

MONOGRAFIA:
FORMALETAS ALIGERADAS PARA LOSAS DE ENTREPISOS (CASETONES)
CON UN SISTEMA DE MONTAJE PLEGABLE Y MODULAR.

TUTOR CURSO INTEGRADOR:
ARQ. MA. CAMILO RAMIREZ, ARQ. CESAR AQUILES.

AUTORES:
LAURA MARCELA GÓMEZ BARRERA.
JUAN PABLO ACERO CARRANZA.

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA.

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES
ARQUITECTONICAS.

SEMESTRE VI
BOGOTÁ. MARZO 2018



Contenido:

RESUMEN:.....	6
ABSTRACT:.....	6
PALABRA CLAVES:.....	7
KEYWORDS:.....	7
INTRODUCCIÓN:	7
HIPOTESIS:.....	9
OBJETIVOS:	10
OBJETIVO GENERAL:	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	10
CAPITULO UNO	11
1.1. ARBOL DE PROBLEMAS	11
1.2. PROBLEMÁTICA.....	11
1.2.1 TRANSPORTE	12
1.2.2 ALMACENAMIENTO	12
1.2.3 DISEÑO.....	13
1.2.4 AMBIENTE.....	13
1.2.5 MONTAJE.....	14
1.3 JUSTIFICACION.....	14
CAPITULO DOS	15
2.1. MARCO TEORICO.....	15
2.1.1. CONSTRUCCIÓN DE PLACAS DE ENTREPISO.....	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	16
2.2.1. LOSAS DE ENTREPISOS:	16
2.2.2. ENTREPISOS CON ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO:.....	16
2.2.3. LOSAS ALIGERADAS.	17
2.2.4. FORMALETAS.....	18
2.2.5. FORMALETAS ALIGERADAS (CASETÓN).....	18
2.2.5. TIPOS DE CASETÓN.....	19
2.2.5.1.1. CASETONES DE POLIESTIRENO	19
2.2.5.1.1.1. USOS, INSTALACIÓN Y MANEJO DE MATERIAL.....	19
2.2.5.1.1.2. RECOMENDACIONES	20
2.2.5.1.1.3. VENTAJAS.....	20
2.2.5.1.1.4. CERTIFICACION	21
2.2.5.1.2. CASETÓN DE GUADUA.....	21
2.2.5.1.2.1. MATERIA PRIMA	22
2.2.5.1.2.2. OPCIONES EN MATERIALES TIPOS DE CASETON.....	22
2.2.5.1.3. CASETÓN EL PVC.....	24
2.2.5.1.3.1. VENTAJAS DEL SISTEMA.....	25
2.2.5.1.4. CASETÓN EN FIBRA DE VIDRIO	26
2.2.5.1.4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	26
2.2.5.1.4.2. VENTAJAS.....	27
2.2.5.1.4.3. RECOMENDACIÓN.....	28
2.2.6. ESTRUCTURA.....	28
2.2.6.1. ESTRUCTURA MODULAR.....	28

2.2.6.2.	ESTRUCTURAS DESPLEGABLES	29
2.2.6.3.	ESTRUCTURA RETRÁCTIL	30
2.2.7.	MATERIALES CONSTRUCTIVOS	30
2.2.7.1.	MADERAS CONSTRUCTIVAS	31
2.2.7.2.	PLÁSTICO CONSTRUCTIVO.....	32
2.3	MARCO NORMATIVO:.....	35
2.3.1-	ALMACENAMIENTO:	35
2.3.2-	ARMADO:.....	35
2.3.3-	DESENCOFRADO:	35
2.3.4-	ENCOFRADO:	35
2.3.5-	ADHERENCIA AL CONCRETO.....	36
2.3.6-	DISEÑO Y ARMADO DE FORMALETA.	36
	CAPITULO TRES	38
3.1.	METODOLOGÍA	38
3.1.1.	LAS DIFERENTES OPCIONES DE CASETONES QUE SE UTILIZAN EN OBRA, CONOCIENDO LAS CUALIDADES Y DEFECTOS QUE PRESENTAN AL MOMENTO DE SER UTILIZADOS.....	38
3.1.1.1.	CASETONES DE POLIESTIRENO	38
3.1.1.2.	EL CASETÓN DE LONA DE POLIESTIRENO	39
3.1.1.3.	CASETÓN DE ESTERILLA DE GUADUA.....	39
3.1.1.4.	CASETÓN DE GUADUA EN LONA.....	41
3.1.1.5.	CASETÓN DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) Y CASETÓN DE FIBRA DE VIDRIO 42	
3.1.1.6.	FICHAS TÉCNICAS.....	43
3.1.2.	PROTOTIPO DE CASETÓN QUE TENGA LAS VENTAJAS DE LOS CASETONES CONVENCIONALES Y ADICIONALMENTE SUPLA LAS NECESIDADES QUE PRESENTA EL ELEMENTO	45
3.1.2.1.	SISTEMAS DE MONTAJE Y DESENCOFRADO.	47
3.1.2.2.	PRIMER PROTOTIPO B1 CASETÓN EN AGLOMERADO.....	48
	PASO A PASO:	48
3.1.2.3.	SEGUNDO PROTOTIPO A1 CASETÓN PLEGABLE EN MADERA.....	52
	PA SO A PASO:	54
	CAPITULO CUARTO.....	58
	RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	58
4.1.	LAS DIFERENTES OPCIONES DE CASETONES QUE SE UTILIZAN EN OBRA, CONOCIENDO LAS CUALIDADES Y DEFECTOS QUE PRESENTAN AL MOMENTO DE SER UTILIZADOS.....	58
4.1.1.	RESULTADO CUADRO COMPARATIVO	58
4.2.	PRIMER PROTOTIPO CASETÓN EN AGLOMERADO.....	59
4.2.1.	RESULTADOS	59
4.2.2.	ANÁLISIS	60
4.3	SEGUNDO PROTOTIPO A1 CASETÓN PLEGABLE EN MADERA:	62
4.3.1	RESULTADOS:.....	62
4.4	ENCUESTAS DE OPINION Y SATISFACCIÓN A CLIENTES Y PROVEEDORES.	63
4.4.1	RESULTADOS:.....	63
4.4.2	ANÁLISIS:.....	67
4.4.3	ANÁLISIS GENERAL:	68

4.4.4. FICHA TÉCNICA PROTOTIPO A1:.....	69
4.3. CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Medidas comunes casetos poliestireno y especificaciones técnicas	20
Figura 2 Volumen de desalojo	25
Figura 3 Casetón de fibra de vidrio	27
Figura 4 Detalle de fijación de casetón de fibra de vidrio.	28
Figura 5 Giro en el plano que forman.	29
Figura 6 Estructuras de despliegue, basadas en elementos de tijera (Chen, et al, 2002) y Configuración básica de una estructura de despliegue (Gantes, 2004).....	30
Figura 7 casetón de lona recuperable fragmentado Fuente: https://casetondeicoporbogota.wordpress.com	39
Figura 8 Casetón en guadua proyecto de casa en Bambú Fuente: https://es.slideshare.net	40
Figura 9 Acopio de caseto de fibra de vidrio Fuente: http://www.profimsa.com/	42
Figura 10 losa de entrepiso bidireccional reticular de nervadura Fuente: http://templodelaspilasdepiedra.blogspot.com.co	43
Figura 11 Uniones laterales de la silla plegable Fuente: propia.....	46
Figura 12 Uniones base superior de la silla plegable Fuente: propia.....	46
Figura 13 Infograma explicativo de sistema y proceso a utilizar.....	47
Figura 14 Desmontaje del casetón plegable Fuente: propia.....	48
Figura 15 Aglomerado formaleta Pizano Fuente: http://www.pizano.com.co/producto/?id=14	49
Figura 16 Despiece del prototipo de casetón aglomerado Fuente: propia.	49
Figura 17 Instalación de las bisagras Fuente: propia.	50
Figura 18 Cortes de aristas y filos para la retracción del casetón Fuente: Propia.....	50
Figura 19 Recubrimiento con neumático de caucho en las aristas y filos Fuente: Propia	51
Figura 20 Casetón plegable en madera aglomerada hidrofugo vista de perfil Fuente: propia.	51
Figura 21 Casetón desplegable para instalar, madera aglomerada hidrofugo Fuente: Propia.	52
Figura 22 Diseño del despiece del segundo prototipo casetón de 90x70x35 Fuente: Propia.	52
Figura 23 Plantillas del diseño del casetón Fuente: Propia.....	53
Figura 24 Modelo en 3D del segundo prototipo de casetón plegable en plástico o madera Fuente: Propia.	53
Figura 25 Casetón con el sistema plegable Fuente: Propia.	53
Figura 26 corte de piezas y marcación prototipo A1 Fuente: propia.	54
Figura 27 Perforación de agujeros y cortes finales Fuente: Propia.	55
Figura 28 Ensamble y recubrimiento impermeabilizante de casetón prototipo A1 Fuente: Propia.	55
Figura 29 Cuerda para desencofrado y ubicación de tornillos de trabe Fuente: Propia.	56
Figura 30 Casetón en esto desplegable y para instalar Fuente: Propia.	57

CONTENIDOS DE TABLAS

Tabla 1 Ficha técnica casetón en poliestireno	44
Tabla 2 Ficha técnica casetón en esterilla de guadua y o madera Fuente: Propia.....	44
Tabla 3 Ficha técnica casetón de fibra de vidrio o PVC Fuente: Propia.....	45
Tabla 4 Cuadro comparativo de los casetones convencionales y espaciales Fuente: Propia.....	59
Tabla 5 APU de prototipo de casetón plegable en madera aglomerada Fuente: Propia.	60

CONTENIDO DE GRAFICOS

Grafico 1 Resultados tipo de proyectos. Fuente: Propia.	63
Grafico 2 Resultados tipo de casetón. Fuente: Propia.....	63
Grafico 3 Resultados material implementado. Fuente: Propia.....	64
Grafico 4 Resultados forma de pedir el casetón. Fuente: Propia.	64
Grafico 5 Resultados problemas encontrados. Fuente: Propia.....	65
Grafico 6 Resultados problemas de acuerdo al transporte. Fuente: Propia.....	65
Grafico 7 Resultados problemas. Fuente: Propia.	66
Grafico 8 dos material más utilizado. Fuente: Propia.	66
Grafico 9 Resultados precio promedio. Fuente: Propia.	67
Grafico 10 Resultados problemas proveedores. Fuente: Propia.	67

RESUMEN:

Las formaletas¹ aligeradas (casetones) son un elemento que hace parte de la construcción en la fase inicial de fundida de losas, las cuales pueden ser macizas o aligeradas, que presentan las características del uso de una formaleta conocida como casetón o bovedilla. Este elemento tiene como función generar un espacio “hueco” que disminuya las cargas muertas de la losa a partir del concepto flector² que genera momentos neutros en las vigas.

De acuerdo con la investigación presentada en este documento se ha encontrado la necesidad de proponer una pieza que sea práctica y eficaz, que funcione mediante un sistema retráctil que permita su reutilización a lo largo de las etapas del proyecto. El sistema propuesto podrá implementarse en proyectos de construcción en altura que contemplen medianas y grandes luces y que en sus diseños estructurales requieran el uso del elemento, para satisfacer necesidades presentadas en obra con aspectos como el rendimiento, traslado y acabado

Se busca implementar un práctico diseño plegable y modular para satisfacer las necesidades dimensionales requeridas por el diseño estructural, buscando optimizar el proceso de instalación y retracción del elemento así mismo como en su almacenamiento.

ABSTRACT:

The lightweight forms (coffers) are an element that is part of the construction in the initial phase of melting of slabs, which can be solid or lightened, which present the characteristics of the use of a form known as cassette or vault. This element has the function of generating a "hollow" space that decreases the dead loads of the slab from the bending concept that generates neutral moments in the beams.

¹ **Arte y arquitectura (2006) Glosario.** Armazón de madera que sirve de molde al hormigón hasta que endurezca.

² **NSR 10 (2010) Título G.3.3.1 Colombia** Los esfuerzos máximos de tensión y de compresión producidos por flexión.

According to the research presented in this document, it has been found necessary to propose a piece that is practical and efficient, that works by means of a retractable system that allows its reuse throughout the project stages. The proposed system can be implemented in projects of construction in height that contemplate medium and large lights and that in their structural designs require the use of the element, to satisfy needs presented in work with aspects such as performance, transfer and finishing.

The aim is to implement a practical foldable and modular design to meet the dimensional needs required by the structural design, seeking to optimize the installation and retraction process of the element as well as its storage.

PALABRA CLAVES:

Casetón, desplegable, retráctil, losas de entrepisos y prototipo

KEYWORDS:

Casetón or (coffers), deployable, retractable, mezzanine slabs and prototype

INTRODUCCIÓN:

En las etapas de construcción de un proyecto, se presenta el proceso de losas de entrepiso que pueden ser macizas o aligeradas; las aligeradas presentan la característica del uso de una formaleta conocida como casetón o bovedilla.

Los casetones son elementos que pertenece en la ejecución de las losas de entrepisos, losas en túneles, losas de vías, losas de contrapiso de cimentación y en puentes vehiculares. La función en arquitectura es en losas de entrepisos y contrapisos.

El casetón tiene como función generar un espacio “hueco” que disminuya las cargas muertas de la losa, a partir del concepto flector que genera momentos neutros en las vigas. En

Colombia la construcción es uno de los primeros mercados del país y la construcción de edificaciones son una de las fuentes más estables de economía, por esto es mercado del casetón es variado y amplio y de alta demanda para involucrarse en este como una nueva alternativa de producto.

El concepto por mejorar para entrar como producto transformador al mercado de formaleta aligerada es: montaje, acabado, rendimiento y traslado. Siendo una innovación tecnológica reutilizando un sistema de retráctil ya existe por otro tipo de productos, como es las sillas plegables de muebles del hogar, además se desea manejar un montaje modular a partir de los espacios de los diseños estructurales que se dese instalar el casetón plegable.

