

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE
FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE
ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION
PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA**

ELIAS JOSE GUERRA MONTEALEGRE

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C.

2015



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA

Autor:

Elias José Guerra Montealegre

TRABAJO DE GRADO

Director:

Ing. Walberto Rivera Martínez

Línea de investigación:

Materiales de Construcción

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C.**

2015



TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS	8
1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCION	10
3. MARCO DE REFERENCIA.....	12
3.1 Marco Teórico.....	12
3.1.1 La fibra de vidrio textil	12
3.1.2 Las resinas.....	15
3.1.3 Aditivos Especiales	17
3.1.4 Fibra de vidrio.....	18
3.1.4.1 Formación de Fibras	19
3.1.4.2 Propiedades.....	19
3.1.4.2.1 Térmica.....	19
3.1.4.2.2 Mecánica	20
3.1.4.3 Proceso de fabricación	20
3.1.4.4 Formas comerciales de fibras de vidrio	24
3.1.5 Formaleta o encofrado.....	28
3.1.5.1 Materiales de encofrado.....	29
3.1.5.2 Anclajes	30
3.1.5.3 Losas y forjados	31
3.1.6 Losas Nervadas	32
3.1.8 Análisis de viabilidad.....	33
3.2 Antecedentes y Estado del Arte.....	35
3.2.1 Implementación de la fibra de vidrio a nivel local (Cartagena)	35
3.2.2 Implementación de la fibra de vidrio a nivel nacional	36
4. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	38
4.1 Objetivo general	38
4.2 Objetivos específicos.....	38
4.3 Delimitación espacial.....	38
4.4 Delimitación temporal.....	39
4.5 Delimitación conceptual del proyecto	39



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

5.METODOLOGIA.....	41
5.1 Técnicas de recolección de información	41
5.2 Técnicas de procesamiento de datos	42
5.3 Medición de deformaciones	42
5.4 Formato de recolección de datos	43
5.6 Sitio y tiempo del proyecto.....	45
5.7 Estructura de madera	46
5.8 Elaboración de formaleta.....	47
5.9 Cargas.....	47
5.10 Numero de formaletas a ensayar.....	48
5.11 Procedimiento del ensayo.....	48
5.12 Procesamiento y análisis de información.....	50
5.13 Comparación con formaletas tradicionales.....	50
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	51
6.1 Diseño de formaleta.....	51
6.1.1 Criterio y parámetros para dimensionamiento de formaleta	51
6.1.2 Medición de deformaciones	52
6.1.3 Unión de varias formaletas.....	53
6.1.4 Desmonte de formaleta	54
6.2 Proceso de elaboración de la formaleta	55
6.3 Proceso de elaboración de la estructura de madera	65
6.4 Proceso previo a la toma de datos y las tres primeras mediciones	68
6.5 Recolección de datos durante el ensayo	72
7. CONCLUSIONES	89
8. RECOMENDACIONES.....	92
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	93



LISTA DE FIGURAS

- Figura N°1.** Mat y Roving.
- Figura N°2.** Fabricación de Chopped Strands.
- Figura N°3.** Tipos de Texturas Básicas que se Emplean en los Tejidos de Vidrio.
- Figura N°4.** Bushing con doble plato base
- Figura N°5.** Salida del vidrio fundido de las boquillas
- Figura N°6.** Boquillas
- Figura N°7.** Aletas de enfriamiento en uso
- Figura N°8.** Aletas de enfriamiento
- Figura N°9.** Rollo de Roving
- Figura N°10.** Muestra de Hilo Cortado
- Figura N°11.** Una segunda muestra de Hilo Cortado
- Figura N°12.** Porción de Fibra Molida
- Figura N°13.** Mat de hilos cortados
- Figura N°14.** Muestra de Mat de filamento continuo
- Figura N°15.** Muestra de Tela formada por Rovings Tejidos.
- Figura N°16.** Grandes cantidades de velos fabricados.
- Figura N°17.** Armazón de formaleta.
- Figura N°18.** Anclajes latiguillos.
- Figura N°19.** Losa nervada
- Figura N°20.** Ubicación del municipio de Cartagena de Indias en Colombia
- Figura N°21.** Esquema del procesamiento de datos
- Figura N°22.** Deformímetro Baker
- Figura N°23.** Cofre de Madera
- Figura N°24.** Parámetros y relaciones de losas nervadas según NSR10
- Figura N°25.** Forma y dimensiones del diseño de la formaleta
- Figura N°26.** Ubicación de deformímetros
- Figura N°27.** Antes de conectar dos formaletas
- Figura N°28.** Después de conectar dos formaletas
- Figura N°29.** Agarraderas en el interior de la formaleta



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

- Figura N°30.** Cera Desmoldante
- Figura N°31.** Gelcoat 112
- Figura N°32.** Molde de Madera, con el Gelcoat seco y pulido.
- Figura N°33.** Aplicación de Gelcoat con Catalizador.
- Figura N°34.** Fibra Matt
- Figura N°35.** Fibra Combo Matt
- Figura N°36.** Resina P500 de Novasuin
- Figura N°37.** Aplicación de primera capa de Resina
- Figura N°38.** Aplicación de Capa Matt
- Figura N°39.** Ubicar bien la fibra en el molde
- Figura N°40.** Nuevamente se aplica Resina
- Figura N°41.** Aplicación de segunda capa, Combo
- Figura N°42.** Corte de material sobrante
- Figura N°43.** Apariencia de fibra después de 5 horas
- Figura N°44.** Puliendo, para acabado liso
- Figura N°45.** Puliendo bordes y delineando la formaleta
- Figura N°46.** Pequeños golpes con maso de madera
- Figura N°47.** Palanca en los bordes, con espátula
- Figura N°48.** Desprendimiento parcial
- Figura N°49.** Desprendimiento total de fibra y molde de madera
- Figura N°50.** Lamina con listones marcados a lápiz
- Figura N°51.** Listones de refuerzo
- Figura N°52.** Preparación de macilla
- Figura N°53.** Listones doble, haciendo uso de la macilla.
- Figura N°54.** Refuerzos adheridos al interior de la formaleta.
- Figura N°55.** Retazos de fibra sobre refuerzos.
- Figura N°56.** Agarraderas de hierro.
- Figura N°57.** Cara interior finalizada de la formaleta.
- Figura N°58.** Listones de madera de 2cm de alto.
- Figura N°59.** Rollo de hilo de fibra.
- Figura N°60.** Aplicación hilo en las pestalas laterales.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

- Figura N°61.** Relleno con resina en pestañas laterales.
- Figura N°62.** Ultimas capas de Matt en pestañas
- Figura N°63.** Pestañas finalizadas.
- Figura N°64.** Refuerzos verticales y horizontales.
- Figura N°65.** Listones removibles.
- Figura N°66.** Muestra de polietileno.
- Figura N°67.** Estructura de madera finalizada.
- Figura N°68.** Torres de madera con deformímetros realizando medidas .
- Figura N°69.** Polietileno cortado con las medidas requeridas
- Figura N°70.** Armadura de acero de refuerzo
- Figura N°71.** Amarre de varillas
- Figura N°72.** Preparación del concreto
- Figura N°73.** Vaciado del concreto en viguetas
- Figura N°74.** Proceso de vaciado del concreto
- Figura N°75.** Instalación de malla electrosoldada
- Figura N°76.** Vaciado y nivelación del concreto finalizado
- Figura N°77.** Retiro de estructura de madera.
- Figura N°78.** Acabado obtenido por la formaleta en la parte interna del concreto.
- Figura N°79.** Descimbre de formaleta.



LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 – Tipos de rovings.

Tabla N°2. – Características especiales correspondientes a distintas formulaciones de resinas poliésteres.

Tabla N°3. Capas y grosores de los distintos modelos de formaletas.

Tabla N°4. Costos de materiales necesarios para elaborar estructuras de madera.

Tabla N°5. Costos de materiales necesarios para realizar ensayo de resistencia.

Tabla N°7. Datos tabulados para modelo de formaleta No.2 obtenidos de ensayos de resistencia.

Tabla N°8. Datos tabulados para modelo de formaleta No.3 obtenidos de ensayos de resistencia.

Tabla N°9. Deformaciones

Tabla N°10. Costos unitarios del modelo de formaleta No.1

Tabla N°11. Costos unitarios del modelo de formaleta No.2

Tabla N°12. Costos unitarios del modelo de formaleta No.3

Tabla N°13. Comparación de diferentes aspectos entre formaletas de fibra de vidrio, metálicas y madera.



1. RESUMEN

Los encofrados son estructuras auxiliares que utilizamos como soporte provisorio mientras la estructura se yergue y adquiere rigidez, la importancia de los mismo es absoluta. Durante mucho tiempo se ha venido trabajando con dos estilos clásicos de estos, que varían básicamente según el material del cual están fabricados, ya sea madera o acero, ambos poseen sus respectivas ventajas y desventajas, pero ¿que tal una nueva alternativa que genere ahorros económicos, sin perder la calidad estructural e incentive la preservación de los recursos naturales?

En el momento de ejecutar una obra civil se pretende emplear los utensilios y materiales aptos, que no afecten los resultados finales deseados, es así como surge la idea de diseñar una formaleta con un nuevo material, se trata de fibra de vidrio, el objetivo de esta investigación es comprobar que tan apropiado es este ultimo, tanto como para estar a la par o inclusive superior a la madera o el acero, generando una nueva posibilidad de realizar losas nervadas de entrepisos fundidos en concreto, dejando claro que tan viable y recomendado puede llegar a ser en el mercado de la construcción.

Este proyecto se desarrolló bajo los preceptos de una investigación mixta de tipo “*experimental-descriptiva*”. El segmento experimental comprende una toma de datos fieles a través de ensayos correctamente ejecutados, fijando el tiempo y la temperatura como variables del análisis, para que posteriormente en la parte descriptiva se realice el registro, interpretación y razonamiento de la naturaleza actual proporcionada por los resultados obtenidos, generando un conjunto de conclusiones lógicas y consecuentes.

Entre los resultados y conclusiones de esta investigación, se obtuvo que el diseño que se elaboró inicialmente para los modelos de formaleta de fibra de vidrio fue apropiado y permitió que se realizaran los respectivos ensayos sin ningún tipo de inconvenientes, resaltando que el ensayo de resistencia realizado para cada uno de los modelos de formaleta jugo un papel muy importante, ya que se logro concluir a través del conjunto de datos obtenidos (*posteriormente tabulados y graficados*), que la formaleta que presenta un mejor comportamiento frente a las cargas ejercidas por el concreto, fue el modelo de formaleta No.3, debido a la cantidad de capas de fibra que la conforman, proporcionando firmeza a la formaleta, brindando así mayor seguridad y confianza a la hora de elaborar una losa nervada de entrepiso, teniendo en cuenta que su viabilidad económica también fue adecuada.



ABSTRACT

The formworks are auxiliary structures used as temporary support while the structure rises and acquires rigidity, its importance is absolute. For a long time engineers have been working with two classic styles of formworks, which vary mainly on the material from which they are made, either wood or steel, both have their respective advantages and disadvantages, but how about a new alternative to generate cost savings without losing the structural quality and encourage the preservation of natural resources?

When a civil work is executing its intended to make use of utensils and suitable materials that do not affect the desired end results, is how the idea of designing a formwork with a new material emerges, it is fiberglass, the achievement of this investigation is to test the resistance of this material and to be in the same level or even better than wood or steel, creating a new possibility of veined slabs in concrete, determining how viable and recommended can be in the construction market.

This project was developed under the precepts of a joint investigation of "experimental-descriptive" type. The experimental segment comprises a set of faithful data through properly executed tests, setting the time and temperature as variables in the analysis, so that later make a registration in the narrative segment, interpretation of the current nature provided it is carried out by results obtained, generating a set of logical and consistent conclusions.

Among the results and conclusions of this investigation, it was found that the design that was design at the beginning for models of fiberglass formwork was appropriated and allowed the testings carried out without any drawbacks, noting that the performed strength test for each model of formwork played a very important role as it is manage to conclude through the set of data (*later tabulated and graphed*), the formwork having a better performance against the loads exerted by the concrete, was formwork No.3 due to the number of layers of fiber that form, providing firmness, security and confidence to develop a mezzanine ribbed slab, considering the economic viability adequated.



2. INTRODUCCION

Todos los proyectos de construcción desde el momento en que son concebidos, se enfrentan a una gran variedad de factores que crean incertidumbre en el logro de los objetivos de este. Dichos objetivos generalmente determinan el éxito o fracaso del proyecto puesto que dependen de las condiciones esperadas por el inversionista.

Existe la necesidad de crear nuevas y distintas técnicas de construcción con el paso del tiempo y con las nuevas ideas que surgen de la mente humana, técnicas que generen ventajas tanto a los constructores como a los inversionistas de la misma obra. Surge entonces la posibilidad de trabajar con materiales que signifiquen un ahorro económico, un plus por encima de los diferentes materiales ya usados.

Lo expuesto en esta investigación no constituye en sí una novedad científica. Pretende buscar metodologías y plantear propuestas que optimicen algunos procesos de construcción en ingeniería civil y que tengan la potencialidad de generar nuevas industrias en nuestro medio y aportar a la generación de empleo que se deriva de estos procesos.

Trabajos de investigación como estos, crean una orientación tanto a profesionales en formación, como ingenieros con años de experiencia, los cuales desean conocer sobre formaletas de losas nervadas, construidas en fibra de vidrio. Es de suma importancia mantenerse siempre al tanto de las nuevas posibilidades que crea el hombre para facilitar la solución de los múltiples problemas que se presentan en una construcción civil y la posibilidad de ahorrar dinero en la mayor cantidad posible, para hacer la obra económicamente mas rentable.

La investigación de este trabajo se llevo a cabo en el departamento de Bolívar, específicamente en la ciudad de Cartagena; el procedimiento se ejecutó siguiendo una secuencia de pasos o etapas que se encuentran diligenciadas por escrito en la metodología de este informe. Cabe destacar que el haber realizado este trabajo permitió dejar claro que es posible construir encofrados en materiales distintos a los usados frecuentemente, ampliando de este modo el rango de opciones que poseían los constructores al momento de ejecutar una obra.



3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Marco Teórico

3.1.1 La fibra de vidrio textil

Formas Comerciales:

- **Los hilados:** cualquiera sea el método de fabricación empleado, sea de fusión directa o por bolitas, la producción de los filamentos elementales continuos se concentra en todas partes, preferentemente en los diámetros de 5, 9 y 13 micras que han demostrado poseer las mejores condiciones técnicas y económicas requeridas. Reuniendo estos filamentos primarios en grupos de 50 a 400 o más, durante su formación, se obtienen distintos hilados básicos o cabos, que reunidos a su vez en cantidad variable, con torsión o sin ella, mediante sucesivas operaciones de paralelizados, doblado y retorcido, análogas y comunes de las hilanderías, dan lugar a una amplia gama de hilados comerciales.
- **Matt:** se hallan formados por fibras básicas silionne de 9 a 13 micras, cortadas casi siempre en el largo de 50mm aprox., dispuestas en forma multidireccional (random), afieltradas y unidas con un aglomerante apropiado.
- **Rovings:** el roving se obtiene de la unión en paralelo, sin torsión, de una cantidad determinada de hilos o cabos básicos de 9 a 13 micras de diámetro, por ejemplo 5-10-15-30-60-120cabos.

Fuente. (Beltran)

<i>Título global en TEX</i>	<i>Largo nominal del roving m por kg</i>	<i>Cantidad de cabos *</i>	<i>Tolerancia en la cantidad de cabos</i>	<i>Tratamiento y empleo</i>
240	4.200	6	+0 - 0	<i>Duro:</i> usos generales y en laminación en continuo de chapas, en máquinas de preforma y de enrollamiento y en la fabricación de esteras.
480	2.100	12	+1 - 1	
1.200	835	30	+2 - 2	<i>Slando:</i> esencialmente en equipos de aspersión y cuando se requieren altas velocidades de impregnación; inclusive en esteras roving.
2.400	416	60	+3 - 2	
4.800	205	120	+4 - 3	

*Para un hilado básico 10 μ 40 TEX (400 dtex); los mismos títulos globales podrían obtenerse partiendo de hilados 80 TEX, p. ej., en cuyo caso el número de cabos se reduciría a la mitad.

TablaN°1 – Tipos de rovings.



Fuente. (Beltran)

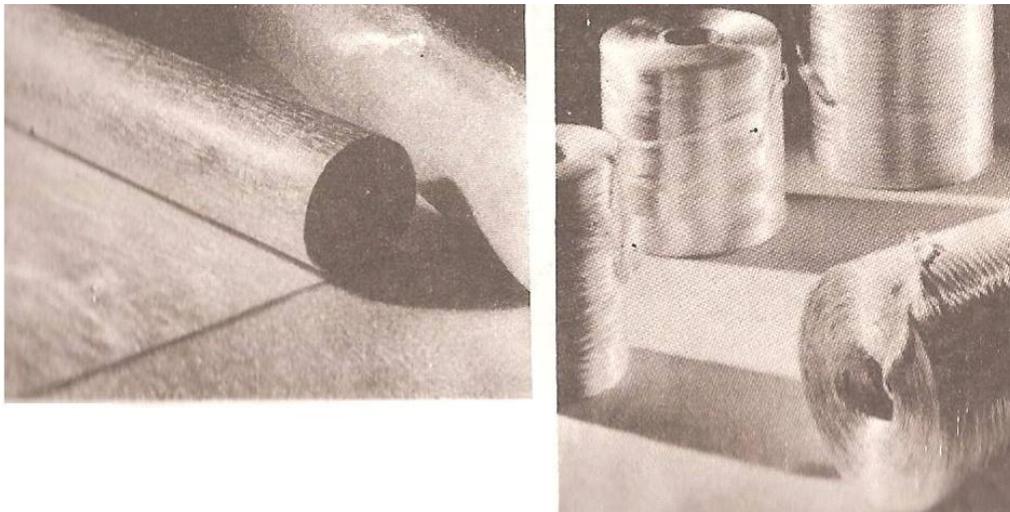


Figura N°1. Mat y Roving.

Comercialmente los roving se presentan en bobinas u ovillos de devanado exterior o interior y normalmente en dos tipos distintos: tipo duro o tipo blando.

- **ChoppedStrands:** Se obtienen cortando en un largo uniforme, variable entre 5 y 50 mm, los mismos tipos de hilos básicos que se empelan para la producción del roving; los largos más corrientes en que normalmente se proveen dichas fibras son: 6-12-25 y 50 mm.
- **Esteras Roving:** Las esteras no son otra cosa que tejidos pesados de distinto tipo y grosor, realizados con mechas roving sin torsión; su peso varía normalmente entre 300 y 1000 g/m² con espesores nominales entre 0,3 y 1 mm aproximadamente.

A diferencia de los fieltros que se caracterizan por una resistencia multidireccional, uniforme en todas las direcciones, en las esteras, en cambio, las propiedades mecánicas en el sentido de la urdimbre, representada por los hilos dispuestos longitudinalmente todo a lo largo del tejido, y la trama formada por los límites bastante amplios, según su construcción y la finalidad de su empleo.



Fuente. (Beltran)

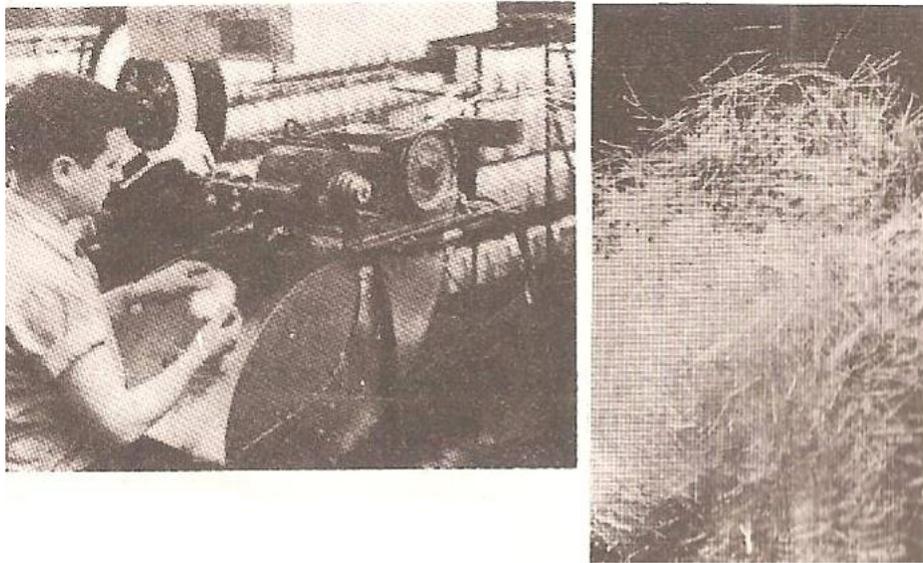


Figura N°2. Fabricación de Chopped Strands.

