Equipo de Bombeo*. {En línea}. {19 febrero de 2023} disponible en: (<https://360enconcreto.com/blog/detalle/colocacion-de-concreto-con-equipo-de-bombeo/?tm=true>)

SILVA, Omar. *Generalidades del Sistema Industrializado*. {En línea}. {29 febrero de 2023} disponible en: (<https://360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-del-sistema-industrializado-1/>)

Torres, A., Ramos-Cañón, A., Prada-Sarmiento, F., & Botía-Díaz, M. *Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto*. En: *Revista de ingeniería RIC*. Vol.; 31. No 3 (3 marzo de 2016); p.151-162.

## ANEXOS.

### ANEXO A

#### TABLAS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE LOS PREDIOS A LOS QUE SE LE REALIZARON LAS PRUEBAS HIDRÁULICAS.

*tabla de distribución de frecuencia de los 199 predios a los que se les realizaron las pruebas hidráulicas.*

	número de predio	porcentaje de predios	número de predios
Con fugas	132	66%	132
sin fugas	67	34%	199
	199	100%	

*Tabla de resumen de número de fugas por vivienda.*

número de fugas por vivienda	0	1	2	3	4	5	6
número de viviendas	67	78	32	18	2	2	0

## ANEXO B

### CARTA DE CUMPLIMIENTO DE HORAS DE PASANTIA.

J&A INGCIVILES SAS. NIT. 901441507-2  
DIRECCION: CLL 4 # 13-62 APTO 101 B EL CAMPESINO  
Popayan-Cauca  
TEL: 3122209810  
jyaingciviles@gmail.com



**J & A**  
INGENIEROS  
CIVILES S.A.S

Popayán Cauca. 05 de septiembre de 2023

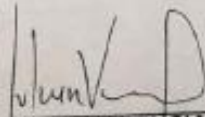
Señores:  
Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad del Cauca  
Popayán

EL REPRESENTANTE LEGAL Y DIRECTOR DE PROYECTOS DE LA EMPRESA  
J & A INGENIEROS CIVILES

CERTIFICA QUE:

El estudiante **JHONY SEBASTIAN MESA MARTINEZ**, identificado con cedula de ciudadanía No. **1061814456** expedida en Popayán (Cauca), del programa de ingeniería civil con código **100416021651**, adelanto las prácticas como pasante, durante el año 2022, que sustenta su trabajo de grado titulado "**AUXILIAR EN LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES DE USO RESIDENCIAL POR SISTEMA INDUSTRIALIZADO CON-TECH.**" y cumplió a satisfacción con la intensidad horaria exigida de trescientas ochenta y cuatro (384) horas.

Atentamente:

  
\_\_\_\_\_  
**ING. JULIAN VALENCIA VITERY**  
Representante J & A INGCIVILES SAS