Se conocerán los diferentes tipos de casetones³ utilizados en el mercado, clasificados por tipo de uso, material y durabilidad que presentan al momento de ser implementados en un proyecto constructivo.

Mediante la indagación de conceptos estructurales en obra, una comparación de características representativas de cada tipo de material respecto al elemento, un registro por medio de encuestas a clientes y proveedores del casetón que servirá como confrontación a los datos adquiridos al inicio de la investigación y que adicionalmente permita la creación de un práctico sistema de fichas técnicas que accedan a identificar que tipo de casetón es el más adecuado para utilizar de acuerdo con el proyecto arquitectónico que lo requiera.

Con estas fichas se quiere llegar a implementar un prototipo que tenga las ventajas de los casetones convencionales pero que a su vez se ajuste a las necesidades de rendimiento, traslado y acabado.

³ **Arq. Jessica Vidal Bello (2014)** casetones scribd Colombia Las losas casetonadas son aquellas losas formadas por un reticulado de vigas las cuales se vinculan por medio de losas.

Por último, generar una serie de análisis mediante la utilización de graficas estadísticas. Esto se hace con base a las encuestas que se plantea para la parte de los clientes como para la parte de los vendedores del producto. Terminado con las conclusiones de los alcances y objetivos trazados este proyecto de grado.

HIPOTESIS:

Partiendo del reconocimiento de los problemas encontrados con los casetones en la construcción, se cuestiona que aspecto tiene que mejorar este elemento para que sea del agrado de los usuarios por lo cual se estudió tres aspectos que se propone a mejorar en esta investigación:

- A. Rendimiento,
- B. Traslado
- C. Acabado.

De acuerdo con lo anterior, se establece la siguiente hipótesis:

UN PRÁCTICO DISEÑO PLEGABLE Y MODULAR PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL CASETÓN EN LAS LOSAS DE ENTREPISO, DURANTE LA CONSTRUCCIÓN PERMITE LOGRAR EXCELENTES MONTAJE EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO CONJUNTAMENTE, AYUDA EN LOS ASPECTOS DE RENDIMIENTO, TRASLADO Y ACABADO.

A. RENDIMIENTO: Se busca un diseño plegable⁴ que optimice el proceso de instalación y retracción del elemento y que adicional genere ventajas para los trabajadores en el momento de ser implementado.

⁴ **José Tomás Franco (2011) Plataforma de arquitectura**, Estructura que a través de un juego geométrico genera múltiples iniciativas de diseño y puede adaptarse a varias condiciones y configuraciones especiales.

B. TRASLADO: Se busca un traslado practico en la carga del elemento, por sus propiedades modulares⁵ el operario tiene la facilidad de mover de un punto a otro estos elementos sin requerir de mucho tiempo y espacio debido a que se pueden mover varios casetones a la vez.

C. ACABADO: De acuerdo con investigaciones en sitios de obra con arquitectos, ingenieros y maestros residentes, se manifiesta la importancia del acabado y de la deformación sé que presenta en la estructura con el uso de casetones, por tal motivo elemento debe suplir dichas necesidades.

OBJETIVOS:

A partir de la hipótesis planteada surgen los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Implementar formaletas aligeradas⁶ para losas de entrepisos o casetón mediante un sistema de montaje plegable y modular.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

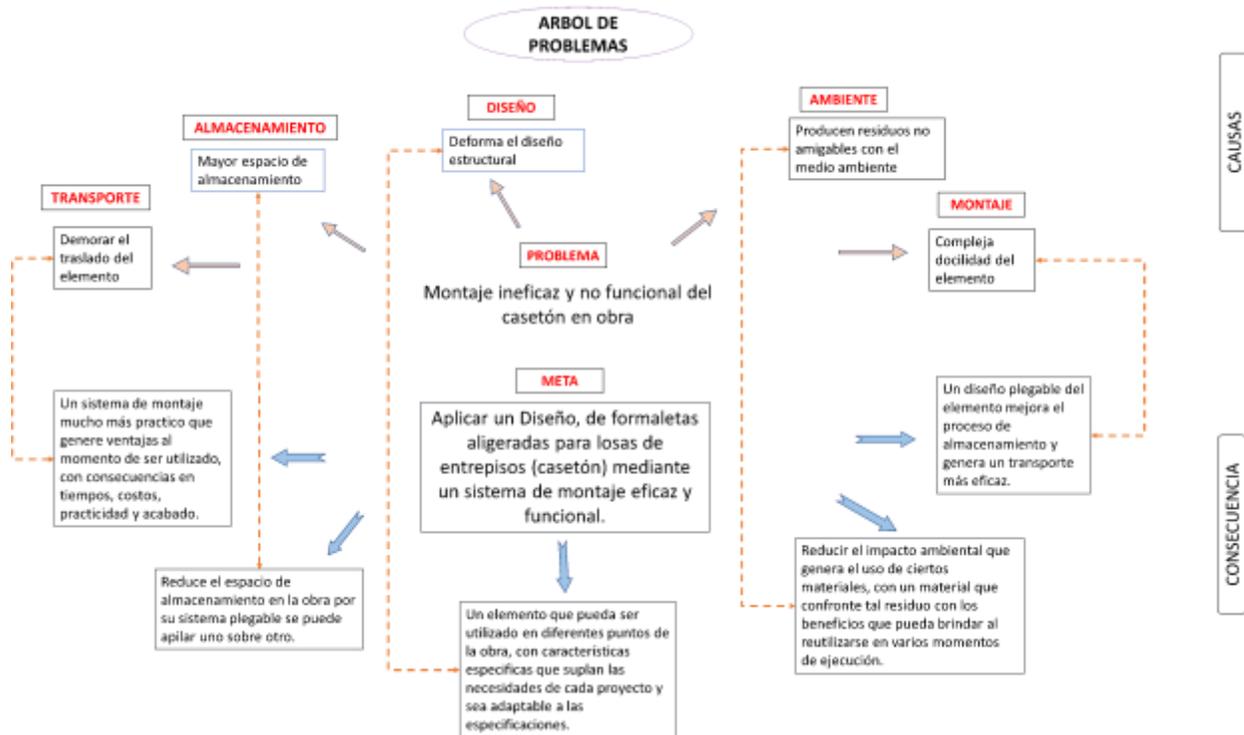
1. Indagar en las diferentes opciones de casetones que se utilizan en obra, conociendo las cualidades y defectos que presentan en todos los procesos de la obra.
2. Elaborar un prototipo de casetón que tenga las ventajas de los casetones convencionales y adicionalmente supla las necesidades que presenta el elemento.
3. Generar una opinión real del mercado tanto de consumidores como de proveedores sobre los casetones implementados en proyectos arquitectónicos para realizar una confrontación frente a los investigados y al prototipo planteado.

⁵ **Arkiplus (2011)** Diseño compuesto por componentes separados que conectados o unidos forman una unidad estable.

⁶ **Dearkitectura (2014)** Ocupa un volumen previamente calculado

CAPITULO UNO

1.1. ARBOL DE PROBLEMAS



1.2. PROBLEMÁTICA

Los problemas detectados con el casetón convencional en obra es la ineficiencia en el diseño y montaje, lo que produce grandes volúmenes de almacenamiento en las construcciones arquitectónicas, de ahí que genera inconvenientes y retrasos en la programación y operación de la obra, adicionalmente la dificulta en el traslado del elemento dentro y fuera de la misma.

Ahora bien, los materiales de los casetones convencionales de poliestireno⁷ o esterilla guadua⁸ no son adecuados, pero son económicos al contrario de los casetones de PVC⁹ o fibra de

⁷ **Diccionario de arquitectura y construcción (2018)** Resina termoplástica que se colorea, se moldea y estira con facilidad, es bastante dura y tenaz.

vidrio¹⁰ que material es el adecuados, pero crea grandes costos operativos si se compara uno a otro.

Durante la ejecución de la obra estos problemas se generan de manera cotidiana, por lo que se busca una solución a los problemas mencionados y que además facilite el uso del elemento y accesibilidad en el precio.

1.2.1 TRANSPORTE

La primera causa de problemática que se observa es el traslado del elemento dentro y fuera de los proyectos arquitectónicos, como es la entrega del elemento debido que los casetones convencionales varían en dimensiones de pequeños a grandes, esto dificultad que no se puede transportar grades cantidades del elemento en solo recorrido si no en varios. Por los cual se propone fabricar una formaleta aligerada, que genera menos espacio en la carga del elemento a momento de llegar en la obra. Esto a su vez crea una consecuencia que es en el traslado del material dentro la obra para su montaje e instalación en las losas de entrepiso y la posterior fundida de la torta superior¹¹ de la losa.

1.2.2 ALMACENAMIENTO

La segunda causa de problema es la mayor cantidad de área que ocupa en la obra, los casetones convencionales por ser elementos que está conformado con un vacío en su estructura que genera pérdidas de espacio, especialmente en los proyectos que no posee espacios libres para

⁸ **Ingeniería en Arquitectura y diseño ambiental. (2012)** Material compuesto de cañas o palos entretejidos y unidos por una mezcla de tierra húmeda y paja.

⁹ **Construmática (2018)** PVC construmatica.com El PVC es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: el cloruro de sodio o sal común, y petróleo o gas natural.

¹⁰ **Construpedia (2018)** Es un material formado por fragmentos de vidrio aglomerado con resinas.

¹¹ **Arte y Arquitectura (2006)** Mortero que se coloca sobre la formaleta de la losa antes de colocar el aligerante y que servirá como cielo falso.

acopiar este elemento. Esto es una gran ventaja al elemento a plantear pues reduce el espacio de almacenamiento, con la aplicación del sistema plegable lo que ocasiona que el elemento pueda ser acumulado, uno encima del otro aprovechando todo espacio útil que hay en la obra sin desperdiciarlo.

1.2.3 DISEÑO

La tercera causa del problema es en la deformación del diseño estructural¹², debido a que por las propiedades que presentan los casetones convencionales en su material, al momento de realizar el desmontaje se presentan deformaciones en la parte estética o de acabado que se pretende realizar.

El prototipo planteado pretende generar un sentido estético mediante la superficie del material seleccionado que se adapte al espacio sin generar deformaciones en los acabados de vigas y viguetas.

1.2.4 AMBIENTE

La cuarta causa se presenta debido al problema encontrado en proyectos de construcción con el manejo de los residuos sólidos¹³ que se generan en grandes masas por el uso del elemento y sus características, estos residuos se convierten en un problema ambiental al no ser reutilizados o reciclados para generar su mayor aprovechamiento. Se generan debido a la falta de control y conocimiento sobre el tratamiento o la vida útil de estos casetones convencionales. La propuesta planteada consiste en un sistema que pueda ser reutilizado en distintos espacios dentro del

¹² **Arkiplus (2018)** Es una metodología de investigación, acerca de la estabilidad, la resistencia y la rigidez de las estructuras.

¹³ **Inforeciclaje (2018)** Constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen.

proceso de la fundida de losas y en general dentro del proyecto de construcción para así reducir la cantidad de residuos que se generan debido al elemento de casetón.

1.2.5 MONTAJE

La quinta causa de problema es la compleja docilidad del elemento, los casetones convencionales vienen en dimensiones que pueden variar de acuerdo con el diseño estructural de cada proyecto, al momento del montaje resulta no ser ejecutado de una manera práctica que, además, crea mayores tiempos de instalación por lo que se genera un menor rendimiento. Para mitigar esta problemática el prototipo se diseña como un método modular con dimensiones definidas, con una lista de catálogo que pueda cubrir cualquier necesidad técnica requerida del elemento en torno al proyecto en que se ejecute.

1.3 JUSTIFICACION

Esta idea surge para poder solucionar varios inconvenientes que tienen los casetones convencionales no reutilizables y reutilizables en proyectos de construcción arquitectónica y que adicionalmente se han mencionado: rendimientos, traslados, espacios, acabados y ambiente. La solución es diseñar y realizar un producto que ayude a solucionar todas estas necesidades en las construcciones arquitectónicas y que también propone una opción de minimizar los residuos sólidos que deja este elemento luego de ser utilizado.

CAPITULO DOS

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. CONSTRUCCIÓN DE PLACAS DE ENTREPISO

Se debe tener especial cuidado en el alineamiento y posición de las viguetas¹⁴ después de armada la placa y colocado el casetón debido a que se pueden generar desplazamientos. Las viguetas deben tener sección uniforme según los planos estructurales.

En el caso de que se construya una placa maciza, el orden de armado será el mismo: primero las vigas y la malla inferior, y por último la malla superior de la placa. Las mallas deben mantenerse en posición con la ayuda de accesorios que garanticen la posición del refuerzo.

Cuando se termine de armar la formaleta de la placa se procederá a la instalación del aligeramiento. Generalmente se emplea casetón de guadua forrado en lona o plástico. Recientemente se está generalizando el uso de aligeramientos de polipropileno expandido o moldes de aluminio.

Cuando se utiliza una bomba estacionaria con trompa de elefante, que es un elemento difícil de maniobrar, se recomienda vaciar el concreto en las intersecciones de vigas y viguetas, y esparcirlo uniformemente con pala a los demás sitios de cada elemento. Así se evita golpear las paredes de los casetones y la presión que el concreto ejerce sobre ellas que puede deformar e incluso romper algunos casetones, afectando las dimensiones de las vigas y desperdiciando material.

En el caso de las vigas y elementos de borde es mejor vaciar el concreto sobre el casetón y que de allí se deslice llenando el espacio. No se debe exponer el chorro directamente contra el

¹⁴ **Ing. Iván Justiniano Talavera (2018)** Viguetas concretec.com.bo Bolivia Una vigueta es parte de un sistema estructural que constituye una losa de entre piso, su función es absorber los esfuerzos de flexión que se presentan en los nervios modulares de la placa de losa;

testero pues se puede correr o abombar, desperdiciando concreto y cambiando el borde de placa. Cuando se trate de edificaciones hasta de dos niveles, la NSR -10 en el título E, recomienda que durante la fundida de la torta superior deben dejarse unos taches verticales en varilla de 3/8" al menos a una distancia de 0,50 m de la cara de las columnas, para que, con la ayuda de ellos al momento de encofrar las columnas, éstas puedan apuntalarse y plomarse debidamente.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. LOSAS DE ENTREPISOS:

Las losas son elementos estructurales horizontales o con cierta inclinación destinadas a soportar cargas vivas, muertas y accidentales para transmitirla a los elementos verticales de apoyo, como son muros de carga y las columnas. Para estudiarlas las clasificamos en losas de entrepisos, losas de azotea y las de cubierta. De acuerdo con el material empleado para su construcción.