Fuente. (Beltran)

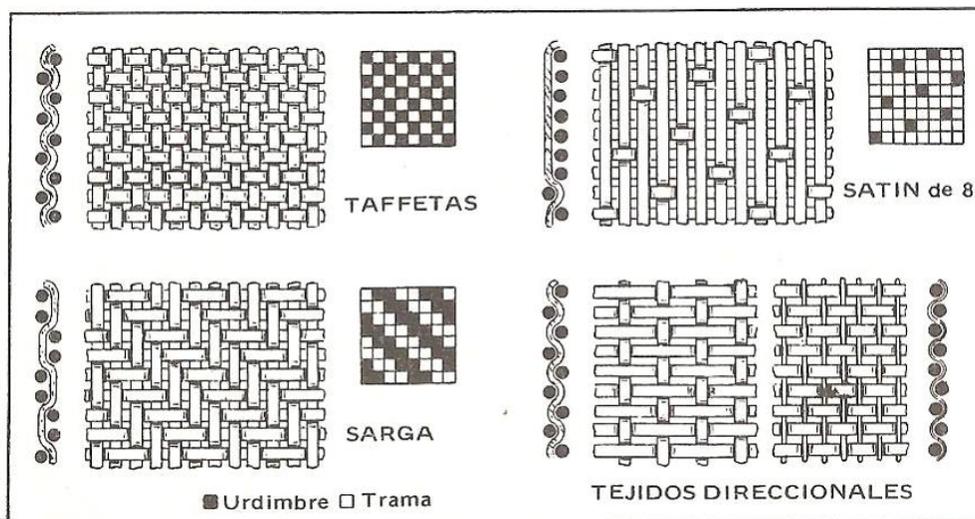


Figura N°3. Tipos de Texturas Básicas que se Emplean en los Tejidos de Vidrio.



3.1.2 Las resinas

Contrariamente al vidrio, un producto tan antiguo como la civilización misma, las resinas que se emplean en los plásticos reforzados son, en cambio, típicos exponentes actuales de los más modernos procesos de síntesis de la química molecular.

Desde el punto de vista práctico, las resinas se dividen en dos grandes grupos:

Resinas termoendurentes o termoestables, que se presentan habitualmente en forma de líquidos mas o menos viscosos; por efecto de un agente especial iniciador, tiene lugar una reacción de polimerización que provoca el endurecimiento de las resinas de manera irreversible. También se conocen como resinas autoendurentes.

Resinas termoplásticas, que se presentan en estado sólido, generalmente bajo forma de polvos, gránulos o perdigones (pellets); se ablandan o funden con el calor y pueden por tanto moldearse bajo presión, conservando su nueva forma al enfriarse.

No todas las resinas se prestan de la misma manera para la realización de los PRFV; prácticamente, la gran mayoría de ellas pertenecen al grupo 1, y en particular a las llamadas de baja presión.

(Beltran)



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Fuente. (Beltran)

<i>Productos básicos</i>	<i>Componente</i>	<i>Características sobresalientes</i>
Anhídridos no saturados y ácidos dibásicos.	a) Anhídrido maleico	a) Temperatura de distorsión poco elevada.
	b) Acido fumárico	b) Reactividad muy elevada - temperatura de distorsión más alta - mayor rigidez.
Anhídridos saturados y ácidos dibásicos.	a) Anhídrido ftálico (orto-ftálico)	a) Rigidez - elevada resistencia a tracción y flexión.
	b) Acido iso-ftálico	b) Mejor resistencia a los agentes químicos y al agua - mayor resistencia a tracción y flexión.
	c) Acido adípico Acido azelaico Acido cebáxico	c) Flexibilidad (dureza, resiliencia, resistencia al choque).
	d) Anhídrido cloréndico.	d) Autoextinguibilidad.
	e) Anh. endometilene tetrahydro-ftálico.	e) Muy alta temperatura de distorsión.
	f) Anh. tetracloro-ftálico.	f) Autoextinguibilidad.
Glicoles	a) Propilén glicol	a) Resistencia al agua - flexibilidad y compatibilidad con el estireno.
	b) Dipropilén glicol	b) Flexibilidad y dureza.
	c) Etilén glicol	c) Resistencia a temperaturas elevadas - resistencia a la tracción.
	d) Dietilén glicol	d) Dureza, resistencia al choque y mayor flexibilidad.
	e) Bisfenol A (derivado)	e) Resistencia a la corrosión - temperatura de distorsión, resistencia a la flexión y tracción elevadas.
	f) Bisfenol A hidrogenado (derivados)	f) Resistencia a la corrosión - temperatura de distorsión, resistencia a la tracción y flexión elevadas.
Monómeros	a) Estireno	a) Reactividad elevada - muy buena temperatura de distorsión - alta resistencia a la flexión.
	b) Ftalato de dialilo	b) Elevada resistencia al calor - larga vida útil - baja volatilidad - rigidez.
	c) Metacrilato de metilo	c) Estabilidad a la luz - buena resistencia a las intemperies - temperatura de distorsión muy elevada.
	d) Vinil-tolueno	d) Baja volatilidad - mejor flexibilidad - elevada reactividad.

TablaN°2. – Características especiales correspondientes a distintas formulaciones de resinas poliésteres.



3.1.3 Aditivos Especiales

Se trata de agentes destinados, también, a proporcionar distintas propiedades a las resinas, por ejemplo: *color, tixotropicidad, calidades ignífugas, mayor resistencia a la luz, etc.*

- **Agentes ignífugos:** aun cuando existen algunas resinas muy resistentes a las llamas y autoestinguentes, porque en su formulación entran monómeros especiales, las resinas poliéster más corrientes son generalmente, combustibles y solo pueden adquirir un grado de más baja combustión o caracteres ignífugos, a los efectos de un mayor margen de seguridad ante el peligro de incendio y su propagación, mediante el agregado de productos químicos especiales, como por ejemplo, el trióxido de antimonio en polvo, el fosfato de tricresilo etc.
- **Agentes Tixotrópicos.** Por propiedades tixotrópicas de una resina se entiende una particularidad por la cual, mientras en estado de quietud aparenta tener alta viscosidad, en seguida de ser puesta en movimiento con un medio cualquiera (brocha, pincel, rodillo, etc.), se comporta como un líquido dotado de fácil movilidad; es decir, mientras su fluidez no impide una rápida y perfecta impregnación de los refuerzos de vidrio, aplicada sobre superficies verticales o muy inclinadas y en ausencia de toda agitación mecánica, no se desliza o cuela, quedando firme hasta su gelación.
- **Colorantes:** una importancia especial reviste la coloración de las resinas para PRFV, que ha conducido al desarrollo de una amplia gama de colorantes especiales, ya transparentes, ya opacos, que se presentan en el comercio bajo formas de pastas o de pigmentos solubles, inorgánicos u orgánicos, dispersos en vehículos apropiados (ftalato de dialilo, resinas poliéster, etc.). Como norma general, estas sustancias deberían estar dotadas de una óptima resistencia a la luz, de una muy buena estabilidad química y al calor y no influir sobre el curso de la gelificación, ni en las propiedades de la resina a través del tiempo.
- **Otros aditivos:** al grupo de los aditivos especiales pertenecen, asimismo, los estabilizantes a la luz, destinados a evitar o disminuir la degradación que en mayor o menor grado sufren las resinas expuestas a la acción de los agentes atmosféricos por prolongados espacios de tiempo.



- **Separadores:** Los separadores, conocidos también como agentes de despegue o desmoldantes, son una especie de intermediarios que se aplican sobre la superficie de los moldes o de las matrices, para facilitar la separación de la pieza una vez terminada la polimerización. El empleo de tales agentes resulta siempre necesario porque la mayor parte de las resinas que se utilizan en la fabricación de los PRFV poseen un alto poder adhesivo y tienden, por lo tanto, a quedarse unidas las superficies con las que entran en contacto, dificultando la remoción de las piezas conformadas.

(Beltran)

3.1.4 Fibra de vidrio

Tal como lo indica su nombre, es un material que consiste en numerosos y extremadamente finas fibras de vidrio.

Los fabricantes de vidrio, a lo largo de la historia, han experimentado con fibras de vidrio, pero la fabricación en masa de fibra de vidrio, sólo fue posible con la invención de maquinaria de herramientas más finas. En 1893, Edward Drummond Libbey exhibió un vestido en la Exposición Mundial Colombina (Feria Mundial de Chicago) con la incorporación de fibras de vidrio con el diámetro y la textura de las fibras de seda. Este fue usado por primera vez por la actriz de teatro popular de la época Georgia Cayvan. Las fibras de vidrio también puede ocurrir naturalmente, como el pelo de Pele (es un término geológico de hilos o fibras de vidrio volcánico que se forman cuando pequeñas partículas de material fundido son lanzados al aire en erupciones volcánicas). La lana de vidrio, lo que se conoce comúnmente hoy como "fibra de vidrio", sin embargo, fue inventado en 1938 por Russell Games Slayter de Owens-Corning como un material para ser utilizado como aislante. Se comercializa bajo el nombre comercial de Fiberglass, que se ha convertido en una marca registrada generalizada.

La fibra de vidrio se utiliza comúnmente como material aislante. También se utiliza como agente de refuerzo para muchos productos poliméricos, para formar un material compuesto muy fuerte y ligero denominado plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La fibra de vidrio tiene propiedades comparables a los de otras fibras como las fibras de polímeros y de carbono. Aunque no es tan fuerte o tan rígida como la fibra de carbono, es mucho más barata y mucho menos frágil. (Tecnología de los plásticos, 2011)



3.1.4.1 Formación de Fibras

La fibra de vidrio se forma cuando el vidrio es extruido en muchos filamentos de diámetro pequeño adecuado para el procesamiento textil. La técnica de calefacción y moldeo de vidrio en fibras finas se conoce desde hace milenios, sin embargo, el uso de estas fibras para aplicaciones textiles es más reciente. Hasta entonces se conocía las fibras de hilos cortados. La primera producción comercial de fibra de vidrio fue en 1936. En 1938, Owens-Illinois Glass Company y Corning Glass Works se unieron para formar Owens-Corning Fiberglass Corporation. Cuando las dos compañías se unieron para producir y promover la fibra de vidrio, introdujeron en el mercado las fibras de vidrio de filamentos continuos. Hoy en día, Owens-Corning sigue siendo el mayor productor de fibra de vidrio en el mercado.

Los tipos de fibra de vidrio más comúnmente utilizados son principalmente de vidrio E (vidrio de aluminio-borosilicato con menos del 1% p/p de óxidos alcalinos, principalmente para plástico reforzado con fibra de vidrio), pero también se utilizan: vidrio A (vidrio cálcico con un poco o nada de óxido de boro), vidrio E-CR (con silicato aluminio-cálcico, con menos del 1% p/p de óxidos alcalinos, tiene alta resistencia a los ácidos), vidrio C (vidrio sódico-cálcico con alto contenido de óxido de boro, que se utiliza, por ejemplo, para fibra de vidrio de primera necesidad), vidrio D (vidrio borosilicato con alta constante dieléctrica), vidrio R (vidrio aluminosilicato sin MgO y CaO para altos requerimientos mecánicos), y vidrio S (vidrio aluminosilicato sin CaO, pero con alto contenido de MgO para alta resistencia). (Tecnología de los plásticos, 2011)

3.1.4.2 Propiedades

3.1.4.2.1 Térmica

Las fibras de vidrio son útiles aislantes térmicos debido a su alta proporción de superficie respecto al peso. Sin embargo, la mayor superficie hace mucho más susceptible al ataque químico. Por el atrapamiento del aire dentro, los bloques de fibra de vidrio hacen un buen aislamiento térmico, con una conductividad térmica del orden de 0,05 W/(m.K). (Tecnología de los plásticos, 2011)



3.1.4.2.2 Mecánica

La resistencia del vidrio suele ser testeada y notificada en las fibras vírgenes (aquellas que acaban de ser fabricadas). Las fibras más delgadas recién fabricadas son las más fuertes debido a que las fibras más delgadas son más dúctiles. Cuanto más rayada esté la superficie, menor será la tenacidad resultante. Debido a que el vidrio tiene una estructura amorfa, sus propiedades son las mismas a lo largo y a lo ancho de la fibra. La humedad es un factor importante en la resistencia a la tracción. La humedad es fácilmente absorbida, y puede empeorar las grietas microscópicas y los defectos superficiales, y disminuir la tenacidad.

En contraste con la fibra de carbono, la fibra de vidrio puede sufrir más de elongación antes de romperse. Existe una correlación entre el diámetro de curvatura de los filamentos y el diámetro del filamento. La viscosidad del vidrio fundido es muy importante para el éxito de la fabricación. Durante la elaboración (estirando el vidrio para reducir la circunferencia de la fibra), la viscosidad debe ser relativamente baja. Si es demasiado alta, la fibra se rompe

durante el estirado. Sin embargo, si es demasiado baja, el vidrio forma gotas en lugar de moldearse en forma de fibra. (Tecnología de los plásticos, 2011)

3.1.4.3 Proceso de fabricación

Fusión

Hay dos métodos principales de fabricación de fibra de vidrio y dos tipos principales de productos de fibra de vidrio. La fibra se puede hacer por un proceso de fusión directa o por un proceso de refundición. Ambos comienzan con las materias primas en estado sólido. Los materiales se mezclan y se funden en un horno. Entonces, para el proceso de refundición, el material fundido es cortado y enrollado en bolitas, que son enfriados y envasados. Estas canicas son llevadas a las instalaciones de fabricación de fibra en el que se insertan en un cilindro y el material es refundido. El vidrio fundido se extruye a través de un cabezal con boquillas, denominado bushing, que lo conforma en filamentos. En el proceso de fusión directa, el vidrio fundido del horno va directamente al buje de conformación.



Conformación

La placa del bushing es la parte más importante de la maquinaria para la fabricación de la fibra. Se trata de un cabezal calefaccionado de metal que contiene las boquillas para que los filamentos se formen a través de estas.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°4. Bushing con doble plato base

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)

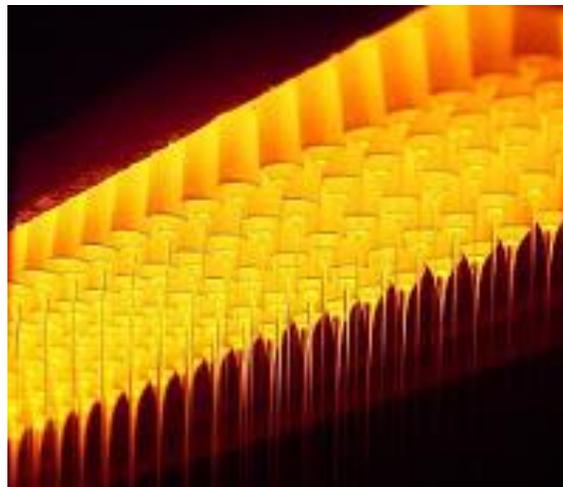


Figura N°5. Salida del vidrio fundido de las boquillas



El bushing es casi siempre hecho de platino aleado con rodio para una mayor durabilidad debido a que se encuentra expuesto a elevadas temperaturas.

En el proceso de fusión directa, el bushing sirve como colector de vidrio fundido. Se calienta en cierta medida para mantener el vidrio a la temperatura correcta para la formación de fibras. En el proceso de refundición, el bushing actúa más como un horno que derrite más el material.

Estos cabezales (bushings) son el mayor gasto en la producción de fibra de vidrio. El diseño de la boquilla es también crítico, de esto depende en gran medida la correcta formación de los filamentos de vidrio. El número de boquillas oscila entre 200 y 4000 en múltiplos de 200. El factor más importante de la boquilla en la fabricación de filamentos continuos es el espesor de sus paredes en la región de salida.

Fuente. (Tecnología de los plásticos, 2011)

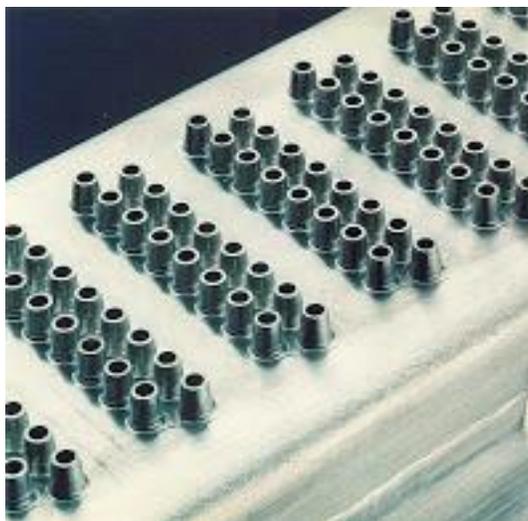


Figura N°6. Boquillas

Hoy en día, las boquillas están diseñadas para tener un espesor mínimo a la salida. Al fluir el vidrio a través de la boquilla se forma una gota que está suspendida de la boquilla. A medida que cae, va formando un hilo, siempre y cuando la viscosidad este en el rango correcto para la formación de fibras. Los filamentos obtenidos al salir de las boquillas son enfriados al pasar por aletas de enfriamiento (refrigeradas con agua) para luego ser enrollados en bobinas (fibra continua) o tratados mediante una corriente de aire para la obtención de una felpa (mat).



Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°7. Aletas de enfriamiento en uso

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°8. Aletas de enfriamiento

Proceso de filamento continuo

En el proceso de filamento continuo, después de que la fibra se extrae, se aplica un apresto. Este apresto ayuda a proteger la fibra al enrollarse en una bobina. El apresto concreto aplicado es relativo al uso final que tenga la fibra. Mientras que algunos aprestos son coadyuvantes de la elaboración, otros hacen de la fibra tenga una afinidad por ciertas resinas, si la fibra se va a utilizar en un composite. El apresto es generalmente añadido en un 0,5-2,0% en peso. El bobinado se lleva a cabo en torno a 1000 m por minuto.



Proceso de fibras discontinuas

Para la producción de fibras discontinuas, hay una serie de formas para la fabricación de la fibra. El vidrio es tratado con calor o vapor después de salir de la máquina de formación. Por lo general, estas fibras forman una especie de mat (felpa). El proceso más común es el proceso rotativo. En este caso, el vidrio entra en un dispositivo giratorio, y debido a la fuerza centrífuga es lanzado horizontalmente. Se aplican aglutinantes y corriente de aire. A continuación, la felpa de fibra de vidrio es conformada por vacío en un filtro y luego entra en un horno para el curado del aglutinante.

(Tecnología de los plasticos, 2011)

3.1.4.4 Formas comerciales de fibras de vidrio

En la industria de los plásticos reforzados con fibras de vidrio, dependiendo de la pieza que se desee obtener como el método de conformación utilizado existen una amplia gama de formas de fibras de vidrio en el mercado que se pueden emplear.

Roving

El Roving es una hebra de hilos continuos de filamentos de fibra de vidrio con cierta torsión mecánica, fabricado con un vidrio Tipo E. Se utiliza para pultrusión y bobinado filamentario. El roving sin torsión se utiliza generalmente para el proceso de laminado por spray.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°9. Rollo de Roving



Hilo cortado (fibra larga)

El hilo cortado está formado por hilos continuos de vidrio tipo E cortados a longitudes específicas, los cuales están diseñados para usarse en compuestos moldeables de resinas poliéster y epoxi, así como para mezclado en seco en aplicaciones con resinas fenólicas. Tiene múltiples aplicaciones en la industria eléctrica, del transporte y en compuestos moldeables. Se utiliza en procesos de termocompresión e inyección.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°10. Muestra de Hilo Cortado

Hilo cortado (fibra corta)

El hilo cortado está formado por hilos continuos cortados a longitudes específicas. Está fabricado con Vidrio Tipo E. se usa como refuerzo de termoplásticos, tales como: ABS, polipropileno, Nylon, poliestireno, PVC y SAN.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°11. Una segunda muestra de Hilo Cortado



Fibra molida

La fibra molida está compuesta por filamentos de vidrio recubiertos con un apresto especial para hacerlos compatibles con resinas específicas y molidos para proporcionar una densidad específica a granel. A diferencia del hilo cortado que se secciona a una longitud precisa, esta fibra es molida y se obtiene una longitud promedio, determinándose ésta por el tipo de hilo base y las condiciones del proceso. El producto está diseñado para usarse en una variedad de compuestos termoplásticos y termofijos. La fibra de vidrio es fabricada a partir de Vidrio Tipo E

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°12. Porcion de Fibra Molida

Mat de hilos cortados

Se componen de fibras de vidrio cortadas unidas entre sí utilizando un aglutinante en emulsión o polvo de poliéster.. Los mat están diseñados para ser compatibles con poliéster insaturado, vinil éster y una variedad de otras resinas. Se utilizan como soporte del gel coat y refuerzo de laminado para el moldeo de contacto (hand lay-up) para fabricación de embarcaciones, tablas de surf, tableros, tanques y otras aplicaciones diversas.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°13. Mat de hilos cortados



Mat de filamento continuo

El mat de filamento continuo son fibras de vidrio continuas que forman una tela no tejida constituyendo un aglomerado compacto como felpa. La fibra se mantiene unida por el agregado de una resina de poliéster insaturado. Es especialmente adecuado para moldeado de laminados por compresión así como para su uso en procesos de pultrusión.

Fuente. (Tecnología de los plásticos, 2011)



Figura N°14. Muestra de Mat de filamento continuo

Tejidos

Estas telas están conformadas por rovings tejidos, son telas de alto rendimiento, se usa para producir telas de alta resistencia, para aplicaciones estructuralmente sólidas, tales como contenedores de transporte, armadura balística, alas de aeronaves y puertas.

