

DESARROLLO DE UNA CARTILLA PARA REDUCIR LOS DAÑOS OCASIONADOS EN  
LOS PANELES PREFABRICADOS EN CONCRETO DE LA FUNDACIÓN  
CATALINA MUÑOZ EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y ZONAS ALEDAÑAS

LUIS FERNANDO BARRETO GALINDO  
DIEGO LEONARDO LIZARAZO RIAÑO  
JEFFERSON ANDRÉS MENZA YASNÓ



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS  
BOGOTÁ D.C.

2019

**Desarrollo de una Cartilla para Reducir los Daños Ocasionados en los Paneles  
Prefabricados en Concreto de la Fundación Catalina Muñoz en la Ciudad De Bogotá y  
Zonas Aledañas**

**Luis Fernando Barreto Galindo**

**Diego Leonardo Lizarazo Riaño**

**Jefferson Andrés Menza Yasnó**

**Trabajo presentado para optar al título de Tecnólogo en Construcciones  
Arquitectónicas**

**Director de Trabajo: Walter Barreto**

**Arquitecto Magister**

**Director de Trabajo: José Alcides Ruiz**

**Arquitecto**



**Universidad la Gran Colombia**

**Facultad de Arquitectura**

**Programa: Tecnología en Construcciones Arquitectura**

**Bogotá D.C.**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

*Observaciones*

---

---

---

---

---

---

---

---

*Firma Director Trabajo de Grado*

---

*Firma del presidente del jurado*

---

*Firma del jurado*

---

*Firma del jurado*

*Bogotá D.C., Junio 2019*

### **Agradecimientos**

Agradecemos a todas las personas que nos apoyaron para poder cumplir este proceso tan importante en nuestras vidas profesionales.

A nuestros padres, quienes fueron un eje fundamental en nuestro proceso y quienes creyeron en nosotros y nos ofrecieron su confianza y apoyo para la realización de este proyecto.

A nuestros docentes, el arquitecto José Alcides Ruiz, Arquitecto Walter Mauricio Barreto, Arquitecto Henry Duarte, por acompañarnos en el desarrollo de esta investigación y brindarnos sus conocimientos a favor de nuestro crecimiento como estudiantes y futuros tecnólogos para la consumación exitosa de este proyecto.

A nuestros docentes tutores, el Ingeniero Adrián Baz, el Ingeniero Héctor Castelblanco quienes nos ayudaron a desarrollar la idea del trabajo y que gracias a sus aportes pudimos concluir nuestra investigación.

Gracias principalmente a la Fundación Catalina Muñoz por abrirnos sus puertas, y ofrecernos la información necesaria para realizar nuestro proyecto de grado.

**Tabla de contenido**

Resumen.....	14
Abstract.....	15
Introducción .....	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	17
1.2 Justificación.....	19
2 Objetivos.....	21
2.1 Objetivo General .....	21
2.2 Objetivos Específicos .....	21
3 Marco Referencial .....	23
3.1 Marco Teórico .....	23
3.1.1 Casas prefabricadas .....	23
3.1.2 Paneles prefabricados de concreto.....	23
3.1.3 Control de calidad.....	24
3.1.4 Especificaciones técnicas del sistema constructivo.....	24
3.1.5 Perfilería Metálica .....	26
3.1.6 Listones de madera .....	27
3.1.7 Madera .....	27
3.1.8 Teja de Fibrocemento .....	28
3.1.9 Losa de Cimentación .....	30

3.1.10	Conexiones.....	31
3.2	Marco Histórico.....	32
3.3	Marco Normativo .....	34
3.3.1	Norma Técnica Colombiana NTC 3318 .....	34
3.3.2	Especificaciones y alternativas de producción. ....	34
3.3.3	Alternativa d (cuando el dueño del proyecto asume la responsabilidad sobre la producción del concreto). ....	34
3.3.4	Materiales .....	35
3.3.5	Cemento.....	35
3.3.6	Agregados.....	35
3.3.7	Agua.....	35
3.3.8	Aditivos químicos.....	35
3.3.9	Otros materiales .....	36
3.3.10	Tolerancias en el asentamiento.....	36
3.3.11	Medidas de los materiales.....	36
3.3.12	Amarres.....	37
3.3.13	Montaje.....	37
4	Aspectos Metodológicos.....	38
4.1	Alcance.....	38
4.1.1	Salida De Campo .....	40

4.2	Recopilación De Información .....	42
4.2.1	Paneles en concreto.....	43
4.2.2	Carpintería Metálica .....	45
4.2.3	Soleras.....	46
4.2.4	Tejas.....	47
4.2.5	Riostras .....	47
4.2.6	Perfiles .....	48
4.2.7	Proceso de fabricación de paneles .....	51
4.2.8	Trasporte.....	72
4.2.9	Montaje.....	73
4.2.10	Análisis de problemáticas del sistema prefabricado .....	99
4.2.11	Desarrollo de la cartilla.....	105
4.2.12	Desarrollo de la encuesta .....	109
4.3	Análisis y Discusión de Resultados .....	111
4.3.1	Primeros resultados.....	111
4.3.2	Resultados finales .....	116
4.4	Conclusiones .....	119
4.5	Recomendaciones.....	120
	Lista de Referencia.....	121
	Anexos .....	122

**Lista de Tablas**

Tabla 1. (Dimensiones teja Eternit) .....	28
Tabla 2. (Cuadro de propiedades técnicas fibra sintética) .....	58
Tabla 3. (Caracterización de documentos de comunicación) .....	116

**Lista de Figuras**

Figura 1. Rotura a 45 grados en penal pizza. ....	18
Figura 2. Roturas en esquinas de los paneles.....	18
Figura 3. Panel de concreto reforzado C3 Casita.....	24
Figura 4. Manera correcta de izar una teja de Fibrocemento.....	29
Figura 5. Pendiente Teja de Eternit". Tipos de pendentado.....	30
Figura 6. Elementos de la casa prefabrica. ....	31
Figura 7. Ubicación de Canelón, Cundinamarca. ....	41
Figura 8. Ubicación de lugar.....	42
Figura 9. Panel 4-8. Numero de módulos panel 4-8 .....	43
Figura 10. Panel 2-4-8. Número de módulos panel 2-4-8.....	44
Figura 11. Panel 2-8. Numero de módulos panel 2-8. ....	44
Figura 12. Panel A-3. Numero de módulos panel A3.....	44
Figura 13. Puertas. Tipos de puerta, puerta principal y trasera.....	45
Figura 14. Ventana. Tipo empleada en el sistema. ....	45
Figura 15. Marco de puerta. Se ubica en zonas de circulación. ....	46
Figura 16. Solera. Lamina empleada en el sistema.....	46
Figura 17. Elementos de cubierta. Teja de fibrocemento, caballete, amarre de teja, Zuncho, amarre De caballete y alambre de amarre. ....	47
Figura 18. Riostras. Elementos de disipación de energía. ....	47
Figura 19. Perfil H. Recibe dos elementos. ....	49
Figura 20. Perfil K. Recibe hasta tres elementos. ....	49

Figura 21. Perfil L. Recibe dos elementos.....	50
Figura 22. Perfil X. Recibe cuatro elementos. ....	50
Figura 23. Perfil T. Recibe tres elementos.....	51
Figura 24. Fibra sintética Abacol. Almacenamiento de la fibra. ....	53
Figura 25. Cemento Tequendama. Almacenamiento Cemento y fibra sintética. ....	55
Figura 26. Grava de ½”. Almacenamiento de la grava. ....	56
Figura 27. Arena. Almacenamiento de arena reciclada de obra .....	56
Figura 28. Canecas plásticas de 19 Litros. Empleadas para dosificación.....	57
Figura 29. Trompo metálico. Se usa para preparar la mezcla.....	59
Figura 30. Vaciado de cemento .....	60
Figura 31. Fibra no esparcida.....	60
Figura 32. Apilamiento de Formaleta 2-8 limpias. ....	61
Figura 33. Formaleta 2-8 limpia. ....	61
Figura 34. Formaletas 2-8 y 2-4-8 almacenadas y limpias .....	62
Figura 35. Formaletas 4-8 con ACPM.....	64
Figura 36. Formaletas 4-8 con ACPM.....	64
Figura 37. Depósito de concreto en carretilla. ....	65
Figura 38. Vaciado del concreto en formaletas .....	65
Figura 39. Esparcimiento del concreto de forma manual. ....	66
Figura 40. Vibrado del concreto mediante Martillo de goma.....	67
Figura 41. Apilamiento de Formaletas fundidas.....	68
Figura 42. Zonas de secado, apilamiento y trompo metálico. ....	69
Figura 43. Apilamiento de paneles en concreto.....	69

Figura 44. Cono de Habrams. ....	70
Figura 45. Testigos listos para ser enviados al laboratorio de Ing. De la .....	71
Figura 46. Acomodación de placas en forma de “I” .....	72
Figura 47. Ubicación de la fundación Catalina Muñoz, Bogotá.....	73
Figura 48. Ubicación de Cazuca, Soacha.....	74
Figura 49. Ubicación del punto de montaje. ....	75
Figura 50. Terreno pendiente de difícil acceso, losa de cimentación, .....	75
Figura 51. Componentes de vivienda, ventanas, perfiles y riostras .....	76
Figura 52. Componentes de vivienda, perfiles, paneles en concreto y Barril metálico. ....	76
Figura 53. Presentación personal Voluntario.....	77
Figura 54. Presentación de tipos de perfiles. ....	78
Figura 55. Presentación de tipos de Paneles. ....	78
Figura 56. Presentación Riostras.....	79
Figura 57. Replanteo realizado por el coordinador de montaje .....	80
Figura 58. Losa cimbrada. ....	80
Figura 59. Medición de distancias .....	81
Figura 60. Solera panel C3 lista para ser instalada. ....	81
Figura 61. Proceso de enzunchamiento. ....	82
Figura 62. Elaboración de media correa. ....	83
Figura 63. Elaboración de Terminal. ....	84
Figura 64. Terminal Final. ....	84
Figura 65. Paneles ordenados en forma de “I” .....	86
Figura 66. Colocación de los primeros paneles 4-8.....	86

Figura 67. Proceso de montaje de primer muro.....	87
Figura 68. Proceso de montaje de primer muro.....	87
Figura 69. Ubicación de la terminal.....	88
Figura 70. Zunchos previos a realizar el amarre.....	88
Figura 71. Enzunchamiento .....	88
Figura 72. Ubicación de la correa y perfiles K, correa, soleras y aberturas del perfil k.....	89
Figura 73. Izaje de correa de manera manual. ....	90
Figura 74. Montaje de segunda hilera de muros.....	90
Figura 75. Montaje de Segunda hilera de muros. ....	91
Figura 76. Personal Voluntario sosteniendo los muros sin amarres .....	92
Figura 77. Ubicación de las riostras.....	93
Figura 78. Proceso de montaje de paneles terminado y composición de la estructura de cubierta .....	93
Figura 79. Plano de detalle, modulación casa prefabricada.....	94
Figura 80. Riostras instaladas. ....	95
Figura 81. Casa con un 80% de proceso.....	95
Figura 82. Casa prefabricada terminada .....	96
Figura 83. Detalle de grieta en panel industrializado. ....	102
Figura 84. Grieta Panel Pizza.....	103
Figura 85. Primeros bocetos .....	106
Figura 86. Bocetos Catalina.....	106
Figura 87. Diseño Definitivo Catalina.....	107
Figura 88. Producción de contenido Grafico para la cartilla .....	108

Figura 89. Diagrama de flujo: Construcción de casas prefabricadas de la fundación Catalina Muñoz. ....	112
Figura 90. Resultados población voluntaria: Población total 15 personas entre 15-50 años, donde 7 eran mujeres y 8 hombres. ....	113
Figura 91. Resultados población que conoce el sistema: se tomó como muestra a 10 personales de la población total. ....	113
Figura 92. Paneles afectados por proceso: la gráfica indica que el proceso de montaje es el que presenta mayor índice de daños. ....	114
Figura 93. Cartilla construcción de casas prefabricadas de la fundación Catalina Muñoz.....	117
Figura 94. Resultados encuesta de satisfacción. ....	118

## Resumen

En el presente trabajo de investigación, se muestra el sistema constructivo prefabricado utilizado por la Fundación Catalina Muñoz, entidad que lleva más de doce años construyendo casas prefabricadas en concreto para personas de bajos recursos. Actualmente la fundación ha construido más de 2.900 casas en toda Colombia, por medio de donaciones de entidades públicas y privadas, en especial al personal voluntario quienes deciden ofrecer su tiempo y mano de obra para ayudar a la fundación en su labor. Este sistema implementa paneles en concreto y perfiles galvanizados en su proceso constructivo, no requiere de una mano de obra especializada, pero sí un previo conocimiento brindado por un personal especializado para evitar daños.

Uno de los componentes que se ven más afectados en los procesos de montaje utilizados por la fundación son los paneles en concreto, donde se generan pérdidas, este problema se debe a que no se le brinda al personal voluntario una inducción apropiada previa al montaje o no cuentan con una herramienta que facilite la comprensión de la información o presentan problemas de entendimiento de las tareas asignadas.

Para solucionar este problema de comunicación presentado entre el personal voluntario y las personas encargadas de brindar dichos conocimientos, se pensó en la implementación de la Cartilla “Construcción de casas prefabricadas de la Fundación Catalina Muñoz” en la ciudad de Bogotá y zonas aledañas, con lo cual se buscó generar una disminución en los daños ocasionados a los paneles en concreto.

**Palabras Clave:** Prefabricados, Paneles, Cartilla constructiva, Perfiles metálicos, Fundación Catalina Muñoz.

### Abstract

This research job, show the prefabricated concrete system used by the Catalina Muñoz Foundation, organization which since twelve years ago, is construyed concrete prefabricated houses for low-income people. At the present time the foundation have constructed more of 2.900 houses in Colombia, work that has been made possible by donations from public and private entities, as well as the volunteers who provide their time and workforce.

This system is formed of concrete panels and metal sheets, don´t need specialized workforce but it need a previos knowledge to avoid damage.

One component which has more affectationes in the assembly processes are the concrete panels, like fissures and breaks generating losses to the foundation, this problem is caused for the volunteers who aren´t trained for that labor or sometimes the training is very bad, other reason is the absence of one tool to facilitate the understanding of the system and assigned activities.

For that reason, was decided creating a primer to solve the problems previos mentioned in special the lack of comunication between the volunteers and assembly coordinatirs. The primer called “Construcción de casas prefabricadas de la Fundación Catalina Muñoz” was implemented in the Bogota city and surrounding areas to decrease the affectattiones of concrete panels.

### **Key Words**

Prefabricated, Metal sheets, Catalina Muñoz Foundation, Panels, Constructive handbook

## Introducción

La Fundación Catalina Muñoz, viene trabajando ya hace doce años con el propósito de ayudar a personas de bajos recursos realizando donaciones y construcciones de viviendas prefabricadas, abarcando logística e instalación. Con base a esto, se estudió y analizó el proceso constructivo de las casas prefabricadas de paneles en concreto utilizados por la fundación, donde se analizaron tres aspectos esenciales para su realización: fabricación, transporte y montaje.

Inicialmente se propuso conocer el proceso de fabricación, para esto se visitó la planta de producción, allí se conocieron los componentes, materiales y procesos requeridos para la construcción de las viviendas. Posteriormente se continuó con el proceso de transporte, donde se logró evidenciar los procesos de: almacenamiento, cargue y descargue de los elementos.

Finalmente se abordó el montaje, desde un enfoque empírico, es decir desde la experiencia, donde se buscó comprender cada una de las actividades y procesos constructivos. Desde esta perspectiva se lograron evidenciar problemas que afectan el sistema prefabricado, principalmente en la manipulación de los paneles, el cual es realizado por personal voluntario, que en la mayoría de los casos son personas del común o estudiantes de ramas totalmente diferentes a la construcción, que poseen poco o nulo conocimiento del tema, generando así daños en los paneles en concreto de la vivienda como lo son: fisuras, roturas y agrietamientos.

Adicionalmente, se realizó una recolección de datos mediante registros fotográficos y listas de chequeo sobre los procesos anteriormente mencionados y entrevistas al personal voluntario con las cuales se pudo caracterizar su edad, ocupación y conocimiento sobre el sistema de paneles prefabricados, además de las dificultades que estos presentaban al momento de realizar el montaje.

Con el fin de desarrollar una herramienta que facilitara la comunicación entre el personal voluntario y el personal encargado de los montajes de la fundación, donde se deberían establecer los parámetros técnicos para poder realizar el proceso constructivo de una manera correcta sin afectar sus componentes. En este caso específico, los paneles en concreto.

Inicialmente se pensó en tres formas de transmitir de manera ágil y contundente los pasos a seguir en un proceso de montaje, donde se pensó en la implementación de una cartilla, guía o manual que permitiera generar una construcción más eficiente.

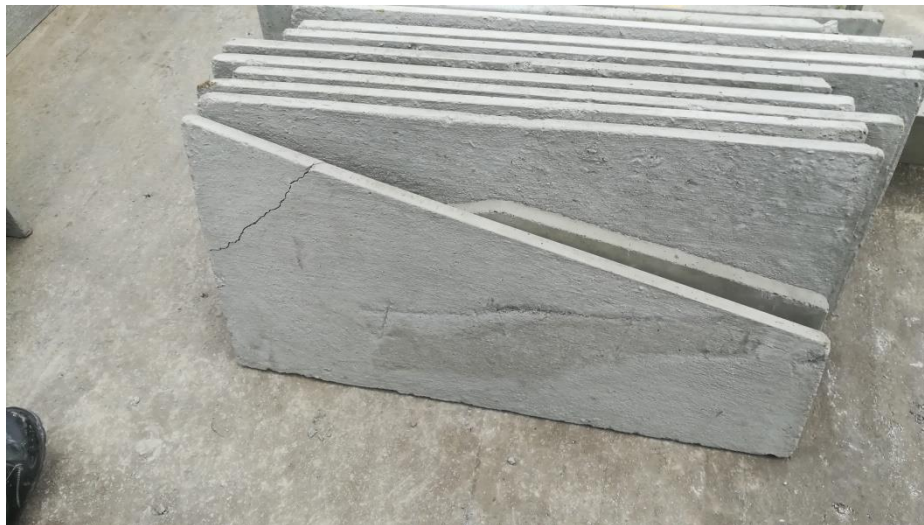
Al analizar este tipo de documentos de comunicación y al ver como estaban conformados en cuanto a su contenido, se optó por hacer una cartilla, la cual es un tratado breve y de fácil comprensión que permiten al usuario recibir el mensaje de una forma sencilla, donde también se implementó un personaje dinámico y entretenido que acompaña al voluntario en el proceso de montaje.

## 1.1 Planteamiento del Problema

¿Cómo reducir los daños ocasionados por el voluntariado a los paneles prefabricados en concreto, en los procesos de montaje realizadas por la fundación Catalina Muñoz en la ciudad de Bogotá?

Se ha realizado un estudio y análisis de las construcciones prefabricadas realizadas por la Fundación Catalina Muñoz, en los cuales se han realizado un estudio detallado como: su proceso de elaboración, transporte de elementos, y montaje de las casas prefabricadas, esto debido a que el proceso constructivo es realizado por personal voluntario el cual es válido, si estos cuentan con un conocimiento previo para realizar la manipulación de los paneles en concreto y realizar de manera correcta los ensambles de la perfilería de manera adecuada, la fundación catalina

muñoz cuenta con un personal encargado de supervisar y controlar los montajes de las casas prefabricadas, pero estos en muchas ocasiones no brindan una adecuada inducción del proceso constructivo, generando una mala manipulación por parte del voluntariado en el manejo de los paneles prefabricados generando agrietamiento *Ver figura 1* y daños en las esquinas de los paneles. *Ver figura 2*



*Figura 1. Rotura a 45 grados en penal pizza.  
Elaboración propia.*



*Figura 2. Roturas en esquinas de los paneles  
Elaboración propia.*

De esta manera se delimita el objeto de investigación: A desarrollar una cartilla donde se establezcan los parámetros necesarios para la correcta ejecución del sistema constructivo y

reducir los daños generados en los paneles en concreto de la Fundación Catalina Muñoz mejorando así la calidad de estas viviendas, para mitigar los problemas antes mencionados.