2.2.2. ENTREPISOS CON ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO:

Es sin duda el más generalizado en México. Con este material de construcción pueden salvarse claros relativamente pequeños (de 6 a 7 m), pues para claros mayores son más convenientes otros sistemas constructivos que serán tratados más adelante.

El concreto y el acero son dos materiales que juntos forma una combinación perfecta ya que el concreto es excelente para resistir la compresión y el acero es ideal para timar la tensiones; sin embargo, estas estructuras, como ya se anotó, quedan con ciertas limitaciones cuando se trata de claros fuertes.

Comúnmente la losa se divide por medio de trabes o muros de carga para hacerla trabajar en una o dos direcciones dependiendo la relación entre sus claros.

2.2.3. LOSAS ALIGERADAS.

Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas.

Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material aligerante, el cual puede ser de cajones de madera, casetones de esterilla de guadua, ladrillos o bloques.

- **Los Componentes de una losa aligerada:** Generalmente una losa aligerada está conformada por cuatro componentes principales. Una torta inferior de concreto, los elementos aligerantes, la placa superior y las viguetas en concreto reforzado.

- **La torta inferior:** se construye con un mortero de arena y cemento con una dosificación mínima de un parte de cemento por tres de arena. Debe tener un espesor mínimo de 20 mm y máximo de 30 mm. Se debe reforzar con alambres cada 300 mm en ambas direcciones o con malla de gallinero con ojo de 25 mm

- **Los elementos aligerantes:** Estos elementos se colocan de tal manera que formen las cavidades de las viguetas.

- **La placa superior:** Es un concreto fundido monolíticamente con el sistema de piso. El espesor de la placa debe ser de 50 mm. La placa se debe reforzar con varilla N° 2 cada 300 mm en ambas direcciones o con malla electro-soldada equivalente a la cuantía anterior.

- **Las viguetas:** Son los elementos que contienen el refuerzo principal de la losa. El ancho de las viguetas debe ser mínimo de 80 mm y su espaciamiento máximo entre ejes será de 600 mm.

2.2.4. FORMALETAS

La formaleta o encofrado es un molde que se usa para darle una forma específica al concreto, el cual se vierte allí en estado plástico, y una vez comienza y realiza su fraguado toma la forma del encofrado donde se encuentra almacenando. Si el concreto es estructural, previamente al vaciado del concreto, la formaleta debe contener el acero correspondiente al elemento estructural que se construir. La ejecución de las formaletas se debe efectuar bajo la normatividad establecida en ACI-347 American Concrete Institute y NSR 98 Capítulo C-6, hoy NSR-10.

Las formaletas en general son de madera o de hierro, aunque se construye también con PVC icopor, formaplac, aluminio, guadua y muchos otros materiales. Con la madera se logra versatilidad de formas para los diversos elementos estructurales; para ello es fundamental: contar siempre con la mano de obra idónea y con materiales de primera calidad, usar cada tipo de madera de acuerdo con su resistencia y diseñar la formaleta considerando que cada una de ellas debe tener un número determinado de reúsos.

2.2.5. FORMALETAS ALIGERADAS (CASETÓN)

Las losas casetonadas son aquellas losas formadas por un reticulado de vigas las cuales se vinculan por medio de losas. Es la que se realiza colocando en los intermedios de los nervios estructurales, bloques, ladrillos, casetones de madera o metálicos (cajones) o tecnopor o poliestileno expandido con el fin de reducir el peso de la estructura, y el acero en barras concentrado en puntos llamados nervios. Estas losas son más eficientes que las losas macizas ya que permiten tener espesores mayores sin aumentar el volumen de concreto con respecto a una losa maciza. Podríamos decir que, ante una carga normal de vivienda u oficinas, las losas macizas son eficientes para luces pequeñas, las aligeradas en una dirección son económicas en luces

intermedias, 3 a 6m, y las aligeradas en dos direcciones resultan ser más económicas para luces grandes. La ventaja principal se este tipo de construcciones es, además de lo ya mencionado, el ahorro de un importante volumen de materiales (hormigón y acero) y por consiguiente una drástica reducción del peso muerto de la estructura y su costo. Implícitamente, al mencionar estas ventajas se pueden inferir la posibilidad de que existan un menor número de columnas por planta, con lo cual se logran mayores superficies útiles y más libertad arquitectónica.

2.2.5. TIPOS DE CASETÓN

2.2.5.1.1. CASETONES DE POLIESTIRENO

El casetón es un producto que viene en presentación de cubos de diferentes medidas que son cortados de acuerdo a la necesidad de cada proyecto. Se puede fabricar en densidades desde 10 a 30 kg/m³ y es un producto autoextinguible (no permite la propagación de la flama) Es utilizado principalmente como elemento aligerante en losas de entrepiso y cubierta ya sean reticulares o nervadas en una dirección, de igual forma se utiliza en rellenos de subsuelo o cimentaciones o como casetón envolvente.

El casetón es un producto de Poliestireno expandido, que viene en presentación de cubos de diferentes medidas que son cortados de acuerdo a la necesidad de cada proyecto. Se puede fabricar en densidades de 10 hasta 30 kg/m³ y es un producto auto extinguible (no permite la propagación de la flama).

2.2.5.1.1.1. USOS, INSTALACIÓN Y MANEJO DE MATERIAL

Es utilizado principalmente como elemento aligerante en losas tanto de entrepiso como de techumbre, sin importar si son losas reticuladas o nervadas en una dirección, de igual forma en losas reticulares de cimentación o en rellenos del subsuelo. El casetón no se diseña para soportar cargas permanentes.



Figura 1 Medidas comunes casetos poliestireno y especificaciones técnicas

2.2.5.1.1.2. RECOMENDACIONES

- 1) Sujete las piezas con pequeños tramos de alambre recocido durante el colado para evitar que se muevan.
- 2) La huella de paso deberá ser en el centro de la pieza evitando el maltrato de las esquinas.
- 3) Es necesario dejar pasar más de 7 días después de descimbrar la losa para poder colocar recubrimientos debajo de la misma (yeso, tirol, etc.)
- 4) Instalación: Debido a su diseño la colocación es muy sencilla, debe de estar colocada la cimbra de contacto y montadas las nervaduras, entre los huecos que genera el acero se coloca el casetón y el sistema está listo para realizar el colado.
- 5) No exponer al fuego, solventes o sustancias volátiles, almacenar bajo techo.

2.2.5.1.1.3. VENTAJAS

- Adherencia: La aplicación de yeso, pastas o tirol es permitida por casetón sin tener que emplear pegamentos y/o adhesivos para la aplicación de estos acabados.
- Ligereza: Al ser un producto con un peso menor a 12kg/m² disminuye considerablemente el peso de la losa y por consiguiente se obtiene un ahorro en la estructura y cimentación.

- Aislamiento térmico: En zonas de climas extremos se vuelve un producto indispensable por su baja conductividad térmica lo cual provee confort y ahorro de energía en la oficina, comercio u hogar.
- Aislamiento acústico: La losa con casetón Plexa puede absorber de 25 a 30 decibeles, dependiendo de su espesor y densidad.

2.2.5.1.1.4. CERTIFICACION

- Producto certificado bajo la NOM-018-ENER-2011.
- Certificados por: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (onnce).

2.2.5.1.2. CASETÓN DE GUADUA

El casetón es una pieza cortada para aligerar las losas. Generalmente con forma de prisma rectangular, dependiendo del tamaño puede estar constituido por piezas pegadas entre sí.

USOS: Aligeramiento de losas y rellenos con bajo peso. No tiene función estructural, ya que esta la toma directamente el armado de las trabes en forma rectangular, la malla entrelazada y la capa de compresión de concreto. Se requiere el uso de cimbra. El casetón acepta sin problema acabados por lecho bajo de la losa como yeso o Tirol. Una vez colocada la malla y la capa de compresión se recomienda caminar sobre los tablonos que serán colocados encima de ellos

Los productos de la madera se clasifican como: leña, madera en rollo, madera labrada, madera aserrada, tableros y productos realizados con pasta.

- Madera en rollo o rolliza: es una madera sin elaboración.
- Madera labrada: es conformada con el hacha o la suela.
- Madera aserrada: es trabajada para darle una forma geométrica determinada, obtenida por aserrado manual o mecánico.

- Tableros: son elementos planos que se obtienen mediante procesos industriales, incluyendo maderas contrachapadas y los tableros de aglomerados.

2.2.5.1.2.1. MATERIA PRIMA

- Esterilla de armenia: Producida en guaduales aprovechados técnica y silviculturalmente por nosotros, bajo la supervisión de la CRQ (Corporación Regional del Quindío) esto nos garantiza su selección, magnífica calidad y resistencia.
- Listón de eucalipto: Igualmente, el listón es producido en nuestras instalaciones, con las mejores maderas, la mejor maquinaria, lo que nos permite controlar su excelente calidad.
- Lona sintética: Producida en guaduales aprovechados técnica y silviculturalmente por nosotros, bajo la supervisión de la CRQ (Corporación Regional del Quindío) esto nos garantiza su selección, magnífica calidad y resistencia.
- Tablilla: Tablitas sacadas a medidas exactas para la fabricación del casetón en tabla forro.

2.2.5.1.2.2. OPCIONES EN MATERIALES TIPOS DE CASETON

- Casetón en esterilla: El casetón en esterilla de Bambú guadua es elaborado con una estructura en madera usualmente en eucalipto y forradas con esterilla, que a su vez hacen parte de la estructura inicial de las planchas, utilizadas como un método efectivo para el aligeramiento placas de concreto en todo tipo de construcciones como viviendas, edificios, entre otros.

Otra aplicación de la esterilla es utilizándola en forma temporal dentro del sector de la construcción, como cerramiento de la obra, con el fin de evitar el ingreso de personal no autorizado en el área de trabajo.

El casetón en esterilla es un casetón que es altamente resistente, además de contar con una excelente materia prima para su elaboración.

- Casetón en lona: El casetón en lona sintética es elaborado usualmente con unos marcos en madera de eucalipto, con su estructura en lata de bambú guadua y forrados en lona sintética.

Características: Este casetón al igual que el casetón de esterilla de bambú guadua es utilizado en las construcciones como sistema de aligeramiento de las placas de concreto, pero tiene ciertas características que hacen que sea de preferencia por ciertos clientes debido a:

- A que reduce el nivel de materia orgánica dentro de la placa
 - Algunos clientes lo prefieren para conservar un sentido ecológico en sus construcciones, debido a que hace algunos años el bambú guadua no era explotada con normas y procesos que permitieran el sostenimiento de los guaduales, y se cortaba indiscriminadamente, generando graves secuelas ambientales ya que el bambú guadua por sus propiedades de reguladora de suelos, recoge el agua en invierno dentro y la expulsa en invierno.
 - El casetón de lona es un casetón mucho más liviano y puede proporcionar a los clientes una mayor ventaja en cuanto a su instalación.
- Casetón en tabla forro: En Arme Ideas En Guadua manejamos un tipo de casetón fabricado con tablillas para carpintería que dispones de medidas exactas dentro de su fabricación.

- Casetón recuperable: Lorem Ipsum es simplemente el texto de relleno de las imprentas y archivos de texto. Lorem Ipsum ha sido el texto de relleno estándar de las industrias desde el año 1500, cuando un impresor (N. del T. persona que se dedica a la imprenta) desconocido usó una galería de textos y los mezcló de tal manera que logró hacer un libro de textos espécimen. No sólo sobrevivió 500 años, sino que también ingresó como texto de relleno en documentos electrónicos, quedando esencialmente igual al original. Fue popularizado en los 60s con la creación de las hojas “Letraset”, las cuales contenían pasajes de Lorem Ipsum, y más recientemente con software de autoedición, como por ejemplo Aldus PageMaker, el cual incluye versiones de Lorem Ipsum.

2.2.5.1.3. CASETÓN EL PVC

Sistema de encofrado recuperable que permite la realización de forjados reticulares bidireccionales con casetón recuperable, muy utilizados en aparcamientos y equipamientos comerciales, escolares, deportivos, etc.

El sistema casetón de PVC (Alucubetas el nombre del fabricante) permite realizar forjados con retículas estándar de interejes 80×80 cm (con nervios de 12 cm), permitiendo solucionar otros anchos de nervios. Siguiendo con el criterio del ahorro máximo de hormigón, el diseño de la nueva cubeta Alisan en polipropileno inyectado, se adapta a los elementos estándar del sistema Alucubetas.

La experiencia acumulada nos ha permitido llegar a óptimos diseños que consiguen mínima deformación, mínima rotura y máxima facilidad en el desencofrado. A los tres días de hormigonar se recuperan el 80% de los elementos: portasopandas, sopandas intermedias, basculantes, cubetas y tableros. Una línea de sopandas cada 2,40 m. realiza la función de apeo

hasta los 21 ó 28 días en que el hormigón alcanza su resistencia característica. En el caso de utilizar cubetas de 20 y 40 cm., la separación entre sopandas será de 1,60 m.

- Volúmenes vaciado cubetas:

Cubeta 20 cm. – 82 l.

Cubeta 25 cm. – 99 l.

Cubeta 30 cm. – 118 l.

Cubeta 35 cm. – 127 l.

Cubeta 40 cm. – 137 l.