Fuente. (Tecnología de los plásticos, 2011)

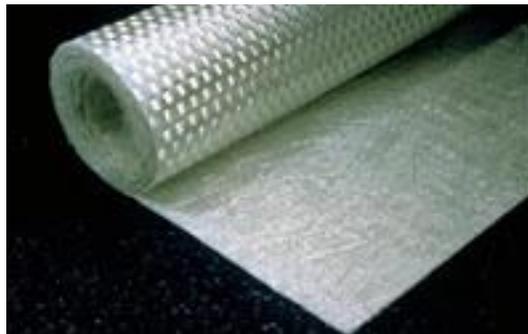


Figura N°15. Muestra de Tela formada por Rovings Tejidos.



Velos

Son finas telas de fibra de vidrio (tejida o no tejida) que presentan una superficie lisa y altamente uniforme. Se utilizan generalmente como capa superficial en laminados para dar un acabado suave a las piezas conformadas. También son llamados velos de superficie.

Fuente. (Tecnología de los plasticos, 2011)



Figura N°16. Grandes cantidades de velos fabricados.

(Tecnología de los plasticos, 2011)

3.1.5 Formaleta o encofrado

Este contenedor, denominado encofrado, posee como función primera dar al hormigón la forma proyectada, proveer su estabilidad como hormigón fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las armaduras, pero también proteger al hormigón de golpes, de la influencia de las temperaturas externas y de la pérdida de agua, el ingrediente más fluido de los tres elementos que lo componen –cemento, áridos y agua- en el momento de su creación.

Existen diferentes clasificaciones para agrupar los tipos de encofrado: según el número de usos que seña utilizado, por el método y tiempo necesario para conseguir la forma final del continente, según el tipo de hormigón que va a contener (visto o para recubrir) y por los materiales de construcción del encofrado.

Que difiere de que un encofrado sea perdido o recuperable; si se quiere volver a utilizar hay que prever, además de la técnica a emplear para desencofrarlo, los trabajos de limpieza, almacenaje y mantenimiento posteriores, mientras que si el encofrado no lo recuperamos lo perderemos embebido en el hormigón fraguado; en un caso aumentamos la mano de obra y en el otro crece el coste de reposición.



Para encofrar superficies continuas de forma repetitiva o de gran altura es más fácil con la utilización de plataformas que permitan su movimiento y recolocación para su posterior uso. De las grandes piezas, en el mercado también se encuentran sistemas autoportantes, deslizantes y trepadores (estos encofrados con módulos autónomos de 1 a 3 metros, se deslizan verticalmente existiendo dos tipologías según se realice su ejecución).

Fuente. (José San Martín Eraso, 2012)



Figura N°17. Armazón de formaleta.

El sistema utilizado para la construcción de viviendas aisladas se basa en la unión de diversos paneles estándar, con medidas entre los 20x100 hasta los 350x200 centímetros, permitiendo conseguir encofrados de dimensiones mayores mediante la posibilidad de la combinación vertical y horizontal de las mismas bandejas. Estas deben ser de formato pequeño para así manipularlas y fijarlas de forma rápida y manual. Existen sistemas basados en un gran número de piezas combinables (de 8 a 34 elementos) mientras otros disponen de piezas especiales para los cambios de ángulo en sus paramentos.

(José San Martín Eraso, 2012)

3.1.5.1 Materiales de encofrado

La bandeja de encofrado puede confeccionarse en diversos materiales, siendo el más utilizado la madera. Estos paneles, compuestos por piezas macizas o laminadas de 12 a 35



milímetros de madera (normalmente de pino, haya o abedul) tratada al carbonilo-xilofeno o revestidas por planchas fenólicas, son ensambladas en cola de milano múltiple o con estaquillas, encoladas en ondas delgadas (de aproximadamente 12 x 3 milímetros), encerradas por un herraje de acero galvanizado de 1 milímetro de espesor, como mínimo, y enmarcadas con tubos de aluminio o acero galvanizado. Los tamaños de los tableros condicionarán las juntas de trabajo y su modulación.

La diferencia del encofrado según el tipo de hormigón no será muy apreciable: para un hormigón visto los paneles utilizados deberán ser lisos, impermeables, normalmente metálicos, ya que permiten un número de puestas mayor que los plafones de madera, y a veces se recubrirán de tejidos antiadherentes o líquidos desencofrantes, condiciones que no serán requeridas en el caso que el hormigón no sea el acabado final de obra.

Otros materiales utilizados que facilitan una rápida puesta en obra son el acero, el plástico y el cartón plastificado. Con este último se forman encofrados especialmente indicados para columnas y pilares redondos, cuadrados y rectangulares, disponibles en diámetros de 150 a 1500 mm con alturas variables entre los 3 y los 12 metros y con un grueso de 9 mm. El cartón es un excelente material que conserva un alto grado de humedad y por lo tanto lo convierte en muy adecuado para un buen encofrado.

(José San Martín Eraso, 2012)

3.1.5.2 Anclajes

Los anclajes están formados por tornillos de avance, posicionadores de las "tuercas platillo" (cuando se dejan a fondo perdido) y el elemento donde se anclarán los módulos del hormigonado de la siguiente fase.

Para poder unir los dos paneles de encofrado son necesarios los latiguillos, dywidags o gewis, que pueden ser recuperables; tubos distanciadores de hormigón de fibra o escantillones de pantallas. Tendrán un diámetro entre los 15 y 25 milímetros y su número vendrá determinado por las cargas que aparecerán en el vertido del muro.



Fuente. (José San Martín Eraso, 2012)

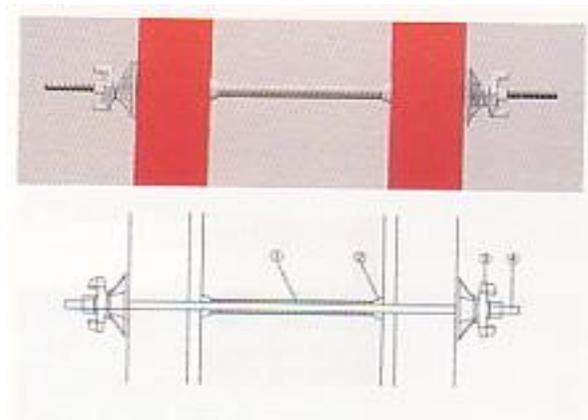


Figura N°18. Anclajes latiguillos.

Si son protegidos con un acabado autolimpiador o introducidos dentro de tubos de PVC, pueden llegar a ser reutilizables.

3.1.5.3 Losas y forjados

El encofrado de losas y forjados se puede realizar con bandejas recuperables de tableros fenólicos sobre cimbras de aluminio o utilizando como elementos de entrevigado chapas metálicas o casetones de plástico sobre cimbra de acero. Todos estos sistemas cuentan con mecanismos para facilitar la labor de desencofrado permaneciendo únicamente los puntales.

Los encofrados perdidos usados para forjados se desarrollan con el uso de planchas metálicas, esto reduce el canto de la losa al colaborar la chapa como armadura de tracción; elimina apuntalamientos y proporciona superficies de trabajo inmediatas. El GRC (hormigón reforzado con fibra de vidrio) utilizado como base encofrante, además de resistencia y protección a las armaduras, posibilita un acabado idéntico al del resto de la construcción en hormigón "in situ".

(José San Martín Eraso, 2012)



3.1.6 Losas Nervadas

Este tipo de losas se elabora a base de un sistema de entramado de traveses cruzadas que forman una red, dejando huecos intermedios que pueden ser ocupados permanentemente por bloques huecos o materiales cuyo peso volumétrico no exceda de 900 kg/m^3 y sean capaces de resistir una carga concentrada de 1 tonelada. También pueden colocarse, temporalmente a manera de cimbra para el colado de las traveses, casetones de plástico prefabricados (existen en gran variedad de materiales y medidas comerciales), que una vez fraguado el concreto deben retirarse y lavarse para usos posteriores.

Fuente. *Arqhys.com*

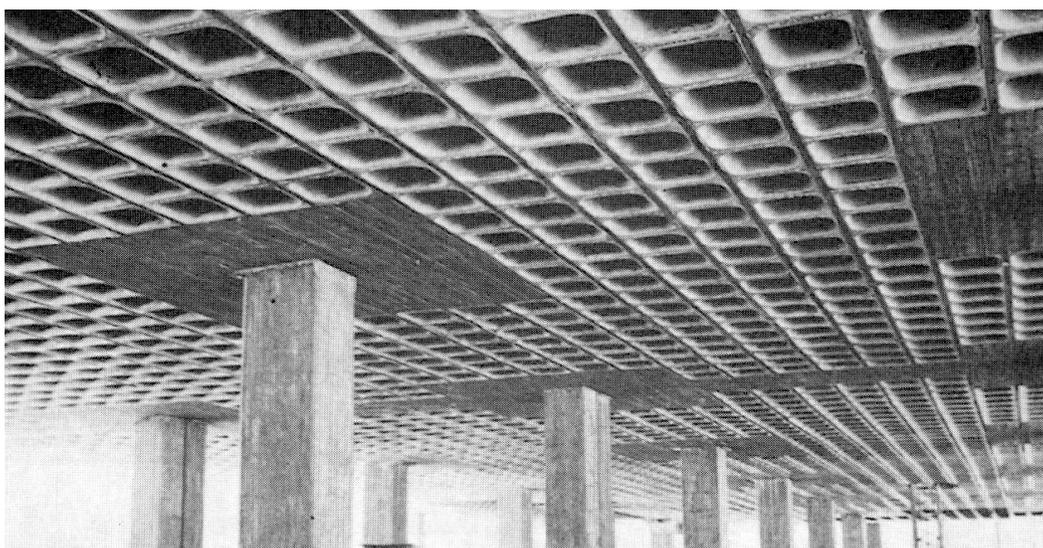


Figura N°19. Losa nervada

Sobre la cimbra se colocan los elementos prefabricados modulados según datos obtenidos por el cálculo, se fijan a la misma y se colocan los armados de las traveses intermedias y de la losa superior. Dicha losa se calcula con el claro formado por la red de las traveses. Este sistema, además de satisfacer las exigencias a una losa plana común, presenta las ventajas de poder apoyarse directamente sobre las columnas sin necesidad de traveses de carga entre columna y columna.

Cuando no se cuenta con la cantidad de cimbra suficiente, o bien cuando el tiempo no permite ejecutar el colado de una sola vez, es muy importante suspender el mismo, tanto en



losas como en trabes a la mitad de la distancia entre apoyos dando a la superficie de corte una inclinación de 45° y dejando prolongada la varilla para dar continuidad con el colado siguiente. Cuando por alguna razón sea necesario suspender el colado en los apoyos de las losas o trabes, deben tomarse precauciones para tomar todo el esfuerzo de corte con fierro.

(Ortiz)

3.1.8 Análisis de viabilidad

Viabilidad es la cualidad de viable (que tiene probabilidades de llevarse a cabo o de concretarse gracias a sus circunstancias o características).

Se conoce como análisis de viabilidad al estudio que intenta predecir el eventual éxito o fracaso de un proyecto. Para lograr esto parte de datos empíricos (que pueden ser contrastados) a los que accede a través de diversos tipos de investigaciones (encuestas, estadísticas, etc.).

Cualquier proyecto o empresa que se desee poner en marcha tiene que tener como herramienta principal un plan de viabilidad que deje patente las posibilidades de éxito que aquellas iniciativas pueden tener.

En este caso, es vital que en dicho documento aparezcan obligatoriamente las siguientes fases o elementos: Una definición clara de la actividad que se pretende realizar. Un estudio concienzudo del mercado. Eso supone analizar no sólo las preferencias y hábitos de los posibles clientes sino también las distintas entidades que se van a convertir en competencia.

Un plan operativo referente tanto a los recursos técnicos como a los humanos que son necesarios y se poseen. Dentro de esta área debe establecerse de manera clara la política comercial que se va a llevar a cabo. De ahí que haya que centrarse en cuestiones tales como el producto, el precio, la promoción y la distribución del mismo. Un análisis de la rentabilidad de la iniciativa, tanto a nivel económico como financiero. Además de todo ello es importantísimo que en dicho plan de viabilidad se dejan muy claros los aspectos legales que hay que tener en cuenta y que hay que cumplir.

Los análisis de viabilidad se desarrollan en el ámbito gubernamental o corporativo. Se trata de un recurso útil antes de la iniciación de una obra o del lanzamiento de un nuevo producto. De este modo, se minimiza el margen de error ya que todas las circunstancias vinculadas a los proyectos son estudiadas.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Puede hablarse de viabilidad técnica para hacer referencia a aquello que atiende a las características tecnológicas y naturales involucradas en un proyecto. El estudio de la viabilidad técnica suele estar vinculado a la seguridad y al control (por ejemplo, si la idea es construir un puente, la viabilidad técnica estará referida al estudio del terreno en cuestión y a las condiciones ambientales para evitar que se caiga).

La viabilidad económica, en cambio, se relaciona con los recursos financieros existentes para poner en marcha un proyecto y con las ganancias que, eventualmente, se esperan obtener. Si la puesta en marcha de un emprendimiento productivo requiere de una inversión de 100.000 dólares y dicho emprendimiento podría generar una ganancia máxima de unos 1.000 dólares al año, el proyecto no es viable desde el punto de vista económico.

(Vega, 2006)



3.2 Antecedentes y Estado del Arte

3.2.1 Implementación de la fibra de vidrio a nivel local (Cartagena)

A. Rotofibra Ltda. está situada en la Mamonal Cr56 12-87 Vía a Mamonal. La compañía se encuentra en el mercado desde finales del 2004. Ofrece servicios de elaboración de estructuras en fibras de vidrio, a continuación se mencionan algunos de sus trabajos:

▪ **Montaje ducto plano de Secado en Mexichem Reinas**

Fecha de Inicio: Febrero 05 de 2014

Fecha de Terminación: Mayo 30 de 2014

Finalidad: Transporte de PVC pulverizado de la zona de secado a la zona de empaque.

Alcance del trabajo: Fabricación y Montaje.

Ubicación donde se realizó la obra: Zona Industrial de Mamonal.

Dimensión: 3.850 M2 de Tubería de Ø: 16”- Ø: 14”- Ø: 12”- Ø: 10”- Ø: 8”- Ø: 6”

Valor Contrato: \$480.000.000.00 (Cuatrocientos Ochenta Millones de Pesos M/cte.)

▪ **Mantenimiento y reparación de scrubber zona de secado en Yara S.A**

Fecha de Inicio: Enero 30 de 2015

Fecha de Terminación: Febrero 20 de 2015

Finalidad: Reparar las zonas averiadas del scrubber y aplicación de pintura en general.

Alcance del trabajo: Desmonte, reparación y Montaje.

Ubicación donde se realizó la obra: Zona Industrial de Mamonal Km-16.

Dimensión: Ø: 2.0 Metros- Altura: 6.0 Metros- Espesor: ½”

Valor Contrato: \$35.000.000.00 (Treinta y cinco Millones de Pesos M/cte.)

▪ **Diseño, Fabricación y suministro de Tráiler con carrocería A-C, recubierto en fibra de vidrio en Base Naval.**

Fecha de Inicio: Diciembre 29 de 2014

Fecha de Terminación: Febrero 26 de 2015

Finalidad: Diseñar y suministrar tráiler móvil equipado para hacer reparaciones en toda la costa caribe.

Alcance del trabajo: Diseño, fabricación y entrega en la Estación de Guardacostas de Coveñas.

Ubicación donde se realizó la obra: Zona Industrial de Mamonal Km-16.

Dimensiones: (180 x 280 x 300) Cms

Valor Contrato: \$19.000.000.00 (Diecinueve Millones de Pesos M/cte.)



- B.** En la ciudad de Cartagena, se ha venido haciendo uso de la fibra de vidrio por hace ya varios años, desde el uso en la creación de piscinas, hasta formaletas para la construcción de elementos estructurales fundidos en concreto. Haciendo uso de el trabajo de grado del ingeniero Sergio Enrique Montealegre Beltran, egresado de la universidad de Cartagena, elaborado en el mes de Noviembre del año 2010, se muestra lo útil que fue la fibra de vidrio en la construcción de una bóveda, que fue fundida en una casa ubicada en el condominio Terranova de Indias, donde narra la experiencia y conclusiones del uso de este tipo de formaletas. Este documento esta disponible para consultas en la biblioteca de la Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar.

3.2.2 Implementación de la fibra de vidrio a nivel nacional

- A.** REFORPLAS S.A.S. es una empresa dedicada desde 1979 al diseño, fabricación y desarrollo de productos y materias primas elaboradas a partir de materiales compuestos (polímeros), fibra de vidrio de ultima generación y maderas procesadas. Esta es una empresa colombiana que proporciona soluciones integrales, contribuyendo grandes logros en los sectores del diseño, la construcción, obras civiles, remodelaciones e infraestructuras a nivel local e internacional. La planta de producción cuenta con mas de 6400 metros cuadrados, maquinaria de alta calidad así como estándares internacionales para garantizar su satisfacción.

Dentro de los clientes mas destacados, se encuentran Brinsa, Constructora Bolivar, Marval, Colpatria, Transmilenio, Acueducto y alcantarillado de Bogota. Algunas de las líneas de negocio de las que se encarga REFORPLAS, son las siguientes: Polyconcreto, postes y formaletas en fibra de vidrio, tapas de acueducto, tanques industriales, baños, lavarropas, cocinas, entre otros. (Reforplas, 2014)

- B.** En Colombia, la empresa Fibratore, es una sociedad de capital colombiano, con mas de 30 años de operación, dedicada exclusivamente a la fabricación de productos en Fibra de Vidrio.

El empleo de materias primas de proveedores de reconocida calidad mundial, la aplicación de estándares y normas internacionales de fabricación y la permanente actualización en tecnologías de aplicación de fibra de vidrio, le ha convertido en los primeros fabricantes nacionales de tanques y equipos de uso industrial y constructivo. El Departamento de Ingeniería esta en capacidad de evaluar y desarrollar conjuntamente con el cliente, los proyectos que requieran.



A continuación se pueden mencionar varios de los tantos proyectos en los cuales esta empresa a estado a cargo:

- **Planta de Inyección de Agua Yariguí, Isla VI de Ecopetrol:** Desde Octubre de 2011, y hasta Julio de 2012, Fibratore S. A. participó en el proyecto de ampliación de la Planta de Inyección de Agua Yariguí - Isla VI de Ecopetrol, instalando una capacidad total de 2.818 m³ de agua para procesos en tanques de Decantación (2 tanques x 243 m³/tanque), Flotación (2 tanques x 538 m³/tanque), Estabilización (3 tanques x 389 m³/tanque) y almacenamiento (1 tanque x 89 m³/tanque).
- **Postes de 24 mts de longitud:** Por solicitud de las empresas Públicas de Medellín 2007, se diseñaron y fabricaron 60 postes de 24 mts de longitud, los cuales deberían resistir 2.000Kgf de carga de trabajo. Se desarrollan en 3 secciones, con dos insertos metálicos en un diámetro de 24”. El peso total fue de 1.430 Kg aproximadamente. Se pretendían las siguientes características:
 - ❖ Resistencia Mecánica
 - ❖ Facilidad y economía en el transporte
 - ❖ Facilidad y economía en la instalación
 - ❖ Facilidad y economía en el desmante
- **Chimenea en Rumania:** Fibratore fabricó una extensión de chimenea para combatir la corrosión en una empresa rumana. Este trabajo fue reconocido con el premio "Fabricator Excellence Award EAGLE 2001" por Dow Chemical como el mejor proyecto a fabricantes de América a la Innovación y Calidad en la Aplicación de sus resinas.
- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando:** En desarrollo del Programa de Saneamiento del Río Medellín, en diciembre de 1999 entró en operación la planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando, la primera de las cuatro contempladas por Empresas Públicas de Medellín, para recibir las aguas residuales de los municipios de Itaguí, Envigado, Sabaneta, La Estrella, parte de Medellín y, en un futuro, Caldas (Antioquia, Colombia). Fibratore participó como integrante del equipo que se encargó de la proyección, diseño, interventora y construcción de esta planta, galardonada con el Premio de la Ingeniería Antioqueña otorgado por la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos S.A.I. el 14 de junio de 2000.
- **Sistemas de Detección, Evacuación y Neutralización de Fugas de Cloro para plantas de potabilización de Agua Empresas Publicas de Medellín:** Diseñó, fabricó e instaló Sistemas de Control de Fugas de Cloro para las Plantas de Potabilización de Agua de Empresas Públicas de Medellín con el fin de evitar accidentes y ofrecer sistemas autónomos que brindan confiabilidad y seguridad en el manejo de este producto ajustándose a las exigencias de la Norma ISO 14000. (Fibratore)



4. Objetivos y Alcance

4.1 Objetivo general

Diseñar y construir tres modelos de formaletas en fibra de vidrio con espesores distintos, para losas nervadas de entrepisos, fundidas en concreto, para posteriormente establecer las deformaciones de cada una mediante un ensayo de mediciones con deformímetros, determinando el modelo ideal que genere mejores resultados constructivos.