## 1.2 Justificación

Se han estudiado las casas prefabricadas de paneles de concreto, sistemas como Servivienda, SELAVIP<sup>1</sup> y la Fundación Catalina Muñoz, donde se ha analizado su proceso constructivo, sus características, cualidades y especificaciones. Se han encontrado falencias durante el proceso de ejecución del sistema, radicado principalmente en la manipulación que se realiza por personal voluntario, así como lo afirma Novas (2010) debido a que estos sistemas constructivos necesitan de pocos trabajadores especializados, siempre y cuando sean supervisados por un experto calificado, afirmación realizada por un grupo de investigadores de la universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga:

El recurso humano en un proceso constructivo a base de elementos prefabricados no exige personal especializado durante el montaje, pero sí un conocimiento previo del proceso de armado de manera que los ensambles (uniones) se realicen de una manera adecuada. Al igual que todo proceso constructivo, la supervisión de un ingeniero estructural o un interventor con conocimiento del tema es un requisito. En este caso, cumplen un papel fundamental los detalles suministrados en los planos constructivos. (Serrano M, Pérez, Solarte, Torrado y Serrano D, 2014, p. 28)

---

<sup>1</sup> SELAVIP (Servicio Latinoamericano y Asiático de Vivienda Popular).

Sin embargo, en muchas obras de este tipo se omite la presencia de o los profesionales, dando paso a que se generen problemas a futuro, debido a que es este encargado de velar por la buena ejecución de los ensambles (uniones) y su montaje de sus elementos.

Pero esta no es la única causa del problema, también se pueden encontrar en el proceso de transporte, según Construmática Servicios de Información Profesional, S.L. (2014),

Existen otras desventajas detectadas que están relacionadas con aspectos estructurales que pueden preverse ya que las uniones en los elementos esbeltos o en aquellos de gran tamaño deben diseñarse de manera que soporten los distintos esfuerzos (ejemplo: presión de viento, si es el caso); y, a nivel constructivo, debe anticiparse el tipo de equipos necesarios para el transporte y para el montaje de aquellos elementos pesados (citado por Serrano, 2014, p. 29)

Por estas y otras razones que enmarcan esta problemática es necesario generar un mejoramiento dentro de la ejecución de este tipo de sistemas para garantizar el mejoramiento y confort de los habitantes, para ello hemos contacto a la Fundación Catalina Muñoz, una fundación sin ánimo de lucro fundada en el año 2006 quienes trabajan este tipo de sistema.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Desarrollar una cartilla que disminuya los daños ocasionados por el voluntariado a los paneles prefabricados en concreto, en los procesos de montaje realizados por la fundación Catalina Muñoz en la ciudad de Bogotá y zonas aledañas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Conocer el sistema constructivo en los procesos de fabricación, transporte y montaje de casas prefabricadas en paneles de concreto, junto con la población voluntaria de la Fundación Catalina Muñoz.
- Analizar los procesos de fabricación, montaje, transporte y la población voluntaria para determinar las posibles falencias del sistema utilizado por la Fundación, según referentes.
- Determinar los aspectos a mejorar en el proceso de montaje y manipulación en los paneles, ejecutado por el personal voluntario de la fundación para definir un instrumento didáctico que facilite la comprensión del sistema mediante un manual, carilla o guía más óptimo.

- Generar un modelo de cartilla según los parámetros técnicos como características físicas, contenido ilustrativo y contenido gramatical, previamente analizado que deben ser implementado en este instrumento didáctico.
- Evaluar la eficiencia y la comprensión de la cartilla, en el campo de acción abarcando el personal voluntariado y los coordinadores de montaje de la Fundación, mediante una encuesta de satisfacción.

### 3 Marco Referencial

#### 3.1 Merco Teórico

##### 3.1.1 Casas prefabricadas

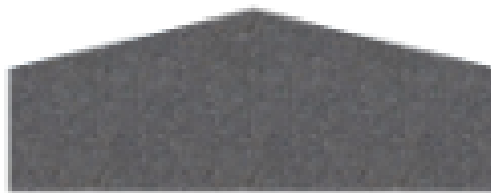
Las casas prefabricadas en la construcción son conocidas como procesos industrializados como lo menciona Escrig (s.f.) porque poseen un diseño mecanizado, debido a que sus componentes son elaborados en serie, generan una construcción más eficiente, los prefabricados se pueden valorar por la cantidad de procesos en la obra, entre mayor sea la cantidad de procesos realizados *in situ*, menor es el índice de prefabricación. El sistema de casas prefabricadas se puede calificar como un sistema cerrado, debido a que sus componentes poseen unas especificaciones del propio sistema, estos deben ser compatibles para no tener errores en su proceso de construcción.

En Colombia existe una gran variedad de sistemas prefabricados que emplean diferentes tipos de materiales como: madera, panel de yeso, lamina cold rolled y paneles en concreto reforzado, las propiedades de materiales que componen el sistema determinan las dimensiones y formas de los elementos, por ejemplo, el sistema prefabricado en concreto se compone de: paneles en concreto, perfilería metálica, tejas de fibrocemento, teja española, listones de madera y una losa de cimentación, este sistema se ha empleado por diferentes entidades como: la fundación SELAVIP, Servivienda y Catalina Muñoz.

##### 3.1.2 Paneles prefabricados de concreto

Los paneles de concreto armado son empleados en la construcción de sistemas prefabricados, que al ser elaborados previamente en la planta reducen: tiempo, costos, mano de obra y materiales de producción, mejorando los tiempos y la calidad de los montajes debido

también a su bajo peso. Estos paneles están formados de concreto. “Para la preparación del concreto se requieren agregados, cemento, agua y en ocasiones aditivos. La proporción adecuada de cada uno de estos ingredientes permite que se obtenga la resistencia y durabilidad de la mezcla preparada.” (Serrano et al. 2014, p.16) Los paneles son reforzados con mallas electrosoldadas. Las dimensiones y formas están sujetas a las necesidades y requerimientos de los proyectos, así como sus propiedades. *Ver Figura 3.*



*Figura 3. Panel de concreto reforzado C3 Casita.*  
[Recuperado de: Adecuación de terrenos \[PDF\], Fundación Catalina Muñoz.](#)

### **3.1.3 Control de calidad**

El proceso de fabricación se realiza en una planta de producción en la que se debe ser muy riguroso con el control de calidad. Según lo indica Rodríguez (s.f.) se debe revisar los materiales, las propiedades y el manejo que se dé al concreto para ello se han establecido algunas recomendaciones para mantener controlado y garantizar la eficacia del sistema constructivo

### **3.1.4 Especificaciones técnicas del sistema constructivo**

#### ***Parámetro de calidad***

Para verificar que el sistema cumpliera con los requisitos estipulados para la construcción y sus actividades se consultó la Ley 400 de 1997. Reglamento Colombia de Construcción Sismo

Resistente NSR-10<sup>2</sup> Título C. Concreto estructural. Norma que regula las condiciones de seguridad mínimas con las que se debe construir o fabricar una edificación.

### ***1.1. Concreto prefabricado.***

La dosificación, con respecto a la NSR-10 Título C., numeral C. 1.1.1 establece que para un concreto estructural no debe tener una resistencia inferior a 17MPa (aprox. 2465,64 PSI),

Adicionalmente indica que el concreto debe soportar las condiciones a las que sea expuesto entre la fabricación y colocación de los elementos, según la norma:

Los esfuerzos desarrollados en los elementos prefabricados durante el período que va entre el momento en que se coloca el concreto y la conexión final, pueden ser mayores que los esfuerzos para cargas de servicio. Los procedimientos de manejo pueden causar deformaciones no deseables. Por lo tanto, debe prestarse atención a los métodos de almacenamiento, transporte y montaje de los elementos prefabricados, de manera que el comportamiento a nivel de cargas de servicio y la resistencia para las cargas mayoradas cumplan con los requisitos de Título C del Reglamento NSR-10. (C-299).

#### ***1.1.1. Elementos horizontales.***

Se funden con concreto de bajo asentamiento. Máx. 3" (7.5cm), para reducir tiempo de fraguado inicial.

#### ***1.1.2 Elementos verticales.***

---

<sup>2</sup> NSR-10: Norma de Sismo Resistencia de 2010

Se funden con concretos de mayor asentamiento. Máx. 6" (15cm) con aditivos reductores de agua, para fundir varios elementos simultáneamente utilizando vibración externa, para acelerar el fraguado.

### ***1.2. Acero de refuerzo.***

El refuerzo interno de las placas se debe realizar con acero soldable con resistencia a la tracción de 37000 PSI o 60000 PSI según indicaciones de los paneles estructurales. (Rodríguez, s.f.)

### **3.1.5 Perfilería Metálica**

En la construcción de las casas prefabricadas, son elaborados previamente a la construcción, estos cumplen un papel muy fundamental debido a que son los encargados de transmitir las cargas de la casa a la cimentación, funcionando como columnas y amarre del sistema brindando soporte y rigidez a la casa, estos perfiles deben ser de alto calibre para poder soportar estas cargas, adicionalmente nos permiten ensamblar los paneles en concreto, se ubican estratégicamente según las indicaciones de los plano sobre la placa de cimentación. (Casas Prefabricadas Colombia, CADECOL, s.f.)

#### ***Perfilería laminada en frío***

Están conformados por láminas de acero y su proceso se lleva a cabo a una temperatura ambiente, siendo ligeros, económicos y resistentes.

Existen dos tipos de laminados en frío, el primero es por prensa y el segundo es por rolado.

Su capacidad de carga depende de su material y de su forma, una lámina de acero delgada puede soportar una carga determinada, pero si esta cuenta con dobleces puede generar una mayor resistencia, siendo mayor a la lámina original. Dándonos a entender que su resistencia y rigidez depende de su configuración y no de su grosor. Estos deben soportar como lo indica Rodríguez (s.f.) “refuerzo de conectores de placa y muros. Acero con resistencia a la tracción 37000 PSI según indicaciones de los planos estructurales”.

### *Perfiles laminados en caliente*

Están formados por láminas de acero y su proceso se lleva a altas temperaturas ambiente, siendo ligeros, económicos y resistentes.

Estos dos tipos de perfiles nos proporcionan la resistencia y rigidez necesaria.

#### **3.1.6 Listones de madera**

Las casas prefabricadas cuentan con listones de madera, estos principalmente funcionan como vigas, estas descansan sobre perfiles para transmitir las cargas a la cimentación y adicionalmente funcionan como soporte de la cubierta, estas se van instalando en la sección longitudinal de la casa. (Casas Prefabricadas Colombia, CADECOL, s.f.).

#### **3.1.7 Madera**

La madera es de origen vegetal, siendo una de las materias primas más utilizadas por el hombre en el sector de la construcción, también se puede considerar como un material biológico, pero no es homogéneo y se compone de moléculas de celulosa y lignina, debido a que, siendo un recurso renovable, abundante, orgánico, se pueden encontrar diferentes tipos de madera. (Tipos de madera, 2013).

### 3.1.8 Teja de Fibrocemento

Para CADECOL (s.f.) se procede a instalarla cuando ya se tiene armada toda la estructura en listones de madera, estas descansan en la estructura.

La compañía conocida como Eternit (2018) indican que las la teja de fibrocemento se anclan a las correas de madera mediante amarres de teja y se complementa con un caballete, la teja de fibrocemento se compone de cemento, carbonato de calcio, fibras sintéticas, fibra celulosa. Además, se pueden encontrar gran variedad de dimensiones:

Tabla 1(Dimensiones teja Eternit)

*Teja Eternit*

Teja N°	Longitud m		Ancho m		Superficie m <sup>2</sup>		Traslapo m		Peso Kg
	Total	Útil	Total	Útil	Total	Útil	Long	Later al	
3	0.91	0.77	0.92	0.87	0.84	0.67	0.14	0.04 7	9.55
4	1.22	1.08	0.92	0.87	1.12	0.94	0.14	0.04 7	12.7 4
5	1.52	1.38	0.92	0.87	1.40	1.20	0.14	0.04 7	15.9 2
6	1.83	1.69	0.92	0.87	1.68	1.48	0.14	0.04 7	10.1 1
8	2.44	2.30	0.92	0.87	2.25	2.01	0.14	0.04 7	25.4 8
10	3.05	2.91	0.92	0.87	2.81	2.54	0.14	0.04 7	31.8 5

*Los procesos de elaboración de los productos ETERNIT están bajo las normas ISO 9001 Sistema de gestión de calidad, ISO 14001 Sistema de gestión ambiental, OHSAS 18001 Sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional; además de ello la compañía cuenta con certificación BASC Sistema de Gestión en Control y Seguridad.*

Nota. Recuperado de *Ficha técnica Eternit teja ondulada perfil 7*. Copyright 2019 por la compañía Eternit. Reimpreso con permiso.

El proceso de instalaciones se realiza de manera manual y depende de su diseño. Para subir las tejas a la cubierta se deben izar con un lazo, según lo indica en la *Figura 3*, se recomienda usar un gancho en la parte inferior de la teja para dar un mejor soporte, adicionalmente para construcciones de más de tres pisos se debe usar maquinaria especializada.

*Ver Figura 4.*

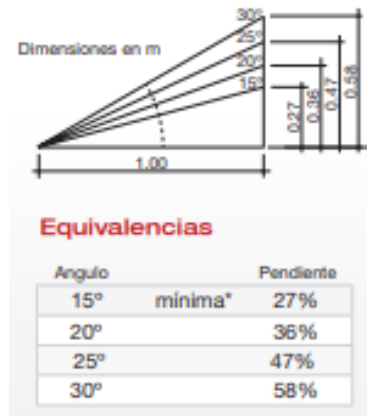


*Figura 4. Manera correcta de izar una teja de Fibrocemento*  
*Recuperado de: <https://bit.ly/2GXyxxwI>*

Siempre se debe caminar sobre un tablón el cual debe posicionarse para evitar daños en las tejas y caídas desde grandes alturas.

Para realizar el anclaje de la teja a la estructura en madera se debe usar únicamente 2 ganchos o 2 tornillos por teja para evitar daños en la misma, para abrir los huecos donde se va a realizar el anclaje se debe usar una broca con una punta de 1/16 de Diámetro.

Para dar una inclinación a la cubierta “Eternit” nos brinda una tabla dependiendo de su ángulo. *Ver Figura 5.*



*Figura 5. Pendiente Teja de Eternit". Tipos de pendentado.  
Recuperado de: <https://bit.ly/2GXyxwI>*

El proceso de instalación de la teja de fibrocemento se debe realizar por un personal calificado cumpliendo con los respectivos elementos de protección personal y curso de alturas.

### 3.1.9 Losa de Cimentación

Las casas se construyen sobre una placa de concreto, las cuales son diseñadas por un profesional de ingeniería quien es el encargado de realizar el diseño estructural, estas son construidas en un área específica indica la compañía CADECOL (s.f.).

Para realizar la construcción de la placa de cimentación se debe tener en cuenta estudios preliminares (estudios de suelos y un levantamiento topográfico). Para determinar las características adecuadas para evitar problemas en la cimentación como: inclinaciones, desplomes o roturas graves de la losa de cimentación, también se debe contar con:

- Planos arquitectónicos y estructurales de la placa de cimentación.
- Licencias otorgadas por las autoridades locales.

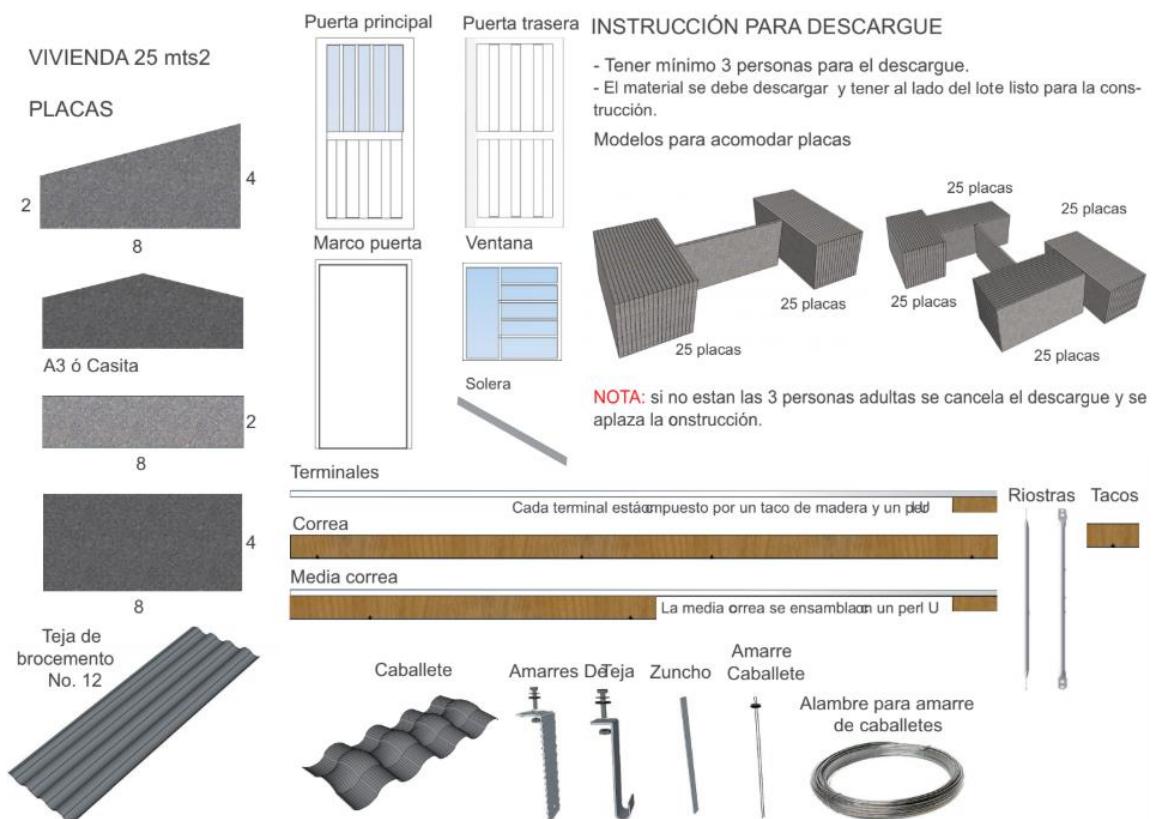
Después de realizar el diseño estructural de la placa se procede a su construcción la cual debe estar bajo supervisión técnica de acuerdo con las indicaciones del ingeniero y teniendo en

cuenta el diseño brindado por el arquitecto, adicionalmente se debe tener en cuenta la ubicación de las instalaciones hidrosanitarias.

### 3.1.10 Conexiones

La norma Técnica Colombiana NSR-10 en su título C. (1997), indica que un elemento de conexión es aquel que une uno o más elementos prefabricados, donde indica dos tipos de conexiones, conexión dúctil y conexión fuerte. (C-29).

Para las casas prefabricadas aplica la conexión fuerte debido a que los perfiles trabajan elásticamente permitiendo el ingreso del panel y durante un sismo este presenta deformación como consecuencia de los desplazamientos de un sismo.



*Figura 6. Elementos de la casa prefabrica.*

*Incluye paneles, carpintería, cubierta y elementos de fijación.*

*Recuperado de:* Adecuación de terreno [PDF]. Fundación Catalina Muñoz.

### 3.2 Marco Histórico

Las casas prefabricadas son un sistema que se ha utilizado en Colombia ya hace 40 años, desde la década de los 70's aunque se han presentado indicios que se inició a principio de los años 60's por el presidente de la época: Alberto Lleras Camargo, quien realizó una serie de equipamiento escolar, a base del método de construcción prefabricada, pero no fue hasta el año de 1992 que se generó su auge en Colombia debido que habían notado su disminución en tanto a costos y tiempos de ejecución. Fue en este año cuando se posicionó uno de sus mayores representantes del sistema, "Servivienda".