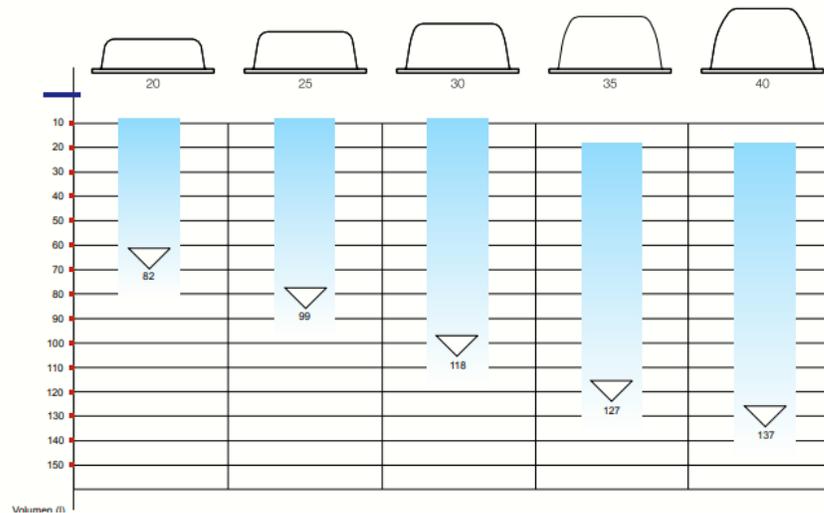


Figura 2 Volumen de desalado

2.2.5.1.3.1. VENTAJAS DEL SISTEMA.

- Mayor seguridad en el apoyo de la cubeta.
- Mayor calidad en el acabado del hormigón, la Cubeta Alisan incorpora un marco metálico para mantener los nervios rectos.
- Avanzados programas de cálculo por elementos finitos y de simulación por ordenador han permitido conseguir un nuevo diseño de Cubeta Alisan para evitar roturas y deformaciones. A una mayor rapidez al desencofrar se le une más resistencia y durabilidad.

- Continuando con nuestra línea de innovación y mejora de producto hemos incorporado a las cubetas refuerzos de aluminio que consiguen nervios más rectos, evitan roturas y mantienen la flexibilidad para el desencofrado fácil.
- Gracias al diseño y fabricación de los elementos y el encaje correcto de los mismos evita las fugas del hormigón y mejora el acabado.
- El sistema permite solucionar tanto los nervios estándar del mercado: 12 y 16 cm, como los especiales 14, 15, 18 y 20. Las Sopandas de 2, 3 y 4 m permiten que el sistema se adapte a todo tipo de perímetros.
- El 80% de los elementos estándar del Sistema Alucubetas se recuperan al tercer día de hormigonar para utilizarlos en las próximas fases de la obra.
- La Cubeta Alisan de polipropileno inyectado está diseñada para evita roturas y deformaciones. Por su diseño proporciona un desencofrado rápido y fácil, un ahorro de hormigón y consigue nervios más rectos.

2.2.5.1.4. CASETÓN EN FIBRA DE VIDRIO

Características generales Descripción de fibra de vidrio es una cimbra aligerad diseñada en forma de caja, fabricada con resina de poliéster y reforzada con madera embebida en fibra de vidrio y resina.

- Campos de aplicación Se utiliza como elemento aligerarte en entrepisos, losas reticulares y potenzadas, de uso comercial, industrial, estacionamientos, vivienda.

2.2.5.1.4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Resina de poliéster.
- Colchoneta de fibra de vidrio.

- Refuerzo de madera de 5cm de ancho x 2.5cm de espesor en la parte interna.
- Acabados pirámide en la parte superior de ± 5 mm.
- Espesor en el cuerpo de ± 3 mm.
- Espesor en ceja perimetral de ± 5 mm.
- Dimensiones de ángulo de salida para fácil extracción (dependiendo del peralte).
- Retardante al fuego.
- Gel coat gris
- Válvula para descimbrado a presión.

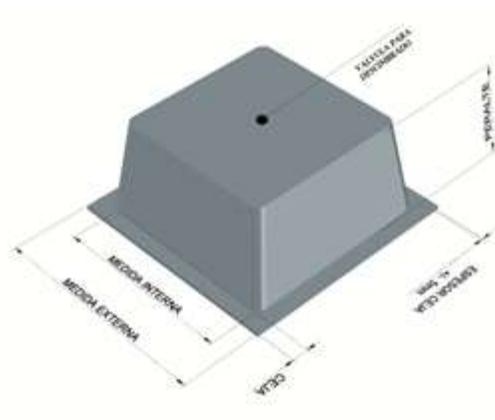


Figura 3 Casetón de fibra de vidrio

2.2.5.1.4.2. VENTAJAS

- Recuperable, reparable y reutilizable.
- Acabado aparente y ligero.
- Fabricación a medida.
- Medidas estándares en renta.
- Se cubre claros más largos.

- Garantía mínima de 35 uso (en condiciones normales).
- No requiere de equipo especial para su colocación.
- Fácil manejo y ahorro en ejecución de obra.

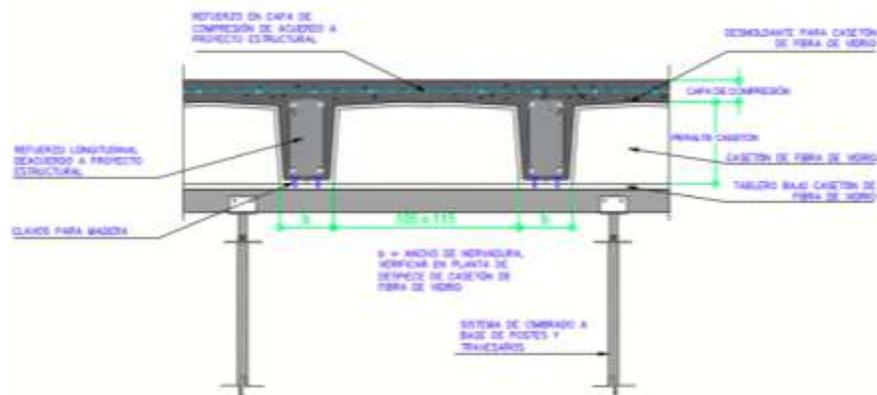


Figura 4 Detalle de fijación de casetón de fibra de vidrio.

2.2.5.1.4.3. RECOMENDACIÓN

El uso adecuado del desmoldante sobre el casetón evita la adherencia del concreto o mortero facilitando el descimbrado.

2.2.6. ESTRUCTURA

2.2.6.1. ESTRUCTURA MODULAR

Los productos modulares son aquellos que están organizados según su estructura de diversos bloques constructivos, orientados a ordenar e implementar las distintas funciones y a facilitar las operaciones de composición del producto. Los bloques constructivos se llaman módulos, y su organización, estructura modular.

El concepto de producto modular: adquiere todo un significado cuando la estructura incide en las actividades de varias etapas de su ciclo de vida, como son:

- La participación del proyecto en subproyectos en la etapa de diseño (facilita el desarrollo simultáneo de diversas partes del proyecto)

- La división de la fabricación de subgrupos y componentes (facilita las relaciones de sub contratación y a la adquisición de los componentes).
- Simplificación y verificación y el montaje.
- Permite implantar las opciones y variantes de comercialización en la comercialización.
- Facilita las operaciones de mantenimiento (detención y reparación).

Por lo tanto, la estructura modular de los productos es una poderosa herramienta para la perspectiva de la ingeniería concurrente.

2.2.6.2. ESTRUCTURAS DESPLEGABLES

Las estructuras desplegables pueden tener cualquier directriz. Todas tienen en común contener barras dispuesta en “x” enlazadas formando cuadriláteros, situados en el canto estructural. En la fase de movimiento (plegado – desplegado), tiene que ser mecanismos, moviéndose con todas las barras que lo hace la estructura, o con parte, la cantidad de barras mínima razonable la he llamado mecanismo bise, y le defino como compuesto por la totalidad de los nudos de la estructura enlazados por la suficiente cantidad de barras para que conserve la cualidad de desorganizar el paquete de componentes durante el movimiento, y que, desplegando, la marca el replante de los nudos.

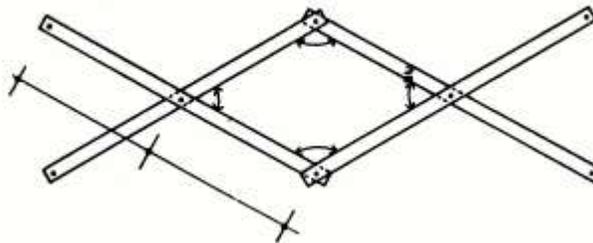


Figura 5 Giro en el plano que forman.

2.2.6.3. ESTRUCTURA RETRÁCTIL

Las estructuras retráctiles o de despliegue (deployable structures) es un nombre genérico para una amplia categoría de estructuras prefabricadas que pueden ser transformadas a partir de una configuración compacta cerrada, a una forma ampliada predeterminada en la que la estructura es estable y pueden soportar cargas (Gantes, 1991). Las estructuras retráctiles se han caracterizado por ser ligeras y de fácil instalación, sus usos y desarrollo han trascendido principalmente en la aplicación militar y en la industria aeroespacial.

Las estructuras de mayor adopción de despliegue están basadas en elementos de tijera (SLE, scissor-like element). Sobre la base del módulo básico, varias vigas de despliegue se pueden desarrollar.

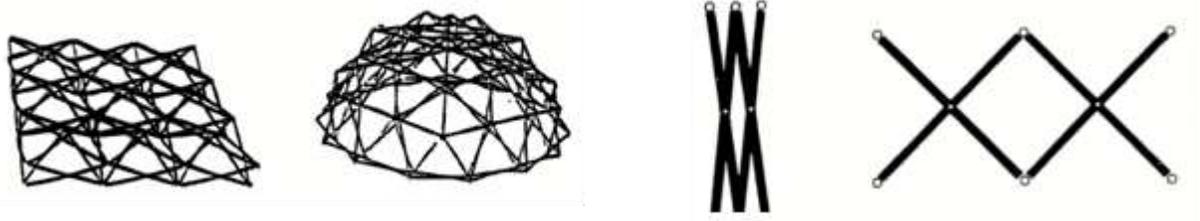


Figura 6 Estructuras de despliegue, basadas en elementos de tijera (Chen, et al, 2002) y Configuración básica de una estructura de despliegue (Gantes, 2004)

Desde el punto de vista geométrico, la idea de este tipo de estructuras es que los pares de barras conectadas entre sí en un punto intermedio a través de una articulación giratoria les permite girar libremente alrededor de un eje perpendicular del mismo plano, como se ilustra en la ilustración, pero retiene todos los otros grados de libertad, mientras que, al mismo tiempo, sus puntos finales están articuladas a los puntos finales de los otros SLEs (Gantes, 2004).

2.2.7. MATERIALES CONSTRUCTIVOS

2.2.7.1. MADERAS CONSTRUCTIVAS

Las maderas es un conjunto de células que forman una masa de celulosa, lignina, resina, almidón y azúcares que se desarrolló en los árboles.

Se trata de un material orgánico, fibroso y heterogéneo. Las diferencias de colores de la madera dependen de cada especie. La s hay desde el blanco, pasando por el rojo, verde, el marrón hasta llegar al negro.

2.2.7.1.1. Aglomerados

La madera aglomerada está compuesta por viruta desecho de otra maderas aglomeradas y prensadas. Estas virutas mezclan con varios productos adhesivos que las mantiene unidas.

Aglomerado Hidrófugo: Lámina formada por tres capas de partículas o astillas de madera aglomeradas mediante la adición de resinas especiales de termofraguado, melamina urea formaldehído y la aplicación de procesos de alta presión y temperatura con un recubrimiento melamínico termofundido a las superficies.

2.2.7.1.2. Madera enchapada

Se trata de un bloque conformado por sucesivas capas de madera de desecho, en chapados o cubiertas por la fina placa de madera (roble, pino, abeto, etc.). Se emplea en la construcción de estanterías y en cualquier otro mueble de líneas rectas.

2.2.7.1.3. Madera maciza y blandas

la madera es uno de los materiales más valorados y utilizados por el hombre, a lo largo de los siglos. su vital importancia en la construcción de las casas o en los muebles del hogar son sólo dos de las contribuciones posibles.

Existe dos grandes grupos en los que se puede clasificar las maderas según sus características:

- Las maderas blandas: son las que provienen de las coníferas (pino, cedro, alerce, abeto, ciprés, tuya, enebro). Dado que el crecimiento de estos árboles es muy rápido, son las maderas de más bajo precio. Por lo general, el color de este tipo de madera es claro amarillento, con nudos y vetas bien marcadas. Se las utiliza para fabricar todo tipo de los muebles. El termino blanda no equivale siempre a madera menos resistente; algunas pueden serlo y otras no tanto. En realidad, se refiere a que son mas fáciles de trabajar y mucho más dúctiles.

Estos tipos de maderas son las más ligeras, baratas y las más habituales en la mayoría de muebles y estructuras. Tienen una durabilidad mucho menor que las duras y al ser tratadas producen muchas más astillas.

- La madera dura: proceden de árboles de hojas caducas y, a diferencia de las maderas blandas, existe una mayor variedad de textura y de colores.

Son más caras que los del grupo anterior ya que su crecimiento es más lento, su textura es muy extractiva y, en muchas ocasiones, no es necesario barnizarlas o pintarlas con color. Los árboles de los que se extrae este tipo de madera son: roble, teca, tilo y caoba.

2.2.7.2. PLÁSTICO CONSTRUCTIVO

Distintos tipos de plásticos usados en construcción. El plástico es uno de los materiales más utilizados en construcción, es ligero, barato y muy versátil. Sus materiales básicos están formados por petróleo y gas natural, pero en su producción se utilizan sustancias que hacen que el producto final sea considerado un material sintético y que en algunas ocasiones pueda resultar peligroso. Aunque son muchos los que están en contra de su uso en la vida cotidiana, la verdad es que hoy

en día no existen alternativas lo suficientemente eficientes como para poder sustituir al plástico y sus derivados por otro tipo de materiales.