4.2 Objetivos específicos

1. Definir el diseño apropiado y dimensiones pertinentes que deben tener la formaleta para que las deformaciones sean mínimas y se pueda fundir correctamente una losa nervada en concreto.
2. Redactar detalladamente la elaboración de la formaleta que se está diseñando en este trabajo de grado y el proceso previo a la elaboración del ensayo.
3. Comprobar experimentalmente y analizar el comportamiento estructural y la resistencia necesaria de los tres modelos de formaletas, una vez se funda y fragüe el concreto, para determinar el modelo acertado.
4. Comparar el modelo en fibra finalmente apropiada, con los sistemas tradicionalmente usados (*acero y madera*) en cuanto a resistencia, vida útil, tamaño- peso, acabados, transporte, desmonte, limpieza-mantenimiento, técnicas de uso, economía y ecología.

4.3 Delimitación espacial

Este trabajo de investigación se realizará en el departamento de Bolívar, en la jurisdicción del municipio de Cartagena, cuyas coordenadas geográficas son 10^o24' 30'' Latitud Norte, 75^o 30' 25'' Longitud Oeste. Este municipio posee una superficie de 709.1 Km², con una población de 944.250 habitantes.



Fuente. Google Earth 2013.



Figura N°20. Ubicación del municipio de Cartagena de Indias en Colombia

4.4 Delimitación temporal

El proyecto de investigación se desarrollo durante el primer semestre del año 2015. La duración de éste, se encuentra justificada en el cronograma planeado en el documento de la “propuesta de trabajo de grado”, básicamente consistía en una duración de cinco meses, iniciando en Enero y finalizando en Mayo. Durante estos meses se realizo una recolección de información pertinente, la producción de las tres formaletas, la elaboración de los ensayos, los análisis de los resultados obtenidos y la obtencion de las respectivas conclusiones.

4.5 Delimitación conceptual del proyecto

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “ Se limitara a lo siguiente:

- a) Diseñar la formaleta únicamente bajo los criterios de relación de la NSR10, pero las dimensiones del diseño (*alto, ancho, profundidad y espesor*) obedecen a el criterio del autor del trabajo.
- b) Seguir las recomendaciones del ingeniero Javier Hurtado (*especialista en fibra de vidrio*) en cuanto al numero de capas que se debe aplicar a los tres modelos que se ensayaran en este trabajo.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

- c) Usar madera (*triplex*) como material apropiado para construir la estructura que funcionara como cajón para vaciar el concreto sobre la formaleta.
- d) Realizar el ensayo con tres modelos de formaletas que únicamente variaran en sus grosores (*numero de capas de fibra*).
- e) Exponer únicamente el historial fotográfico del proceso constructivo de la formaleta de menor numero de capas de fibra.
- f) Únicamente usar deformímetros analógicos como instrumentos de medición de deformaciones para este ensayo.
- g) Omitir anomalías mínimas que se presenten en las mediciones, debido al alto nivel de sensibilidad que poseen los deformímetros.
- h) Ubicar el pistón del deformímetro a una única altura a lo largo del tiempo total del ensayo.
- i) Determinar deformaciones únicamente para formaletas con las dimensiones estipuladas en el diseño de este trabajo investigativo.
- j) Establecer deformaciones asumiendo meramente un solo obrero ubicado en la parte superior de la formaleta en el momento del vaciado del concreto.
- k) Comprobar deformaciones exclusivamente en los meses de Abril y Mayo, teniendo en cuenta que la temperatura es un factor clave en la obtención de los resultados.
- l) Determinar deformaciones haciendo uso de un concreto de 3000psi de resistencia, reforzado con acero y elaborado manualmente.
- m) Suponer que las condiciones climáticas son las necesarias para que el concreto fragüe en siete horas y adquiriera una consistencia suficiente como para desmontar la formaleta a los siete días.
- n) Adquirir deformaciones vaciando el concreto en la formaleta con un “balde de albañil”.
- o) Obtener datos de deformaciones cuatro veces al día (*exceptuando el primer día*), a lo largo de un tiempo limite de siete días.
- p) Realizar las mediciones de deformaciones de cada una de las formaletas no obligatoriamente a la misma hora del día.
- q) Ejecutar un curado haciendo uso de agua cruda potable, cuatro veces al dia, durante el tiempo total del ensayo.
- r) Para facilitar el desmolde de la formaleta con el concreto se implemento solamente el uso de polietileno.
- s) Determinar cual de los tres modelos de formaleta es el adecuado para la construcción, teniendo únicamente dos criterios de escogencia: el que presente menores deformaciones en sus tres caras internas y el que implique menor inversión económica.
- t) Representar los resultados obtenidos de los ensayos solamente en diagramas de dispersión, siendo los esquemas óptimos para este tipo de investigación.



5.METODOLOGIA

Este proyecto se desarrolló bajo los preceptos de una investigación mixta de tipo “*experimental-descriptiva*”. El segmento experimental comprende una toma de datos fieles a través de ensayos correctamente ejecutados, fijando el tiempo y la temperatura como variables del análisis, para que posteriormente en la parte descriptiva se realice el registro, interpretación y razonamiento de la naturaleza actual proporcionada por los resultados obtenidos, generando un conjunto de conclusiones lógicas y consecuentes.

5.1 Técnicas de recolección de información

Se clasificó dos variedades de recolección de información, para un mejor orden.

1. Recolección de información teórica y documental

- *Documentación:* se procederá a la recolección de información a través de artículos, informes, libros o cualquier fuente teórica que sea referente a formaletas en fibra de vidrio y se resalta categóricamente los juicios, consejos y experiencias de especialistas en el tema, que ofrecen sus conocimientos para el desarrollo correcto de este trabajo de grado.
- *Digitalización:* se digitalizan y ordenan los resultados obtenidos al finalizar los ensayos, para finalmente proporcionar conclusiones.

Finalmente cuando se ha obtenido toda la información teórica y documental, se procede a diseñar la formaleta y estipular todos los parámetros necesarios y pertinentes para el desarrollo acertado del ensayo de deformaciones, esto se describe detalladamente en el resto de la metodología.

2. Recolección de información práctica

En este componente se agruparan consecutivamente todos los resultados obtenidos de la practica, para así poder apalear con juicio suficiente cual es el modelo que funciona correctamente bajo los parámetros de diseño concertados y determinar si ésta genera ventajas o desventajas sobre los otros materiales en los que se encuentran construidas los encofrados habituales. Cabe resaltar que la única forma segura para saber si las formaletas resisten las diferentes cargas a las que estarán expuestas será de modo netamente experimental.



5.2 Técnicas de procesamiento de datos

- *Identificación:* En base a la información que se suministra en el marco teórico, se procede a identificar los conceptos y procesos mas importantes para el diseño de este tipo de formaleta.
- *Categorización:*
 - ❖ Se identifican las diversas etapas en la ejecución de las formaletas.
 - ❖ Se determinan las deformaciones que presenten los tres modelos de fibra de vidrio bajo la acción de cargas impuestas por el concreto al paso del tiempo, de este modo se selecciona el modelo que menos deformación presente.
 - ❖ Se realiza una comparación de diversos aspectos importantes entre el modelo en fibra de vidrio seleccionado y los modelos tradicionales (*acero y madera*). Este paso y el anterior se realizaron con la ayuda de expertos en el tema.
- *Análisis cualitativo:* con la respectiva información categorizada expuesta anteriormente, se analizó cada uno de estos aspectos, para finalmente generar conclusiones y comprobar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

El esquema que representa la jerarquía y orden del procesamiento de datos, es el siguiente, yendo de izquierda a derecha:



Figura N°21. Esquema del procesamiento de datos

5.3 Medición de deformaciones

Uno de los objetivos de esta investigación, es conocer cual de las formaletas fabricadas cumple con la resistencia suficiente para soportar las cargas a las que estará expuesta en el momento del vaciado y fraguado del concreto; por tal razón se decide colocar un deformimetro por cada cara, tanto en las dos laterales (*debido a presiones hidrostáticas del concreto*) como en la superior (*la cual soportara el peso del concreto, de la malla electrosoldada y de los obreros*).



Para las mediciones se implementa el uso de tres deformímetros marca Baker, los cuales pueden medir deformaciones entre 0.001” hasta 1”, siendo el instrumento apropiado para las necesidades de esta investigación. Cabe resaltar que estos instrumentos fueron suministrados como préstamo por la Universidad de Cartagena, durante un tiempo máximo de un mes, el cual es suficiente para obtener las mediciones solicitadas.



Figura N°22. Deformímetro Baker

5.4 Formato de recolección de datos

Con cada una de las formaletas el proceso de ensayo es idéntico, se realiza también un mismo mecanismo de recolección de datos, basándose fundamentalmente en el tiempo de fraguado del concreto, debido a que una vez el concreto fragüe y tome la forma impuesta por el encofrado, este último ya habrá cumplido su labor y puede ser retirado.

A continuación se muestra la tabla de datos, la cual tiene un total de 44 mediciones, esta se debe diligenciar durante el ensayo de cada modelo de formaleta, donde se indican los diferentes tiempos en que se anotarán las mediciones marcadas en los deformímetros, para cada una de las caras internas de la formaleta:

Tiempo	No. Medición	Hora	Cara Lateral 1	Cara Superior	Cara Lateral 2
Persona sobre la formaleta, sin concreto	Medición #1				
Persona sobre la formaleta, con concreto	Medición #2				
Únicamente concreto	Medición #3				
30 minutos después	Medición #4				



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

DIA 2	1 hora despues	Medición #5				
	1 hora y media despues	Medición #6				
	2 horas despues	Medición #7				
	2 horas y media despues	Medición #8				
	3 horas despues	Medición #9				
	3 horas y media despues	Medición #10				
	4 horas despues	Medición #11				
	4 horas y media despues	Medición #12				
	5 horas despues	Medición #13				
	5 horas y media despues	Medición #14				
	6 horas despues	Medición #15				
	6 horas y media despues	Medición #16				
	7 horas despues	Medición #17				
	5 horas después de medición #17	Medición #18				
	6 horas después de medición #18	Medición #19				
	6 horas después de medición #19	Medición #20				
	DIA 2	6 horas después de medición #20	Medición #21			
6 horas después de medición #21		Medición #22				
6 horas después de medición #22		Medición #23				
6 horas después de medición #23		Medición #24				
DIA 3	6 horas después de medición #24	Medición #25				
	6 horas después de medición #25	Medición #26				
	6 horas después de medición #26	Medición #27				
	6 horas después de medición #27	Medición #28				
DIA 4	6 horas después de medición #28	Medición #29				
	6 horas después de medición #29	Medición #30				
	6 horas después de medición #30	Medición #31				
	6 horas después de medición #31	Medición #32				
	6 horas después de medición #32	Medición #33				



DIA 6	6 horas después de medición #33	Medición #34				
	6 horas después de medición #34	Medición #35				
	6 horas después de medición #35	Medición #36				
	6 horas después de medición #36	Medición #37				
	6 horas después de medición #37	Medición #38				
	6 horas después de medición #38	Medición #39				
	6 horas después de medición #39	Medición #40				
DIA 7	6 horas después de medición #40	Medición #41				
	6 horas después de medición #41	Medición #42				
	6 horas después de medición #42	Medición #43				
	6 horas después de medición #43	Medición #44				

Se decide tomar la primera lectura, justo después del vaciado total del concreto, por que es uno de los momentos en que la formaleta esta expuesta a gran presión generada por el concreto que esta ahora ocupando lo que antes era espacio vacío. Después de esto se hace una revisión exhaustiva y continúa en las primeras siete horas posteriores al vaciado, debido a que es el tiempo promedio en que el concreto logra fraguar bajo condiciones normales de temperatura y humedad. Al paso de estas horas iniciales, las mediciones se realizan cada seis horas hasta cumplir un máximo de siete días (*incluyendo el día en que se vació el concreto*), ya que este es el lapso usual en que el concreto tiene la resistencia suficiente (*no la máxima, pero si la suficiente*) para retirar la formaleta y a logrado adquirir la forma deseada.

Una vez se hallan tabulado los datos de las tres formaletas, se procede a realizar el respectivo análisis que finalmente arrojará las conclusiones que ésta investigación desea alcanzar.

5.6 Sitio y tiempo del proyecto

La ejecución del estudio se realizó en el Edificio Diana del Mar, ubicado en el barrio Marbella, siendo esta la residencia del autor de este trabajo de grado. Se optó por esta localidad debido a que los deformímetros cuentan con un alto grado de sensibilidad, por tal razón se necesita un sitio calmado, donde no haya muchas personas caminando alrededor del ensayo, así el riesgo de alguna anomalía en las mediciones sería prácticamente nulo. Con respecto al tiempo, la prueba se desarrollo del 26 de Abril al 16 de Mayo del 2015, fechas en las cuales diariamente se obtenían mediciones, cuatro veces al día.



5.7 Estructura de madera

Al definir finalmente la formaleta, se pasó a diseñar una estructura complementaria en madera, que brindará soporte en el ensayo. En todo el perímetro de ésta habrá un conjunto de entablado, con el objetivo de impedir que el concreto se desborde y hacer el papel de una formaleta vecina ficticia, este entablado tendrá una altura de 40cm, para que haya espacio suficiente para que se pueda formar la losa. Para agregarle mayor resistencia al entablado, se colocó un refuerzo con listones de madera tanto vertical como horizontal, de este modo se puede contrarrestar la fuerza hidrostática del concreto. La estructura descansa sobre cuatro postes de madera, que le ofrecen quietud a la estructura completa, facilita también descimbrar la formaleta del concreto ya que tiene la altura suficiente para que una persona entre por debajo y ejerza la fuerza para el desprendimiento y finalmente ofrece altura necesaria para que las lecturas se realicen con mayor comodidad. Se obtiene visualmente una especie de mesa de cuatro patas, que asemeja el sistema aporcado de una construcción usual.

A continuación se muestra un bosquejo a mano de la formaleta dentro de la estructura de madera y uno de los cuatro postes, la fuente de la foto es procedente del mismo autor:

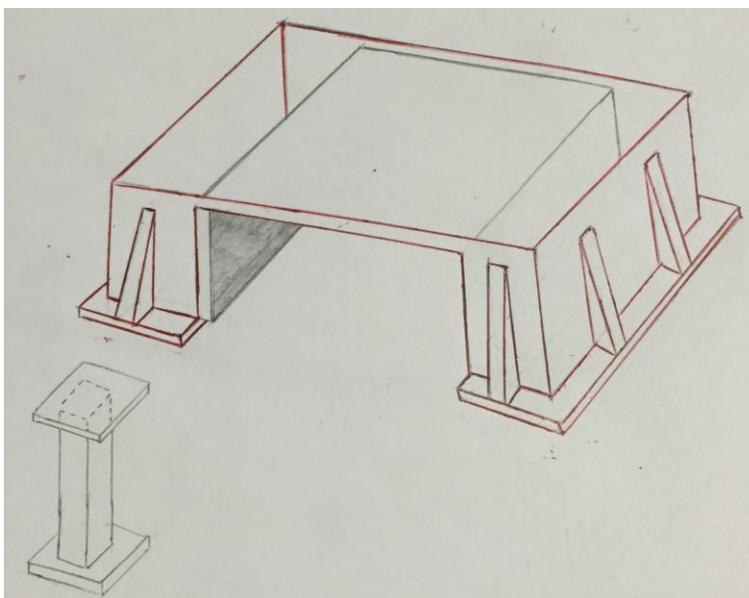


Figura N°23. Cofre de Madera



La formaleta descansa sobre una plataforma base que es removible y que esta sostenida sobre tres grandes listones que van en todo el sentido transversal de la plataforma, estos listones son removibles, dependiendo de la necesidad que se tenga en el momento, cuando se coloque la formaleta sobre la estructura los listones deben estar bien atornillados para soportar el peso, pero cuando se desee desembrar la formaleta del concreto, se deberá reprimir los listones y de este modo la parte interna de la formaleta quedara expuesta y podrá entonces ser desprendida del concreto ya fraguado, haciendo uso de las cuatro agarraderas ubicadas en el interior. Para evitar que el concreto se pegue a la estructura de madera y permitir que esta ultima sea reutilizable para los tres ensayos, se opto por cubrir con polietileno transparente toda la superficie de la madera que hiciera contacto con el concreto.

5.8 Elaboración de formaleta

En este trabajo se explica el paso a paso para la elaboración de la formaleta en fibra de vidrio que se diseñó, de este modo si alguna persona esta interesada en construir una idéntica o similar, podrá recurrir a este informe donde logrará recibir orientación al respecto. El proceso de elaboración se realizó en las instalaciones de la empresa “Rotofibra” ubicada en la ciudad de Cartagena, específicamente en el barrio “El Bosque”, donde se siguió el transcurso completo de construcción, con el fin de almacenar cada etapa constructiva a través de un conjunto de fotos, con una descripción respectiva de cada una.

5.9 Cargas

Las cargas a las que estará sometida la formaleta son básicamente dos, una será la carga que genera el concreto con su acero de refuerzo en los dos estados que interesan en esta investigación: estado liquido (*al inicio del ensayo*) y compacto-fraguado (*al paso de los días*).

El segundo seria la simulación de los obreros que caminan sobre la formaleta, para este ensayo se supondrá que únicamente habrá un obrero de un peso corporal promedio (60-80 kg) ubicado sobre la cara superior de la formaleta, así se podrá asemejar la situación mucho mas a la vida real.



5.10 Numero de formaletas a ensayar

Con el fin de generar conclusiones definitivas y seguras, se decidió ensayar tres formaletas con grosores (*numero de capas de fibra de vidrio*) diferentes, de este modo podemos saber cual es el grosor justo y adecuado para que la formaleta no falle una vez las cargas ejerzan fuerza sobre ella.

Se partió del numero de capas de fibra que el especialista recomendó, en este caso recurrimos a la empresa “Rotofibra”, en donde el ingeniero Javier Hurtado, brindo las recomendaciones pertinentes para que la formaleta funcione, basándose en su experiencia como ingeniero a cargo de esta empresa por varios años.

La primera formaleta tiene el numero de capas que el ingeniero sugirió, la segunda tiene menos cantidad de capas, mientras que la tercera tendrá una mayor cantidad. A las tres formaletas se les ejerció las mismas cargas y el proceso de ensayo será exactamente el mismo, para que al final se pueda generar una comparación entre estas tres y se decida cual es la que cumple con la mayor resistencia, en caso que mas de una resista las cargas, se optara entonces por la que brinde mayor beneficio económico de hechura.

A continuación se muestra una tabla con los grosores y numero de capas de cada una de las formaletas:

Formaleta	Numero de capas de fibra de vidrio	Grosor
Formaleta 1	3 Matt y 2 Combo Matt	4 mm
Formaleta 2	3 Matt y 3 Combo Matt	4.5 mm
Formaleta 3	3 Matt y 4 Combo Matt	5 mm

Tabla N°3. Capas y grosores de los distintos modelos de formaletas.

5.11 Procedimiento del ensayo

- El ensayo inicia colocando la formaleta junto a la estructura de madera lo mas alineada y precisa posible. El diseño tanto de la formaleta como de esta estructura se realizo para que estas encajaran con mucha facilidad, así que este primer paso no representara mayor complicación.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

- Se cubre toda la cara externa de la formaleta con polietileno, éste impedirá que el concreto se adhiera a la formaleta.
- Las varillas de acero se doblan, cortan y amarran según las dimensiones de la formaleta y de este modo encajen perfectamente.
- Los deformímetros son ajustados con la manecilla en cero y luego son ubicados en cada pared interna de la formaleta, así quedan listos para las posteriores lecturas.
- Se prepara manualmente el concreto, teniendo atención y cuidado en las proporciones correctas de cada componente.
- Se ubica sobre la formaleta un hombre de peso promedio y se anotan las primeras mediciones. Al instante el hombre desciende.
- Inicialmente el concreto se vacía dentro del espacio que se forma al juntar la formaleta con la estructura de madera.
- Luego se esparce el concreto con ayuda de un palustre a lo largo de toda la cara superior de la formaleta.
- Inmediatamente se coloca la malla electrosoldada, cortada anticipadamente con las medidas necesarias.
- Posteriormente se rellena con más cantidad de concreto hasta llegar a los cinco centímetros de espesor de losa exigidos según el diseño inicial.
- De inmediato la misma persona con la que se obtuvo la primera medición, se ubica nuevamente sobre la formaleta que ya contiene concreto vaciado, así se adquieren las segundas mediciones.
- El volumen que ocupaba los pies del hombre es relleno con concreto nuevamente hasta el tope (*5cm de altura*) y se nivela la superficie con ayuda del palustre.
- Seguidamente se toman las terceras mediciones, que corresponden a las deformaciones producidas por las cargas únicamente del concreto.
- Después del paso anterior, se deben anotar las mediciones obtenidas según los tiempos que se estipularon en el formato de recolección de datos del inciso 5.4.
- Una vez se tome la última medición (*medición #44*) se retiran los deformímetros y se sueltan los tornillos que sostienen la plataforma inferior de madera, de esta forma se logra tener espacio suficiente para realizar el desmonte de la formaleta.
- Se usan las 4 agarraderas internas para que manualmente se aplique fuerza y se desprenda la formaleta del concreto.
- Finalmente se observa el acabado que obtuvo el concreto, una vez la formaleta haya sido totalmente desmontada.
- El mismo procedimiento descrito anteriormente se repetirá con las otras dos formaletas a ensayar.