La información que se presenta a continuación fue suministrada por José Libardo Rojas Mosquera un operario vinculado a la Fundación Servivienda con más de 50 años de experiencia construyendo casas prefabricadas y que actualmente posee una empresa, quien permitió una entrevista presencial el día 07 de noviembre de 2018 en su vivienda ubicada en barrio Egipto Los Laches de la Candelaria en el centro de la ciudad de Bogotá donde contó la historia del sistema y datos muy interesantes.

Servivienda fue la primera fundación en hablar, utilizar y especializarse en el Sistema Modular Prefabricado, pero no siempre tuvo el nombre de Servivienda. En principio la fundación se llamaba SELAVIP, para ese entonces se utilizaba un material diferente en los paneles que se llamaba "Siscana", mejor conocido como Madeflex.<sup>3</sup> Con este material, al momento de la modulación era muy sencillo su montaje, con este material no se necesitaba tener los paneles totalmente aplomados, a diferencia de los paneles actuales, estos estaban diseñados en madera aglomerada, por lo tanto, su peso era menor y se podían instalar en un pedestal de madera, esto facilitaba su nivelación.

---

<sup>3</sup> Madeflex: Lámina de fibra en madera de eucalipto, utilizado en el ámbito de la Construcción por sus características físicas ya que es durable, resistente a la humedad y posee excelente resistencia mecánica.

Cuando llegaron los paneles de concreto reforzados, fue totalmente necesario que el terreno posea una placa de cimentación por dos motivos. Primero, la superficie debe cumplir con el nivel necesario para su mayor efectividad, seguridad en el montaje y en la durabilidad del sistema, por otra parte, se necesita cumplir con la Norma de Sismo resistencia NSR 10, específicamente, el título C proporciona los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos de concreto estructural de cualquier estructura construida, la cual no fue utilizado por SELAVIP, ya que en ese lapso histórico no se utilizaba ningún tipo de norma que reglamentara la sismo-resistencia. (Rojas, 2018).

En la actualidad este sistema ha sido mejorado y utilizado por la Fundación Catalina Muñoz, se fundó hace más de doce años y ha construido más de 2.900 casas siendo apoyados económicamente por:

(...) empresas, públicas y privadas, en el desarrollo de sus programas de responsabilidad social en áreas como ‘mejoramiento en condiciones de habitabilidad’, ‘kits de materiales’, ‘construcción de alojamientos temporales’, ‘mejoramientos de vivienda’, ‘Implementación de la estrategia vivienda saludable’ y ‘construcción definitiva’ así como en diversas brigadas de salud, todo en pro del bienestar de los más necesitados. (Fundación Catalina Muñoz, FCM, 2018, párr. 1)

Actualmente es una de las entidades que más usa sistema prefabricado de paneles en concreto, siendo este su principal labor.

### **3.3 Marco Normativo**

#### **3.3.1 Norma Técnica Colombiana NTC 3318**

Esta norma establece los criterios a tener en cuenta al realizar un concreto premezclado en obra. Para este estudio se hondará principalmente en los numerales que referencian al concreto cuando no se han establecido especificaciones técnicas tales como: la resistencia, los materiales, asentamientos medidas y dosificaciones, resaltando los parámetros que se deben cumplir para garantizar la calidad del concreto.

#### **3.3.2 Especificaciones y alternativas de producción.**

El título C de la norma NSR-10 proporciona los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos en concreto estructurales, donde se muestran todos los requisitos que deben cumplir las construcciones prefabricadas.

La NSR-10 define que en los diseños de los elementos prefabricados se deben tener en cuenta las condiciones del capítulo C.16, y deben aplicarse a todos los elementos prefabricados de concreto. (Norma Técnica Colombiana, NTC, 2008)

#### **3.3.3 Alternativa d (cuando el dueño del proyecto asume la responsabilidad sobre la producción del concreto).**

El dueño del proyecto debe registrar y mantener evidencias satisfactorias de un adecuado desempeño del concreto tales como información estadística del concreto y de los materiales que se van a usar, su procedencia, propiedades, marca o tipo, incluyendo las proporciones empleadas para cada clase de concreto utilizada.

Las pruebas de caracterización, ensayos de materiales y demás pruebas del concreto deben estar avaladas por un laboratorio de materiales que tenga los equipos calibrados y con la trazabilidad de los patrones de calibración. (Norma Técnica Colombiana, NTC, 2008)

Para la norma técnica NSR-10 en su título C. (1997) establece que los espesores mínimos para la fabricación de elementos prefabricados, se refleja la mayor conveniencia del control de las dosificaciones y curado. (C-238).

### **3.3.4 Materiales**

Este numeral establece los materiales a emplear en la mezcla incluyendo las especificaciones que se deben cumplir, los cuales son:

### **3.3.5 Cemento.**

Debe cumplir con la NTC C 121 y NTC 321, o las normas ASTM C 595 y ASTM C 1157.

La NSR-10 en su título C. (1997) indica que un concreto prefabricado estructural es aquel que no se ha construido *in situ*.

### **3.3.6 Agregados.**

Se rigen bajo las normas NTC 174 ó NTC 7045.

### **3.3.7 Agua.**

Debe cumplir con las especificaciones de la NTC 3459

### **3.3.8 Aditivos químicos**

Para el empleo de aditivos se regula mediante la NTC 1299, la NTC 3502 y la NTC 4023 (sí son aplicables).

### **3.3.9 Otros materiales**

Se permite el uso de otros materiales (colorantes, pigmentos, minerales, fibras, icopor, etc.), siempre y cuando no afecten la durabilidad del concreto y estén certificados en su desempeño. (NTC, 2008)

### **3.3.10 Tolerancias en el asentamiento.**

Las tolerancias permitidas, siempre y cuando no se especifique son:

1. Cuando en las especificaciones del proyecto el asentamiento no se prescriba como requisito “máximo” o un “no deben exceder de”.

Asentamiento de 50mm, o menos, tolerancia +/- 15mm.

Asentamiento entre 50mm y 100mm, tolerancia +/- 25mm.

Asentamiento mayor que 100mm, tolerancia +/-40mm.

2. El concreto debe permanecer manejable dentro del tiempo de asentamiento permitido un periodo de 30 min a partir del término de la preparación en obra.
3. Si a una mezcla de concreto se le añade agua o aditivo para obtener la consistencia especificada, se deben realizar los ensayos necesarios para verificar el cumplimiento de las especificaciones del concreto. La responsabilidad en todo caso será de quien tomó la decisión de la adición.

### **3.3.11 Medidas de los materiales.**

El cemento se debe medir por masa, se debe pesar en una báscula específica para este tipo de materiales debidamente calibrada, también se puede medir por bulto (50kg medida estándar para Colombia). No se deben usar fracciones de bulto salvo que estas sean pesadas.

### **3.3.12 Amarres**

Según la NSR-10 en su título C. (1997) para las construcciones de concreto prefabricado se deben usar amarres de tracción en sentido transversal, longitudinal y vertical y alrededor del perímetro los cuales se encargarán de unir la estructura. (C-108)

### **3.3.13 Montaje**

El proceso de montaje se rige por la NSR-10 en su título C. (1997, C-306) donde se establecen los parámetros que se deben considerar en las fuerzas y distorsiones que ocurren durante el curado, desencofrado, almacenamiento y montaje, de manera que los elementos prefabricados no sufran sobreesfuerzos o se dañen de manera alguna.

Adicionalmente en el Título C.16.9.2 se dice que los elementos prefabricados se deben ser apoyados o arriostrados asegurando así la integridad estructural, hasta que se instalen las conexiones permanentes.

## 4 Aspectos Metodológicos

Para el desarrollo de la investigación y el análisis del proceso constructivo utilizado por la fundación Catalina Muñoz se realizó la obtención de datos cualitativa, abarcando una investigación experimental y correlacional. Donde se evidencio que la maniobrabilidad de los paneles en concreto reforzado por parte del voluntariado, quienes son la mano de obra del sistema constructivo utilizado por la fundación, no era la más eficiente. Lo que dio como objetivo crear una Cartilla que explicara al voluntariado de una manera correcta la manipulación de los paneles en concreto, con el fin de reducir daños.

### 4.1 Alcance

El Objetivo del proyecto consistió en analizar el proceso constructivo de la fundación de manera Experimental, El primer procedimiento fue comprender el sistema constructivo utilizado por la fundación, donde se pudo identificar que dicha entidad emplea el sistema prefabricado de paneles en concreto, por consiguiente, se realizó una recolección de información sobre su proceso de fabricación mediante registros fotográficos, entrevistas y datos brindados por la fundación, adicionalmente se recolectaron datos sobre los procesos de transporte, montaje y los componentes del sistema, también se identificó, la población voluntaria y al personal de la fundación como: operarios de fábrica y personal de montaje de la fundación.

En el segundo procedimiento se determinó mediante un profundo análisis, entre la información recolectada y referentes confiables los aspectos a mejorar en el proceso utilizado por fundación, donde se identificó que el principal problema se presentaba en la manipulación de los paneles en concreto por parte del personal voluntariado, definiendo así la posible implementación un mecanismo de enseñanza didáctico (manual, cartilla, guía, etc.) que genere

una mejor comunicación entre el personal voluntario y los operarios encargados del montaje de la fundación, generando un proceso más óptimo.

En el tercer procedimiento se realizó una breve investigación de los diferentes mecanismos de enseñanza, donde se evaluaron parámetros técnicos, características físicas y contenido, teniendo en cuenta la población a la cual se debía dirigir el producto, siendo la cartilla el mecanismo más óptimo, que nos permitió generar una mejora comunicativa entre el voluntario y el personal de la fundación.

En el cuarto procedimiento se evidencio que para el desarrollo de la Cartilla “Construcción de casas prefabricadas para la Fundación Catalina Muñoz” fue necesario implementar programas de diseño y renderizado tales como: Adobe Indesing cc 2019, Adobe Photoshop cc 2019, Adobe Illustrator cc 2019 y SketchUp. Que nos permitieron diseñar y estructurar adecuadamente el personaje de Catalina y la cartilla para la fundación, generando un producto de alta calidad.

En el quinto procedimiento se verifico la aceptación de la cartilla por parte del voluntariado, se realizó una encuesta de satisfacción, donde se pusieron a prueba temas como la eficacia y comprensión de este mecanismo en el campo de acción.

## **4.2 Fase Exploratoria**

En esta primera etapa de la investigación, se buscó conocer el sistema constructivo utilizado por la Fundación en sus procesos de fabricación, transporte, montaje y el personal voluntario encargado del montaje de las casas, junto a los coordinadores de montaje de la fundación, aunque aún no se había definido el problema, se había predeterminado que el tema del cual se quería investigar era el proceso de montaje, principalmente en la manipulación que realizaban los voluntarios sobre los paneles en concreto, debido a que son los elementos de

mayor importancia que componen el sistema constructivo, debido a que ya se habían estudiado referentes anteriormente como un proyecto realizado por un grupo de investigadores de la universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga: quienes indicaban que:

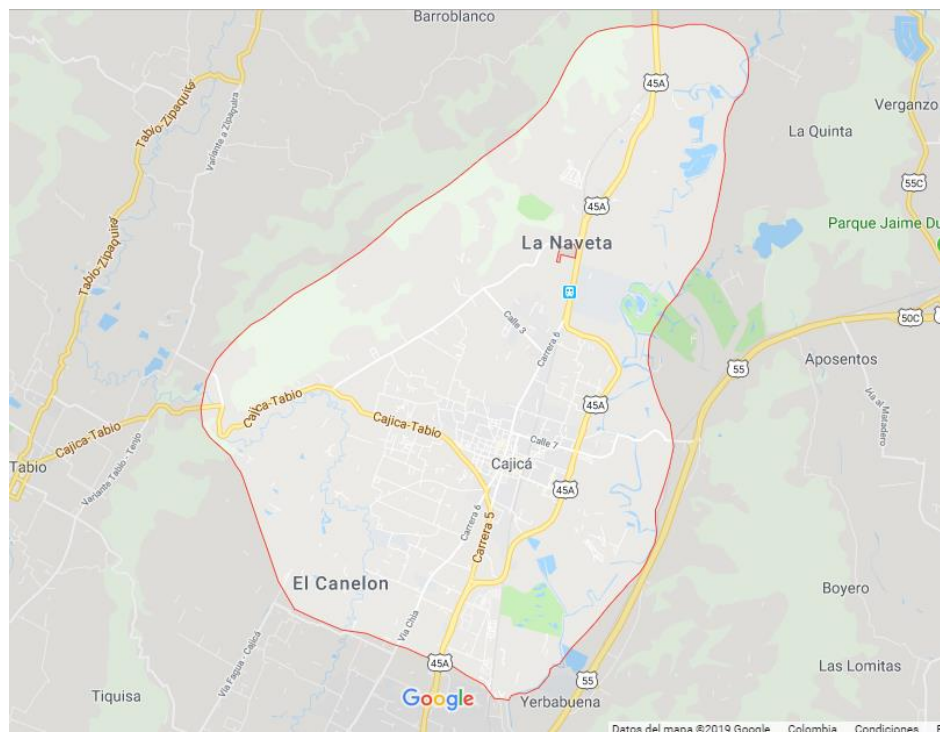
El recurso humano en un proceso constructivo a base de elementos prefabricados no exige personal especializado durante el montaje, pero sí un conocimiento previo del proceso de armado de manera que los ensambles (uniones) se realicen de una manera adecuada. Al igual que todo proceso constructivo, la supervisión de un ingeniero estructural o un interventor con conocimiento del tema es un requisito. En este caso, cumplen un papel fundamental los detalles suministrados en los planos constructivos. (Serrano, M, et. al, 2014, p. 28)

Sin embargo, en muchas obras de este tipo se omite la presencia de o los profesionales, dando paso a que se generen problemas en el futuro, debido a que es este encargado de velar por la buena ejecución de los ensambles (uniones) y su montaje.

#### **4.2.1 Salida De Campo**

Para conocer el proceso constructivo se realizó una salida de campo, en la vereda El Canelón, (Cajicá, Cundinamarca, Colombia) lugar donde se fabrican los paneles Concreto de la Fundación.

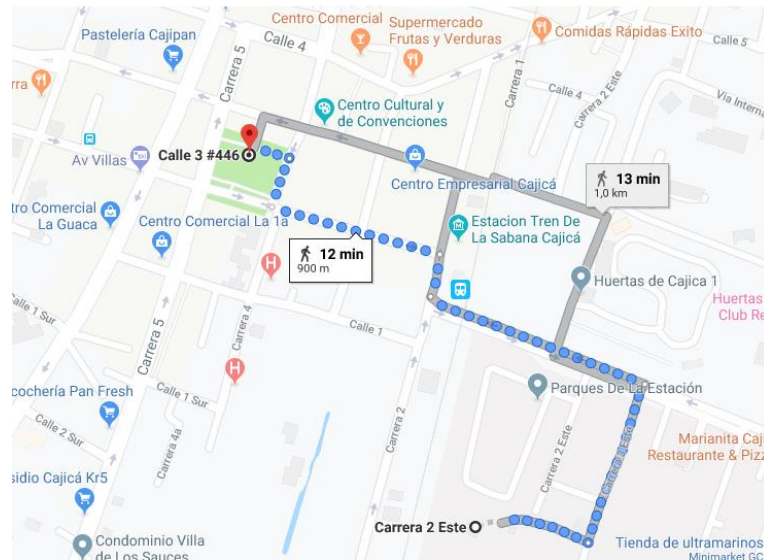
Cajicá es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca - Colombia específicamente en la Provincia de Sabana Centro, a 17 km al norte de Bogotá. Está en la carretera que conduce de Bogotá a Zipaquirá con una altitud de 2.558 m s. n. m. y tiene una temperatura promedio de 14 °C. A continuación, se anexa una vista satelital de la ubicación de Cajicá, El Canelón. *Figura 7.*



*Figura 7.* Ubicación de Canelón, Cundinamarca.  
Recuperado de: <http://cort.as/-IXn9>

Las condiciones de acceso al sitio se realizaron sin ninguna dificultad, el viaje por carretera fue media hora en promedio desde Bogotá, después de haber llegado al parque principal de Cajicá, se tomó la Calle 2, hasta La Estación tren de la sabana de Cajicá, luego tomando la Carrera 2 hacia la derecha, hasta el Restaurante Café Verde, girando a la izquierda por la calle 1, tomando más adelante la Carrera 2 Este, hasta llegar al punto de fábrica de la Fundación, ubicada a 1km de distancia del parque de Cajicá aproximadamente (sumando media hora más al recorrido final). A continuación, se anexa una vista satelital de la ubicación del sitio respecto a Cajicá.

*Figura 8.*



*Figura 8. Ubicación de lugar.*  
*Fuente: <http://cort.as/-IXn9>*

### **4.3 Recopilación De Información**

Como parte del desarrollo del primero objetivo, se llevó a cabo la actividad de conocer el sistema prefabricado utilizado por la Fundación, por lo cual se realizó una visita guiada a la planta de producción ubicada en el municipio de Cajicá, el día 10 de octubre de 2018 con el Ingeniero Adrián Baz (encargado de la planta), quien fue la persona que brindó toda la información correspondiente sobre la fabricación de los paneles en concreto y adicionalmente de los componentes del sistema prefabricado, durante la visita a la planta. Toda la información allí recolectada se encuentra en el *Anexo 2*.

Inicialmente, el ingeniero indicó que el sistema de casas prefabricadas en concreto se conforma de paneles, perfiles, listones de madera y tejas de fibrocemento, para entender más fácil el sistema dijo que realizaría una explicación más detallada principalmente del proceso de

fabricación de los paneles en concreto, por lo que presentó al personal de la fábrica y los tipos de paneles de la fundación.

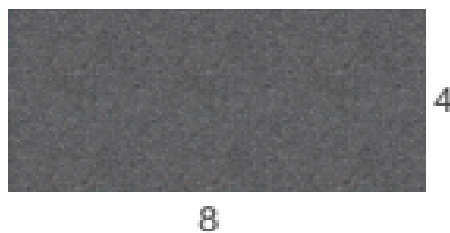
- Nosotros trabajamos con tres personas, ellos están fundiendo al día como 55m, es decir cada placa de esta, las placas bueno, todo sistema prefabricado se habla en módulos, el módulo es de como 12.8, cada empresa utiliza un módulo distinto, estas placas tienen un módulo 12.25, pues si esta placa es 4 – 8, tiene 4 módulos por 12.25 son 49cm por 8 módulos en un cálculo matemático 98cm, nosotros trabajamos placas 4 – 8, placas 2 – 8, que son la mitad, aquellas que nosotros llamamos pizza, que son 2 – 4 – 8 que son las que le da caída a las casas y las A3, aquella que está ahí que la llamamos casita, es que la que le da la forma de la cubierta, vale. (Baz, 2018).

#### 4.3.1 Paneles en concreto

Los paneles en concreto se dividen en diferentes formas geométricas, según lo indicado por el ingeniero Baz se pueden encontrar paneles como:

Panel 4-8: 8M X 12,25cm = 98cm de longitud por 4M X 12,25cm = 49cm de ancho.

Según lo indica la *figura 9*.



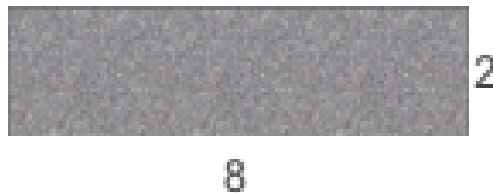
*Figura 9. Panel 4-8. Numero de módulos panel 4-8*  
*Fuente: Adecuación de terrenos [PDF]. Fundación Catalina Muñoz.*

Panel 2-4-8: 2M X 12,25cm =24,5cm, por 8M X 12,25cm = 98cm por 4M X 12,25cm = 49cm. Según lo indica la *figura 10*.



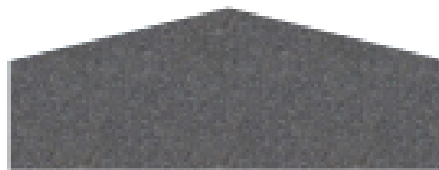
*Figura 10. Panel 2-4-8. Número de módulos panel 2-4-8.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

Panel 2-8: 2M X 12,25cm = 24,5Cm, por 8M X 12,25Cm = 98cm. Según lo indica la *figura 11*.