El plástico se utiliza en muchos productos de la construcción desde colas y resinas hasta tableros o ventanas, y una vez el edificio está construido, el plástico también es utilizado como elemento base para multitud de complementos u objetos decorativos dentro de nuestras viviendas.

- Acrílico, el acrílico se suele utilizar como material rígido para sustituir en algunas ocasiones al vidrio, por ejemplo, se pueden hacer mamparas de duchas, lavaderos, etcétera. Es un material altamente inflamable.
- El polietileno. El polietileno es una membrana plástica que se utiliza como embalaje y para aislar algunos metales y cables. Se utiliza en la construcción para aislar el edificio del terreno en losas y soleras.
- El PVC El PVC es quizás la variedad de plástico más empleado en construcción, su uso puede ir desde suelos de vinilo hasta revestimientos impermeables, cortinas para baños, muebles, carpinterías de ventana, tubos de saneamiento, tubo de fontanería, etcétera.
- El polipropileno. El polipropileno es un plástico empleado en muchos objetos domésticos como cubos de basura, o incluso mobiliario. En construcción se suele emplear para realizar las cajas de los distintos puntos de eléctricos, también lo podemos encontrar en los tubos de fontanería, instalaciones de climatización, etc.
- El poliestireno. El poliestireno es una variante del plástico que se utiliza sobre todo para aislamientos en su versión de espuma, también se usa para embalajes y elementos de decoración como molduras de techos.

- El nylon. El nylon se utiliza sobre todo en elementos decorativos para el interior de nuestras viviendas, tales como alfombras, tapizados, etcétera. Se puede emplear para fabricación de barras para cortinas y elementos para las puertas.
- El acetato de polivinilo. Este tipo de plástico se suele encontrar en emulsiones para pinturas, en los acabados para suelos y multitud de adhesivos y colas.
- La melanina. La melanina se utiliza sobre todo para los revestimientos de tableros aglomerados de muebles y mesas de trabajo, también se puede utilizar para hacer mamparas de baño, cabinas sanitarias, encimeras, etcétera
- Poliuretano. El poliuretano se emplea frecuentemente en todo tipo de pinturas y barnices y como material aislante y lo podemos encontrar también en fundas de cojines, rellenos de espuma, etcétera
- La resina epoxi. Las resinas Epoxi se utilizan sobre todo como colas, adhesivos, y también como terminaciones y revestimientos para determinados materiales.
- El formaldehído. El formaldehído es un aglomerante que se utiliza en gran cantidad de productos, sobre todo en los tableros manufacturados de madera. También lo podemos encontrar en el interior de nuestras viviendas formando parte de tejidos o alfombras.
- El ureaformaldehído. La urea formaldehído se suele encontrar en colas, adhesivos y todo tipo de sellantes para suelos.

Como puedes ver, estamos rodeados de una gran cantidad de plásticos en sus distintas variantes, la mayoría de ellos son ligeramente contaminantes y muy difíciles de reciclar. Resulta por lo tanto muy importante comenzar a plantear alternativas a este tipo de materiales tanto en su

uso como productos para la construcción como en productos que utilizamos en nuestra vida cotidiana. De hecho, existen hoy en día alternativas factibles, por ejemplo, te mostramos en este artículo algunos tipos de materiales aislantes térmicos que puede ser reciclados y que pueden sustituir fácilmente a las espumas de poliuretano.

2.3 MARCO NORMATIVO:

2.3.1-ALMACENAMIENTO:

“El equipo de encofrado se debe almacenar en sitios cubiertos y secos, colocado verticalmente...levantados del piso...Las piezas o componentes defectuosos se deben reparar o reemplazar debida y oportunamente.” (NC-MN-OC07-04 **Capítulo 5.2.4**

Encofrado y desencofrado)

2.3.2-ARMADO:

“Se deben armar los encofrados para darle la forma deseada a la losa y apuntalarlos adecuadamente de manera que resistan las cargas durante la construcción hasta que se alcance la resistencia propia de cada elemento” (**Capítulo 5.2.4 Encofrado y desencofrado)**

2.3.3-DESENCOFRADO:

“Se puede desencofrar lateralmente el elemento después de 16 horas de vaciado, pero solo hasta que haya alcanzado un 80% de la resistencia nominal se puede retirar el apoyo del elemento... el encofrado se debe retirar de tal manera que no afecte el funcionamiento de la estructura...” (**Capítulo 5.2.4 Encofrado y desencofrado)**

2.3.4-ENCOFRADO:

Según la norma **NC-MN-OC07-01** “*el material para formaletas debe ser el indicado en los planos o especificaciones de construcción o el aprobado por la EPM*”, “*Las formaletas deben ser sólidas, adecuadamente arriostradas y amarradas... que resistan las cargas a las que pueden ser sometidas, como presiones por colocación y vibrado de concreto, carga muerta de diseño y cargas vivas*” (**capítulo 4.2.6.1 Encofrado**). Adicionalmente se menciona que las uniones y la superficie de dichas formaletas deben estar libres de incrustaciones de materiales o elementos que puedan alterar el momento del vaciado del concreto, no deben tener perforaciones o imperfecciones que puedan permitir la filtración del mismo.

2.3.5-ADHERENCIA AL CONCRETO.

“*Se debe cubrir la superficie de la formaleta que vaya a estar en contacto con el concreto con una capa de desmoldante, aceite mineral, aceite de higuera o parafina*” (**capítulo 4.2.6.1 Encofrado**).

2.3.6-DISEÑO Y ARMADO DE FORMALETA.

“*Los tensores para fijación de formaletas deben tener un diseño tal que los agujeros que queden sean tan pequeños como sea posible... garanticen alineamientos de la formaleta y constituidos por pernos provistos de rosca y tuerca*” (**capítulo 4.2.6.1 Encofrado**)

“*Las abrazaderas deben ser de tal forma que tal forma que la porción que permanezca embebida en el concreto este a por lo menos 5 cm por dentro de las superficies terminadas y permitan retirar los extremos exteriores de las misma, sin producir daños en las caras del concreto.*” (**Capítulo 4.2.6.1 Encofrado**)

“Las cimbras y encofrados deben ser esencialmente y suficientemente herméticos para impedir la fuga de mortero” (C.6.1.2 NSR 10- Título C)

“Las cimbras y encofrados deben estar adecuadamente arriostrados o amarrados entre sí de tal manera que conserven su posición y forma.” (C.6.1.3 NSR 10- Título C)

“Las cimbras y encofrados para elementos de concreto preesforzado deben estar diseñadas y construidas de tal manera que permitan desplazamientos del elemento sin causar daños durante la aplicación de la fuerza del preesforzado.” (C.6.1.6 NSR 10- Título C).

CAPITULO TRES

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. LAS DIFERENTES OPCIONES DE CASETONES QUE SE UTILIZAN EN OBRA, CONOCIENDO LAS CUALIDADES Y DEFECTOS QUE PRESENTAN AL MOMENTO DE SER UTILIZADOS.

A partir de la información recopilación, a través navegación de la web, búsqueda de libros, artículos y normas vigentes. con entrevista hechas a proveedores del producto actual y entrevista a cliente antiguos de los casetones convencionales y clientes potenciales. Además utilizando un entendimiento analítico y critico por nuestra propia reflexión, se da a conocer los conceptos dados por los integrantes de este proyecto de grado del mercado de los casetones en la construcción para obtener una un cuadro comparativo técnico de los casetones actuales en el mercado colombiano y que se de utilidad para constructoras y contratistas en conocer con más profundidad estos producto, que son de importancia para la construcción de edificios en altura o de media, grande dimensiones como son equipamientos colectivos.

3.1.1.1. CASETONES DE POLIESTIRENO

Este en un casetón que tiene gran cogida en la construcción de en Latinoamérica y a nivel nacional, ya que es muy práctico en la construcción y en cantidades mayores es económico, su gran característica es su resistencia, moldeable y es ligero. Ventajas que para una obra son agradecidas, sabiendo que la mayor parte se utiliza mariales o elemento de grandes volúmenes pesados.

Se ha observado que en las entrevistas que se le ha hecho, a los proveedores y a los clientes destacan que una ventaja en específico, que el producto puede ser moldeado a las necesidades de forma de la estructura cual sea sus dimensiones y forma, lo cual puede ser moldeado en la misma obra o por su fabricante.

3.1.1.2. EL CASETÓN DE LONA DE POLIESTIRENO

El casetón de lona de poliestireno es la alternativa que se da a la solución en buscar que el producto se recuperable y reutilizable hasta llegar un límite de uso, el cual consiste e recubrí el casetón el rollo de plástico o en costal de fibra de hilo, posteriormente aplicarle una capa de aceite vegetal, con el fin de que el material no entre contacto con el concreto y se añada en este.

También con esta alternativa se replante de utilizar un sistema de desencofrado las eficaz el cual es fragmenta el bloque de poliestireno en tres secciones con forma trapezoidal para que encaje a las piezas de los extremos con las de la medida. Con el propósito de no generar tanto desgaste y desperdicio y el cual se puede dar de fe con las entrevistas hechas por los clientes de este producto, de que en mayor pérdida del producto es en el desmontaje de este, y en especial en los extremos de los casetones de poliestireno.



Figura 7 casetón de lona recuperable fragmentado Fuente: <https://casetondeicoporbogota.wordpress.com>

Por lo tanto, el objeto de esta fragmentación es en ayudar a que no se afecte la parte intermedia del elemento y solo se conmueva la parte de los extremos, lo que ocasiona que solo se tenga que cambiar estas partes aprovechando más el producto.

3.1.1.3. CASETÓN DE ESTERILLA DE GUADUA

Este caseto de esterilla de guadua se conforma por bambú que se ha sido inmunizado y tratado para que lo le afecta plagas y que su interior tiene una estructura hueca que es aguantada por soportes de madera que en generalmente es eucalipto. Donde la misma esterilla es el puntal

de la malla termo fundida o electrosoldada para la fundida de la torta superior y sus nervios de las losas de entrepisos aligeradas.

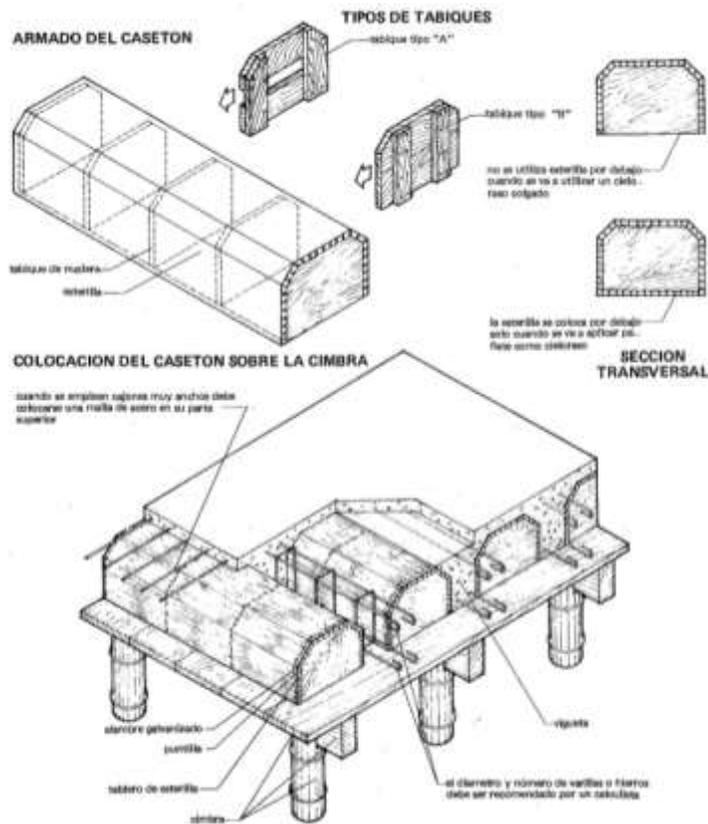


Figura 8 Casetón en guadua proyecto de casa en Bambú Fuente: <https://es.slideshare.net>

Este casetón no está apetecido para la construcción de edificios de alturas, por sus grandes desventajas que reúne el producto las cuales van desde el desperdicio del material, como en la parte se seguridad industrial en la obra. Porque una de la principal observación que se hace tanto en lo investigado como entrevistado es que al momento de instalado el elemento es de gran importancia que los obreros no se recarguen en el casetón ya que este no resiste una carga puntal como es peso de una persona en área tan pequeña. Lo que causa que se quiebre el casetón y a la vez se lastime la persona con un corte a la piel o una raspadura.

Además de los casetones actuales, el de guadua es el más pesado y con más dificultad de montaje por su masa. Conjuntamente no deja un buen acabado a la vista al hormigón y genera muchos desperdicio y desgastes en la losa de entrepiso en su desencofrado causado actividades adicionales con concretas flexibles para retapar las mordidas que deja este casetón. Esto se basa en las entrevistas hechas por los clientes que han utilizado este tipo de casetón.

3.1.1.4. CASETÓN DE GUADUA EN LONA

Casetón de guadua de lona como el casetón de poliestireno de lona tiene como función en solucionar todas las desventajas encontradas de producto, el cual este da mejor acabado a la vista del hormigón luego de ser desencofrado. también reduce en mínima parte el peso del casetón debido a que no tiene que ser recubierta la estructura con esterilla en su totalidad, si no por divisiones dejando vacíos que serán recubiertos por lona de plástico o de fibra de hilo. Pero su mayor ventaja es la reutilización y recuperación del elemento en condiciones aceptables, dándole una vida útil medianamente más utilizable en la construcción de proyecto.

Otra ventaja de este casetón en general, que anteriormente no se ha mencionado, es lo económico que es para el presupuesto de la obra y lo amigable que es con el medio ambiente por su bajo consumo energético y que no genera emisiones de CO_2 en su fabricación. El cual es debe ser certificado por las organizaciones de extracción de este material, para no causar la extinción de la especie. Como es la Sociedad Colombiana del Bambú, Centro de Procesamiento Primario del Bambú, Cálculo de Huella de Carbono Corporativa, Proyecto norma ICONTEC (criterios de selección para la comercialización de guadua angustifolia según sus usos y aplicaciones) entre otras más que permite la comercialización de la guadúa en un aspecto legal.