5.12 Procesamiento y análisis de información

Los resultados que se obtengan de cada una de las formaletas ensayadas serán tabulados en el formato que se mostro en el inciso 5.4, para luego ser digitalizados a computador, de este modo se facilita la interpretación y el análisis de los resultados en los diferentes tiempos en que se tomaron las medidas de los deformímetros, y hacer una comparación entre las tres formaletas, para determinar cual de ellas cumple con la resistencia necesaria y demande los costos justos y necesarios para quien desee usarla.

En la representación de resultados se hará uso de gráficos de dispersión y cuadros comparativos de los datos obtenidos, permitiendo apreciar con mayor facilidad las conclusiones de esta investigación.

5.13 Comparación con formaletas tradicionales

Al finalizar el análisis de las tres formaletas y definir cual es el modelo adecuado en el tema de resistencia y economía, se procede a realizar una comparación con las formaletas tradicionalmente usadas (*hierro y madera*), donde se podrá concluir cuales son las ventajas y desventajas en los siguientes aspectos:

- Resistencia
- Vida útil
- Tamaño y peso
- Acabados
- Transporte
- Desmonte
- Limpieza-Mantenimiento
- Técnicas de uso
- Economía
- Ecología

Estas comparaciones son las que permitirán afirmar a través de las conclusiones, que tan rentable es el uso de formaletas en fibra de vidrio, frente a las formaletas clásicas del mercado.



6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Diseño de formaleta

6.1.1 Criterio y parámetros para dimensionamiento de formaleta

En el diseño inicial, se usó un conjunto de parámetros máximos y mínimos para las losas nervadas de entrepisos, que están estipulados en la norma NSR10, con el fin de tener un criterio apropiado de diseño para la formaleta. A continuación se muestra un gráfico de una losa nervada, con las dimensiones recomendadas:

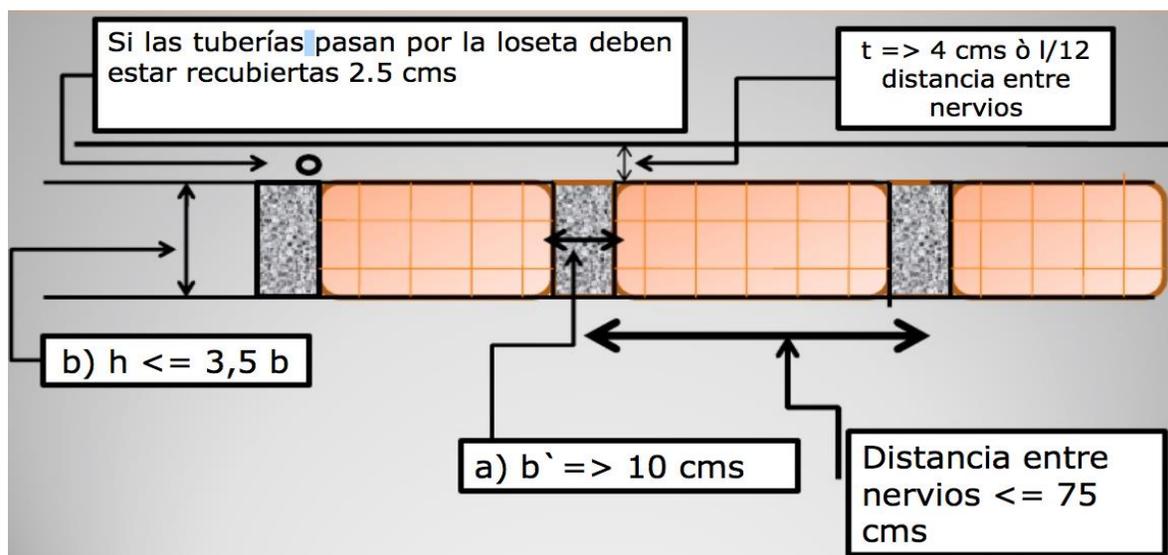


Figura N°24. Parámetros y relaciones de losas nervadas según NSR10

- **Espesor de la loseta:** 5cm.
- **Ancho mínimo de viga o nervio:** 10 cm.
- **Altura máxima de viga o nervio:** 3.5 veces el ancho
- **Distancia máxima entre viga o nervio (cara a cara):** 75 cm, si excede los 5m se coloca un nervio transversal en la mitad del tramo.

Teniendo claro este conjunto de parámetros, se pudo posteriormente realizar un bosquejo a mano de lo que sería la formaleta a construir, este se muestra a continuación, donde se especifica su forma y dimensiones, la fuente de las fotos es procedente del mismo autor:

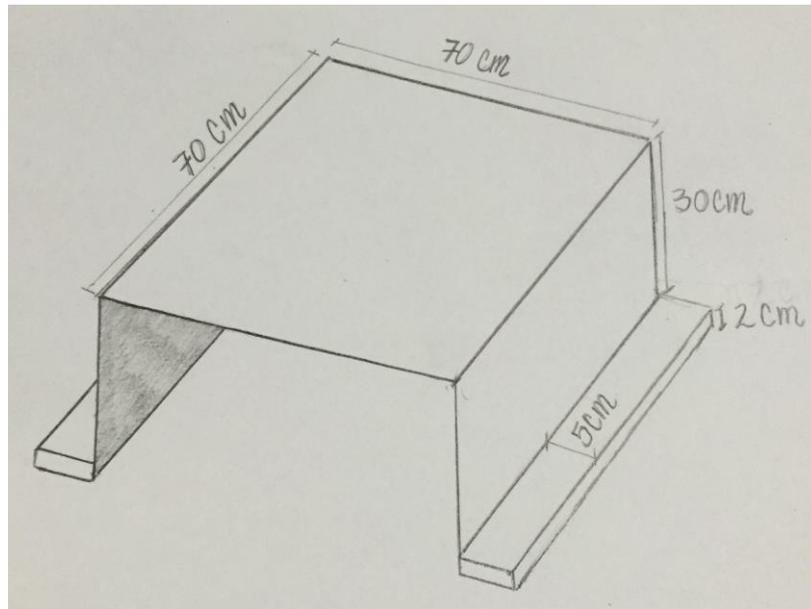


Figura N°25. Forma y dimensiones del diseño de la formaleta

- Con esta formaleta obtendremos un casetón de 70x70cm (cuadrado), esto fue determinado según criterios del diseñador.
- Tendrá un alto de 30cm, esta misma será la altura de la viga.
- Una pestaña cuyo anchura es de 5cm, que con la unión de la formaleta vecina, sumaran el ancho total de la viga, el cual será de 10cm.
- La altura de la pestaña anteriormente mencionada será de 2cm, esta se diseño con el fin de conectar perfectamente cara con cara de ambas formaletas.

6.1.2 Medición de deformaciones

Para permitir la visualización de las mediciones arrojadas por los deformímetros desde el momento en que se vacía el concreto, hasta el fraguado, se decide entonces dejar dos caras laterales de la formaleta al descubierto, cabe aclarar que esto únicamente sucede por fines experimentales, mientras que en la elaboración de una losa real en una obra, la formaleta si poseerá sus cuatro caras laterales (herméticamente cerrada).

A continuación se muestra el bosquejo a mano de la forma en que los deformímetros quedarían instalados:

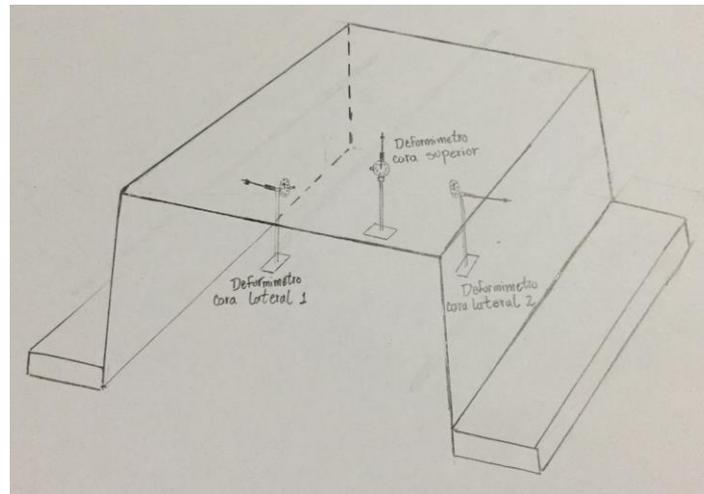


Figura N°26. Ubicación de deformímetros

6.1.3 Unión de varias formaletas

En esta investigación se ensayará una sola formaleta a la vez, por lo tanto no estará conectada con ninguna formaleta vecina en el momento de la prueba, mas sin embargo, en el diseño se tuvo en cuenta una altura de 2cm de la pestaña que le da forma a la viga, para así poder enlazar en el modelo de construcción real (*el de las 4 paredes laterales*) futuras formaletas que finalmente conforman lo que sería la losa.

A continuación se muestra el bosquejo a mano de cómo se conectarían dos formaletas:

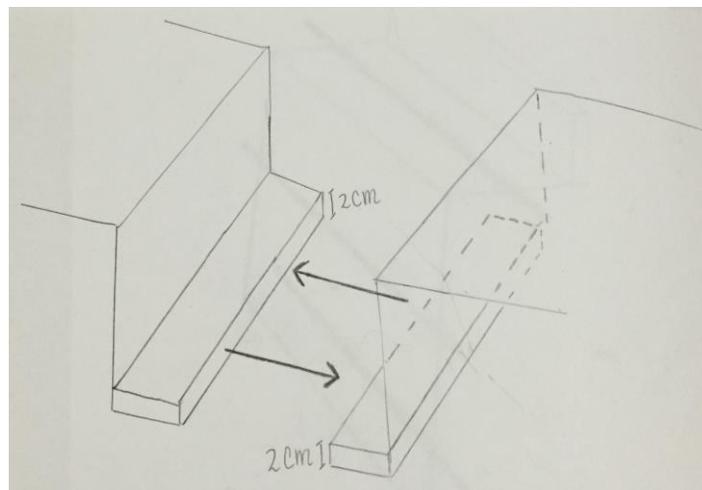


Figura N°27. Antes de conectar dos formaletas

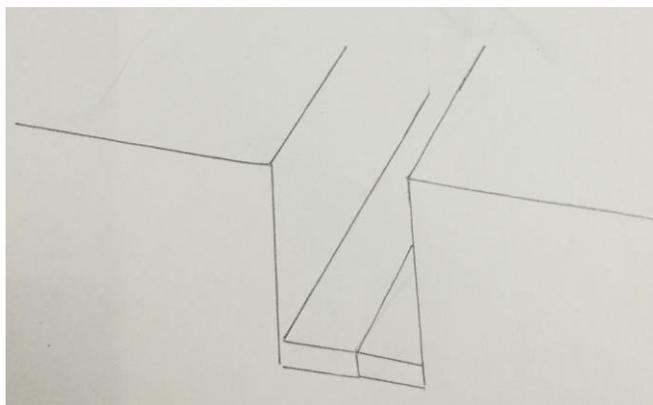


Figura N°28. Después de conectar dos formaletas

En el espacio que se forma después del junte de ambas formaletas, es donde iría el refuerzo de acero de las vigas, este refuerzo dependerá del diseño realizado por el calculista de la estructura.

6.1.4 Desmonte de formaleta

En el interior de la formaleta aparte de los deformímetros, se encuentran también cuatro agarraderas. Dos están ubicadas en los extremos inferiores de las caras laterales, que permiten el desprendimiento de los costados (*una vez el concreto haya fraguado*) y las otras dos agarraderas estarán ubicadas en los extremos de la cara superior para realizar el desprendimiento de la cara superior y de esta forma poder desmontar totalmente la formaleta. Para facilitar el trabajo de desmonte se recomienda recubrir con polietileno toda la cara externa de la formaleta, evitando la adherencia del concreto y así tener que ejercer menos fuerza a las agarraderas. A continuación se muestra un bosquejo a mano de la ubicación de las cuatro agarraderas en el interior del encofrado:

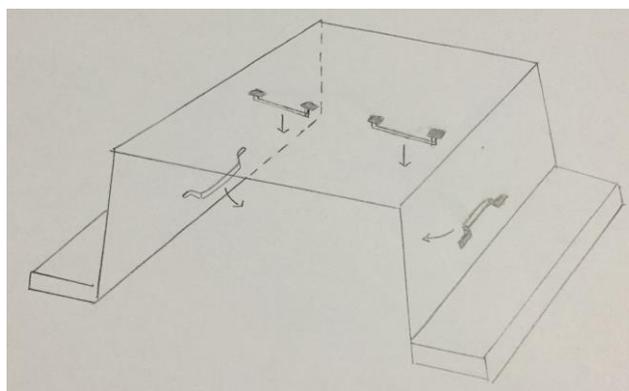


Figura N°29. Agarraderas en el interior de la formaleta



6.2 Proceso de elaboración de la formaleta

Gracias a la colaboración y autorización del ingeniero Javier Hurtado, propietario y gerente de la empresa “Rotofibra”, se pudo tener acceso al área donde se fabricaron las tres formaletas en fibra de vidrio, pudiendo así redactar a continuación el proceso constructivo íntegro de dichos encofrados. A continuación se hace énfasis únicamente en el primer modelo realizado (*el de menor grosor-menor cantidad de capas de fibra*), debido a que el procedimiento de los otros dos modelos es bastante similar (*exceptuando el número de fibras*), la fuente de todas las fotos son procedentes del mismo autor:

El proceso inicia realizando un molde en madera (*triplex*), cumpliendo con las dimensiones del diseño previamente elaborado y ubicando inmediatamente la cara del molde que estará en contacto con la fibra. A esta cara se le aplica una capa de “Gelcoat 112” y se deja secar de treinta a cuarenta minutos para posteriormente ser pulida, brindando un acabado liso (*el cual será el responsable final de que la formaleta obtenga la cara tersa que se buscaba*). Luego esta cara se limpia con cera desmoldante (*facilitando el desprendimiento entre madera y fibra*), la cual es retirada al cabo de dos minutos y transcurre un tiempo de veinte minutos para entonces pintar nuevamente una capa de Gelcoat que poseerá un catalizador al 5% (*un kilo de Gelcoat son 5gr de peróxido*), esta brindará un acabado suave, parejo y de color blanco a la capa de fibra de vidrio que esta en contacto con el molde; su tiempo de secado es de media hora.



Figura N°30. Cera Desmoldante



Figura N°31. Gelcoat 112



Figura N°32. Molde de Madera, con el Gelcoat seco y pulido.



Figura N°33. Aplicación de Gelcoat con Catalizador.

Cabe anotar que desde hace poco tiempo la pintura Gelcoat es fabricada en Cartagena (*Novasuin s.a.s.*), ya que anteriormente era traído de Medellín (*Andercol s.a.*), permitiendo la disminución de costos en cualquier obra de fibra de vidrio llevada a cabo en la ciudad, logrando conseguir en la ciudad el kilo de Gelcoat a \$23.000 pesos.

Una vez transcurrida la media hora, se inicia la aplicación de las capas de fibra de vidrio. Para este primer modelo se aplicaran tres capas de Matt y dos capas de Combo Matt (*conjunto de Matt y Roving*). En los tres modelos se aplicara en primer lugar la fibra Matt, con el fin de obtener un acabado liso. Según la experiencia de los trabajadores de Rotofibra, si se aplica en primera instancia la capa de Combo Matt, los cuadros que conforman el tejido Roving, aparecerán grabados en la superficie, obteniendo una acabado corrugada, que en este caso no es lo deseado.



Figura N°34. Fibra Matt



Figura N°35. Fibra Combo Matt



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Antes de pegar la primera capa Matt, se debe aplicar una capa de resina P500, elaborada por Novasuin, ésta también tendrá un catalizador (al 5%) que facilitara el secado y adherencia de las distintas fibras; siempre que se aplique una tela, se debe humedecer en su totalidad con resina e inmediatamente colocarse la próxima tela, hasta llegar al numero de capas deseadas.



Figura N°36. Resina P500 de Novasuin



Figura N°37. Aplicación de primera capa de Resina



Figura N°38. Aplicación de Capa Matt



Figura N°39. Ubicar bien la fibra en el molde



Figura N°40. Nuevamente se aplica Resina



Figura N°41. Aplicación de segunda capa, Combo



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Este mismo procedimiento que se puede apreciar en las fotografías anteriores se repite las veces que sean necesarias, hasta completar el total de capas que se fijaron para este modelo de formaleta (5 en total). Se espera que la capa final de resina este seca en aproximadamente diez a quince minutos, para entonces cortar con un cuchillo toda la fibra excedente; seguidamente, transcurre un tiempo mínimo aproximado de 8 a 10 horas para que las fibras alcancen la consistencia necesaria para ser retiradas del molde.



Figura N°42. Corte de material sobrante



Figura N°43. Apariencia de fibra después de 5 horas

Una vez pasa el tiempo en que la fibra adquiere la consistencia necesaria, se procede con una pulidora a limar la superficie y remover cualquier otro imperfecto restante, con el fin de no dejar residuos puntiagudos que puedan herir a alguna persona.

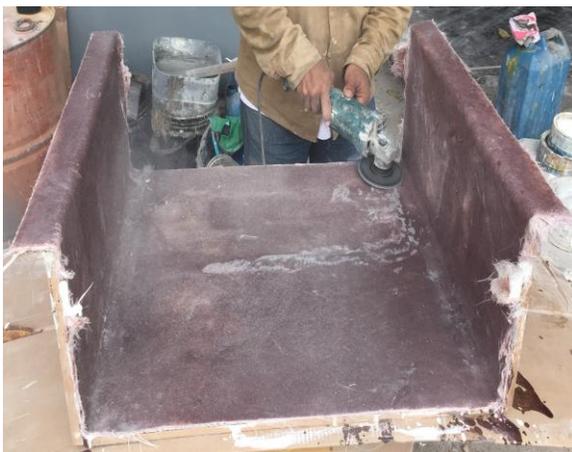


Figura N°44. Puliendo, para acabado liso



Figura N°45. Puliendo bordes y delineando la formaleta



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Cuando se ha logrado un acabado prudente con la pulidora, se procede a desprender la fibra solida del molde de madera, haciendo uso de pequeños golpes proporcionados con un maso de madera, tanto en las capas internas como en las capas externas, con el fin de desprender ambas superficies, aunque la mejor herramienta para proporcionar palanca entre cara y cara, es un destornillador de pala o una espátula, ejerciendo presiones a lo largo de todo el perímetro de la formaleta, hasta lograr el desprendimiento total, cabe aclarar que se debe tener sutileza en el momento de realizar este movimiento, para no lastimar los bordes tanto de la formaleta como del molde de madera, ya que este ultimo se reutilizara próximamente para construir las otras dos piezas.



Figura N°46. Pequeños golpes con maso de madera



Figura N°47. Palanca en los bordes, con espátula



Figura N°48. Desprendimiento parcial



Figura N°49. Desprendimiento total de fibra y molde de madera



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Una vez se completo el desprendimiento entre la formaleta y el molde de madera, se realizo un chequeo sencillo de resistencia, este consistía en que el obrero encargado de la elaboración de este trabajo se tenia que poner de pie sobre la formaleta y esta no debía presentar grandes deformaciones, pero tanto en este modelo (*el de menor grosor*) como en el segundo modelo construido (*una capa extra en comparación al primer modelo*), se presentaron deformaciones mayores a las deseadas, por tanto se opto por colocar refuerzos en el interior de la formaleta, estos refuerzos fueron construidos en su totalidad en fibra de vidrio, teniendo una composición de dos capas Combo Matt y dos capas Matt, consiguiendo finalmente una lamina con un grosor de cinco milímetros. En dicha lamina se trazo a lápiz las dimensiones de los listones para posteriormente ser cortados con una sierra, estos cumplirán la función de refuerzo, evitando las deformaciones que se podrían llegar a presentar al momento de elaborar el ensayo de concreto. Una vez cortados los listones se procede a pulirlos para eliminar cualquier imperfección y posean una superficie lisa que admita la adherencia ideal con la fibra de la formaleta haciendo uso de una macilla elaborada artesanalmente (*talco simple en polvo, resina y cobalto para acelerar el secado*) en la misma empresa, a la cual se le aplicara un catalizador al cinco por ciento. Con el fin de obtener un refuerzo rígido y que le ofreciera a la formaleta mayor resistencia, se decidió pegar un listón sobre otro para conformar uno doble, de diez centímetros de espesor. La macilla jugo un papel fundamental como pegamento.



Figura N°50. Lamina con listones marcados a lápiz



Figura N°51. Listones de refuerzo



Figura N°52. Preparación de macilla



Figura N°53. Listones doble, haciendo uso de la macilla.

Se espero que transcurrieran diez minutos para permitir que la macilla fraguara y así los listones dobles estuvieron listos para ser adheridos a la formaleta. Se ubicaron dos a lo largo del sentido transversal, con una distancia entre ambos de veintitrés centímetros y se colocaron cuatro refuerzos angulados por formaleta, estos últimos con el fin de servir como aguante a las paredes laterales, estos se colocaron a una distancancia entre ambos de veinticinco centímetros. Se determinaron estas distancias basándose en la idea de escoger medidas simétricas (*uniformes*) teniendo en cuenta las dimensiones de la formaleta.