*Figura 11. Panel 2-8. Numero de módulos panel 2-8.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

Panel C3: 2M X 12,25cm = 24,5cm, por 2M X 12,25cm =24,5cm, 8M X 12,25cm = 98cm y 3M al centro. Según lo indica la *figura 12*.



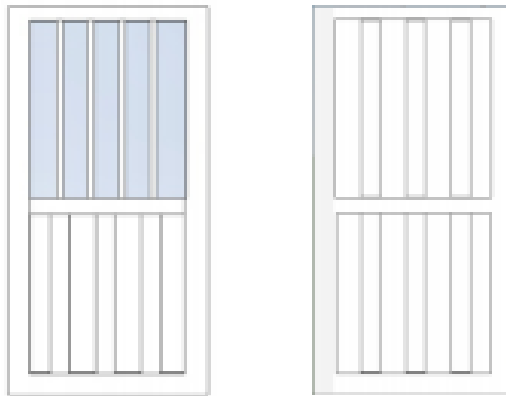
*Figura 12. Panel A-3. Numero de módulos panel A3.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

### 4.3.2 Carpintería Metálica

Las casas prefabricadas se componen de dos puertas, una trasera y otra delantera, dos marcos que serán implementados en las zonas de circulación y 4 ventanas.

Estas se miden por módulos, es decir una puerta posee 12 módulos por 8 llevan, si consideramos esto según lo indicó (Baz, 2018) “un módulo equivale a 12,25cm”, es decir que:

**Puertas:**  $12M \times 12,25cm = 1,47M$ , de longitud.  $8M \times 12,25cm = 98cm$  de ancho. Según lo indica la *figura 13*.



*Figura 13. Puertas. Tipos de puerta, puerta principal y trasera.  
Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

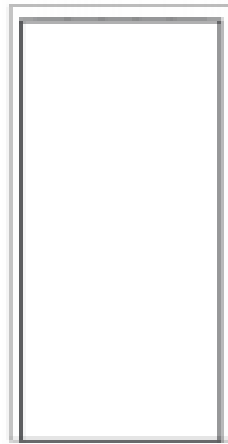
**Ventanas:**  $8M \times 12,25cm = 98cm$ , por  $8 \times 12,25cm = 98cm$  de ancho. Según lo indica la *figura 14*.



*Figura 14. Ventana. Tipo empleada en el sistema.  
Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

**Marcos:** 12M X 12,25cm = 1,47m de longitud por 8M X 12,25cm = 98cm de ancho.

Según lo indica la *figura 15*.



*Figura 15. Marco de puerta. Se ubica en zonas de circulación.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

#### 4.3.3 Soleras

Son perfiles en “U” de 1 metro de longitud que poseen una ranura donde se introduce los zunchos (laminas metálicas), que cumplen la función de amarrar en la parte superior los muros.

Según lo indica la *figura 16*.



*Figura 16. Solera. Lamina empleada en el sistema.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

#### 4.3.4 Tejas

Conforme a lo indicado por Baz (2018) las tejas que implementan son #7, las cuales son suministradas por Skinco, indicó que son libres de asbesto, su longitud es de 6 pies (1.83m), cuentan con los respectivos caballetes, amares de teja, zunchos, amarres de caballete. *Ver figura 17.*



*Figura 17. Elementos de cubierta. Teja de fibrocemento, caballete, amarre de teja, Zuncho, amarre De caballete y alambre de amarre.*

*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

#### 4.3.5 Riostras

Son de forma tubular de 1 metro de longitud como se muestra en la *figura 18*, de acuerdo con lo mencionado por el ingeniero Baz las riostras permite disipar las energías de la estructura, brindándole un mejor comportamiento estructural.



*Figura 18. Riostras. Elementos de disipación de energía.*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

#### 4.3.6 Perfiles

Los perfiles utilizados por la fundación según a lo indicado por Baz (2018) estos son de acero Galvanizado calibre 26 grafado, donde indicó que no poseen punto de soldadura, las cuales poseen dobleces evitando así ser soldadas, las cuales presentan problemas cuando se les ejerce una fuerza a compresión donde primeramente fallan los puntos de soldadura.

Los tipos de perfiles que son usados por la Fundación son tipo: I, H, K, L, X y T los cuales son suministrados por Prefacero, y van desde medidas de 1.80m, hasta 2.20m, el ingeniero Baz (2018) resalta que: -“Si miráis, nuestros paneles siempre quedan más alto en las construcciones que los perfiles, por qué. Porque estos prefabricados no hay ninguna norma unificadora, en este país la gente no quiere construir con prefabricados, o el estado no quiere que la gente construya con prefabricados”.

Por último, indicó que la estructura de la cubierta se compone de perfiles en “U” y listones de madera los cuales son realizados en el proceso de montaje.

#### ***Perfil H***

Este tipo de perfil será empleado fundamentalmente la fachada, pero también es usado en el interior de la vivienda, el perfil está diseñado para recibir dos paneles, su altura va de 1.80 a 2.40 metros. *Ver figura 19.*



Figura 19. Perfil H. Recibe dos elementos.  
Elaboración propia.

### ***Perfil K***

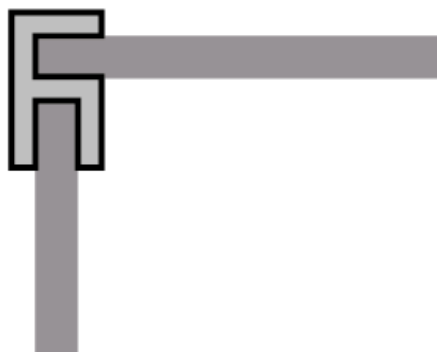
Este tipo de perfil serán empleados fundamentalmente en los muros laterales, pero también en el interior de la vivienda, está diseñado para recibir dos o tres paneles, su altura va de 2.00 a 2.40 metros. *Ver figura 20.*



Figura 20. Perfil K. Recibe hasta tres elementos.  
Elaboración propia.

***Perfil L***

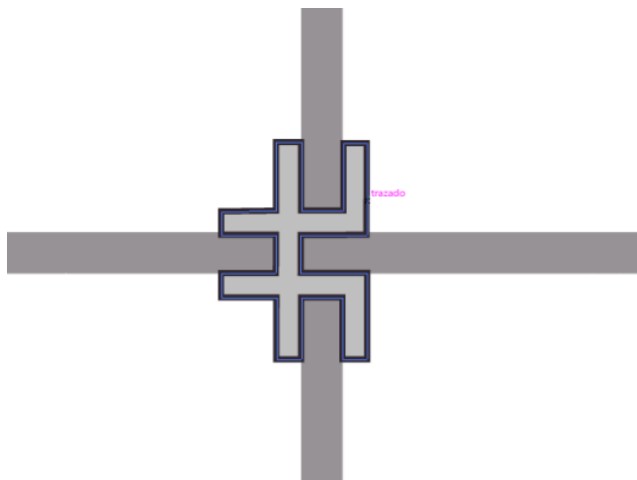
Este tipo de será empleado fundamentalmente en las esquinas de las casas prefabricadas, por su diseño solo pueden recibir dos paneles, su altura va de 1.80 a 2.00 metros. *Ver figura 21.*



*Figura 21. Perfil L. Recibe dos elementos.  
Elaboración propia.*

***Perfil X***

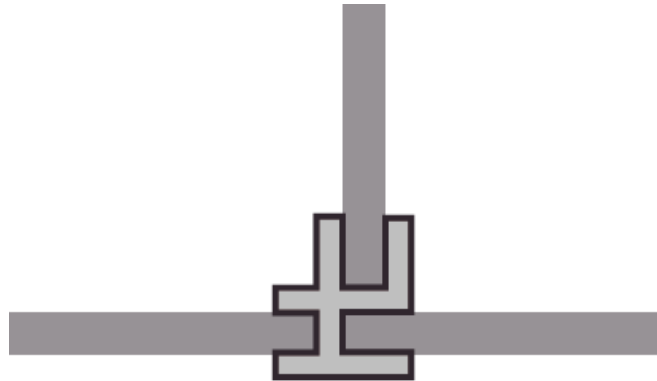
Este tipo de perfil es usado solo en casas de 36m<sup>2</sup>, se emplea fundamentalmente en uniones de 4 muros y solo se usará en una unión de la casa, su altura es de 2.20 metros. *Ver figura 22.*



*Figura 22. Perfil X. Recibe cuatro elementos.  
Elaboración propia.*

### ***Perfil T***

Este tipo de perfil es empleado donde existe una intersección entre muros, el perfil está diseñado para recibir 3 paneles, su altura va de 1.80 a 2.20 metros. *Ver figura 23.*



*Figura 23. Perfil T. Recibe tres elementos.  
Elaboración propia.*

#### **4.3.7 Proceso de fabricación de paneles**

##### ***Materiales***

Los paneles en concreto están compuestos por:

- Cemento Tequendama de alta resistencia temprana de 50kg
- Arena reciclada de obra
- Grava de ½”
- Agua
- Fibra sintética Abacol
- Plastol 3500

### ***Cemento Tequendama de alta resistencia***

El cemento de alta resistencia según lo indicó el ingeniero mejora la resistencia de los paneles debido a que están en constante manipulación, tanto por el personal de la planta como posteriormente los voluntarios que construirán la casa, por lo que añadió la composición que estos elementos tienen: .

Sí nosotros estamos hablando de una mezcla de 250 kg/m<sup>3</sup> y por lo general si tu utilizas cemento de uso general estás utilizando 300kg/m<sup>3</sup>, vale, el cambio de costo de usar cemento estructural en vez de uno de uso general es eso 50kg que yo me estoy ahorrando por m<sup>3</sup> es un bulto que son \$22.000 pesos entonces el cambio de precio es mucho mayor entonces lo que cuesta entrar al hacer el concreto no es ni la arena ni la grava. La arena y la grava son muy baratas lo que cuenta es el cemento. (Baz, 2018)

### ***Grava***

Es usada grava de ½” para la elaboración del concreto de alta resistencia, la cual le brinda una mayor resistencia y flexibilidad.

### ***Fibra sintética plástica***

Se utiliza para disminuir las fisuras en los paneles, esta es implementada durante la mezcla, en caso de presentarse fisuras o grietas en estado endurecido causadas por fallas de estructura menores minimiza el ancho y longitud de las mismas.

Según el Ingeniero la fibra le está brindando buenos resultados, pero presentan un problema a torsión con las placas debido a que estas solo funcionan a tracción, para ello se está implementando la opción de usar mallas reforzadas. *Ver figura 24.*



Figura 24. Fibra sintética Abacol. Almacenamiento de la fibra.  
Elaboración propia.

### ***Arena reciclada de obra***

La arena reciclada en obra se fabrica con RCD <sup>4</sup>, por lo tanto, puede contener trozos de ladrillos, piedras y trozos de concreto, la cual no afecta de ninguna forma el proceso de elaboración de los paneles.

### ***Agua***

El agua es dosificada mediante canecas de 19 litros, esta nos permite realizar una hidratación al cemento pudiendo realizar una mezcla más homogénea.

### ***Aditivos***

Para la fabricación de los paneles se necesita un fraguado rápido en el concreto, para ello implementan un reductor de agua, debido al tipo de clima de Cajicá Según lo indica el ingeniero, se requiere una obtención de resistencias mecánicas altas y tempranas, las cuales son posibles gracias al reductor de agua.

---

<sup>4</sup> RCD (Residuos de construcción y demolición)

### ***Plastol 3.500***

Para la fabricación de los paneles se utiliza un reductor de agua de Toxement, Plastol 3.500, el cual ayuda a reducir la cantidad de agua del panel, para poderlos desencontrar al día siguiente y debido al clima de Cajicá según lo indicó el ingeniero:

- El reductor de agua que utilizamos es de Toxement se llama Plastol 3500, para qué sirve el reductor de agua como su nombre lo dice es para reducir el contenido de agua de la mezcla, normalmente una mezcla la está haciendo con 0.8% de agua, vale, pues en hormigón, el concreto para hidratarse necesita un 0.3% que ocurre, si le ponéis el 0.3 a la mezcla quedara tan dura que no se puede mover entonces se le echa más agua, que ocurre cuando se le hecha mucha agua al concreto, el concreto solo debe tener el 0.3 que os he dicho por lo tanto el otro 0.5% lo tiene que sacar por lo cual le van a salir poros por los caminos que va a tomar el agua para salir, van a tardar más en fraguar y bueno van a tener una retracción, por qué, si porque si toda esa agua tiene que escapar, al escapar la placa pierde todas sus dimensiones. (Baz, 2018)

Igualmente explicaba que debido al clima de Cajicá no es posible que se utilice un acelerante, debido a que este genera calor, pero debido al clima y a que los paneles se encuentran almacenados en un lugar abierto, este no tendrá un buen desempeño, lo que indica que es más efectivo el reductor de agua que les ha venido brindando un buen resultado.

(...) - que ocurre con los acelerantes, los acelerantes por lo general aumentan el calor de hidratación de las placas, en un sitio que es frío y abierto como este aunque nosotros usemos un acelerante, si por la noche hace frío, el acelerante no va a servir, no funciona entonces estamos haciendo una inversión que no va a dar

resultados, vale, por lo general todos los reductores de agua son un poco retardantes, pero bueno, como nosotros le vamos a bajar mucho el contenido del agua va favorecer mucho mejor la rigidez. (Baz, 2018)

### ***Almacenamiento***

Estos materiales se encontraban almacenados de diferentes maneras, el cemento y la fibra se almacenan en un lugar cerrado, sobre formaletas de madera para evitar que se mojen o estén en contacto directo con el suelo según lo indica la *figura 25*.

Por otra parte, la arena reciclada y la grava común son dejadas al aire libre, cubiertas por un plástico, según lo indica la *figura 26* y *figura 27*.



*Figura 25. Cemento Tequendama. Almacenamiento Cemento y fibra sintética.  
Elaboración propia.*



*Figura 26. Grava de ½". Almacenamiento de la grava.*  
*Elaboración propia.*



*Figura 27. Arena. Almacenamiento de arena reciclada de obra*  
*Elaboración propia.*

### *Dosificación*

Con base a lo expresado por el Ingeniero Baz (2018). La dosificación para la mezcla es 1-2-4 para alcanzar los 2.500 PSI, está se realiza mediante canecas de 19 litros a ras, según lo indica la figura 28, porque es mucho más fácil para dosificar para ellos, porqué sí no se realiza de esta manera las canecas pueden variar su cantidad.

- Por lo general un bulto de cemento da para 12 placas entonces nosotros en un bulto de cemento si estamos metiendo 4 canecas, cada caneca son 18,75 litros, pongámosle 19 litros,  $19 \times 4$  son 75 litros de arena, .130 de grava y 50 kg de cemento, 50 kilos de cemento, el cemento tiene una densidad de 3,1 son como 20 litros o menos o 15 litros, entonces si te fijáis de todo si hemos dicho que unos son 75 litros y otros son 125 litros y el otro son 15 litros ya está 200 algo y solamente son 15 de ellos son de aproximadamente 15 litros de cemento. (Baz, 2018)



*Figura 28. Canecas plásticas de 19 Litros. Empleadas para dosificación. Elaboración propia.*

La dosificación de la fibra se realiza según lo indica su ficha técnica, que va entre 0.6 y 1 Kg./m<sup>3</sup>. Según lo indica la *tabla 2*, pero según lo afirmó el ingeniero utilizan 4 paquetes de fibra por trompo metálico.

Tabla 2. (Cuadro de propiedades técnicas fibra sintética)

*Ficha técnica Abacol*

CONCEPTO	FRIBRASPLAS CONCRETE
Diámetro Promedio (mm)	0,6
Tipo de Macro fibra	Sintética
Longitud (mm)	55
Fibras por KG. Promedio (mm)	36600
Dosificación Frecuente (kg /m <sup>3</sup> )	3,0 a 6,0
Fibras m <sup>3</sup> dosificación promedio (und)	183000
Gravedad Específica (Gr/cm <sup>3</sup> )	1,27
Resistencia máxima a la tensión (Mpa)	524
Módulo de elasticidad promedio (Gpa)	4,8
Textura Superficial	Marcado de Máximo Anclaje
Punto de Fusión (°C)	260
Presentación de empaque soluble	SI
Relación de aspecto	92
Color	Gris Metalizado
Absorción	Nula
Resistencia a sales y ácidos	Alta
Resistencia al álcalis	Alta
Resistencia a Hongos - Mohos	Alta
Conductividad Eléctrica	Nula
Conductividad térmica	Nula

*Los procesos de elaboración de los productos Abacol están bajo la norma NTC ISO 17025 y cuyo propósito es desarrollar el sistema de gestión de calidad orientado al cumplimiento de las normas y procedimientos nacionales e internacionales.*

Recuperado de: Ficha técnica Abacol Microfibras [www.abacol.co](http://www.abacol.co).

### ***Mezclado de concreto.***

Se realiza en un trompo metálico de 3000 litros, donde se evidencio la el uso de la dosificación antes mencionada 1-2-4, según lo indica la *figura 29*, el Ingeniero Baz (2018) menciona que el proceso de mezcla dura 1min, 13”, donde señalo que primero se ingresa la arena, concreto, grava y agua según lo indica la *figura 30*, donde se empezaba la realización de la mezcla, por último se ingresa el aditivo con las fibras de forma tal que se esparzan por toda la mezcla de concreto, debido a que según señalo qué presentaron problemas por no realizar dicha acción según lo indica la *figura 31*, adicionalmente aseguró que los días que llueve y debido a que los materiales como la arena y grava se encuentran al aire libre, esos días cambia el tipo de dosificación debido a que estos materiales contiene un porcentaje de agua adicional.



*Figura 29. Trompo metálico. Se usa para preparar la mezcla.  
Elaboración propia.*



Figura 30. Vaciado de cemento  
Elaboración propia.



Figura 31. Fibra no esparcida.  
Elaboración propia.

### ***Formaletas***

El concreto se vacía en formaletas que poseen unas formas geométricas predeterminadas, adicionalmente apuntó el ingeniero que estas son limpiadas todos los días con cepillos metálicos con el cual se buscan limpiar totalmente las formaletas para fundir nuevamente. Según lo indica las *figuras 32, figura 33 y figura 34*.



*Figura 32. Apilamiento de Formaleta 2-8 limpias.  
Elaboración propia.*



*Figura 33. Formaleta 2-8 limpia.  
Elaboración propia.*



Figura 34. Formaletas 2-8 y 2-4-8 almacenadas y limpias  
Elaboración propia.

Según el ingeniero Baz (2018) afirma que:

- Nosotros hacemos las placas con un sistema de estas formaletas, vale, están son unas formaletas metálicas que nos permite que todas las placas tengan una isometría muy igual, el número de placas es limitado entonces nosotros las mismas formaletas las tenemos que usar al día siguiente para ahorrar costos entonces por eso utilizamos el reductor de agua.

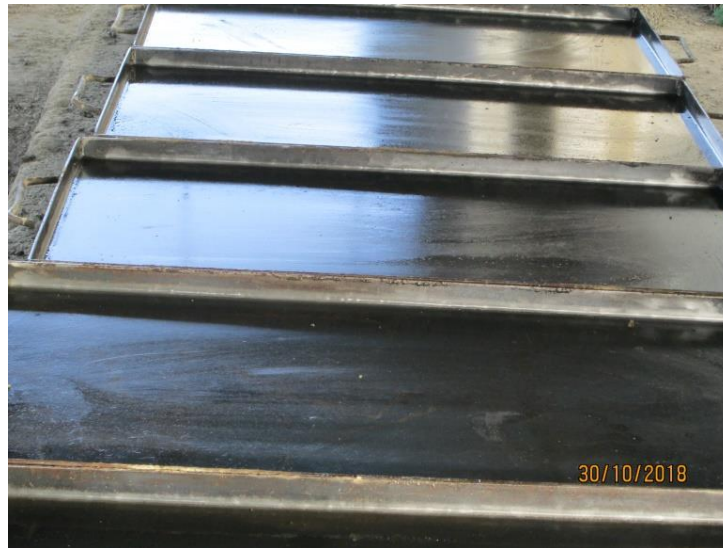
### ***Desencofrante***

Como desencofrante se pudo evidenciar el uso de ACPM Según lo indica la figura 35, el cual es aplicado con una brocha pequeña en las formaletas, donde se evidencio que se aplica una capa fina y uniforme. Según lo indica la *figura 36*.