3.1.1.5. CASETÓN DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) Y CASETÓN DE FIBRA DE VIDRIO

Este casetón es fabricado a través de un molde inyectado o inmunizado posteriormente con el policloruro de vinilo (PVC) o de dióxido de silicio extremadamente finos (fibra de vidrio), para crear un casetón de este tipo. A nivel nacional no está comercializado en el mercado local y para ser utilizado debe ser pedido al exterior. Debido que no hay una industria de estos tipos de casetón en Colombia y el cual se da fe con la investigación hecha para estos tipos de casetón, que son poca las empresas que trabajan con este casetón.

Las principales ventajas que se detecta este casetón por la investigación formada, es la total reutilización y recuperación de este producto con una vida útil de más de 20 colocadas, dando a entender que este producto puede estar al final de todas las actividades de losas de entresijos de la obra. También tiene un excelente acabado a la vista del hormigón y el diseño del casetón de PVC y de fibra de vidrio tiene un plus, que no utiliza demasiado espacio de almacenamiento porque este es encajado uno en otro consecutivamente, reduciendo el espacio de acopio en la obra.



Figura 9 Acopio de caseto de fibra de vidrio Fuente: <http://www.profimsa.com/>

Pero hay que mencionar que este casetón es aplicado específicamente para losas aligeradas bidireccionales, reticulares de nervaduras de dimensiones cerradas. Es decir que para proyecto con una estructura especial tanto en forma como Tamaño y dimensión es casetón no es el

adecuado, puede ser fabricado por pedido, pero no es beneficioso ni para la constructora, ni para el fabricante, ya que se eleva el precio del casetón considerablemente aumentando el presupuesto de la obra y dejando el casetón sin utilidad después de haber acabado la actividad en el proyecto.

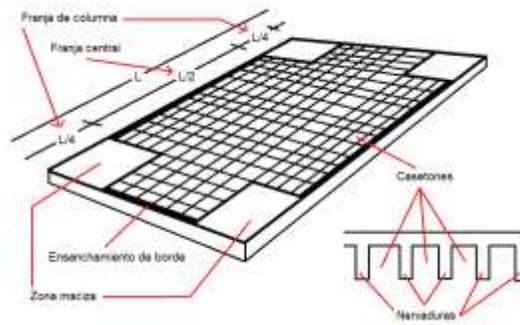


Figura 10 losa de entrecimpo bidireccional reticular de nervadura Fuente: <http://templodelaspilasdepiedra.blogspot.com.co>

3.1.1.6. FICHAS TÉCNICAS

MATERIAL: ICOPOR (POLIESTIRENO)		
CARACTERÍSTICAS: 	CASETÓN PERDIDO:	
	VENTAJAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Son cortados a medida de planos. 2. Diferentes formas y tamaños según requerimientos de clientes. 3. Disminuyen el desperdicio de concreto. 4. Resisten el tráfico de la obra. 5. Son fáciles y rápidos de instalar. 6. Bloques de icopor recubiertos por una o dos capas de polietileno (según sistemas de extracción). 7. Es un excelente aislante térmico y acústico. 	DESVENTAJAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. El transporte del icopor a la obra se ve demorado ya que el material en sí es liviano pero voluminoso. 2. Su porcentaje de contaminación es considerable teniendo en cuenta que solo se utiliza una vez. 3. Su propiedad inflamable sugiere que no se utilicen en sectores donde pueda haber altas temperaturas que no jueguen a su favor. 4. Aunque son elementos perdidos necesitan la ayuda de lona o pastas con aditivos para suplir la adherencia al concreto.
Valor por m² : \$35.000-\$185.000 COP (Varia de acuerdo a la altura. Y densidad)	CASETÓN RECUPERABLE:	
Peso por Kg: 5 Kg/m²	CASETÓN RECUPERABLE:	
Vida útil: Casetón recuperable: Máximo 20 veces. Casetón perdido: 1 vez.	CASETÓN RECUPERABLE:	
Aplicabilidad en proyectos: Cimentación, estructura convencional y estructuras con diseños irregulares.	VENTAJAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Son cortados a medida de planos. 2. Poliestireno expandible y auto extingible. 	DESVENTAJAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. El transporte del icopor a la obra se ve demorado ya que el material en sí es liviano pero voluminoso. 2. Genera numeroso Co₂ en la

Consumo energético: 1637.59 MJ/Kg	3. Forrados en polietileno calibre 6 y 4. 4. Corte especial para desencofrado.	fabricación del producto. 3.Considerable gasto energético en su fabricación
Emisiones Co2: 242.21 Co2/Kg	5. Fabricados hasta para 20 usos. 6. Se puede usar en losas unidireccional y bidireccional.	4. Produce muchos residuos sólidos en obra. 5.Ocupan excesivo espacio de almacenamiento en obra.

Tabla 1 Ficha técnica casetón en poliestireno

MATERIAL: GUADUA O MADERA

CARACTERISTICAS:	CASETÓN PERDIDO:	
	VENTAJAS: 1.Son amigables con el medio ambiente. 2. Son económicos. 3. Se pueden utilizar en losas unidireccional y bidireccional. 4.Por su bajo costo y facilidad de aplicación son muy utilizados en la etapa de la cimentación.	DESVENTAJAS: 1.Puede generar demoras en el transporte o fabricación del elemento de acuerdo con la zona o al clima. 2.Son más pesados que los casetones de icopor o pvc. 3.Generan aparición de animales y hongos. 4.Aunque son elementos perdidos necesitan un tratamiento especial para evitar la aparición de plagas. 5.Por ser un elemento "hueco" no cuenta con apoyos que resistan las cargas perpendiculares. 6. Puede generar mayores cantidades de volumen programado para la fundida de la losa.
Valor por m ² : \$28.000-\$30.000 COP (Varia de acuerdo a método de fabricación y altura.)		
Peso por Kg: 12.4 Kg/m ²		
Vida útil: Casetón recuperable: Máximo 3 veces. Casetón perdido: 1 vez.	CASETÓN RECUPERABLE:	
Aplicabilidad en proyectos: Cimentación.	VENTAJAS: 1.Son amigables con el medio ambiente 2. Por su bajo costo y facilidad de aplicación son muy utilizados en la etapa de la cimentación. 3. Tiene la cualidad de resistir los esfuerzos de compresión. 4. Se puede usar en losas unidireccional y bidireccional. 5.Es considerado el casetón utilizado más económico.	DESVENTAJAS: 1.La resistencia a las fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja lo que tiene tendencia de rajarse fácilmente 2.Por ser un elemento "hueco" no cuenta con apoyos que resistan las cargas perpendiculares. 3.Puede generar pandeo. 4. Puede generar mayores cantidades de volumen programado para la fundida de la losa. 5. Reducen la aplicabilidad en proyectos con concreto a la vista.
Consumo energético: 0.5 MJ/Kg		
Emisiones Co2: 0.47 Co2/Kg		

Tabla 2 Ficha técnica casetón en esterilla de guadua y o madera Fuente: Propia.

MATERIAL: PVC O FIBRA DE VIDRIO		
CARACTERÍSTICAS: 	CASETÓN PERDIDO:	
	VENTAJAS: 1. Son amigables con el medio ambiente. 2. Son económicos. 3. Se pueden utilizar en losas unidireccional y bidireccional. 4. Por su bajo costo y facilidad de aplicación son muy utilizados en la etapa de la cimentación.	DESVENTAJAS: 1. Puede generar demoras en el transporte o fabricación del elemento de acuerdo con la zona o al clima. 2. Son más pesados que los casetones de icopor o pvc. 3. Generan aparición de animales y hongos. 4. Aunque son elementos perdidos necesitan un tratamiento especial para evitar la aparición de plagas. 5. Por ser un elemento "hueco" no cuenta con apoyos que resistan las cargas perpendiculares. 6. Puede generar mayores cantidades de volumen programado para la fundida de la losa.
Valor por m² : \$320.000-\$350.000 COP (Varia de acuerdo a método de fabricación y altura.)		
Peso por Kg: 8.75 Kg/m²		
Vida útil: Casetón recuperable: Más de 40 veces	CASETÓN RECUPERABLE:	
Aplicabilidad en proyectos: Cimentación y estructuras.	VENTAJAS: 1. Son amigables con el medio ambiente 2. Por su bajo costo y facilidad de aplicación son muy utilizados en la etapa de la cimentación. 3. Tiene la cualidad de resistir los esfuerzos de compresión. 4. Se puede usar en losas unidireccional y bidireccional. 5. Es considerado el casetón utilizado más económico.	DESVENTAJAS: 1. La resistencia a las fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja lo que tiene tendencia de rajarse fácilmente 2. Por ser un elemento "hueco" no cuenta con apoyos que resistan las cargas perpendiculares. 3. Puede generar pandeo. 4. Puede generar mayores cantidades de volumen programado para la fundida de la losa. 5. Reducen la aplicabilidad en proyectos con concreto a la vista.
Consumo energético: 168.00 MJ/Kg		
Emissiones Co₂: 10.77 Co ₂ /Kg		

Tabla 3 Ficha técnica casetón de fibra de vidrio o PVC Fuente: Propia.

3.1.2. PROTOTIPO DE CASETÓN QUE TENGA LAS VENTAJAS DE LOS CASETONES CONVENCIONALES Y ADICIONALMENTE SUPLA LAS NECESIDADES QUE PRESENTA EL ELEMENTO

El alcance de este proyecto es la fabricación de un prototipo de casetón que utilice los conceptos retráctil y desplegable a la vez tenga la posibilidad de ser modulado para todos los vacíos que se crea entre la vigas o viguetas y la torta superior de la losa por los diseños estructurales, que ese espacio es donde se ubica los casetones para aligerar las losas de entresijos.

Se implementa el sistema retráctil que se trae de las sillas plegables en la parte de muebles y accesorios del hogar. Efectuando la misma idea de uniones de las partes que retraen el elemento. como se ve en las siguientes imágenes.



Figura 11 Uniones laterales de la silla plegable **Fuente:** propia.



Figura 12 Uniones base superior de la silla plegable **Fuente:** propia

El funcionamiento del casetón es para reducir cargas muertas de las edificaciones al tiempo se reduce los costos considerablemente ya que pasan de ser losas macizas¹⁵ a losas

¹⁵ **Ana Julia Ramírez (2014)** *losas Macizas*. slideShare. Ciudad de México. Es aquella que cubre tableros rectangulares o cuadrados cuyos bordes, descansan sobre vigas a las cuales les transmiten su carga y éstas a su vez a las columnas.

aligeradas¹⁶ lo que, se propone hacer un casetón que aparte de efectuar los requerimientos convencionales, que también ayude en la obra en los aspectos logístico y administrativos. Mejorando el montaje, el traslado, el rendimiento y el acabado. para lograr esto se sigue el siguiente proceso de fabricación del prototipo de casetón plegable. Loza macisa¹⁷

3.1.2.1. SISTEMAS DE MONTAJE Y DESENCOFRADO.

El sistema de plantado se representa y se expone en el siguiente diagrama:

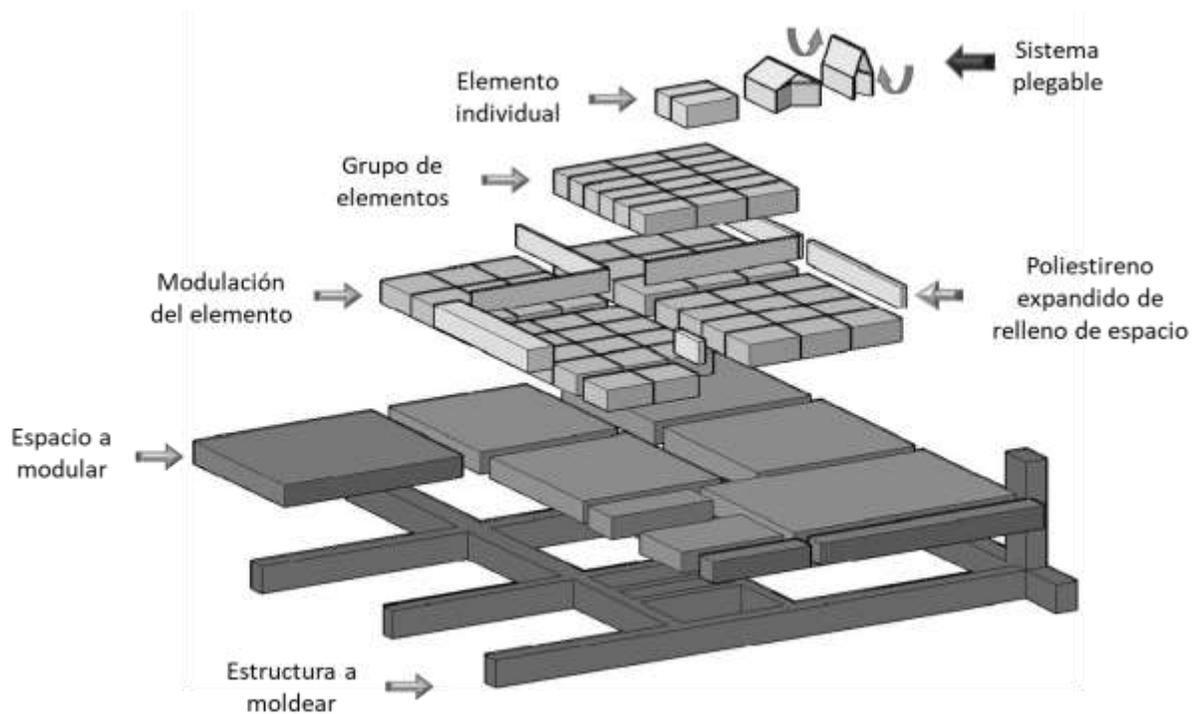


Figura 13 Infograma explicativo de sistema y proceso a utilizar.