Figura N°54. Refuerzos adheridos al interior de la formaleta.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Para finalizar con el interior de la formaleta se procedió a cubrir los refuerzos con pequeños retazos de fibra de vidrio (*en promedio cinco pequeños pedazos*), únicamente haciendo uso de Matts, con la finalidad de darle un toque estético y proporcionar un fin estructural monolítico, entre refuerzo y formaleta. En segundo lugar el herrero de la empresa elaboro unas agarraderas de hierro, que según el diseño previo, tienen como objetivo proporcionar un empuñe para desplegar fuerza suficiente al momento del ensayo en el que se desee desembrar la formaleta del concreto fraguado. Estas agarraderas también fueron cubiertas con aproximadamente cinco pequeños retazos de fibra Matt, para que sean monolíticas con la formaleta y también para mayor confortabilidad para la persona que haga uso de ellas. Seguidamente se aplico en toda la cara interna una capa de Gelcoat gris, para que tenga un acabado estético y sin desgastes a la vista. Se finalizó pintando con Gelcoat blanco y luego lijando, tres recuadros de pequeñas dimensiones en el centro de cada una de las caras internas, donde hacen contactos los deformímetros con la formaleta, el objetivo de este último paso fue lograr una superficie lisa y pareja para obtener mediciones con mayor precisión y facilidad. Con todos estos pasos la cara interna de la formaleta quedó lista.



Figura N°55. Retazos de fibra sobre refuerzos.



Figura N°56. Agarraderas de hierro.



Figura N°57. Cara interior finalizada de la formaleta.

Una vez se finalizó el interior de la formaleta, se dispuso a construir las dos pestañas de las caras laterales que son las que permiten la conexión de una formaleta con otra (*cuando se desee construir una losa totalmente completa*) y las que impiden que la formaleta se abra y pierda estabilidad. Este proceso inició con el pulimento de la superficie donde se construirían las pestañas, de este modo el área estaría lo más homogénea y nivelada posible para aplicar las posteriores capas de fibra; luego se construyó una estructura de listones de triplex que tenían una altura de dos centímetros y tenían forma afinadamente cuadrada, los cuales bordearon todo el perímetro de cada pestaña y tenían como objetivo brindar la altura deseada según el diseño inicial de la formaleta (*2 centímetros*) funcionando como molde para que las pestañas tuvieran las dimensiones deseadas. Justo después se aplicó una capa de resina e inmediatamente se colocaron dos retazos de fibra Matt, estas tenían las mismas medidas que la pestaña. Para que la pestaña ganara la misma altura de los listones se decidió hacer uno de fibra en hilo, esta es la misma fibra que se utiliza normalmente para hacer los tejidos de las telas de Matt y de Combo Matt, con la diferencia de que viene suelta; esta le proporciona volumen a las pestañas. Justo después se aplicó una cantidad suficiente de resina que humedeciera todas las fibras de hilo y se colocaron dos capas finales de Matt; se dejó secar por aproximadamente cinco horas para que obtuviera consistencia. Cuando transcurrió el tiempo se retiraron los listones de madera para entonces pulir y enmasillar la pestaña, brindando un acabado cuadrado y definido, tratando de eliminar cualquier imperfección. Finalmente se aplica la pintura Gelcoat blanca, se deja secar por un tiempo de media hora y para darle un acabado liso y brillante se pule con lijas desde la No. 100 hasta la No. 1200.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “



Figura N°58. Listones de madera de 2cm de alto.



Figura N°59. Rollo de hilo de fibra.



Figura N°60. Aplicación hilo en las pestañas laterales laterales.



Figura N°61. Relleno con resina en pestañas



Figura N°62. Últimas capas de Matt en pestañas



Figura N°63. Pestañas finalizadas.

De este modo se culmina el proceso constructivo de la formaleta en fibra. Cabe resaltar que se siguió este mismo procedimiento para las tres formaletas que estaremos evaluando en este trabajo, con la única diferencia en que las dos primeras (*las de menor espesor*) se tuvieron que fortificar con refuerzos internos en fibra de vidrio y así poseer la consistencia necesaria para soportar las cargas a las que estarían sometidas durante los ensayos con concreto. Con la última formaleta (*mayor grosor*) no fue necesario aplicar el refuerzo en su interior (*omitiendo en su proceso constructivo todo lo referente a este*), ya que el número de capas de fibra de vidrio fue suficiente para brindarle la consistencia necesaria.

6.3 Proceso de elaboración de la estructura de madera

Al definir finalmente la formaleta, se pasó a diseñar una estructura complementaria en madera, que brindará soporte en el ensayo. En todo el perímetro de ésta habrá un conjunto de tablestaca, con el objetivo de impedir que el concreto se desborde y hacer el papel de una formaleta vecina ficticia, estas tablestacas tendrán una altura de 40cm, para que haya espacio suficiente para que se pueda formar la losa. Para agregarle mayor resistencia a la tablestaca, se colocó un refuerzo con listones de madera tanto vertical como horizontal, de este modo se puede contrarrestar la fuerza hidrostática del concreto. La estructura descansará sobre cuatro postes de madera (*pino de setenta y cinco centímetros de alto*), que le ofrecen quietud a la estructura completa, facilita también desembrar la formaleta del concreto ya que tiene la altura suficiente para que una persona entre por debajo y ejerza la fuerza para el desprendimiento y finalmente ofrece altura necesaria para que las lecturas se realicen con mayor comodidad. Se obtiene visualmente una especie de mesa de cuatro patas, que asemeja el sistema aporcado de una construcción usual.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

La formaleta descansa sobre una plataforma base que es removible y que esta sostenida sobre tres listones del mismo pino de las patas de la estructura que van en todo el sentido transversal de la plataforma, estos listones son removibles, dependiendo de la necesidad que se tenga en el momento, cuando se coloque la formaleta sobre la estructura los listones deben estar bien atornillados para soportar el peso, pero cuando se desee desembrar la formaleta del concreto, se deberá reprimir los listones y de este modo la parte interna de la formaleta quedara expuesta y podrá entonces ser desprendida del concreto ya fraguado, haciendo uso de las cuatro agarraderas ubicadas en el interior. Para evitar que el concreto se pegue a la estructura de madera y permitir que esta ultima sea reutilizable para los tres ensayos, se opto por cubrir con polietileno transparente toda la superficie de la madera que hiciera contacto con el concreto.

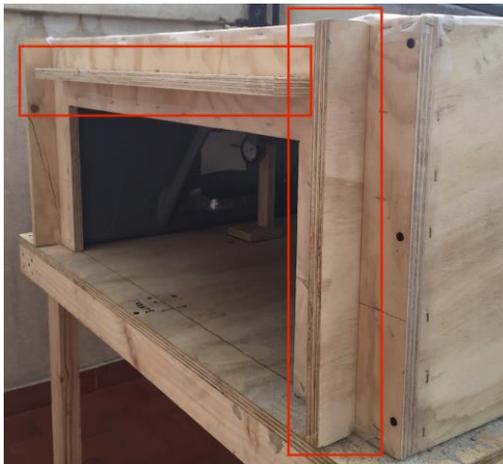


Figura N°64. Refuerzos verticales y horizontales.



Figura N°65. Listones removibles.



Figura N°66. Muestra de polietileno.



Figura N°67. Estructura de madera finalizada.



Finalmente en triplex también se construyeron tres pequeñas torres de madera, cada una tendrá la altura necesaria (*quince centímetros*) para sostener en su extremo con un tornillo al deformímetro, los cuales estarán en contacto con las tres caras internas de la formaleta, específicamente los pistones harán contacto con los pequeños recuadros pulidos y pintados con Gelcoat blanco.



Figura N°68. Torres de madera con deformímetros realizando medidas .

Para el proceso constructivo de esta estructura se conto con la asesoría de un carpintero, el cual sugirió que se realizara la compra de los siguientes elementos para la correcta elaboración de la estructura:

Ítem	Cantidad (Und.)	Costo total
<i>Lamina de Triplex</i>	1	\$95,000
<i>Listones de Pino de 2 metros</i>	4	\$59,600
<i>Tornillo Dryw 8x2''</i>	50	\$3,000
<i>Tornillo Dryw 8x3''</i>	50	\$3,000
<i>Polietileno 3m x 5m</i>	1	\$5,500

Tabla N°4. Costos de materiales necesarios para elaborar estructuras de madera.

El carpintero se encargo de realizar todos los cortes pertinentes para obtener las piezas con las dimensiones exactas que permitieron la elaboración de la estructura.



6.4 Proceso previo a la toma de datos y las tres primeras mediciones

A continuación se redactara el proceso que se llevo a cabo para preparar la toma de datos del ensayo de resistencia de la formaleta No.1 que es la de menor espesor (*menor cantidad de capas de fibra*), dejando claro que los tres modelos de formaletas (*sin importar el espesor*), serán evaluados exactamente del mismo modo, por tal razón únicamente se explicara el paso a paso de una sola prueba, la fuente de todas las fotos procede del autor.

Para iniciar el proceso se realizo un conjunto de compras de materiales obligatorios para poder chequear la resistencia del modelo de formaleta No. 1, a continuación se enseña una tabla donde se especifican los diferentes materiales, cantidades y costos:

Ítem	Cantidad (Und.)	Costo total
<i>Varilla 3/8</i>	1	\$8,500
<i>Varilla 1/2</i>	1	\$13,500
<i>Bolsa de cemento Argos</i>	1	\$21,000
<i>Costal de agregado fino</i>	2	\$3,200
<i>Costal de agregado grueso</i>	2	\$6,000
<i>Kilo de Alambre quemado</i>	1	\$1,000
<i>Segueta</i>	1	\$4,000
<i>Polietileno negro</i>	1	\$9,000
Malla electrosoldada	1	\$17,500

Tabla N°5. Costos de materiales necesarios para realizar ensayo de resistencia.

Teniendo todos los materiales anteriores, procede a cortar una porción de polietileno (*el mismo que se uso para proteger la madera*) de 1,53 metros de largo por 71 centímetros de ancho, el cual cubriría toda la cara exterior de la formaleta (*la que hace contacto con el concreto*), para facilitar el desprendimiento del concreto fraguado y el encofrado.



Figura N°69. Polietileno cortado con las medidas requeridas

Luego se procede a realizar los cortes, dobladuras y amarres de las varillas de acero, que sirvieron como refuerzo para el concreto que se utilizó en las mediciones de las deformaciones. La armadura consistió en un solo armazón de acero que reforzó las dos viguetas y la losa; para las viguetas se utilizó dos varillas de $\frac{1}{2}$ ”, una en el eje negativo y otra en el eje positivo, distanciadas a veinticinco centímetros la una de la otra y ambas con una longitud de setenta centímetros. Para reforzar la losa frente a posibles deflexiones y conectar las varillas de las viguetas, se doblaron en forma de “U” tres varillas de $\frac{3}{8}$ ”, con un distanciamiento de treinta y cinco centímetros entre cada una y las tres con una longitud de un metro, que van de vigueta a vigueta. Todas estas varillas se unieron haciendo uso de alambre quemado. Luego se ubicó el armazón de acero y la malla electrosoldada junto a la formaleta para que el autor del trabajo de grado (*cuyo peso corporal es de setenta y ocho kilogramos*) se ubicó sobre la estructura y de esta forma se obtuvo la primera medición, la cual es anotada en la tabla de datos inmediatamente.

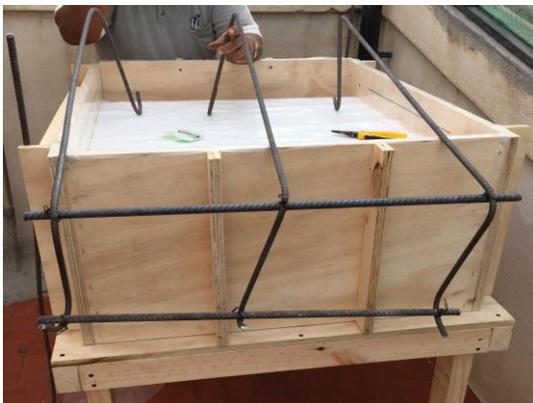


Figura N°70. Armadura de acero de refuerzo



Figura N°71. Amarre de varillas



Posteriormente se inicio la preparación del concreto. El diseño de mezcla que se utilizo fue con una dosificación de 1:2:3 para alcanzar una resistencia de 3000 psi; este hormigón fue hecho manualmente en su totalidad. Para no afectar el suelo de la terraza de la residencia, se hizo uso de un polietileno negro de grosor considerable y sobre este se preparo la mezcla. El total de concreto que se requirió para hacer el ensayo fue de 0.22 metros cúbicos.



Figura N°72. Preparación del concreto

Una vez la mezcla estuvo preparada, se hizo uso de un balde promedio y se empezó a vaciar poco a poco el concreto sobre la formaleta. Se inicio con las dos viguetas y se hizo uso de una varilla para realizar punzaciones y asentar el concreto, mientras que con un palustre se esparcía el concreto homogéneamente. De inmediato se coloco una vez mas la malla electrosoldada con dimensiones de 90 x 70 centímetros, que cumplió la función de refuerzo también para la losa, esta se amarro a las varillas con alambre quemado. Finalmente se preparo una pequeña cantidad de mortero para rellenar los pequeños espacios que quedaban con vacío y haciendo nuevamente uso del palustre se trato de dejar la superficie lo mas nivelada posible. De inmediateamente el autor del trabajo se volvió a colocar sobre la estructura, y así se obtuvo la segunda medición, la cual fue anotada en la tabla de datos inmediateamente. Contiguo a esto se nivelo nuevamente el concreto de la superficie teniendo en cuenta la altura diseñada para la losa (*cinco centímetros*) y de este modo se asienta la tercera medición en la tabla de datos.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “



Figura N°73. Vaciado del concreto en viguetas



Figura N°74. Proceso de vaciado del concreto



Figura N°75. Instalación de malla electrosoldada



Figura N°76. Vaciado y nivelación del concreto finalizado



6.5 Recolección de datos durante el ensayo

Con cada una de las formaletas el proceso y parámetros de recolección de datos es idéntico, basándose fundamentalmente en el tiempo de fraguado del concreto, debido a que una vez el concreto fragüe y tome la forma impuesta por el encofrado, este último ya habrá cumplido su labor y podrá ser retirado.

Inicialmente se muestran las deformaciones (*en pulgadas*) obtenidas en los ensayos a través de las tablas de datos que se diligenciaron durante los ensayos de cada modelo de formaleta, donde se indican los diferentes tiempos en que se anotaron las mediciones marcadas en los deformímetros para cada una de las caras internas de la formaleta, teniendo en cuenta que las tres primeras mediciones fueron obtenidas en el momento exacto en que se preparaba el acero de refuerzo y el concreto para el presente ensayo de deformación.

Posteriormente los datos tabulados se grafican a través de diagramas de dispersión, donde se aprecian las deformaciones máximas y mínimas, la variación a lo largo del tiempo, las horas en que aumentan y disminuyen, la tendencia y sobre todo definir cual de las tres es la formaleta apropiada.

Modelo de Formaleta No.1						
	Tiempo	No. Medición	Hora	Cara Lateral 1	Cara Superior	Cara Lateral 2
	Persona sobre la formaleta, sin concreto	Medición #1	6:55 p.m.	0,002	0,0026	0,003
	Persona sobre la formaleta, con concreto	Medición #2	7:36 p.m.	0,0064	0,0085	0,0058
DIA 1	Únicamente concreto	Medición #3	7:40 p.m.	0,0061	0,0057	0,0053
	30 minutos despues	Medición #4	8:10 p.m.	0,00613	0,00576	0,00531
	1 hora despues	Medición #5	8:40 p.m.	0,0062	0,00585	0,00538
	1 hora y media despues	Medición #6	9:10 p.m.	0,00626	0,00593	0,00544
	2 horas despues	Medición #7	9:40 p.m.	0,00627	0,00597	0,00544
	2 horas y media despues	Medición #8	10:10 p.m.	0,00628	0,0060	0,00545
	3 horas despues	Medición #9	10:40 p.m.	0,00629	0,00602	0,00547
	3 horas y media despues	Medición #10	11:10 p.m.	0,00633	0,00605	0,0055
	4 horas despues	Medición #11	11:40 p.m.	0,00634	0,00608	0,00551
	4 horas y media despues	Medición #12	12:10 a.m.	0,00635	0,00609	0,00555

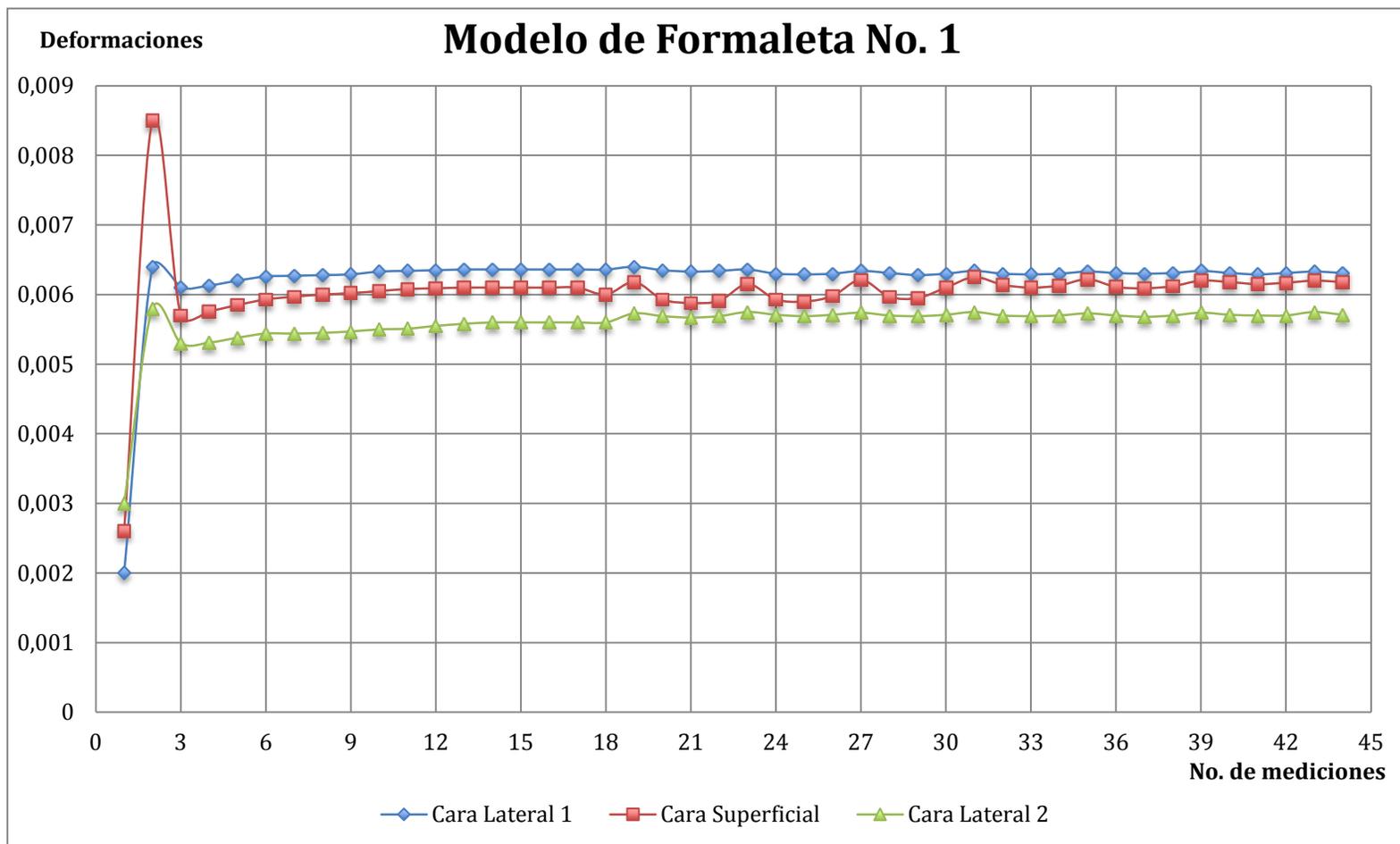


“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

	5 horas despues	Medición #13	12:40 a.m.	0,00636	0,0061	0,00558
	5 horas y media despues	Medición #14	1:10 a.m.	0,00636	0,0061	0,0056
	6 horas despues	Medición #15	1:40 a.m.	0,00636	0,0061	0,0056
	6 horas y media despues	Medición #16	2:10 a.m.	0,00636	0,0061	0,0056
	7 horas despues	Medición #17	2:40 a.m.	0,00636	0,0061	0,0056
	5 horas después de medición #17	Medición #18	7:40 a.m.	0,00636	0,0060	0,0056
	6 horas después de medición #18	Medición #19	1:40 p.m.	0,0064	0,00618	0,00573
	6 horas después de medición #19	Medición #20	7:40 p.m.	0,00635	0,00593	0,00569
DIA 2	6 horas después de medición #20	Medición #21	1:40 a.m.	0,00633	0,00588	0,00567
	6 horas después de medición #21	Medición #22	7:40 a.m.	0,00634	0,00591	0,00569
	6 horas después de medición #22	Medición #23	1:40 p.m.	0,00636	0,00615	0,00575
	6 horas después de medición #23	Medición #24	7:40 p.m.	0,0063	0,00593	0,00571
DIA 3	6 horas después de medición #24	Medición #25	1:40 a.m.	0,00629	0,00590	0,00569
	6 horas después de medición #25	Medición #26	7:40 a.m.	0,0063	0,00598	0,00571
	6 horas después de medición #26	Medición #27	1:40 p.m.	0,00634	0,00621	0,00574
	6 horas después de medición #27	Medición #28	7:40 p.m.	0,00631	0,00597	0,0057
DIA 4	6 horas después de medición #28	Medición #29	1:40 a.m.	0,00628	0,00595	0,00569
	6 horas después de medición #29	Medición #30	7:40 a.m.	0,0063	0,0061	0,00571
	6 horas después de medición #30	Medición #31	1:40 p.m.	0,00634	0,00625	0,00575
	6 horas después de medición #31	Medición #32	7:40 p.m.	0,0063	0,00614	0,0057
DIA 5	6 horas después de medición #32	Medición #33	1:40 a.m.	0,00629	0,0061	0,00569
	6 horas después de medición #33	Medición #34	7:40 a.m.	0,0063	0,00613	0,0057
	6 horas después de medición #34	Medición #35	1:40 p.m.	0,00633	0,00622	0,00573
	6 horas después de medición #35	Medición #36	7:40 p.m.	0,00631	0,00611	0,0057
DIA 6	6 horas después de medición #36	Medición #37	1:40 a.m.	0,0063	0,00609	0,00568
	6 horas después de medición #37	Medición #38	7:40 a.m.	0,00631	0,00612	0,0057
	6 horas después de medición #38	Medición #39	1:40 p.m.	0,00634	0,00620	0,00574
	6 horas después de medición #39	Medición #40	7:40 p.m.	0,00631	0,00618	0,00571
DIA 7	6 horas después de medición #40	Medición #41	1:40 a.m.	0,00629	0,00615	0,0057
	6 horas después de medición #41	Medición #42	7:40 a.m.	0,00631	0,00617	0,0057
	6 horas después de medición #42	Medición #43	1:40 p.m.	0,00633	0,00620	0,00575
	6 horas después de medición #43	Medición #44	7:40 p.m.	0,00631	0,00618	0,00571