El ingeniero establece que:

Las placas normalmente el concreto se quedaría pegado a las formaletas, que es lo que nosotros utilizamos como desmoldante, ACPM, el ACPM tiene la particularidad de que cuanto más fina es la capa de ACPM mejor es el desmoldante, por qué, el ACPM funciona como si fuera el aluminio, el aluminio dicen que es inoxidable, pero porque el aluminio es inoxidable, porque ya está oxidado, que ocurre ponen una película oxidan la primera película y entonces ya no permite que parte el óxido al interior, en el ACPM ocurre lo mismo, el ACPM reacciona con el concreto, con la primera capa del concreto, lo que impide que el concreto reaccione con la formaleta, entonces nos sirve de desmoldante, por lo general en la industria esta utilizan ACPM y lo suelen cortar con grasas vegetales, lo que pasan es que yo en todas las industrias que he llamado, yo creo que ellos ya se lo venden a algunos en particular y siempre que he llamado no tienen pero si no estoy mal de la cabeza te sale por \$20.000 pesos.

Tú vas a una industria que fabrique aceite de soya entonces le dices no yo quiero los residuos, los residuos que no estén cortados con nada y ellos te los dan sin problema, por ejemplo, ellos a veces han utilizado aceite de motor, el aceite de motor quemado no es aconsejable, por qué, porque reacciona con el concreto y forma carbonatación, entonces el concreto siempre hay que tenerlo resistente (Baz, 2018).



*Figura 35. Formaletas 4-8 con ACPM*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 36. Formaletas 4-8 con ACPM*

*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Vaciado del concreto***

El vaciado del concreto lo realizó de forma manual por los operarios, el cual fue sacado del trompo metálico y depositado en una carretilla según lo indica la figura 37, siendo transportada posteriormente a la zona de fundición, donde se encontraban las formaletas ya preparadas para realizar el vaciado del concreto según lo indica la figura 37 .



*Figura 37. Depósito de concreto en carretilla.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 38. Vaciado del concreto en formaletas*  
*Fuente: Elaboración propia.*

El concreto fue esparcido con un palustre de forma manual por uno de los operarios, Según lo indica la figura 39, lo cual genero un mejor esparcimiento en el concreto, llenando totalmente la formaleta.



*Figura 39. Esparcimiento del concreto de forma manual.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Vibrado***

Para evitar hormigones en las placas de concreto, el operario golpeo la formaleta con el chipote de goma, según lo indica la figura 40, lo cual genero un mejor esparcimiento del concreto. Según lo indicó (Baz, 2018)

“¿que conseguimos con los martillos de goma? que, con el golpeo, el concreto quede bien vibrado, eso va a favorecer que salga todo el aire y que las placas queden mucho más compactas, y para evitar el hormigoneo, por decirlo así...”



*Figura 40. Vibrado del concreto mediante Martillo de goma*  
*Fuente: Elaboración propia.*

Explicó el

“Por ejemplo ellos, al principio ponían toda la masa aquí de concreto y luego la movían entonces nos dimos cuenta que al escurrirse el concreto iba limpiando el ACPM por lo cual la zona donde se limpiaba el ACPM, ahí se quedaban pegadas, que es lo que e decimos ahora, no, tu hechas el concreto por todas las partes más o menos homogéneas, para que el concreto no tenga que viajar mucho hasta llegar” (Baz, 2018)

### *Apilamiento de encofrados*

Después de haber vibrado el concreto, los operarios proceden a apilar en arrumes de 6 por 6 las formaletas en la zona de secado, la cual está cubierta por una teja plástica según lo indica la figura 40,



*Figura 41. Apilamiento de Formaletas fundidas.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

Indicó el ingeniero

“, tenemos esta zona de tejas plásticas entonces siempre intentamos hacer los arrumes de hasta cuatro, siempre intentamos hacer los arrumes, digo iniciar por esta zona, por qué, porque esta zona es mucho más cálida y les va a favorecer, si, si digamos el concreto fragua demasiado rápido le pueden salir unas fisuras verticales, vale, son fisuras de 1 o 2mm, es un fallo estructural, ¡No! Pero nosotros vendemos casas a la gente y cómo pudiste ver la gente con la que nosotros trabajamos por lo general no tiene recursos como para pañetar la casa” (Baz Cortés, 2018).

### ***Desencofrado***

El proceso de desencofrado es realizado por el personal operario de la fábrica donde golpean a la formaleta con el chipote de goma hasta lograr que la placa se desprenda de la formaleta.

### ***Apilamiento de Paneles en concreto***

Los paneles en concreto son apilados a cielo abierto según la figura 42 y 43, donde son dejados allí para su respectivo transporte, el ingeniero indicó que los paneles son dejados allí hasta alcanzar su máxima resistencia a los 28 días para luego ser cargados para próximas construcciones de la Fundación.



*Figura 42. Zonas de secado, apilamiento y trompo metálico.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 43. Apilamiento de paneles en concreto.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### *Ensayos.*

El ingeniero Adrián indicó que los ensayos que le ha realizado al concreto básicamente son: el cono de Habrams según lo indica la figura 44, usado para medir la consistencia del concreto, donde aseguro que los concretos cumplen dichos requisito, adicionalmente aseveró que sustraen muestras de concreto (testigos), los cuales son enviados mensualmente al laboratorio de ingeniería de la universidad Nacional en Bogotá según lo indica la figura 45, donde el Ingeniero Julio Cesar Botia, se encarga de realizar las pruebas a los testigos, donde se falla a dos días, siete días y a los 28 días, por ultimo resaltó que el concreto posee una resistencia de 2.800 a 3000 PSI.



*Figura 44. Cono de Habrams.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 45. Testigos listos para ser enviados al laboratorio de Ing. De la Universidad Nacional de Colombia*

*Fuente: Elaboración propia.*

Por último Señala

“Cosas buenas que tiene el concreto, todo lo que veis en el suelo se puede volver echar al trompo, por qué, porque esto sigue siendo concreto, que tú lo pisas y vuelve a ser polvo, entonces el concreto si lo habéis estudiado es una hidratación de sales de carbonato. C3A nosotros lo podemos volver a pulverizar y volver a meter a trompo, por lo general le digo a los chicos que mantengan esto más limpio”. (Baz, 2018)

#### 4.3.8 Trasporte

El proceso de transporte según lo añadió el ingeniero es realizado por una empresa contratista, la cual se responsabiliza del proceso de carga, transporte y descarga de los componentes de la vivienda, donde indicó que si alguno de los elementos posee algún daño está se encargara de los daños ocasionados, adicionalmente aseguro que la familia es la encargada de la recepción de los componentes donde al finalizar debe llenar una lista de chequeo brindada por el transportador, donde indicara si recibe o no los componentes de la casa completos o con algún daño, por ultimo indicó que envían paneles adicionales y que estos deben ser apilados en forma de I, Según lo indica la siguiente imagen.



*Figura 46. Acomodación de placas en forma de "I".*  
*Fuente: Adecuación de terrenos-Fundación Catalina Muñoz.*

### 4.3.9 Montaje

El proceso de montaje inicio en la Fundación Catalina Muñoz. En la ciudad de Bogotá, ubicada en Palermo en la Dg. 48 #19-16, Bogotá Según lo indica la figura 47, donde se indicó que era el punto de encuentro para partir al lugar de montaje, el cual se desarrolló en Cazucá-Soacha, donde se contó con quince (15) personas voluntarias y dos (2) coordinadores de montaje, Quienes fueron los encargados de inspeccionar todo el proceso constructivo realizado por la fundación y de explicar dicho proceso.

Inicialmente la fundación dispuso de dos buses para trasportar el personal voluntario hasta el punto de Montaje.



*Figura 47. Ubicación de la fundación Catalina Muñoz, Bogotá*  
*Fuente: <http://cort.as/-Ig-6>*





*Figura 49. Ubicación del punto de montaje.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 50. Terreno pendtado de difícil acceso, losa de cimentación.*  
*Componentes y materiales De la casa prefabricada.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 51. Componentes de vivienda, ventanas, perfiles y riostras*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 52. Componentes de vivienda, perfiles, paneles en concreto y Barril metálico.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Presentación***

Después de haber llegado al punto del montaje, y de encontrarse todo el personal voluntario, se procedió a realizar la presentación del personal voluntario y el coordinador del montaje según lo indica la figura 56, donde cada persona indicó su nombre y las expectativas a alcanzar.

Por último, se presentó la familia a quien se le realizaría la construcción de la casa prefabricada.



*Figura 53. Presentación personal Voluntario.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Inducción al sistema***

La inducción fue realizada por el personal coordinador designado para la construcción por parte de la fundación, donde se explicó los tipos de perfiles I, H, K, L, X y T, tipos de paneles en concreto, 2-8, 2-4-8 Pizza 4-8 y A3 Casita y las riostras empleadas para la disipación de energías de la estructura. Según lo indica la figura\_\_.

Donde indicó que el perfil H cuenta con aberturas, donde se insertaran las correas de madera. Según lo indican las figuras 54, 55 y 56.



*Figura 54. Presentación de tipos de perfiles.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 55. Presentación de tipos de Paneles.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 56. Presentación Riostras.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Actividades Preliminares***

Las actividades preliminares se dividieron en 5 distintas

#### ***Replanteo***

Se inicia la demarcación de la loza de cimentación por parte del personal coordinador encargado de dirigir el montaje debido a que son las personas que contaban con los respectivos planos de la casa, el cual se realizó por medio de un metro, cimbra y puntillas con cabeza. Calibre 9 BWG de 3". Según lo indica la figura 56, las cuales son usadas para templar la cuerda de la cimbra según lo indican las figuras 57, 58 y 59.

Soleras para C3.

Para la ejecución de esta actividad, se usaron dos soleras, las cuales fueron cortadas en la mitad en sus partes laterales, para lograr que esta se doble y tome la forma del panel casita según lo indica la figura 60.



Figura 57. Replanteo realizado por el coordinador de montaje  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 58. Losa cimbrada.  
Fuente: Elaboración propia.



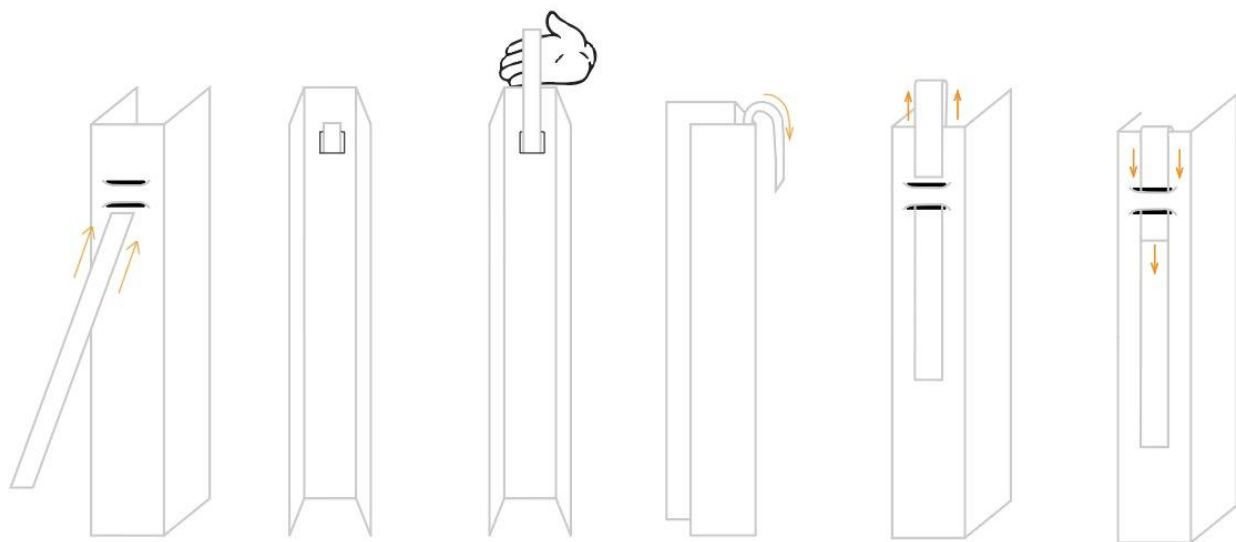
*Figura 59. Medición de distancias  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 60. Solera panel C3 lista para ser instalada.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Enzunchamiento de soleras y perfiles***

El proceso de enzunchamiento de los perfiles y los Perfiles en H es realizado por una cuadrilla compuesta por 3 Voluntarios, quienes se encargaron de meter una platina metálica en una de las aberturas ubicadas en uno de los extremos del perfil, donde ingresa por la abertura inferior, la cual debe salir hasta la parte superior para luego ser doblada e ingresar nuevamente por la abertura. Según lo indica la Figura 61, este proceso se utilizó igualmente para perfiles en “U2 y Soleras.



*Figura 61. Proceso de enzunchamiento.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Elaboración de Media Correa***

La media correa fue elaborada por una cuadrilla de 4 Voluntarios, quienes se encargaron de unir los perfiles en “U “por medio de puntillas cabeza. Calibre 9 BWG de 2" las cuales deben ir a 10 centímetros, Según lo indica la figura 62, esta fue colocada desde la mitad del listón de madera, según lo indicado por el coordinador de montaje las puntillas debían ser clavadas a unos 75° debido a que la madera se compone de vetas y al insertar las puntillas a 90° esta podría abrirse, se fabricaron dos correas, adicionalmente se debe tener en cuenta que esta se compone de una

terminal la cual fue fabricada por otra cuadrilla, debido a que no alcanza a acoger la totalidad del muro.



*Figura 62. Elaboración de media correa.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Elaboración de Terminales***

La terminal se compone de dos perfiles en “u”, y dos tacos que se ubicaron en los extremos de cada perfil, para el proceso de montaje se fabricaron 5 terminales, debido a que dos fueron colocadas en la fachada frontal, y dos en la fachada posterior y la última fue usada para la media correa, para este proceso el coordinador del montaje indicó nuevamente que se clavarían 3 puntillas en los tacos, a unos 75° debido a que la madera se compone de vetas y al insertar las puntillas a 90° esta podría abrirse. Según lo indica la figura 63 y 64.



*Figura 63. Elaboración de Terminal.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 64. Terminal Final.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Inicio del Montaje***

El proceso de montaje se inició al tener todos los elementos antes mencionados ya elaborados, donde el coordinador indicó que se debía iniciar por la fachada posterior en la esquina derecha, señalando que un voluntario debería sostener un perfil en “L” sin moverse hasta su autorización, debido a que el muro podía caerse esto fue implementado en todo el proceso de montaje, debido a que los muros son propensos a desplomarse debido que no se cuentan con un amarre.

El perfil debía encontrarse alineado con el cimbrado antes realizado, mientras el coordinador indicaba como se debían insertar los primeros paneles, los cuales eran los 4-8 y posteriormente los 2-8 según lo indica la figura 66.

Donde después de haber colocado los muros el coordinador indicó que ya se podía empezar a montar el muro posterior el cual se unió mediante perfiles H, L y T. Adicionalmente este procedió a indicar donde se debían colocar las ventanas y puertas debido a que se presentaban problemas con el voluntariado, puesto que se montaban muros donde debía ir una ventana o puerta, por ultimo indicó que se debía usar el barril metálico para alcanzar las alturas requerida según lo indica la figura 67.

### ***Acomodación de paneles en “I”***

Debido a que los paneles no se encontraban ordenados en forma de “I”, se dispuso de una cuadrilla de 4 Voluntarios, para ordenarlos Según lo indicado por el coordinador. (Ver figura 65).



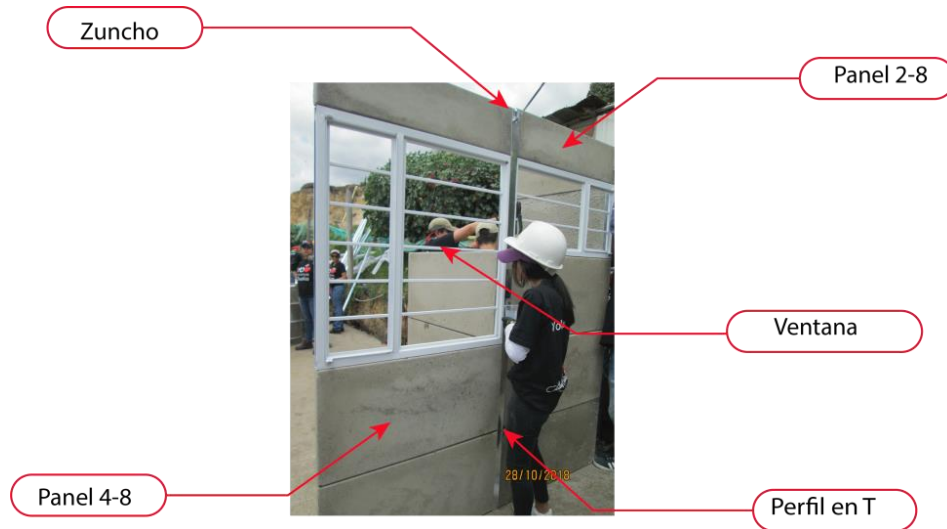
*Figura 65. Paneles ordenados en forma de "I"*  
*Fuente: Elaboración propia.*



Panel 4-8

Perfil en L

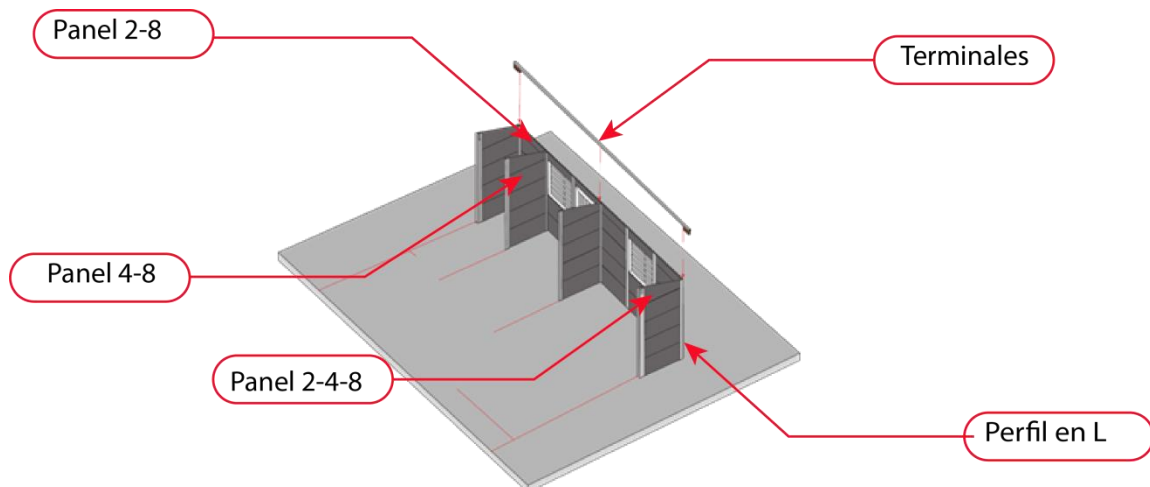
*Figura 66. Colocación de los primeros paneles 4-8.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



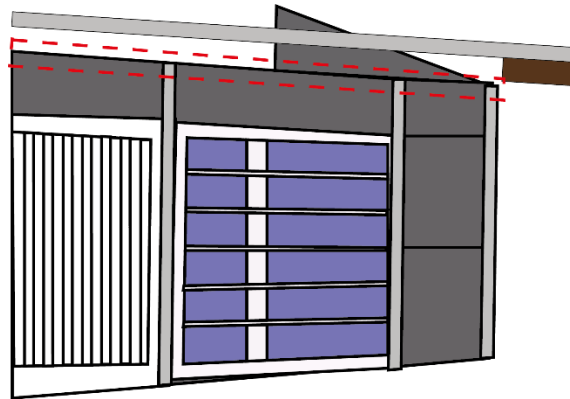
*Figura 67. Proceso de montaje de primer muro.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Colocación de terminal posterior***

Luego de haber montado el muro posterior, se procedió a la instalación de las dos primeras terminales las cuales se traslapan, los cuales debido a su altura fue necesario implementar el barril metálico para alcanzar la altura requerida, con esta instalación se buscó unificar el muro con las terminales. Procediendo a enzunchar para que este se sostuviera solo, Según lo indican las figuras 68, 69, 70 y 72.