Para esto se observa que casetón tiene que tener un catálogo definido de dimensiones cerradas en decímetros de 0.50m a 1.00m en sus dimensiones, y que también debe ser rectangulares para evitar que el sistema plegable tenga problemas en la ejecución.

Y el desencofrado de este casetón, se hace con manilas incorporadas al casetón para la fácil, extracción del casetón y trabas internas en el caseto para ajustar este para que no se plegue

¹⁶ **Karina, Mc (2012)** *Losas aligerada*. Scribd. Buenos Aires. Es la que se realiza colocando en los intermedios de los nervios estructurales, bloques, ladrillos, casetones de madera o metálicas (cajones) con el fin de reducir el peso de la estructura, y el acero en barras concentrado en puntos llamados nervios.

¹⁷ Op cit. 12

al momento del uso en la fundida de la losa en concreto. La figura siguiente explica lo anterior dicho.

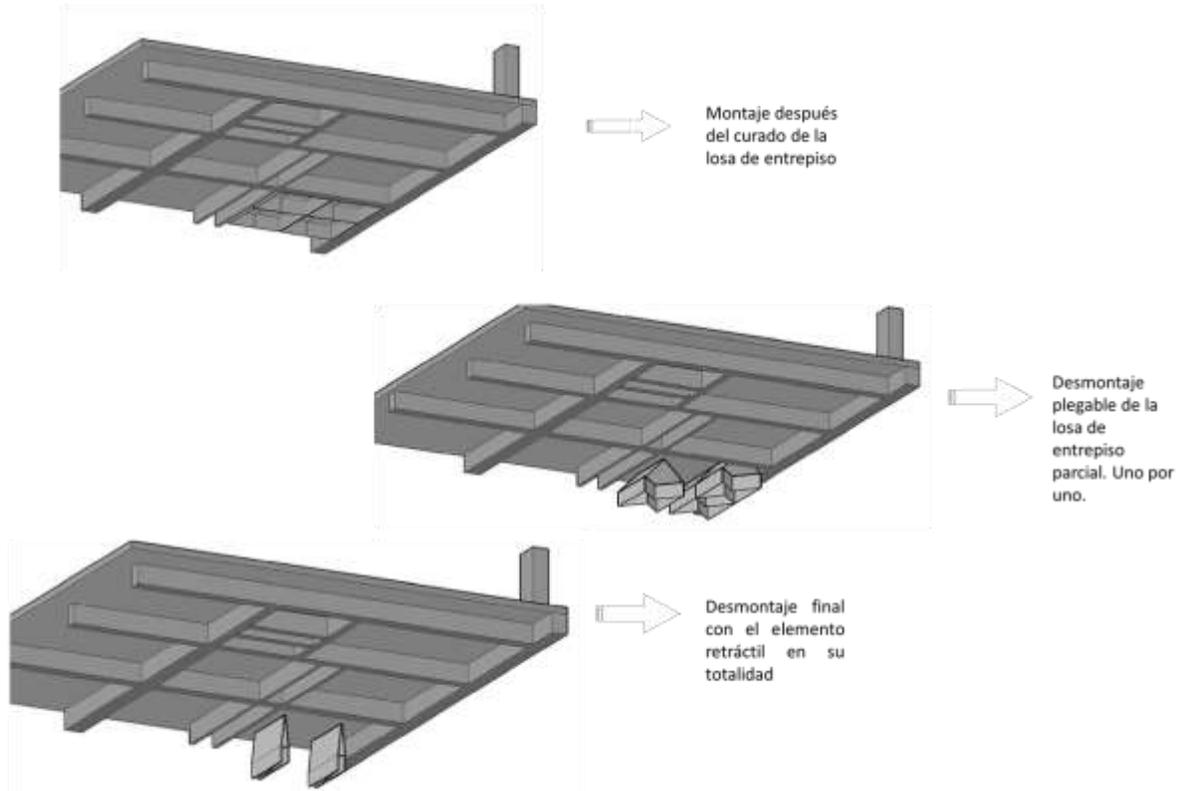


Figura 14 Desmontaje del casetón plegable Fuente: propia

3.1.2.2. PRIMER PROTOTIPO B1 CASETÓN EN AGLOMERADO

PASO A PASO:

- Primer paso: la selección de material es un aglomerado hidrofugo con resinas especiales de termofraguado, que tiene propiedades adecuadas para ser manejado para el encofrado de la construcción de concreto reforzado y puede ser reutilizado varias veces para otros encofrados.

las aristas y los laterales del casetón y tres bisagras en la unión de la base con los laterales y las aristas. Como se observa en la figura 17:



Figura 17 Instalación de las bisagras Fuente: propia.

- Cuarto paso: con ayuda de la pulidora, un mazo y un destornillado se hizo un corte a las aristas y a los filos superiores del casetón, dejando unos espacios con vacío, como se muestra en la figura 18, con el objetivo que el casetón pueda tener fácil retracción y despliegue como su intención lo demanda. Además, se utiliza un recubrimiento de neumático de caucho en las partes donde se tapa los vacíos que se generó con el corte anterior. Debido que el caucho se acondiciona mejor a la retracción y despliegue del casetón como se aprecia en la figura 19.



Figura 18 Cortes de aristas y filos para la retracción del casetón Fuente: Propia



Figura 19 Recubrimiento con neumático de caucho en las aristas y filos Fuente: Propia

- El paso final la muestra final del prototipo el cual se expone en las ilustraciones 20 y 21. Este prototipo B1 fue la entrega final de proyecto de innovación tecnológica, curso dictado por la arquitecta Angelica Arias en el quinto semestre de programa académico y el cual se aprendió mucho de este para ejecutar el otro prototipo de casetón plegable.



Figura 20 Casetón plegable en madera aglomerada hidrofugo vista de perfil Fuente: propia.

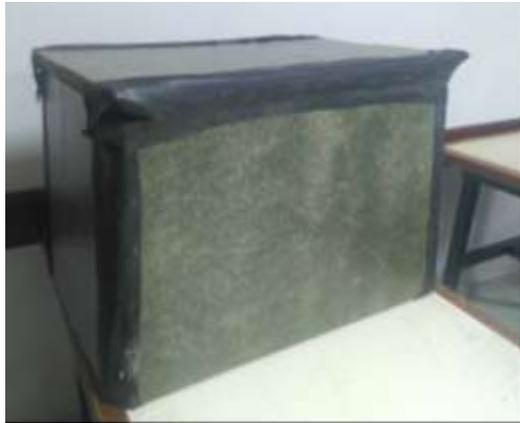


Figura 21 Casetón desplegable para instalar, madera aglomerada hidrofugo Fuente: Propia.

3.1.2.3. SEGUNDO PROTOTIPO A1 CASETÓN PLEGABLE EN MADERA

Este prototipo se realiza a partir de lo aprendido del anterior prototipo proponiendo un nuevo diseño utilizando como material madera pino, el producto está compuesto por ocho piezas encajadas unas a otras como se observa en la **figura 22**. Las plantillas del diseño se cortaron con maquina laser como se muestra en la **figura 23**. Las medidas de estas plantillas son de escala 1:3 pues para conceptos de factibilidad al momento de la entrega del prototipo A1 y de la muestra de la loza de entrepiso del encofrado y desencofrado del prototipo A1 en más conveniente presentar el prototipo a una escala menor y no a escala 1:1 por la dificultad de traslado de la muestra con los materiales reales.

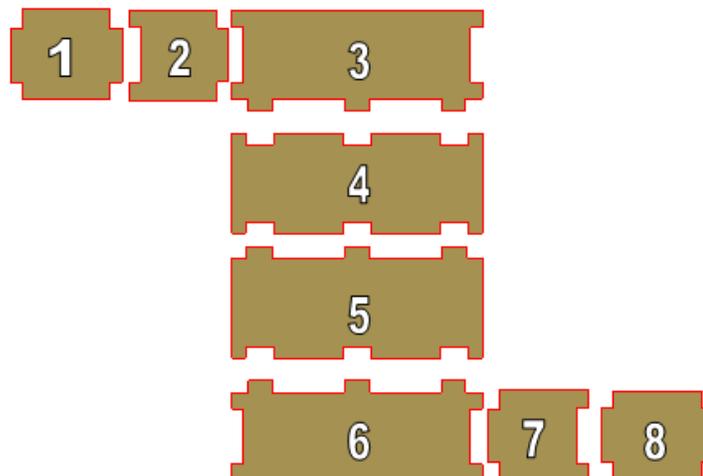


Figura 22 Diseño del despiece del segundo prototipo casetón de 90x70x35 Fuente: Propia.

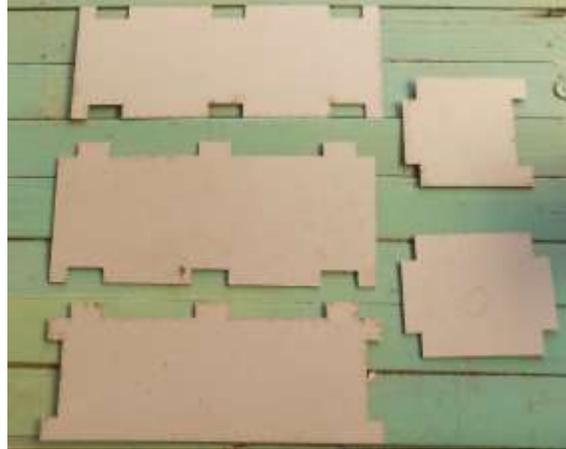


Figura 23 Plantillas del diseño del casetón Fuente: Propia

Luego se hace un modelo en 3D de cómo se verá el casetón después de ensamblado todas sus piezas que funcionan para su sistema de retracción y desplegable. Que se observa las siguientes *ilustraciones 24 y 25*.

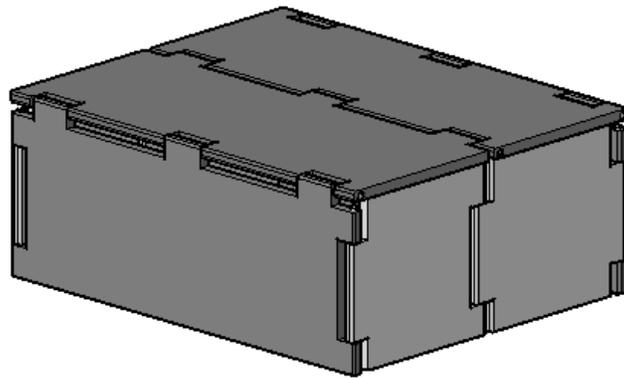


Figura 24 Modelo en 3D del segundo prototipo de casetón plegable en plástico o madera Fuente: Propia.

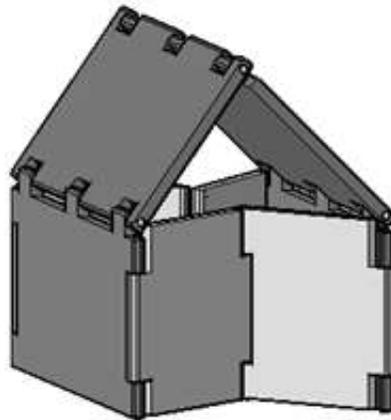


Figura 25 Casetón con el sistema plegable Fuente: Propia.

PA SO A PASO:

- Primer paso: La madera de pino es el material seleccionado para hacer el prototipo A1, se elige esta por ser una madera blanda, resistente y ligera, las características que se quiere conseguir con casetón plegable. Este tipo de madera también es muy utilizado en la construcción en la parte de encofrados, testeros y formaleta para fundir concreto reforzado.
- Segundo paso: el corte de las piezas se hizo con ayuda de herramientas como hoja de segueta, bisturí y escuadra. Posteriormente se cortó la madera en una central distribuidora, con las medidas del ancho de cada pieza y su largo específico, se dojo solo la pieza rectangular para poder asentar la plantilla en la superficie rectangular y marca con lápiz el croquis de la pieza e inmediatamente se realiza el corte final de cada piza siguiendo la guía hecha por la plantilla. **Figura 25.**



Figura 26 corte de piezas y marcación prototipo A1 Fuente: propia.

- Tercer paso: Se perfora con taladro los agujeros donde se ubica la barra metálica de eje del movimiento giratorio. Este taladro se instaló en una base amarada con alambre y madera y una base nivelada concordando las medidas del centro de la madera y la ubicación del eje de la barra metálica con el eje del a broca de $\frac{1}{4}$ " que se le sitúo la taladro. igualmente, con el bisturí, lija y lima se ajusta y detalla las pestañas de la pieza para que obtenga un movimiento giratorio.



Figura 27 Perforación de agujeros y cortes finales Fuente: Propia.

- Cuarto paso: Ensamblar las piezas e instalar las barras metálicas o puntillas cromadas de 2" y 2 ½" en total son seis puntillas de 2 ½" y 12 puntillas de 2" con el martillo se ajusta y se aprieta la puntilla contra la madera. Luego de unir todas las piezas se procede a aplicarle dos capas de pintura epoxica en el casetón, esta pintura tiene con función en impermeabilizar la madera para que no se afectado por la húmeda del agua que hay en las losas de concreto al momento del fraguado y curado.



Figura 28 Ensamble y recubrimiento impermeabilizante de casetón prototipo A1 Fuente: Propia.

- Quinto paso: el último paso es la instalación de unas cuerdas de nylon para ayudar el desencofre del casetón. Esto se hace por medio de la perforación de dos agujeros en las

partes donde se pliega el casetón a los lados, se atraviesa las cuerdas en los agujeros y se hace un nudo en los extremos para trabar la cuerda y así no se salga del casetón. además, se atornilla cuatro elementos en la parte interna del casetón. exactamente en la tapa que se unan con las piezas plegable de los laterales, esto es para que actué como trabas para evitar que el casetón se pliegue al momento de realizar la fundida de las losas de concreto.



Figura 29 Cuerda para desencofrado y ubicación de tornillos de trabe Fuente: Propia.