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “





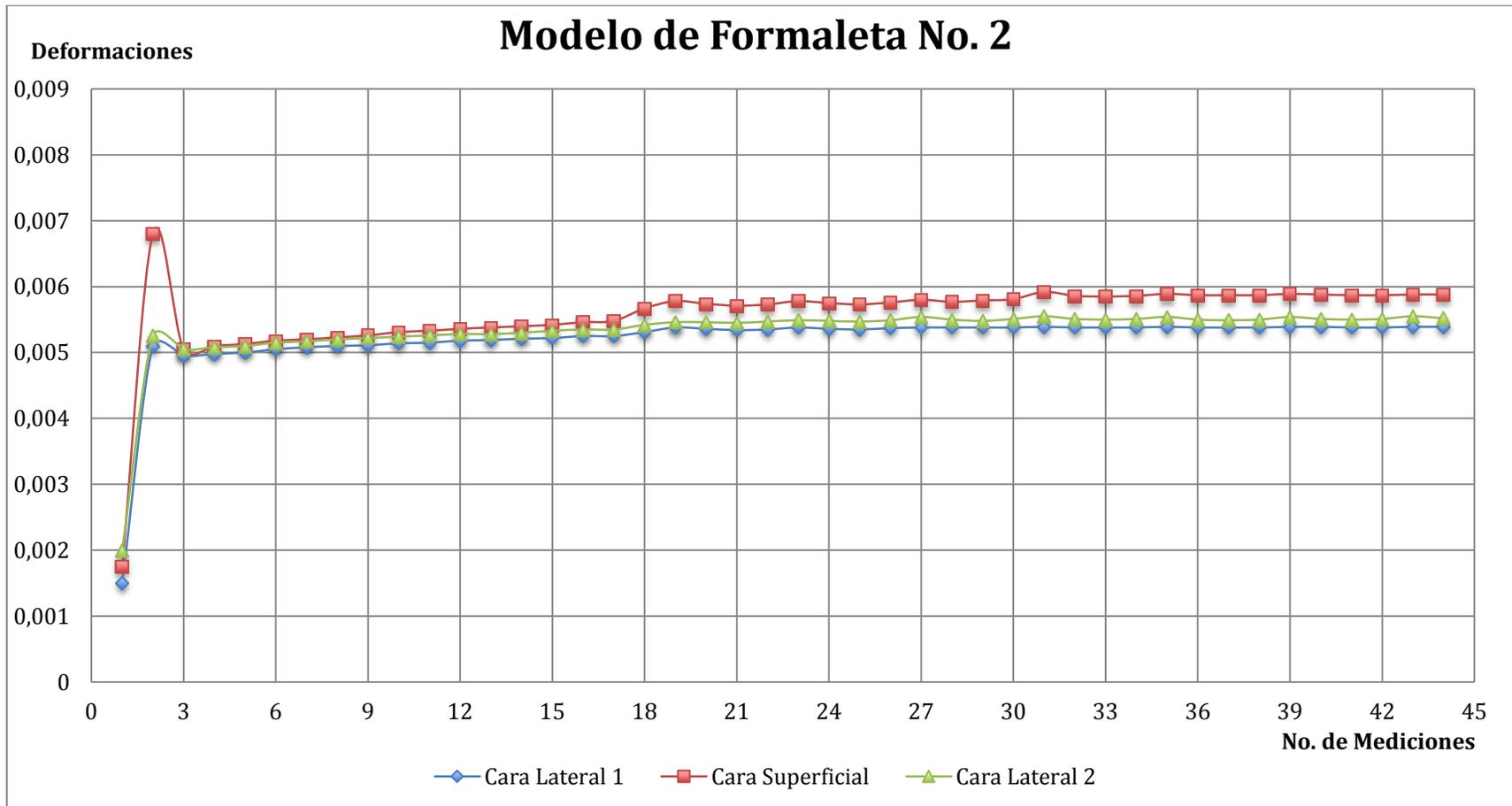
Modelo de Formaleta No.2						
Tiempo	No. Medición	Hora	Cara Lateral 1	Cara Superior	Cara Lateral 2	
Persona sobre la formaleta, sin concreto	Medición #1	5:45 p.m.	0,0015	0,00175	0,0020	
Persona sobre la formaleta, con concreto	Medición #2	6:30 p.m.	0,0051	0,0068	0,00525	
DIA 1	Únicamente concreto	Medición #3	7:00 p.m.	0,00495	0,00505	0,00505
	30 minutos después	Medición #4	7:30 p.m.	0,00498	0,0051	0,00508
	1 hora después	Medición #5	8:00 p.m.	0,0050	0,00513	0,00510
	1 hora y media después	Medición #6	8:30 p.m.	0,00505	0,00518	0,00515
	2 horas después	Medición #7	9:00 p.m.	0,00508	0,0052	0,00517
	2 horas y media después	Medición #8	9:30 p.m.	0,00510	0,00523	0,0052
	3 horas después	Medición #9	10:00 p.m.	0,00511	0,00526	0,00522
	3 horas y media después	Medición #10	10:30 p.m.	0,00514	0,00531	0,00524
	4 horas después	Medición #11	11:00 p.m.	0,00515	0,00533	0,00526
	4 horas y media después	Medición #12	11:30 p.m.	0,00518	0,00536	0,00528
	5 horas después	Medición #13	12:00 a.m.	0,00519	0,00538	0,00528
	5 horas y media después	Medición #14	12:30 a.m.	0,00521	0,00540	0,00530
	6 horas después	Medición #15	1:00 a.m.	0,00522	0,00542	0,00533
	6 horas y media después	Medición #16	1:30 a.m.	0,00525	0,00546	0,00535
	7 horas después	Medición #17	2:00 a.m.	0,00525	0,00548	0,00535
	5 horas después de medición #17	Medición #18	7:00 a.m.	0,00531	0,00567	0,00542
	6 horas después de medición #18	Medición #19	1:00 p.m.	0,00538	0,00581	0,00546
	6 horas después de medición #19	Medición #20	7:00 p.m.	0,00536	0,00574	0,00546
DIA 2	6 horas después de medición #20	Medición #21	1:00 a.m.	0,00534	0,00571	0,00545
	6 horas después de medición #21	Medición #22	7:00 a.m.	0,00535	0,00573	0,00547
	6 horas después de medición #22	Medición #23	1:00 p.m.	0,00538	0,00578	0,00549
	6 horas después de medición #23	Medición #24	7:00 p.m.	0,00536	0,00575	0,00548
DIA 3	6 horas después de medición #24	Medición #25	1:00 a.m.	0,00535	0,00573	0,00547
	6 horas después de medición #25	Medición #26	7:00 a.m.	0,00537	0,00576	0,00578
	6 horas después de medición #26	Medición #27	1:00 p.m.	0,00538	0,00580	0,00580
	6 horas después de medición #27	Medición #28	7:00 p.m.	0,00538	0,00577	0,00578
DIA 4	6 horas después de medición #28	Medición #29	1:00 a.m.	0,00538	0,00579	0,00578
	6 horas después de medición #29	Medición #30	7:00 a.m.	0,00538	0,00581	0,00579
	6 horas después de medición #30	Medición #31	1:00 p.m.	0,00539	0,00592	0,00580
	6 horas después de medición #31	Medición #32	7:00 p.m.	0,00538	0,00586	0,00579



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

DIA 5	6 horas después de medición #32	Medición #33	1:00 a.m.	0,00538	0,00585	0,00579
	6 horas después de medición #33	Medición #34	7:00 a.m.	0,00538	0,00586	0,00579
	6 horas después de medición #34	Medición #35	1:00 p.m.	0,00539	0,00589	0,00580
	6 horas después de medición #35	Medición #36	7:00 p.m.	0,00538	0,00587	0,00580
DIA 6	6 horas después de medición #36	Medición #37	1:00 a.m.	0,00538	0,00587	0,00580
	6 horas después de medición #37	Medición #38	7:00 a.m.	0,00538	0,00587	0,00580
	6 horas después de medición #38	Medición #39	1:00 p.m.	0,00539	0,00589	0,00580
	6 horas después de medición #39	Medición #40	7:00 p.m.	0,00539	0,00588	0,00580
DIA 7	6 horas después de medición #40	Medición #41	1:00 a.m.	0,00538	0,00587	0,00578
	6 horas después de medición #41	Medición #42	7:00 a.m.	0,00538	0,00587	0,00578
	6 horas después de medición #42	Medición #43	1:00 p.m.	0,00539	0,00588	0,00579
	6 horas después de medición #43	Medición #44	7:00 p.m.	0,00539	0,00588	0,00578

Tabla N°7. Datos tabulados para modelo de formaleta No.2 obtenidos de ensayos de resistencia.





Modelo de Formaleta No.3							
	Tiempo	No. Medición	Hora	Cara Lateral 1	Cara Superior	Cara Lateral 2	
	Persona sobre la formaleta, sin concreto	Medición #1	3:00 p.m.	0,0009	0,0012	0,0010	
	Persona sobre la formaleta, con concreto	Medición #2	3:40 p.m.	0,0037	0,0047	0,0035	
DIA 1	Únicamente concreto	Medición #3	4:00 p.m.	0,0028	0,0035	0,0025	
	30 minutos después	Medición #4	4:30 p.m.	0,00283	0,00357	0,00255	
	1 hora después	Medición #5	5:00 p.m.	0,00287	0,0036	0,00259	
	1 hora y media después	Medición #6	5:30 p.m.	0,00287	0,0036	0,0026	
	2 horas después	Medición #7	6:00 p.m.	0,002872	0,00364	0,00262	
	2 horas y media después	Medición #8	6:30 p.m.	0,002873	0,00366	0,00263	
	3 horas después	Medición #9	7:00 p.m.	0,002874	0,00368	0,00264	
	3 horas y media después	Medición #10	7:30 p.m.	0,002876	0,00371	0,00268	
	4 horas después	Medición #11	8:00 p.m.	0,002879	0,00375	0,00272	
	4 horas y media después	Medición #12	8:30 p.m.	0,002883	0,0038	0,00275	
	5 horas después	Medición #13	9:00 p.m.	0,002887	0,00384	0,0028	
	5 horas y media después	Medición #14	9:30 p.m.	0,002891	0,00388	0,00284	
	6 horas después	Medición #15	10:00 p.m.	0,002895	0,00393	0,00290	
	6 horas y media después	Medición #16	10:30 p.m.	0,002898	0,00397	0,00294	
	7 horas después	Medición #17	11:00 p.m.	0,00290	0,004	0,00298	
	DIA 2	5 horas después de medición #17	Medición #18	4:00 a.m.	0,00322	0,0042	0,003215
		6 horas después de medición #18	Medición #19	10:00 a.m.	0,00334	0,00428	0,0033
6 horas después de medición #19		Medición #20	4:00 p.m.	0,0034	0,00430	0,00335	
6 horas después de medición #20		Medición #21	10:00 p.m.	0,00344	0,00429	0,0034	
DIA 3	6 horas después de medición #21	Medición #22	4:00 a.m.	0,00342	0,00428	0,00338	
	6 horas después de medición #22	Medición #23	10:00 a.m.	0,00347	0,00434	0,00344	
	6 horas después de medición #23	Medición #24	4:00 p.m.	0,00349	0,00435	0,00347	
	6 horas después de medición #24	Medición #25	10:00 p.m.	0,0035	0,00433	0,0035	
DIA 4	6 horas después de medición #25	Medición #26	4:00 a.m.	0,00348	0,00432	0,00346	
	6 horas después de medición #26	Medición #27	10:00 a.m.	0,00353	0,00436	0,00354	
	6 horas después de medición #27	Medición #28	4:00 p.m.	0,00355	0,00437	0,00357	
	6 horas después de medición #28	Medición #29	10:00 p.m.	0,00354	0,00436	0,00356	
	6 horas después de medición #29	Medición #30	4:00 a.m.	0,00353	0,00435	0,00355	
	6 horas después de medición #30	Medición #31	10:00 a.m.	0,00358	0,00438	0,00359	
	6 horas después de medición #31	Medición #32	4:00 p.m.	0,00360	0,00439	0,00361	



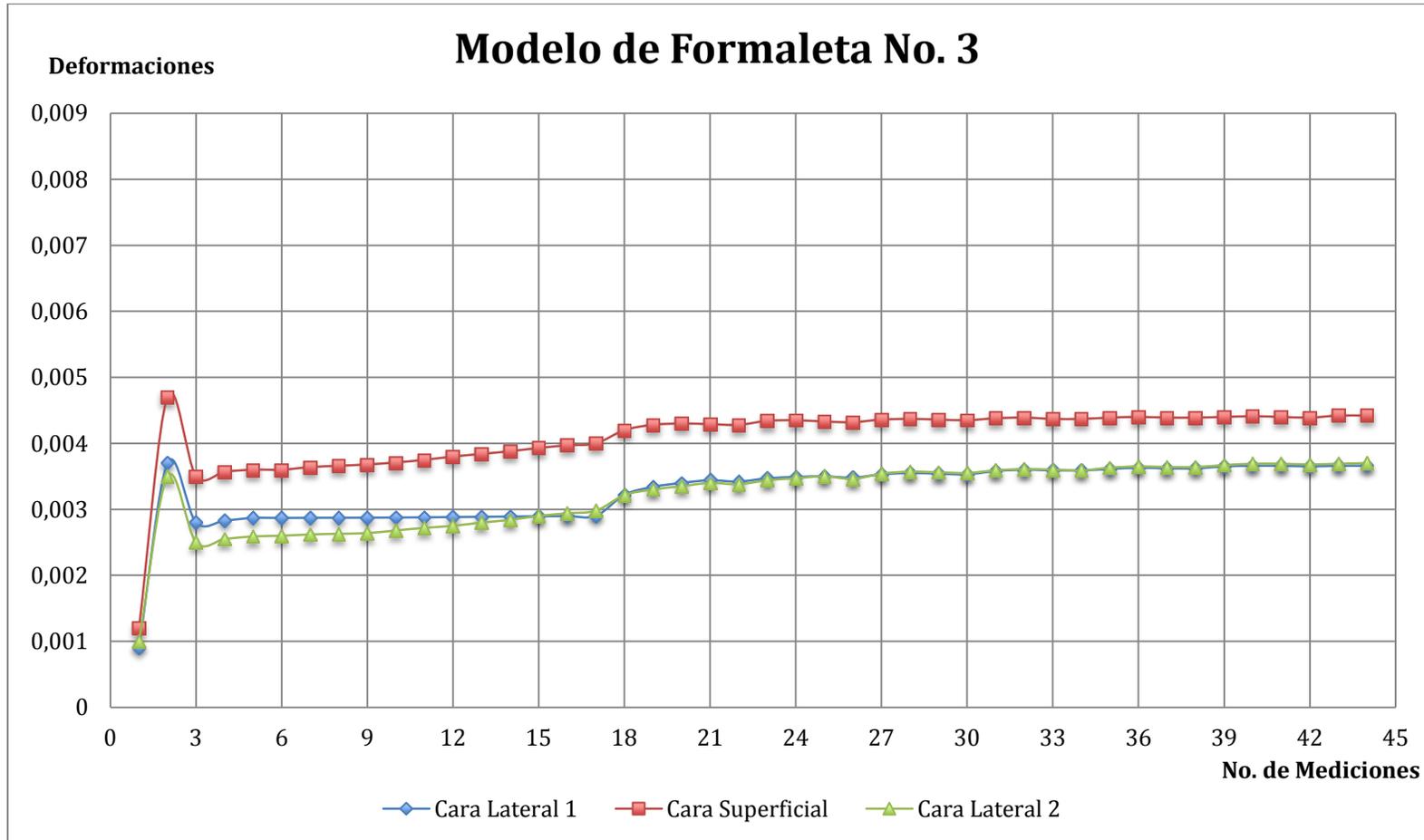
“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

DIA 5	6 horas después de medición #32	Medición #33	10:00 p.m.	0,00359	0,00437	0,00360
	6 horas después de medición #33	Medición #34	4:00 a.m.	0,00359	0,00437	0,00359
	6 horas después de medición #34	Medición #35	10:00 a.m.	0,00361	0,00439	0,00363
	6 horas después de medición #35	Medición #36	4:00 p.m.	0,00363	0,00440	0,00365
DIA 6	6 horas después de medición #36	Medición #37	10:00 p.m.	0,00362	0,00439	0,00364
	6 horas después de medición #37	Medición #38	4:00 a.m.	0,00362	0,00439	0,00364
	6 horas después de medición #38	Medición #39	10:00 a.m.	0,00365	0,00440	0,00367
	6 horas después de medición #39	Medición #40	4:00 p.m.	0,00366	0,00441	0,00369
DIA 7	6 horas después de medición #40	Medición #41	10:00 p.m.	0,00366	0,00440	0,00369
	6 horas después de medición #41	Medición #42	4:00 a.m.	0,00365	0,00439	0,00368
	6 horas después de medición #42	Medición #43	10:00 a.m.	0,00366	0,00442	0,00369
	6 horas después de medición #43	Medición #44	4:00 p.m.	0,00366	0,00442	0,00370

Tabla N°8. Datos tabulados para modelo de formaleta No.3 obtenidos de ensayos de resistencia.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “





Después de tabular los datos y representarlos gráficamente, haciendo uso de diagramas de dispersión, se dispuso a realizar un análisis de estos últimos, logrando identificar la formaleta con mayor resistencia a las cargas impuestas por el concreto, en otras palabras, la ideal para ser implementada en el campo de la construcción.

Anteriormente se comentó que en el análisis de las gráficas se observaría detalladamente ciertos parámetros como lo son las deformaciones máximas y mínimas de cada formaleta, este aspecto se ve claramente reflejado en los picos y valles que va formando la línea a medida que se unen los diferentes puntos; se analizó la variación de las deformaciones lo largo del tiempo, ya que en la abscisa se ubican las diferentes mediciones que se realizaron en el transcurso total del ensayo, representando los tiempos de mediciones, identificando el comportamiento de la formaleta, en las distintas horas del día en las que se obtenían medidas.

Un aspecto no tan decisivo para seleccionar la formaleta ideal, pero si fundamental para generar conclusiones, fue las horas puntuales en las que aumentan y disminuyen las deformaciones, ya que la línea del grafico muestra los incrementos y descensos que sufre la tendencia de la formaleta cuando las horas del día cambian, dejando claro que la temperatura del ambiente es un factor que incide directamente en cuanto se deformará la formaleta ensayada. Es de gran importancia asimismo poder ver como varia la formaleta desde el inicio hasta el final del ensayo, enfocándose exactamente en que tan constante puede llegar a ser sus deformaciones a lo largo del tiempo.

Una vez expuestos los criterios anteriores, se determinó que la formaleta optima debido a su resistencia es la No. 3, esta afirmación corresponde a los siguientes resultados obtenidos:

<i>Deformación máxima</i>	0,0047”
<i>Deformación mínima</i>	0,0009”
<i>Deformaciones en horas puntuales</i>	No presenta picos y valles marcados bruscamente, siendo su deformación casi despreciable según la temperatura ambiental.
<i>Deformación a lo largo del tiempo</i>	A lo largo del ensayo se presentan deformaciones muy constantes, a tal punto de parecer casi una línea recta.