*Figura 68. Proceso de montaje de primer muro.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 69. Ubicación de la terminal.  
Fuente: Elaboración propia.*



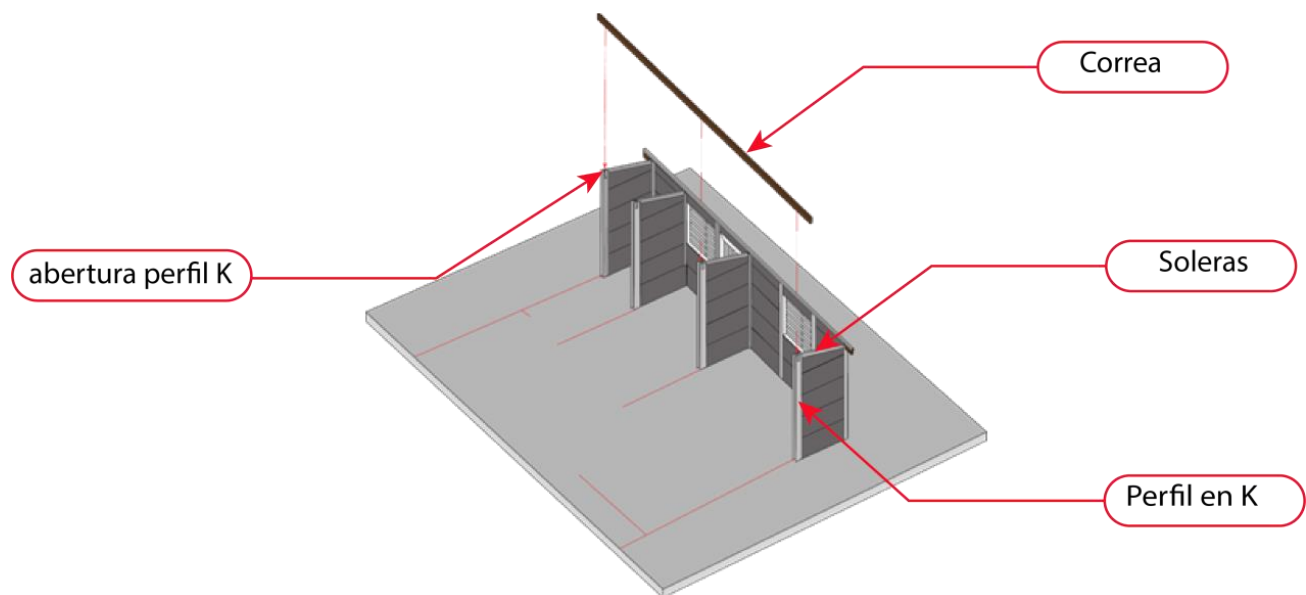
*Figura 70. Zunchos previos a realizar el amarre.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 71. Enzunchamiento  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Colocación de muros internos y externos media correa.***

Luego de la instalación de las terminales se procedió a montar los demás muros internos y laterales. Según lo indicado por el coordinador se debían montar al mismo tiempo, los muros se componían de paneles 4-8 y 2-4-8, debido a la altura que alcanzó el muro fue necesario implementar el barril metálico, por consiguiente se procedió a instalar la correa de madera siendo insertada en las aberturas de los perfiles K, posteriormente se amarró la correa con los zunchos previamente instalados en las soleras, las cuales fueron ubicadas en los muros laterales en el último panel que componen los muros, teniendo en cuenta que deben meterse dentro de los perfiles, este proceso fue sucesivo en el proceso de montaje. Según lo indican las Figuras 72,73.



*Figura 72. Ubicación de la correa y perfiles K, correa, soleras y aberturas del perfil k*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 73. Izaje de correa de manera manual.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Colocación de muros internos y externos y terminal***

Después de haber realizado el montaje de los muros internos, se procedió a montar los siguientes muros de forma igualitaria, hasta construir los siguientes muros, donde se utilizaron paneles tipo 4-8, 2-8 y 2-4-8 Pizza, los cuales son unidos por perfiles K, X, H y T. Según lo indica la figura 74.



*Figura 74. Montaje de segunda hilera de muros*  
*Fuente: Elaboración propia.*

### *Soleras*

Seguidamente se procede a instalar las soleras, las cuales son colocadas sobre los paneles 2-4-8 Pizza, luego se instalo la media correa y la terminal, las cuales como en los procesos anteiores se instalaron sobre las aberturas de los perfiles K, para despues proceder a ser enzuncharsen.

### *Colocación de Media correa*

De acuerdo con la secuencia de los muros se tuvo en cuenta el posicionamiento de la media correa debido a que esta cruza por donde no existe ningun muro que intervenga en su paso, a diferencia de la terminal, la cual se instalo por donde existia un muro continuo, cabe resaltar que la media correa y la terminal solo van traslapadas y son aseguradas por los zunchos a la estructura.

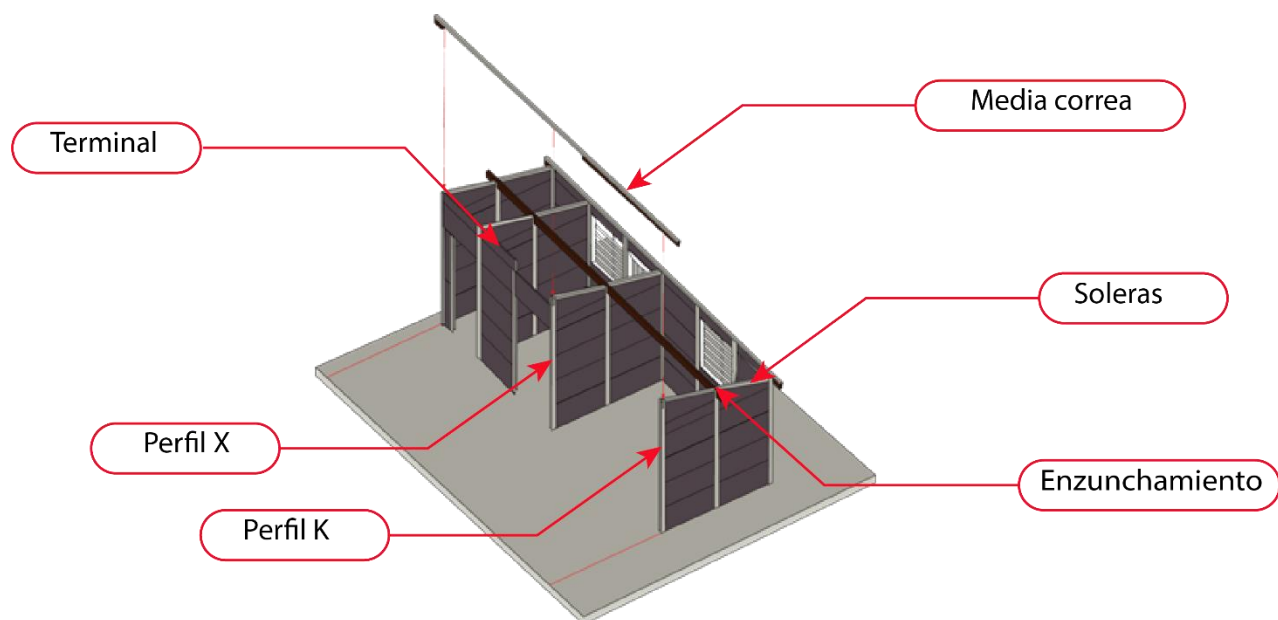


Figura 75. Montaje de Segunda hilera de muros.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 76. Personal Voluntario sosteniendo los muros sin amarres*

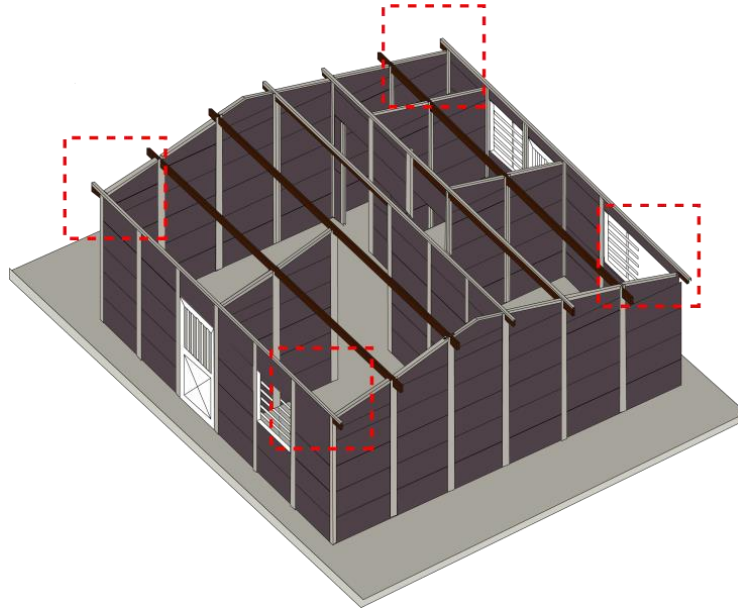
*Fuente: Elaboración propia.*

La tercera hilera de muros se montó según las indicaciones del coordinador de montaje, donde se usaron paneles 4-8 2-8 y A3 Casita, adicionalmente se implementaron perfiles tipo H y K.

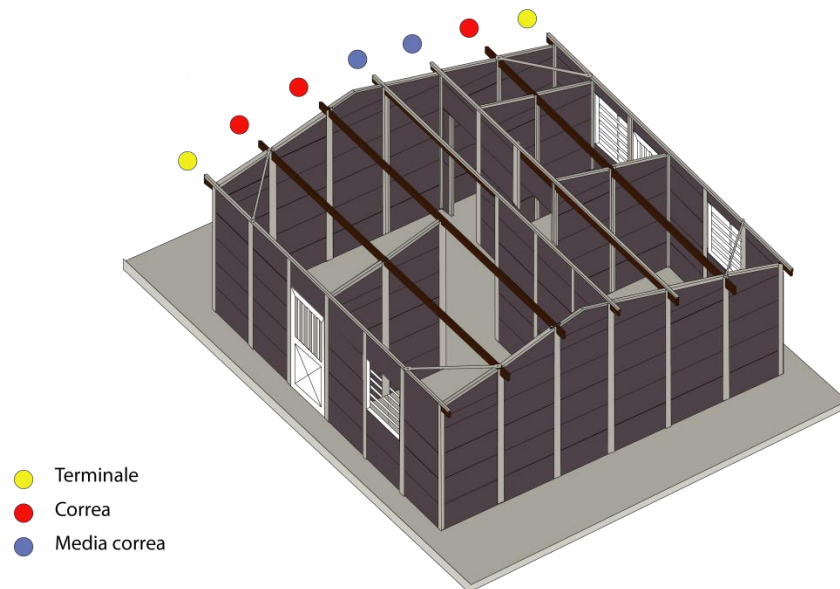
Conforme a lo indicado por el coordinador de montaje.

De acuerdo con el diseño de la casa y debido a que fue un proceso continuo, el resto del proceso se realizó con los mismos parámetros antes mencionados, según lo indica la figura 78, y la figura 79 que contiene los planos de la casa realizada el día 28 de octubre de 2018 de 36 metros cuadrados.

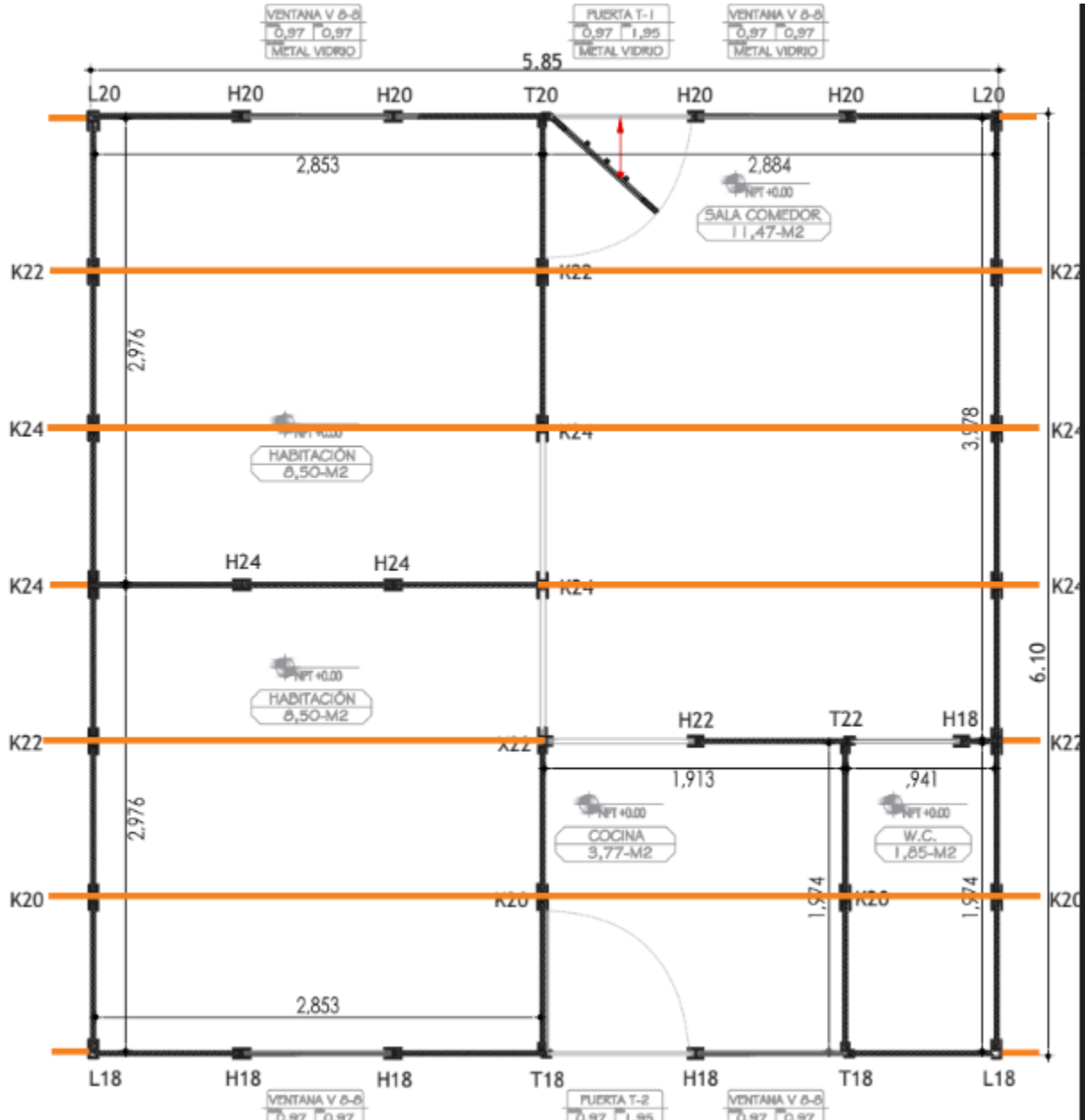
La colocación de las riostras se realizó según lo indicado por el coordinador de montaje, siendo ubicadas en las 4 esquinas de la casa según lo indica las figuras 79 y 80, mediante dos puntillas de 3" en cada extremo de cada riostra.



*Figura 77. Ubicación de las riostras  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 78. Proceso de montaje de paneles terminados y composición de la estructura de cubierta  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 79. Plano de detalle, modulación casa prefabricada  
Fuente: Módulo de 36 M2-Actualizado 2018.*

Por último, Se realizó la instalación de la cubierta, la cual cuenta con caballetes y amarres, este proceso fue realizado por los coordinadores de la fundación, debido a la altura a la cual se debía trabajar, siendo las únicas personas capacitadas para realizar dicho trabajo en alturas, el voluntariado fue el encargado de ayudar a subir las tejas hasta la cubierta.



*Figura 80. Riostras instaladas.*  
*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 81. Casa con un 80% de proceso*  
*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 82. Casa prefabricada terminada*  
*Fuente: Elaboración propia.*

Para la recopilación de información de este proceso fue necesario implementar una lista de chequeo para recolectar datos de forma ordenada, Sometiendo al sistema a un proceso de control, se evaluarán parámetros como:

### ***Actividades de riesgo***

En este punto se Clasificaron las actividades implementadas en el proceso de montaje, donde se utilizaron actividades que pueden implicar caídas en alturas, levantamiento y sostenimiento de elementos pesados y manipulación de elementos corto punzantes, donde se

### ***Lugar de trabajo***

Este punto no permitió saber si el área de trabajo cuenta con unas condiciones mínimas para realizar el montaje por parte del personal coordinador y voluntario de la Fundación, donde se determinaron parámetros a evaluar como si el área de trabajo se encontraba demarcada evitando así que un personas que no pertenezcan al montaje puedan ingresar a la zona de trabajo, adicionalmente si él era de trabajo se encontraba limpia para poder realizar las actividades de montaje de forma ágil y sin generar riesgos para el personal debió a caídas o cortes.

### ***Herramientas***

En esta parte se buscó Clasificar las herramientas utilizadas en el proceso de montaje, donde se determinó si se utilizan equipos especiales, si las herramientas contaban o no con condiciones óptimas de uso y si se encuentran en buen estado de conservación y limpieza, si se contaron o no con las herramientas suficientes para la realización del montaje o si se contaba o no con lugares idóneos para el almacenamientos de las herramientas de trabajo o si el personal usaba de forma correcta dichas herramientas.

### ***Materiales***

En esta parte se buscó realizar una recolección de datos de los materiales utilizados en el proceso de montaje, donde se determinó cada uno de los elementos como perfilería, paneles, tejas, puertas, puntillas, zunchos entre otros, que componen la vivienda

### ***Logística Personal***

En este punto se buscó determinar si la Fundación dispuso de viáticos, alojamientos para el personal voluntariado y si coordinó el transporte de los materiales y herramientas necesarias para realizar el montaje.

### *Seguridad en el trabajo*

Este punto nos permitió identificar si la Fundación brinda la totalidad de los elementos de protección personal, o si el personal voluntario hace uso o no de dichos elementos.

### *Montaje*

En esta parte de la lista de chequeo se realizó una evaluación del sistema, donde se inspeccionaron los procesos que componen el montaje del sistema, como las actividades preliminares, el inicio de montaje de los paneles, colocación de correas y riostras, donde principalmente se tuvo en cuenta si se ocasionaron daños severos a estos componentes.

### *Personal Voluntario*

Para saber qué tipo de personal voluntario trabaja con la Fundación Catalina Muñoz, se realizó una encuesta de preguntas abiertas, con el fin de recopilar datos sobre los voluntarios, este proceso se realizó antes de iniciar las actividades preliminares y después de realizar la construcción de la casa, donde se preguntó lo siguiente.

¿Nombre?

Para identificar el voluntario

¿Edad?

Para determinar entre que edades, se encontraba el personal voluntario

¿Primera vez que viene?

Nos permitió determinar si el personal voluntario ya había realizado montajes con la Fundación.

¿Con respecto al sistema, que conoce del sistema?

Nos permitió identificar si el personal voluntario conoce o no el sistema de casas prefabricadas.

¿Le han explicado algo al respecto?

Esta pregunta nos permitió identificar si el personal voluntario cuenta o no con la respectiva capacitación previa del sistema.

¿El sistema se ve sencillo o se ve complejo?

Con esta pregunta se buscó indagar al personal voluntario la dificultad del sistema.

¿Profesión?

Nos permitió determinar si la persona pertenece o no a campos de la construcción o a otros campos laborales o de estudio.