Tabla N°9. Deformaciones



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LAS LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Según su capacidad de resistencia se determinó que el modelo apropiado para construir losas nervadas de entrepiso es la No. 3, pero es de suma importancia tener claro también la viabilidad económica que involucra construir esta formaleta, ya que en una obra se necesitaría una cantidad considerable de estos modelos para la elaboración de una losa completa, convirtiendo el costo por unidad de formaleta, en un dato determinante.



Figura N°77. Retiro de estructura de madera.



Figura N°78. Acabado obtenido por la formaleta en la parte interna del concreto.



Figura N°79. Descimbre de formaleta.



A continuación se muestra un desglose de los costos de los materiales necesarios y mano de obra para la elaboración de los tres modelos de formaletas (*todos de 70cm x 70cm*):

Modelo de Formaleta No. 1					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	<i>Resina 117 ATIX</i>	5	Kilo	\$8.500	\$42.500.00
2	<i>Gel coat Isoftalico</i>	1	Kilo	\$12.000	\$12.000.00
3	<i>Octoato de Cobalto</i>	1/8	Kilo	\$8.000	\$1.000.00
4	<i>Meck Peróxido</i>	1/8	Kilo	\$12.000	\$1.500.00
5	<i>Fibra Matt 450 g/m3</i>	3	kilos	\$6.500	\$19.500.00
6	<i>Woving Roving (Combo Matt)</i>	0.5	Kilo	\$6.500	\$3.250.00
7	<i>Rollo Matt Hilo</i>	0.5	Kilo	\$6.500	\$3.250.00
8	<i>Talco</i>	2	Kilo	\$2.500	\$5.000.00
9	<i>Rodillo</i>	1	Unidad	\$3.800	\$3.800.00
10	<i>Brocha</i>	1	Unidad	\$3.000	\$3.000.00
Materiales					\$95.000.00
Mano de obra					\$89.000.00
Total Costos					\$184.000.00

Tabla N°10. Costos unitarios del modelo de formaleta No.1



Modelo de Formaleta No. 2					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	<i>Resina 117 ATIX</i>	5.5	Kilo	\$8.500	\$46.750.00
2	<i>Gel coat Isofitalico</i>	1	Kilo	\$12.000	\$12.000.00
3	<i>Octoato de Cobalto</i>	1/8	Kilo	\$8.000	\$1.000.00
4	<i>Meck Peróxido</i>	1/8	Kilo	\$12.000	\$1.500.00
5	<i>Fibra Matt 450 g/m3</i>	3.5	kilos	\$6.500	\$22.750.00
6	<i>Woving Roving (Combo Matt)</i>	1.5	Kilo	\$6.500	\$9.750.00
7	<i>Rollo Matt Hilo</i>	0.5	Kilo	\$6.500	\$3.250.00
8	<i>Talco</i>	2	Kilo	\$2.500	\$5.000.00
9	<i>Rodillo</i>	1	Unidad	\$3.800	\$3.800.00
10	<i>Brocha</i>	1	Unidad	\$3.000	\$3.000.00
Materiales					\$109.000.00
Mano de obra					\$95.000.00
Total Costos					\$204.000.00

Tabla N°11. Costos unitarios del modelo de formaleta No.2



Modelo de Formaleta No. 3					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	<i>Resina 117 ATIX</i>	5.5	Kilo	\$8.500	\$46.750.00
2	<i>Gel coat Isoftalico</i>	1	Kilo	\$12.000	\$12.000.00
3	<i>Octoato de Cobalto</i>	1/8	Kilo	\$8.000	\$1.000.00
4	<i>Meck Peróxido</i>	1/8	Kilo	\$12.000	\$1.500.00
5	<i>Fibra Matt 450 g/m3</i>	3.5	kilos	\$6.500	\$22.750.00
6	<i>Woving Roving (Combo Matt)</i>	2	Kilo	\$6.500	\$13.000.00
7	<i>Rollo Matt Hilo</i>	0.5	Kilo	\$6.500	\$3.250.00
8	<i>Talco</i>	2	Kilo	\$2.500	\$5.000.00
9	<i>Rodillo</i>	1	Unidad	\$3.800	\$3.800.00
10	<i>Brocha</i>	1	Unidad	\$3.000	\$3.000.00
Materiales					\$112.050.00
Mano de obra					\$100.000.00
Total Costos					\$212.050.00

Tabla N°12. Costos unitarios del modelo de formaleta No.3

Al observar los precios finales de elaboración de cada formaleta, se puede inferir lógicamente que la formaleta mas económica fue la No.1 y la mas costosa la No. 3, ya que el costo siempre será directamente proporcional al requerimiento de la cantidad de material; vale la pena recordar que la única diferencia entre las tres formaletas será su grosor, esto debido a la capa adicional que tiene una formaleta con respecto a la otra, de la menor a la mayor respectivamente, esto acarrea una mayor cantidad de resina y un aumento en la mano de obra, lo cual se ve reflejado en el aumento del costo total.

En promedio el costo de mano de obra aumenta \$5.000 y el costo total del producto aumenta \$14.000, esto se da del modelo No. 1 al No.3 respectivamente.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

Teniendo las deformaciones que sufrieron las formaletas durante el ensayo y especificando los respectivos costos totales de cada formaleta, se logró determinar entonces cual de los tres modelos será el mas viable para competir en el mercado de la construcción, teniendo claro que los dos parámetros que se tuvieron en cuenta para seleccionar el modelo ideal fueron *rigidez y costos*.

Partiendo de lo anterior y según el criterio del estudiante encargado de esta investigación se afirma que la formaleta ideal será la No.3, ya que esta mantuvo deformaciones constantes sin variaciones considerables a lo largo del tiempo, mientras que los otros dos modelos eran muy inestables sobre todo al cambio de temperatura; además puede que el modelo No.3 haya sido el mas costoso pero el precio entre la No.2 (*que seria su rival inmediata*) no marca grandes diferencias, es valido recordar que el modelo No.3 fue el único que no necesito los refuerzos internos en fibra, lo que economizo un poco los precios.

Al determinar el modelo viable entre los tres opcionados, surge la inquietud de saber si esta formaleta podría competir con los modelos de materiales ya existentes, que son las formaletas metálicas y de madera, por tal razón a continuación se muestra una breve tabla donde resaltan las principales características de cada material según los aspectos a evaluar que fueron seleccionados en la metodología de esta investigación, de este modo se sabrán las fortalezas y debilidades que ofrece el uso de :

Aspecto	FIBRA DE VIDRIO	METALICA	MADERA
<i>Resistencia</i>	Su excelente resistencia, permite que se presenten deformaciones constantes a lo largo del tiempo, por tal motivo se asume que llega un punto en que las deformaciones son despreciables y la estructura estará segura.	Se diseña para construcciones de grandes luces, es resistente a cargas de gran magnitud, es fácilmente deformable con la temperatura, debido al ablandamiento del material.	Para soportar grandes cargas, se requiere el uso de gatos sobre cerchas, las cuales con buen armado y cuidadosa instalación, ofrece buenas resistencias, sobre todo en el sentido horizontal.
<i>Vida Útil</i>	Puede tener un total de usos indefinidos mientras se proteja del concreto con polietileno, para no maltratarla al momento del desmonte.	Pueden alcanzar un total de usos indefinidos, pero requiere mucho cuidado con agentes que puedan generar oxido, disminuyendo de este modo su resistencia y vida útil.	Es la que tiene menor vida útil de los tres materiales a comparar, ya que puede llegar a quebrarse si no se tiene cuidado con el desmonte.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

<i>Peso</i>	Alrededor de unos 10kg.	Presenta un peso promedio de 15 - 20kg.	Alrededor de unos 10kg.
<i>Acabados</i>	Ofrece unos acabados de alta calidad, inclusive puede permitir el uso de concretos a la vista sin ningún problema.	Acabados que pueden llegar a ser igual de estéticos que las formaletas de fibra, aunque en algunos casos las juntas pueden generar imperfecciones.	Acabados menos estéticos que exigen un trabajo posterior, se necesitaría una madera de alta calidad para obtener unos acabados que permitan un concreto a la vista.
<i>Transporte</i>	Presenta inconveniente ya que la pieza no se puede desarmar, por lo tanto se requiere un transporte con gran volumen de carga.	Implica el uso de tuercas y tornillos, permitiendo que se desarme y se transporte por piezas, facilitando la labor, pero tiene un mayor peso lo que aumenta el costo de transporte.	Implica uso de clavos o inclusive tornillos, permitiendo que se desarme al igual que las metálicas.
<i>Desmante</i>	Fácil desmante mientras se proteja la formaleta con polietileno o un desmoldante, el poco peso facilita también el retiro del encofrado.	Se requiere el uso de varios operarios, preferiblemente calificados, ya que es el material que genera mayor peso.	Se requiere operarios que dominen la madera, para así poder desarmar la formaleta sin que maltrate la madera.
<i>Limpieza- Mantenimiento</i>	Se puede limpiar con manguera de agua a presión, pero siempre es recomendable que se use polietileno para evitar que partículas de concreto se adhieran a la superficie. No se requiere un mantenimiento permanente.	Es necesario el uso de desmoldantes para que no sufra imperfecciones la superficie de la formaleta, pero el lavarla con agua puede ocasionar oxido en poco tiempo.	Se debe realizar un mantenimiento periódico si se quiere hacer varios usos de esta formaleta y cabe resaltar que al usar muchos clavos la madera se debilita.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

<i>Técnicas de uso</i>	Es muy sencilla, a tal punto que no requiere una mano de obra calificada, únicamente un personal que logre hacer encajar bien las formaletas.	Requiere una alta mano calificada, técnicos que sean capaces de armar y desarmar permanentemente el encofrado, tardando el proceso de ejecución de la obra.	Demanda una mano de obra que tenga experiencia con el uso de la madera, de este modo podrá tratarla correctamente y darle nuevos usos.
<i>Economía</i>	Tiene un precio de hechura de \$212.000 pesos y un alquiler de \$1.000 pesos diarios.	Precio de hechura aproximadamente de \$270.000 pesos y un alquiler de \$1.500 pesos diarios.	Puede tener un costo de hechura de \$60.000 pesos y un alquiler de \$500 pesos diarios.
<i>Ecología</i>	Es un material relativamente nuevo, puede funcionar perfectamente como un sustituidor de los materiales antiguos que se han venido usando continuamente.	Es un material que durante muchos años se ha venido explotando para diversas actividades, causando problemas serios en la capa de ozono.	Es un material que se usa desde tiempos inmemorables, al igual que el acero, este se usa también para muchas otras actividades, perjudicando la forestación a nivel mundial, trayendo problemas serios al medio ambiente.

Tabla N°13. Comparación de diferentes aspectos entre formaletas de fibra de vidrio, metálicas y madera.



7. CONCLUSIONES

- ❖ El diseño que se elaboró inicialmente para los modelos de formaleta de fibra de vidrio fue apropiado y permitió que se realizaran los respectivos ensayos sin ningún tipo de inconvenientes, exceptuando un resultado inesperado en el momento de descimbrar la formaleta, presentándose el inconveniente de que las paredes laterales de las formaletas se encontraban a noventa grados (*totalmente perpendiculares a la cara superior*), dificultando que el encofrado alcanzara a desprenderse del concreto en su totalidad, es por esto que se recomienda un leve ángulo en las paredes, logrando así un desmonte con mayor facilidad, sin tener que recurrir a realizar palancas con alguna herramienta, que a la final terminan maltratando los bordes y la estructura funcional de la formaleta.
- ❖ El estar presente y redactar el procedimiento detallado de la elaboración de la formaleta en fibra de vidrio permitió concluir que preferiblemente se requiere una persona con experiencia en el campo para que los resultados sean los deseados, aunque cabe resaltar que una persona que cuente con la explicación detallada del procedimiento y que tenga las herramientas y materiales necesarios, puede llegar a construir este modelo de formaleta sin mayores complicaciones, inclusive para personas que deseen empezar a trabajar con este tipo de encofrado, podrán tener soporte suficiente en el material plasmado en esta investigación.
- ❖ Durante el ensayo de resistencia, se obtuvieron datos que permitían analizar y entender el comportamiento que sufría cada formaleta a lo largo del tiempo total de muestreo, logrando resaltar las siguientes conclusiones:
 - La mayor deformación se presentó cuando la persona se posicionó totalmente sobre la formaleta, este se representó como el mayor pico en las tres graficas.
 - En los tres modelos la cara que mayores deformaciones presentó desde el inicio hasta el final del ensayo fue la cara superior, ya que esta posee un mayor área de contacto con el concreto.



- Al paso del tiempo los tres modelos de formaleta presentan menos deformaciones, hasta convertirse casi en datos constantes, esto se debe a que el concreto va adquiriendo mayor consistencia y sus dilataciones empiezan a ser regulares.
 - La temperatura ambiente y la incidencia directa del sol juegan un papel importante en las deformaciones, a tal punto que las mayores desproporciones se presentan en horas del medio día (*incidencia directa de los rayos solares*), mientras que la brisa fría de la madrugada hace que se presenten desproporciones mínimas.
 - En los tres modelos, del segundo al cuarto día, a pesar de las dilataciones y contracciones, cada vez que se da uno de estos procesos, la formaleta presenta una deformación de la cual no logra recuperarse del todo, presentando una nueva medición.
 - Aproximadamente del cuarto día en adelante las deformaciones en las tres caras se regulan y llega un punto en que se convierten en deformaciones cíclicas, llegando hasta cierto limite, luego devolviéndose y así sucesivamente, concluyendo que el fraguado del concreto está llegando a tal punto que ya no tiene la suficiente presión para generar mayores deformaciones al encofrado, pero las bajas de temperatura, especialmente en la madrugada, provoca las contracciones, haciendo que el ciclo se presente.
 - Cuando algunas medidas que no concordaban o no llevaban una secuencia lógica, vale la pena dejar en claro que un factor fundamental en los resultados de las mediciones era el clima del momento, específicamente que tan soleado o nublado estuviese el día o que tanta brisa corriera en la noche, resaltando que a finales de abril e inicios de mayo (*fecha en la que se realizó el muestreo*) algunos días tuvieron clima inusual.
- ❖ El ensayo de resistencia realizado para cada uno de los modelos de formaleta jugo un papel muy importante, ya que se logró concluir a través del conjunto de datos obtenidos (*posteriormente tabulados y graficados*), que la formaleta que presenta un mejor comportamiento frente a las cargas ejercidas por el concreto, es la formaleta No.3, debido a la cantidad de capas de fibra que la conforman, proporcionando firmeza a la formaleta, brindando así mayor seguridad y confianza a la hora de elaborar una losa nervada de entrepiso.



“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES MODELOS DISTINTOS DE FORMALETAS EN FIBRA DE VIDRIO PARA LOSAS NERVADAS DE ENTREPISO, SOMETIDAS A UN POSTERIOR ENSAYO DE DEFORMACION PARA DEFINIR EL MODELO CON MAYOR EFICIENCIA CONSTRUCTIVA “

- ❖ En cuanto a costo, según el análisis unitario de precios, se concluye que la formaleta siempre aumentará su valor final según la cantidad de capas o refuerzos que esta posea, no se presentó una alta diferencia entre el modelo No.2 y el modelo No.3 a pesar de tener la mayor cantidad de fibra, debido a la ausencia de refuerzos de fibra en la capa interna del último modelo, es por esta razón que fue el que presentó mayor viabilidad para ser implementado en el campo de la construcción.

- ❖ Según el cuadro comparativo entre las formaletas de fibra, metálica y madera, se logra ultimar lo siguiente:
 - La resistencia, vida útil y acabados de que proporciona la fibra de vidrio puede llegar a ser igual de efectivo que la formaletería metálica.

 - El peso de la fibra puede llegar a ser muy semejante a la formaletería de madera, siendo ambas más livianas que la metálica.

 - El transporte de la fibra puede llegar a ser el mayor punto negativo frente a los otros materiales, ya que esta no puede ser desarmada y movilizada en piezas, lográndose transportar solo como una pieza única y compacta.

 - El desmonte y las técnicas de uso de la fibra de vidrio no requieren una mano de obra calificada, ya que su operación es sencilla.

 - En cuestión de economía y enfocándose únicamente en el valor de hechura de la formaleta, la fibra es una mejor opción que la formaletería metálica, pero sigue sin poder mejorar los precios económicos de la madera.

 - La ecología es un punto en que la fibra puede llegar a ser una mejor opción que los materiales competidores, debido a que es una nueva opción en el mercado y su materia prima no ha sido tan explotada durante años como la madera y el hierro.



8. RECOMENDACIONES

Se encontraron algunas limitaciones en la elaboración de esta investigación, a continuación se mencionan las mas relevantes y al mismo tiempo se hacen recomendaciones pertinentes:

- ❖ Debido a el presupuesto del autor de la investigación, únicamente se pudo realizar los ensayos de resistencia en tres formaletas de grosores distintos, se recomienda evaluar un mayor numero de modelos con diferentes números de capas de fibra y así obtener un posible mejor modelo final.
- ❖ Por cuestión del cronograma elaborado con anterioridad, se estipulo únicamente un tiempo total de ensayo de siete días, obedeciendo al tiempo promedio en que el concreto adquiere una resistencia prudente para descimbrar la formaletería, pero hubiese sido interesante seguir chequeando las deformaciones que se presentarían en la formaleta en dado caso continúe sosteniendo el concreto por mas de siete días.
- ❖ Con el fin de no forzar los modelos de formaletas elaborados en fibra, solamente se ubico en la parte superior a un único hombre, debido a la restricción de las medidas de los modelos evaluados (*70cm x 70cm*), en una posible próxima investigación seria aconsejable realizar el ensayo de resistencia con mas de una persona sobre la formaleta, ya que en la vida real se puede dar el caso de que mas de un obrero se sitúe por alguna razón sobre un solo encofrado.
- ❖ Para que en esta investigación no se construyeran unos modelos en fibra tan voluminosos, se decidió realizar únicamente encofrados de 70x70 cm, pero se recomienda conocer que ocurriría si estas dimensiones disminuyen o aumentan.
- ❖ Debido a la disponibilidad del tiempo a invertir diariamente en esta investigación, se opto por realizar mediciones cada seis horas al día, pero es sumamente trascendente conocer como es el comportamiento de la formaleta en menores lapsos de tiempo, seguramente así se podría obtener un mejor análisis de su conducta frente a las cargas del concreto.
- ❖ El utensilio con que se realice la medición de deformaciones es trascendental, en este caso se usó deformímetros analógicos, los cuales limitaron la investigación a obtener datos con mayor exactitud, ésta se puede obtener con deformímetros digitales, por tal motivo se recomienda en una próxima ocasión hacer uso de estos últimos, así se facilitara la medición y los resultados gozaran de mayor contundencia.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beltran, S. E. *INFORME DE PASANTÍAS COMO RESIDENTE DE OBRA EN EL CONDOMINIO TERRANOVA DE INDIAS* . Universidad de Cartagena, Departamento de Ingeniería, Cartagena.
- *Tecnología de los plásticos*. (2011). Obtenido de Tecnología de los plásticos: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>
- José San Martín Eraso, J. S. (2012). *Monografías*. Obtenido de Monografías: <http://www.monografias.com/trabajos16/encofrados/encofrados.shtml>
- Ortiz, A. (s.f.). *Arqhys*. Obtenido de Arqhys: <http://www.arqhys.com/articulos/losas-nervadas-reticulares.html>
- Vega, J. I. (2006). *uprm* . Obtenido de uprm : http://www.uprm.edu/cde/public_main/Informes_Articulos/articulos/ArticuloViabilidad.pdf
- *Fibratore*. (s.f.). Obtenido de Fibratore: <http://www.fibratoresa.com/proyectos.html>
- Reforplas. (2014). *reforplas.com*. Obtenido de [reforplas.com](http://www.reforplas.com): <http://www.reforplas.com/wordpress/quienes-somos/>
- *definicion*. (2008). Obtenido de definicion: <http://definicion.de/viabilidad/>
- ONU-Habitat. (2012). *ESTADO DE LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2012 Rumbo a una nueva transición urbana*.
- D'Arsie, D. (1980). *Los plásticos reforzados con fibra de vidrio*. Americalee .
- Mohammed Salleh, H., Abdelnaser, O., & Abdul Hamid, K. P. (2011). IDENTIFYING WAYS TO IMPROVE PRODUCTIVITY AT THE CONSTRUCTION INDUSTRY. *Acta Technica Corvininensis - Bulletin of Engineering*. Vol. 4 Issue 4 , p47-50. 4p.
- Yalí, R., & Monterrosa, E. (2008). *INCIDENCIA DEL USO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LOSAS EN EL COSTO FINAL DE EDIFICACIONES*. Cartagena.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos*. México D.F.: McGraw Hill.
- Consuegra, J. G. (1994). *Presupuestos De Construcción*. Bogotá: Bhandar Editores.
- Botero Botero, L. F. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *REVISTA Universidad EAFIT No. 128* .