Con la recolección de información mediante estas encuestas se buscó realizar una caracterización del personal voluntario de la Fundación.

#### **4.3.10 Análisis de problemáticas del sistema prefabricado**

- (a) Después de analizar el proceso de fabricación de los paneles es conveniente estudiar diferentes procesos que muestran la forma correcta de su producción realizada en concreto reforzado, para ello se encontró un artículo llamado “Construcción con Paneles Prefabricados en Concreto” escrito por el Ing. Erwing Rodríguez. En este artículo el define cada aspecto importante cuando se habla de la construcción industrializada, pero se hará referencia a la parte donde se refiere a los materiales y a las propiedades necesarias que cada uno de estos deben cumplir para que sus

parámetros técnicos sean los apropiados. En primer lugar, comenta los diferentes tipos de elementos que se fabrican en una planta industrializada, como lo son los muros portantes, vigas, placas y columnas. Son elementos que se encuentran bajo las condiciones necesarias para la fabricación de los mismo, todos con un nivel muy alto de seguridad y de precaución muy detallado. También menciona los parámetros de calidad mínimos que debe manejar cada uno de los materiales como el concreto. El concreto maneja una diferente resistencia respecto a los requerimientos de cada estructura, de los cuales tiene un mínimo de 3” de asentamiento en elementos horizontales, para los verticales, debe tener 6”. El asentamiento de los concretos horizontales presenta un menor rango, esto genera un corto tiempo de fraguado desde el punto de inicio, por otra parte los elementos verticales presentan un concreto con un mayor asentamiento, esto para permitir su entrada en espacios estrechos. Continuamos hablando del mortero, el cual utiliza una proporción 1:3 con una resistencia de 2.500 psi a la compresión, se utiliza para placas y colocación de muros. Por último el acero de refuerzo que se encuentra en los extremos de los muros maneja una resistencia de 60.000 psi, esto depende de las indicaciones que especifique los planos estructurales. Y los refuerzos que funcionan como conectores de placas manejan una resistencia de 37.000 psi.

Ya conociendo el proceso, después de realizar una visita en la fábrica ubicada en el municipio de Cajicá, se pudo deducir que el concreto prefabricado realizado en la planta de la fundación cumple con los estándares requeridos según lo indica el Ing. Erwing Rodríguez y la norma NSR-10 en el capítulo C.5.1.1 donde establece que el

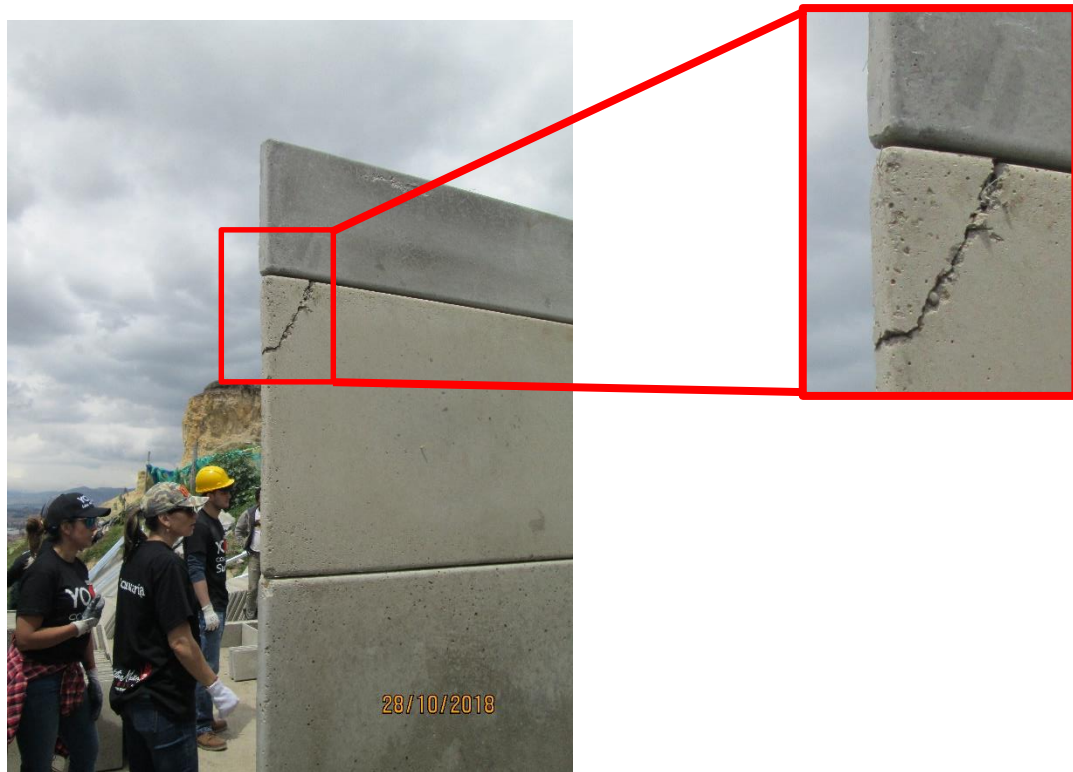
concreto diseñado y construido en obra no puede tener una resistencia inferior a 17MPa que equivalen a 2.465,64 psi, que en este caso la fundación ya maneja una resistencia que varía de 2.500 a 3.000 psi en los paneles como lo indicó el Ingeniero Adrián Baz, encargado de la planta de producción.

- (b) Según comenta la NSR-10 en el Capítulo 16.6.1 la unión de los paneles industrializados debes ser con un material, ya sea mortero, conectores mecánicos, refuerzos de acero, etc. También es válida la combinación de estos métodos, en este sentido se puede aclarar que la Fundación Catalina Muñoz en su proceso constructivo maneja un material muy importante que son las láminas en Acero Galvanizado<sup>5</sup> que presentan gran beneficio para este proceso constructivo, por su gran resistencia a diferentes inconvenientes.
- (c) El proceso constructivo de la fundación se basa en crear unos paneles de un tamaño adecuado que puedan ser mano portable de la mejor forma, esto con el objetivo de que, al momento de su curado, desencofrado, almacenamiento y hora de montaje no se presenten sobreesfuerzos por sus dimensiones, esto hace caso a el capítulo 16.9.1 del título C del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente (NSR-10) Sin olvidar la importancia que se debe tener en el momento del almacenaje, se deben encontrar excelentemente apoyados con su adecuado alineamiento hasta que se concreten las conexiones permanentes.
- (d) El transporte que maneja la Fundación Catalina Muñoz, es realizado por una empresa privada especializada en el tema, por lo anterior la problemática en este ítem es casi nula. De igual manera se realizó un trabajo de campo que confirmo la novedad.

---

<sup>5</sup> Acero Galvanizado es un tipo de acero procesado con un tratamiento al final del cual queda recubierto de varias capas de zinc. Estas capas de zinc protegen al acero evitando que se oxide.

(e) Según Serrano, M (2014). Aclara la facilidad que maneja un proceso industrializado de construcción en paneles de concreto, y donde el recurso humano voluntario es muy valioso ya que solo se necesita conocimiento previo del proceso para que realice de manera adecuada, y en esta parte es donde se encontró la problemática más importante para tener en cuenta, ya que la pérdida de un solo panel, aunque puede no ser considerado un problema de obra, genera pérdida de costos para la Fundación, por un lado. Por otra parte, la mala maniobrabilidad de estos elementos industrializados en muchos casos puede generar accidentes para las personas voluntarias, y esto causa una serie de consecuencias que tiene que asumir al cien por ciento la fundación. Por lo anterior se pueden presentar las siguientes afectaciones:



*Figura 83. Detalle de grieta en panel industrializado.*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 84. Grieta Panel Pizza.*  
*Fuentes: Elaboración propia.*

- (f) Con esto se concluye que el mayor de los problemas en el sistema Industrializado manejado por la Fundación Catalina Muñoz se presenta en la maniobrabilidad que tienen por parte de los voluntarios, ya que no poseen el conocimiento necesario que hace falta para su correcta ejecución.

Al concluirse este análisis, respecto a la información obtenida se consideró necesario la implementación de una herramienta que facilitara al personal voluntario el entendimiento del proceso constructivo, junto con el paso a paso y diferentes recomendaciones importantes que se deben realizar a la hora del montaje. Para ello se analizaron tres diferentes tipos de herramientas

que mostraron ser las más útiles para el objetivo que se quería llegar que era generar entendimiento al personal de la Fundación, las cuales fueron: Una guía, un manual y una cartilla.

***Guía:***

Una guía tiene como objetivo principal orientar al lector de algún proceso o de algún sistema de una manera muy corta. Presenta una característica que se puede denominar tipo lista de chequeo, ya que maneja un orden para la orientación y ejecución de sus actividades de una manera no siempre ilustrada, pero si muy concisa.

***Manual:***

Por otro lado, tenemos el manual, el cual se encarga de expresar un paso a paso de un procedimiento en una manera más detallada. Una de las características del manual, es que se puede extender dependiendo del tamaño de información que esté presente. Tiende a ser muy detallado con cada uno de los ítems del tema respectivo.

***Cartilla:***

Una cartilla es un documento didáctico que maneja un límite de detalle, esto la hace mas concisa que un manual, también presenta es un producto muy didáctico. Se encarga de que cada proceso que se explique en ella maneje una ilustración con un mínimo de que sea entendible para todo público.

Después de haber analizado cada uno de estas diferentes herramientas, se llegó a una decisión de crear una Cartilla ilustrada que se encargará de explicar al personal voluntario, cada una de los procesos importantes que se deben tener en cuenta a la hora del montaje de las casas prefabricadas.

#### 4.3.11 Desarrollo de la cartilla

Para el desarrollo de la cartilla fue necesario buscar asesoría especializada para abordar los temas de diseño, contraste, forma, tipología y demás aspectos que se analizaron en el numeral anterior. Así, se inició un curso intensivo dirigido por el docente Héctor Castelblanco (perteneciente al laboratorio de fotografía de la Universidad La Gran Colombia), para aprender a manejar las herramientas básicas de los programas de diseño de la compañía *Adobe Cloud* tales como lo son Adobe Illustrator<sup>6</sup> y Adobe Indesign<sup>7</sup>. Estos softwares se emplearon para la creación de las ilustraciones y realizar la maquetación de las páginas de la cartilla respectivamente, lo que brindo mayor facilidad en el proceso y mejor calidad en el producto final. También se consultó al docente respecto a los requerimientos necesarios para el diseño de la cartilla, a lo que afirmó que estas varían de acuerdo al propósito o uso que se les den, sin embargo, si dio unas recomendaciones respecto al tamaño y material, porque al ser un documento que se empleará en construcción requiere un material fuerte e impermeable y con respecto al tamaño que fuera mano portable.

#### Proceso de realización

El primer aspecto que se abordo fue la creación de un personaje protagonista debido a que en muchos de los documentos analizados se pudo evidenciar la presencia de uno, por ejemplo: el “manual de construcción en madera para viviendas de bajo costo resistente a desastres en la Moskitia (Honduras – Nicaragua)” (2013) en donde su personaje “Don Polín”, facilita la transmisión del mensaje, además de que la hace dinámica. Por esta razón, se inició a realizar bocetos de posibles personajes, los cuales

---

<sup>6</sup> Adobe Illustrator (AI) es un editor de gráficos vectoriales que está destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración (ilustración como rama del arte digital aplicado a la ilustración técnica o el diseño gráfico, entre otros).

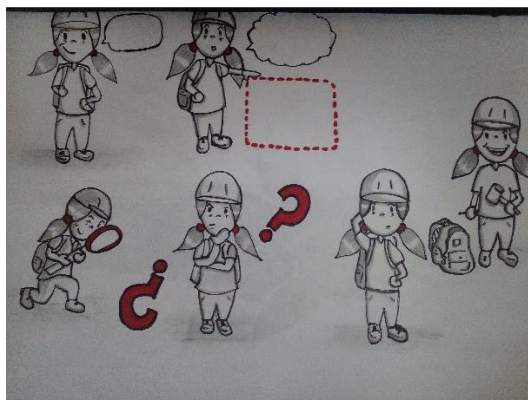
<sup>7</sup> Adobe InDesign (ID) es una aplicación para la composición digital de páginas desarrollada por la compañía Adobe Systems y dirigida a maquetadores profesionales.

se caracterizaban por ser iguales a los voluntarios así las personas se sentirían identificadas con el personaje. Según lo indica la Figura 83.



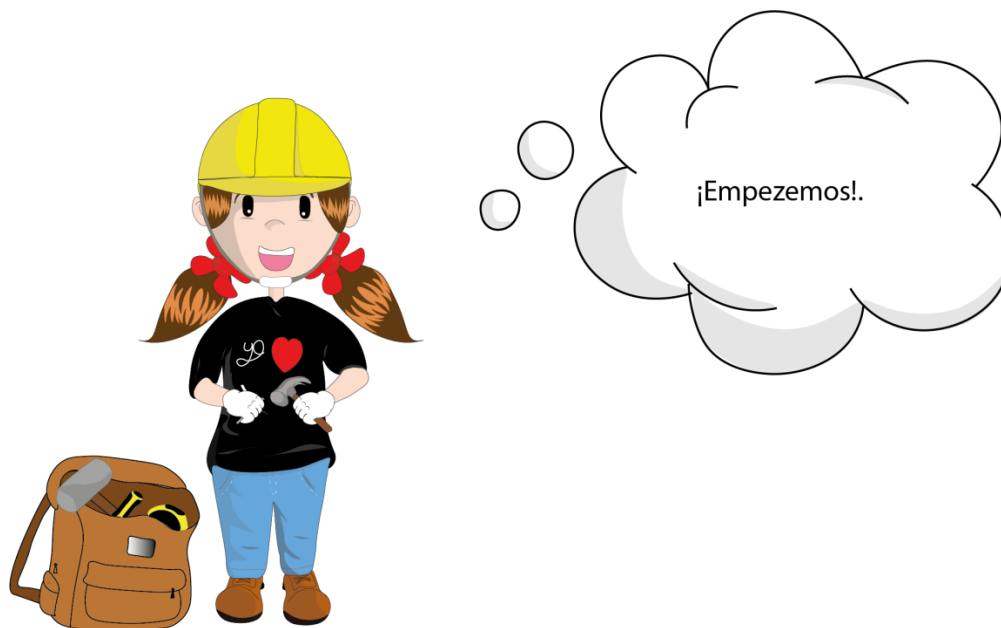
*Figura 85. Primeros bocetos*  
*Fuente: Elaboración propia*

Al indagar más sobre la historia de la fundación, se decidió crear un personaje que fuera una niña en homenaje a quien fue la inspiración de la creación de la fundación y por quien recibe su nombre Catalina Muñoz. Así, nació Catalina una niña extrovertida y alegre, que acompaña en todo el proceso presente en la cartilla. Según lo indica la Figura 84.



*Figura 86. Bocetos Catalina*  
*Fuente: Elaboración propia*

Luego se procedió a la digitalización de Catalina, en donde se aplicó color y se dio vida al personaje, según lo indica la Figura 85.

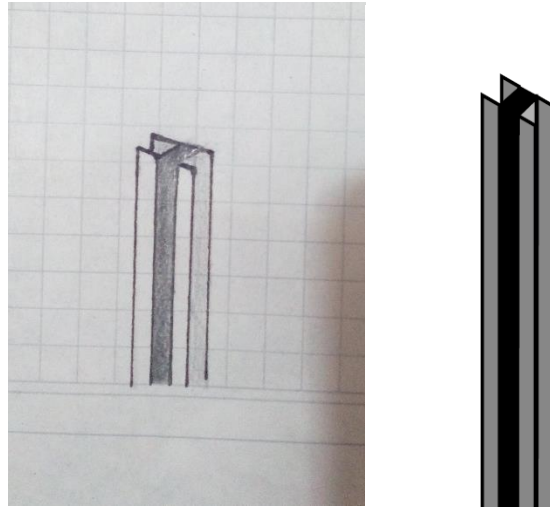


*Figura 87. Diseño Definitivo Catalina*

*Fuente: Elaboración propia*

### *Ilustración de procesos de montaje*

Se continuó con la ilustración de los diferentes procesos, componentes y demás aspectos a tener en cuenta en el proceso de montaje, al igual que con Catalina se desarrolló una etapa de bocetos y luego estos se digitalizaron llegando a un diseño final, para esta labor se tuvo en cuenta las experiencias adquiridas en los diferentes montajes, los registros tanto fílmicos como fotográficos para estar lo más apegado posible a la realidad. Figura 86



*Figura 88. Producción de contenido Grafico para la cartilla*  
*Fuente: Elaboración propia*

Después de que se finalizó la realización del contenido gráfico se comenzó a desarrollar el contenido textual para esto se tuvo en cuenta las cartillas previamente consultadas, las cuales en su gran mayoría llevaban a la conclusión de tener párrafos muy densos o estar llenar de mucho texto por lo que se trató de ser muy claro y conciso en las instrucciones que se querían dar.

Finalmente se empezó a organizar la información y concretar el diseño de la cartilla, implementando diferentes aspectos que fueron llamativos en el análisis de los documentos como: portada, introducción, separadores de capítulos, entre otros. Al concretar la cartilla se imprimió en materiales que habían sido consultados con anterioridad.

El último objetivo se realizó en una salida de campo como las que se mencionaron antes, el lugar del montaje fue en Cajicá donde un grupo de voluntarios conformado principalmente de jóvenes y 3 coordinadores construyeron una casa de 30m<sup>2</sup>. En este montaje se llevó la cartilla para evaluar su eficacia, además de la forma como la acogía el público, para esto se realizó y aplicó una encuesta de satisfacción cuyos aspectos relevantes fueron la cartilla y la comprensión

que se tenía de esta, así mismo también fuera sumamente importante la opinión de los voluntarios para realizar mejoras y algunas correcciones.

#### **4.3.12 Desarrollo de la encuesta**

Se realizó la encuesta a un total de 10 voluntarios de los que 3 eran coordinadores de montaje, de los 7 voluntarios 2 ya habían realizado algún montaje antes y de los 5 restante 1 era profesional en el área de diseño gráfico y otro era estudiante de arquitectura, esto fue de gran relevancia debido a que sus conocimientos en sus respectivas áreas, brindaron grandes recomendaciones para la mejora de la cartilla. Antes de la realización del montaje se pasó la cartilla para que la pudieran observar y comprender y fue hasta la final de la jornada que se aplicó la encuesta, para esto se preguntó a los voluntarios y se iban anotando sus respuestas.

##### ***La encuesta***

Conformada por 10 preguntas que se calificaron de 1 – 5, donde 1 correspondía a Totalmente en Desacuerdo, 2 a En Desacuerdo, 3 a Aceptable, 4 a De Acuerdo Y 5 a Totalmente de Acuerdo. Además del nombre, edad y ocupación del encuestado y un espacio para observaciones.

##### ***Las preguntas***

La primera pregunta que se planteo fue: ¿Considera que el lenguaje utilizado en la cartilla es el adecuado para transmitir el mensaje? Esto con el fin de saber sí, era claro la comprensión del mensaje, además de saber si no se estaba manejando un lenguaje muy técnico debido a la población a la cual está enfocada la cartilla.

La segunda pregunta fue: ¿Le gusta la implementación de Catalina en la cartilla como guía en nuestro montaje? Con esta pregunta se quería conocer si Catalina era bien recibida

además de si los voluntarios se sentían identificados con esta y sí facilitaba el entendimiento de los procesos.

La tercera pregunta que se hizo fue: ¿Considera que la cartilla permite entender de una manera más didáctica los montajes de la fundación catalina muñoz? La cual se hizo para conocer si se habían comprendido las ilustraciones y la forma como se graficaron los diferentes procesos.

La cuarta pregunta fue: ¿Mediante la cartilla entiende de manera más clara las tareas asignadas al comienzo del montaje? Esta permite saber si la cartilla es o no útil en un montaje.

La quinta pregunta: ¿Se siente cómodo con el uso de los elementos de protección personal? Con esto se quería indagar sobre las posibles razones por la que los voluntarios no utilizan los elementos de protección personal y sí la incursión en la cartilla los incentivaba para hacer uso de estos.

La sexta pregunta aplicada en la encuesta fue: ¿Mediante la cartilla, entiende como debe manipular los paneles de forma adecuada? El objetivo de esta era claro saber si entendían como era el manejo de los paneles y así evitar los daños y pérdidas, lo que busca esta investigación.

Las preguntas siete y ocho fueron: ¿Comprendió la explicación de los diferentes tipos de paneles mediante la cartilla? y ¿Entendió la explicación de los diferentes tipos de perfiles y usos mediante la cartilla? Respectivamente, al igual que como se buscó en la pregunta uno, estas pretendían dar a conocer si la transmisión del mensaje había sido clara y efectiva.

La novena pregunta a la que respondieron los voluntarios fue: ¿Mediante la cartilla, logra entender de manera más clara los procesos de montaje? Esta al igual que la pregunta cuatro establecía la utilidad de la cartilla, para así mismo saber sí era apropiado aplicarla en montajes futuros.

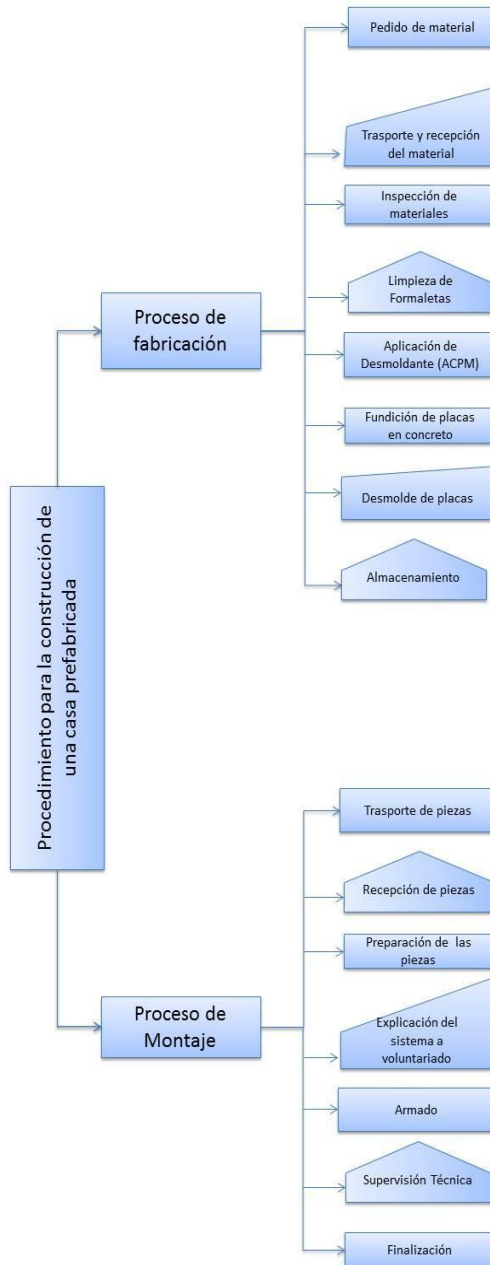
Por último, la décima pregunta aplicada fue: ¿La implementación del calentamiento y estiramiento antes y después del montaje le parece útil? Esta específicamente era para conocer si les parecía conveniente que se incluyera este tema dentro de la cartilla.

Estas fueron las preguntas que se les realizó al grupo de voluntarios encuestados, las cuales arrojaron diferentes resultados los que al ser analizados permitieron dar conclusión a la investigación.

#### **4.4 Análisis y Discusión de Resultados**

##### **4.4.1 Primeros resultados**

Al iniciar la investigación se propuso conocer todo el sistema constructivo utilizado por la fundación Catalina Muñoz con el que construyen las casas prefabricadas en concreto, para ello se realizaron varias salidas de campo: a la fábrica, las instalaciones de la fundación y algunos montajes, en estos sitios se recopiló información respecto al sistema como los son registro fotográfico, videos y entrevistas, con esta información se realizó un diagrama de flujo Figura 89 en donde a grandes rasgos se hace una explicación del sistema constructivo.



*Figura 89. Diagrama de flujo: Construcción de casas prefabricadas de la fundación Catalina Muñoz.  
Fuente: Elaboración propia*

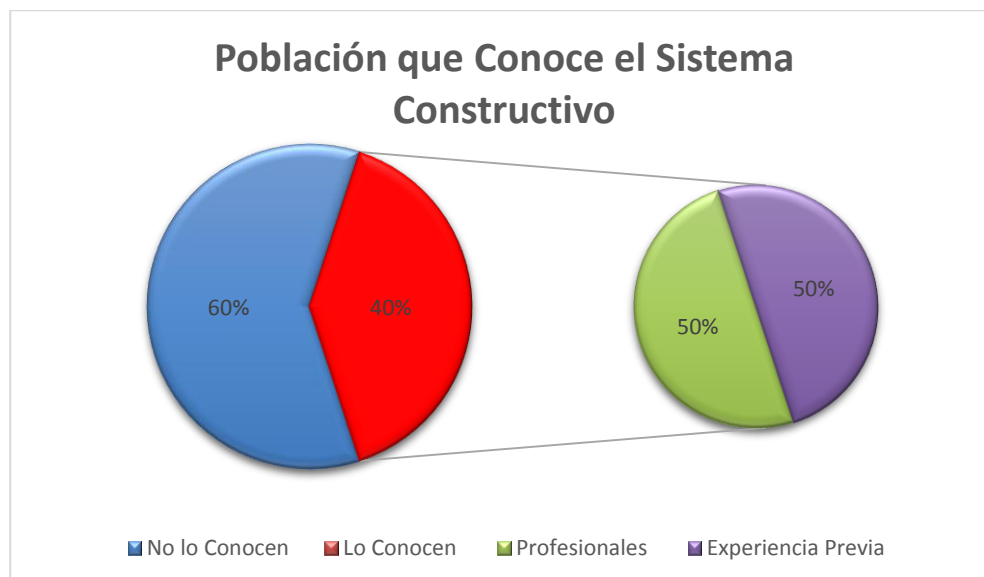
Para la caracterización de la población se analizaron los resultados arrojados por las entrevistas anexo 3 que se aplicaron al grupo de voluntarios del montaje de Cazucá, con estos datos presentados en la figura 90 y figura 91, se perfilaron las características de la población voluntaria, así como la percepción que tenían del proceso de montaje.



*Figura 90. Resultados población voluntaria: Población total 15 personas entre 15-50 años, donde 7 eran mujeres y 8 hombres.*

*Fuente: Elaboración propia*

También se evidenció la presencia de niños y personas de la tercera edad quienes no son partícipes del proceso de montaje, por políticas de la fundación y 2 coordinadores encargados de la supervisión, así que no se tuvieron en cuenta para este conteo.

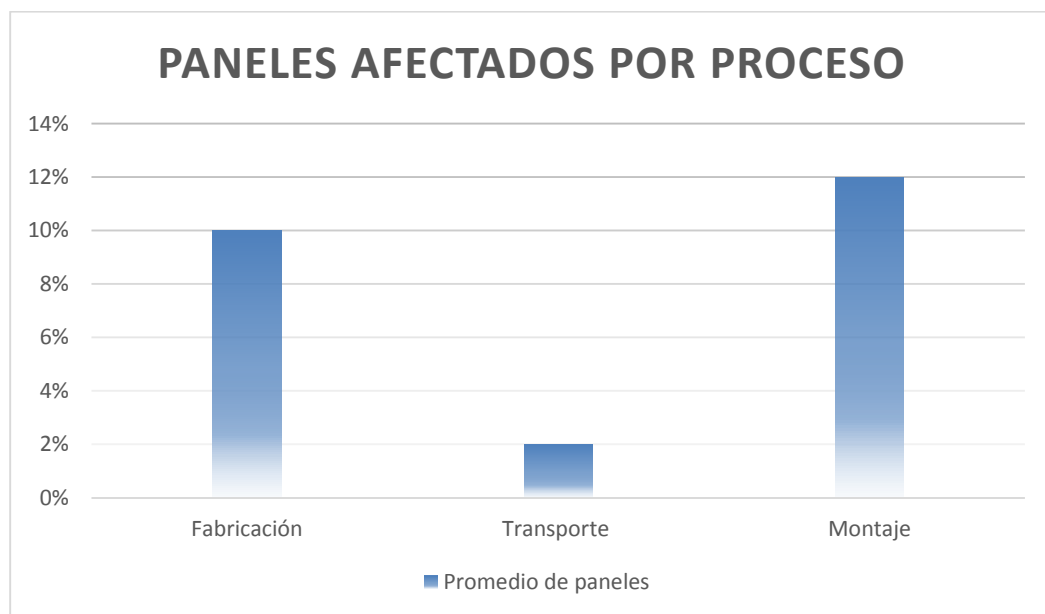


*Figura 91. Resultados población que conoce el sistema: se tomó como muestra a 10 personas de la población total.*

*Fuente: Elaboración propia*

Se evidenció que, de las 10 personas entrevistadas, 6 personas no conocían nada respecto al sistema debido a que pertenecían a otros campos diferentes a la construcción, las otras 4 si lo conocían 2 porque habían realizado construcciones previas y los otros dos porque pertenecían al campo de la construcción. También se pudo conocer que entre las cosas que más inquietaban a los voluntarios estaban: la seguridad, el aspecto de los paneles, la comprensión de los componentes del sistema, entre otros.

Cuando se decidió ahondar en el sistema se pudo evidenciar problemas presentes en los paneles prefabricados en concreto como los son agrietamientos y rompimientos, es así como se optó por buscar la causa de estos problemas, para lo cual se retomó las salidas de campo, pero esta vez se emplearon listas de chequeo anexo 3 con las cuales se evaluaron los aspectos mencionados en el marco referencial. Con la información recolectada se dedujo que los paneles presentan mayor índice de daño en los procesos de montaje figura 92 esto a raíz del uso de mano de obra sin una adecuada capacitación como lo plantea Serrano, M., et al, (2014).



*Figura 92. Paneles afectados por proceso: la gráfica indica que el proceso de montaje es el que presenta mayor índice de daños.*

*Fuente: Elaboración propia*

En el proceso de fabricación se conoció que el problema radicaba en el personal que no estaba realizando su trabajo de manera adecuada pero este se cambió posteriormente, lo que debe llevar a una reducción del porcentaje presentado, en el proceso de transporte, al realizarlo un compañía transportadora externa a la fundación esta se responsabiliza por la totalidad de paneles afectados, así que tienen el mayor rigor y cuidado con estos elementos, por lo que casi siempre el índice es muy bajo mientras que en el proceso de montaje se pudo evidenciar que el voluntariado estaba manipulando y cargando los paneles de manera inapropiada, los dejaban caer, los ubican en las zonas incorrectas, lo que incidía a que este porcentaje aumentara.

Por esta razón se decidió intervenir el proceso de montaje más específicamente la mano de obra, es decir el voluntariado, se tenía claro que se debían exponer las fallas anteriormente mencionadas, pero no se sabía cómo, ya que al tratarse de voluntarios que brindan su tiempo y esfuerzo a la fundación, no se quería que estos se sintieran atacados ni señalados más bien que el trabajo que estaban haciendo fuera mucho mejor. Así pues, se tomó como opción desarrollar una herramienta que transmitiera el mensaje de forma amigable para los cual se consultaron y analizaron varios documentos de comunicación: manuales, cartillas y guías, de las cuales se analizaron sus características y componentes, con los datos obtenidos se construyó un cuadro comparativo Tabla 3 de que se eligió desarrollar una cartilla.

Tabla 3. (Caracterización de documentos de comunicación)

Documento	Ventajas	Desventajas
<b>Manual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Amplio contenido.</li> <li>✓ Información muy especificada.</li> <li>✓ Enfatiza mucho en lo que se está transmitiendo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poco uso de ilustraciones.</li> <li>✓ Texto demasiado denso.</li> <li>✓ Diseño serio, formal.</li> <li>✓ Muestra definiciones.</li> <li>✓ Lenguaje muy técnico.</li> </ul>
<b>Cartilla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Maquetación.</li> <li>✓ Uso de ilustraciones, gráficos y esquemas.</li> <li>✓ Descripción de procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Texto muy denso.</li> <li>✓ Fotos sin descripción.</li> <li>✓ Información poco especificada.</li> </ul>
<b>Guía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uso de ilustraciones.</li> <li>✓ Fácil lectura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limita la transmisión de información.</li> </ul>

*Esta tabla muestra los aspectos que a grandes rasgos se percibieron del análisis que se hicieron a los documentos consultados.*

#### 4.4.2 Resultados finales

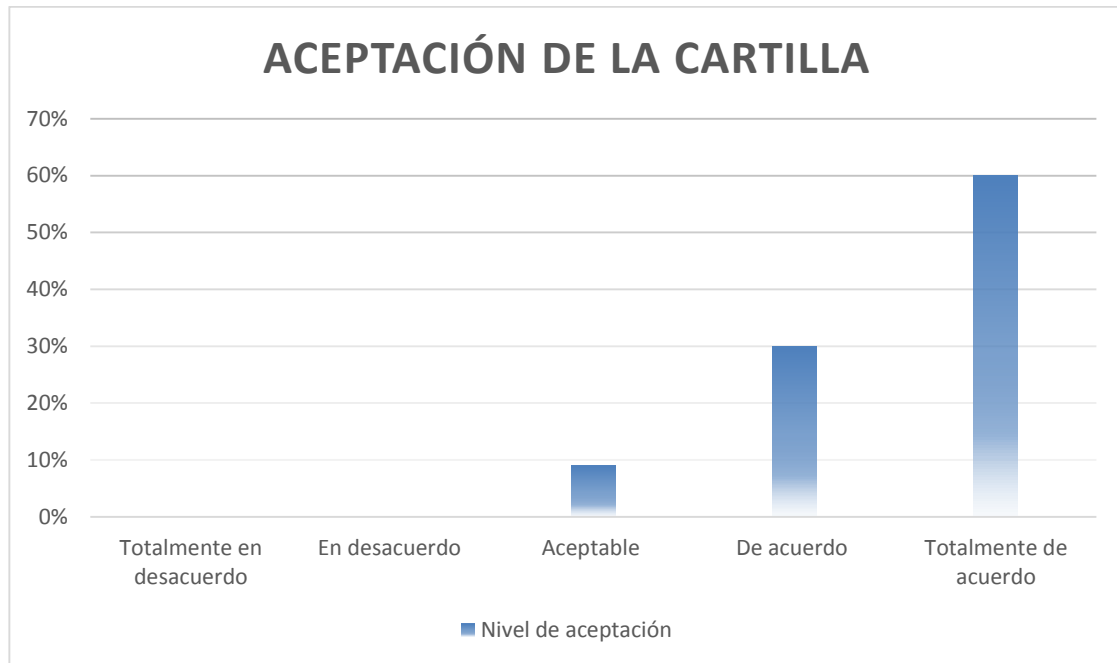
Con en el análisis de los documentos analizados en el numeral anterior y las consultas realizadas al docente Héctor Castelblanco, se logró desarrollar la cartilla: “Construcción de casas prefabricadas de la fundación Catalina Muñoz”. En la cartilla se buscó ser conciso con los diferentes procesos que ahí se exponían, hacer poco uso de texto y transmitir la mayoría de información de forma gráfica mediante ilustraciones.



*Figura 93. Cartilla construcción de casas prefabricadas de la fundación Catalina Muñoz.*

*Fuente: Elaboración propia*

Para finalizar con la cartilla ya producida se llevó a probar en el campo de acción, se realizó una encuesta de satisfacción y se tomó a personal voluntario y coordinadores, quienes respondieron 10 preguntas acerca de cómo percibían la cartilla para así saber que acogida tenía esta. La encuesta arrojó resultados por cada uno de las preguntas que se consolaron y se presentan en la figura 94.



*Figura 94. Resultados encuesta de satisfacción.*

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede evidenciar en la gráfica la población voluntaria estuvo un 60% totalmente de acuerdo y un 30% de acuerdo lo que indica que la cartilla es acogida por la población; donde los aspectos como: el personaje, la explicación de los procesos, la descripción de los componentes y las recomendaciones de seguridad fueron los mejores recibidos, sin embargo, se obtuvo un 9% de aceptable la cual venía con algunas recomendaciones y sugerencias respecto a:

- ✓ Mejorar la ortografía y la redacción.
- ✓ Ser más específicos en algunas ilustraciones.
- ✓ Acompañar algunas ilustraciones con pie de imagen.
- ✓ Dar más recomendaciones para el montaje.

Estas recomendaciones se buscaron mejorar para la presentación final.

#### 4.5 Conclusiones

Al finalizar este proceso, después de haber estudiado, analizado y llegado a unos resultados de cada una de las partes fundamentales del sistema constructivo, se pudo concluir varias cosas respecto al resultado obtenido con la cartilla.

Por una parte se encontró la aceptación que obtuvo la cartilla por parte del personal Voluntario y a los Coordinadores de la Fundación en el proceso de montaje. Después de presentar la Cartilla y cada una de las partes importantes a resaltar de ella. Aunque se presentaron correcciones y/o observaciones por parte de los involucrados.

El enfoque principal de la Cartilla fue realizar una disminución de daños en los Paneles de Concreto Reforzados, donde se generó una disminución de los daños debido a que el personal Voluntario cuenta con una herramienta ilustrativa que les permite tener un previo conocimiento sobre el manejo y correcta instalación de cada uno de los componentes de la vivienda, en especial los paneles en concreto ,lo que causo aceptación por parte de estos sujetos, ya que son personas que se enfrentan a problemas en obra, inconvenientes, contratiempos, etc. Que los llevan a un punto de estrés al no saber cómo o con que solucionar los diferentes inconvenientes. Por ello, encontraron en la Cartilla una ayuda para la disminución de daños que se generados en el proceso de montaje.

Cuando se generó el producto final, una Cartilla De Construcción de Casas Prefabricadas Para La Fundación Catalina Muñoz, causo un interés en ella, que genero una *propuesta* para presentar el producto después de una revisión final al área técnica de la fundación, el día 24 de junio del 2019.

#### 4.6 Recomendaciones

- Se recomienda el uso de la cartilla para futuras construcciones de la fundación, donde se busca enseñar al personal voluntario el proceso utilizado por la fundación y el proceso correcto de las actividades realizadas en el montaje de viviendas prefabricadas, teniendo así un conocimiento previo al montaje.
- La implementación de la cartilla no solo permitirá enseñar el proceso de una forma ilustrativa y dinámica, si no que permitirá mejorar la comunicación entre el personal voluntario y coordinador de la fundación.
- EL uso de la cartilla no solo mejorara el conocimiento sobre los procesos y manipulación de los componentes de la vivienda, sino ayuda a disminuir pérdidas económicas para la fundación.

### Lista de Referencia

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 1*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica
- Gavidia, A. y Subía, A. (2015). *Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo*. (Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional) Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10578/1/CD-6256.pdf>
- Nieto, J. (2014). *Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas*. (Tesis de maestría, Universidad de Cuenca) Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20398>
- Novas, J. (2010). *Sistemas Constructivos Prefabricados Aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. (Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid) Recuperado de [http://oa.upm.es/4514/1/TESIS\\_MASTER\\_JOEL\\_NOVAS\\_CABRERA.pdf](http://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf)
- Rodríguez, E. (s.f.) *Construcción con paneles prefabricados en concreto*. [PDF file]. Recuperado de <https://cutt.ly/FrTKOFH>
- Serrano, M., Pérez, D., Solarte, N., Torrado, L. y Serrano, D (2014). *Aplicación de prefabricados ecológicos; Análisis de mercado*. Recuperado de <http://decor.upbbga.edu.co/documents/PREFABRICADOS%20EN%20COLOMBIA%20%20v7%20digital.pdf>

[Anexos](#)

**Anexo 1.** Entrevista operario Servivienda - Marco histórico.

**Anexo 2.** Recopilación de información – Entrevista Ing. Adrián Baz – Fabricación.

**Anexo 3.** Listas de chequeo.

**Anexo 4.** Voluntariado - Entrevistas de montaje.

**Anexo 5.** Video cámara rápida. - Final de montaje.

**Anexo 6.** Tablas de daños en procesos.