El estado final del prototipo A1 de casetón en madera de pino considera que el movimiento retráctil y desplegable es parcial, ya que este mecanismo de retracción es adecuado para el plástico polietileno fundido. Se utilizan los moldes adecuados para insertar de una vez los soportes que permiten el movimiento giratorio del casetón como ocurre en las sillas plegables que es la base de este proyecto. La *figura 30* se muestra la imagen del casetón desplegable.



Figura 30 Casetón en esto desplegable y para instalar Fuente: Propia.

CAPITULO CUARTO

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

4.1. LAS DIFERENTES OPCIONES DE CASETONES QUE SE UTILIZAN EN OBRA, CONOCIENDO LAS CUALIDADES Y DEFECTOS QUE PRESENTAN AL MOMENTO DE SER UTILIZADOS.

4.1.1. RESULTADO CUADRO COMPARATIVO

Con la investigación de conceptos, referentes y las entrevistas concebidas a los proveedores y clientes. Se obtiene el siguiente cuadro comparativo.

Material	Casetón poliestireno	Casetón de guadua o madera	Casetón de PVC o Fibra de vidrio
Ilustración			
Valor por m ³	Perdido: \$ 99,960.00 COP Reutilizable: Pmd \$ 182,911.20 COP Fuente: construdata	En lona: \$ 78,569.00 COP Fuente: arme ideas en guadua	PVC: \$ 927,098.21 COP FDV: Fuente: Sumifibra SAS
Peso Kg	5 kg x m ²	12.4 kg x m ² Fuente: arme ideas en guadua	PVC: FDV: 8.75 kg x m ²
Vida útil	Perdido: 3 veces máximo Recuperable: 20 veces máximo Fuente:	Perdido: 1 veces máximo Recuperable: 3 veces máximo Fuente: arme ideas en guadua	Mas de 40 veces con un buen manejo.
Aplicabilidad en proyecto constructivo.	Cimentación y estructura.	Cimentación.	Estructura.
Consumo energético	1637.59 MJ/ kg	0.5 MJ/Kg	PVC: 168000 MJ/Kg FDV:
Emisiones Co ₂	242.21Co2/kg	0.47 Co2/Kg	PVC: 10.77 Co2/Kg FDV:
Ventajas	- Ligero aun grandes cantidades. - Resistente (depende de su densidad).	- Es más económico que el de icopor y de PVC. - Mejor resistencia (por ser de madera y guadua).	- Ligero en cantidades menores. - No ocupa mucho espacio de

	<ul style="list-style-type: none"> - Moldeable a formas regulares o irregulares. - Reutilizable. - Fácil en el montaje. - Aceptable acabado. - Tiene aislante térmico y acústico. - Se puede utilizar en losas bidireccional y unidireccional. - Genera numeroso Co2 en el transporte del producto. - Considerable gasto energético en su fabricación. - No es recuperable en su totalidad. - produce muchos residuos sólidos en la obra. - Ocupa excesivo espacio de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es amigable al ambiente. - No genera tanto consumo energético. - Se puede utilizar en losas bidireccional y unidireccional. - Es recuperable y reutilizable solo los de lona. - no es recuperable ni reutilizable los que no tiene lona. - Deja un mal acabado. - Ocupan excesivo espacio de almacenamiento. - Son más pesados que los casetones de icopor o PVC. - Genera numeroso Co2 en el transporte del producto. - No son buenos aislante térmico ni acústico. 	<ul style="list-style-type: none"> almacenamiento. - Resistente a cargas medianas. - Acabado excelente. - Fácil desencofrado. - Reutilizable y recuperable. - Rápido montaje de elemento. - Es el de mayor valor que el de icopor o guadua. - Solo se puede utilizar para losas con nervadura bidireccional. - Es delicado en el desencofrado. - No se puede utilizar en estructura con forma irregular.
Desventajas			

Tabla 4 Cuadro comparativo de los casetones convencionales y espaciales Fuente: Propia.

4.2. PRIMER PROTOTIPO CASETÓN EN AGLOMERADO

4.2.1. RESULTADOS

El primer prototipo de casetón con madera aglomerada se efectuó el análisis de precio unitario (APU), cuyo resultado se observa en la siguiente tabla donde se desglosa el APU de un solo casetón con dimensiones de 60 centímetros de largo, 40 centímetros de ancho y una altura de 40 centímetros.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR UTILIZADO	
Aglomerado Hidrófugo formaleta Pizano	1	\$64.001,00 COP	\$ 43.001,00 COP	
Bisagras niquelada	21	\$1.008,00 COP	\$ 22.176,00 COP	
Tornillos	132	\$50,00 COP	\$ 6.300,00	
HERAMIENTAS	VALOR HERRAMIENTAS	RENDIMIENTO UNITARIO h	VALOR TOTAL	
pulidora, taladro, destornillador, formón y mazo.	\$705.100,00 COP	2.5	\$1.762,75COP	
MANO DE OBRA	VALOR H/h	VALOR H/c	RENDIMIENTO UNITARIO m/h	VALOR TOTAL
Dos operarios calificado	\$3.333,00 COP	\$6.666,00 COP	2.5	\$16.665,00 COP
TRANSPORTE	VALOR D/t	N# C X V	RENDIMIENTO UNITARIO h	VALOR TOTAL
Furgón de 11.8m largo, 2.7m ancho y 3.8m alto	\$125.000,00 COP	884	0.05	\$7.070,10COP

Tabla 5 APU de prototipo de casetón plegable en madera aglomerada Fuente: Propia.

La suma de todos los insumos y de los rendimientos de transporte, herramienta y mano de obra da un sub total de: \$90.674,75 COP del producto neto sin AIU ni IVA.

El precio por metro cuadrado se calculó a partir de le área del casetón fabricado por la cantidad de veces que ocupa en un metro cuadrado, dando el siguiente resultado 4.166 unid. Esta cantidad de unidades se multiplica por el precio del casetón fabricado, arrojando el precio por metro cuadrado total que es: \$377.751,00 COP x m².

Otro resultado es el peso que se

4.2.2. ANÁLISIS

Este prototipo se refleja varias inconveniencias y desventajas es por eso por lo que se deroga Inmediatamente este prototipo las cuales son:

- El peso del casetón: el casetón que se fabricó tenía un peso de 63.78 kg x m² la por unidad de 60x40x40 centímetros tenía un peso 15.31kilogramos. lo que causa que el

montaje del elemento es más complejo y tenga que hacer más esfuerzos para el personal que lo opera en la instalación de las losas de entresijos dificulta más el traslado del elemento.

- Un precio elevado: el precio es mayor que los casetones convencionales de poliestireno de alta y baja densidad y de esterilla de guadua, los casetones especiales como PVC y fibra de vidrio es comparado el precio y aun así se considera con un precio elevado el casetón con madera aglomerada.

- Reutilización es limitada: es poco recuperable este casetón, aunque el material está creado para el encofrado en el sector constructivo aún tiene restricciones, pues su vida útil depende del manejo adecuado que se le da al producto y al manejo de este, el cual es muy delicado con el contacto del agua y el sol, así que su almacenamiento debe ser adecuado y oportuno. La parte de desinstalación debe ser con extremo cuidado ya que se puede fisura el casetón, además por lo probadores recomienda un recubrimiento con pintura epoxica en lados ya que estos no están recubiertos con la resina termo fraguada la cual da la condición de soportar la humedad y dejar un buen acabado.

Por estas razones su estado de precio, peso y reutilizable. Este casetón es para proyectos con un presupuesto elevado, que además cuente con maquinaria como plumas o torre grúas para el traslado de medianas masas y el montaje, desencofrado y almacenamiento debe ser bien coordinado por el supervisor ya que es de sumo cuidado.

Se examina que este prototipo tiene más contras y pros, si se desea aborda construcciones comunes en edificios arquitectónicos.

4.3 SEGUNDO PROTOTIPO A1 CASETÓN PLEGABLE EN MADERA:

4.3.1 RESULTADOS:

Para el prototipo **A1** propuesto se analizó a fondo el diseño y el material respecto al prototipo anterior, realizando 8 practicas piezas funcionales que al juntarse mediante barras metálicas generen la funcionalidad de mover el elemento y que así pueda ser plegable.

Se detecta que por sus propiedades, el elemento no puede plegar al 100%, sin embargo si reduce la capacidad de volumen y vuelve más practico su procesos de transporte y almacenamiento, todo esto considerando si se realizan de manera uniforme, es decir, el casetón como un elemento único ya armado; adicional, se ve la opción de transportar y almacenar el elemento por separado, es decir, sus piezas tienen un fácil ensamblaje, por lo cual la posibilidad de transportarlas por separado sugiere una mejor opción para así ahorrar espacio.

En cuanto al material, el prototipo esta realizado con madera tipo pino, se trata de una madera abundante, se puede tratar con facilidad para su correcta conservación, tiene resistencia mecánica y en general para el prototipo se ve como opción principal por su bajo costo y adaptabilidad al sistema, el prototipo cuenta con dos cuerdas en las fichas laterales para facilitar la retracción del elemento.

Respecto a los ensayos y experiencias adquiridas en la fabricación de este prototipo, se llega a la conclusión de proponer un nuevo material como el **plástico**, que conjunto a un molde financiado, cree un elemento industrializado con las características que el prototipo ya presenta.

Adicionalmente se propone generar dos agujeros más en la parte superior del casetón, conjunto a unas cuerdas, que, como las auxiliares de los laterales, mejoren el proceso de desencofrado en esa área específica, por su funcionalidad también se llega a la conclusión de que el acabado que genera este casetón en una losa fundida es favorable para los usuarios ya que puede ser dejado a la vista o simplifica el proceso, para dar paso al estuco.

4.4 ENCUESTAS DE OPINION Y SATISFACCIÓN A CLIENTES Y PROVEEDORES.

4.4.1 RESULTADOS:

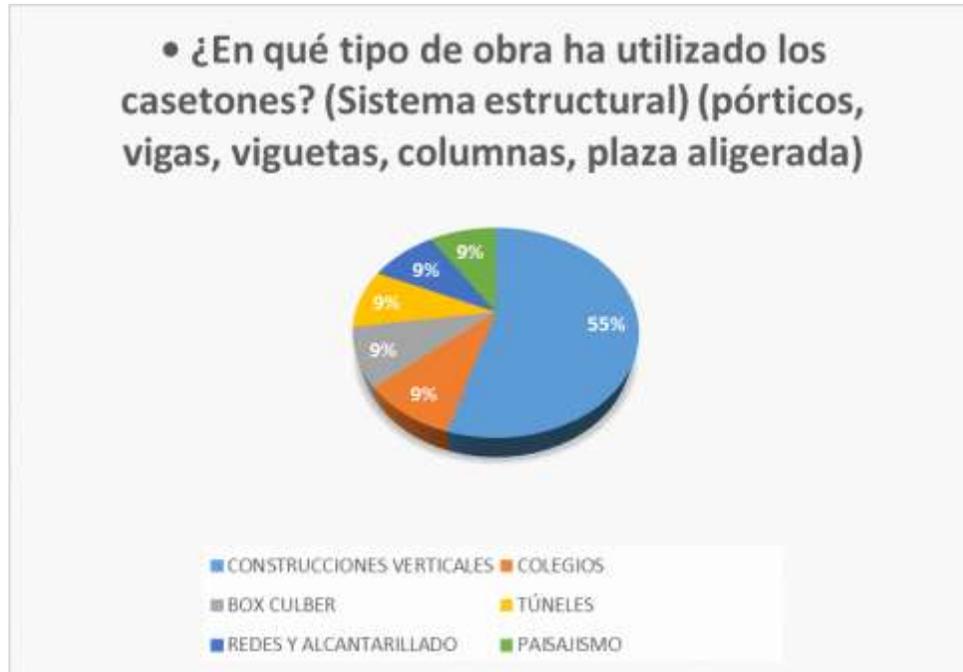


Gráfico 1 Resultados tipo de proyectos. Fuente: Propia.

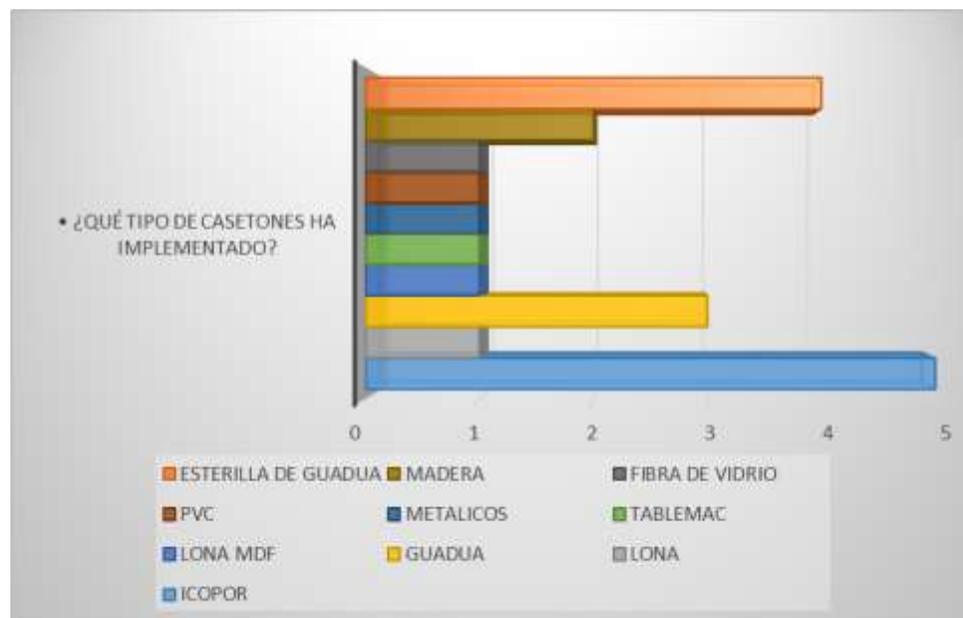


Gráfico 2 Resultados tipo de casetón. Fuente: Propia.

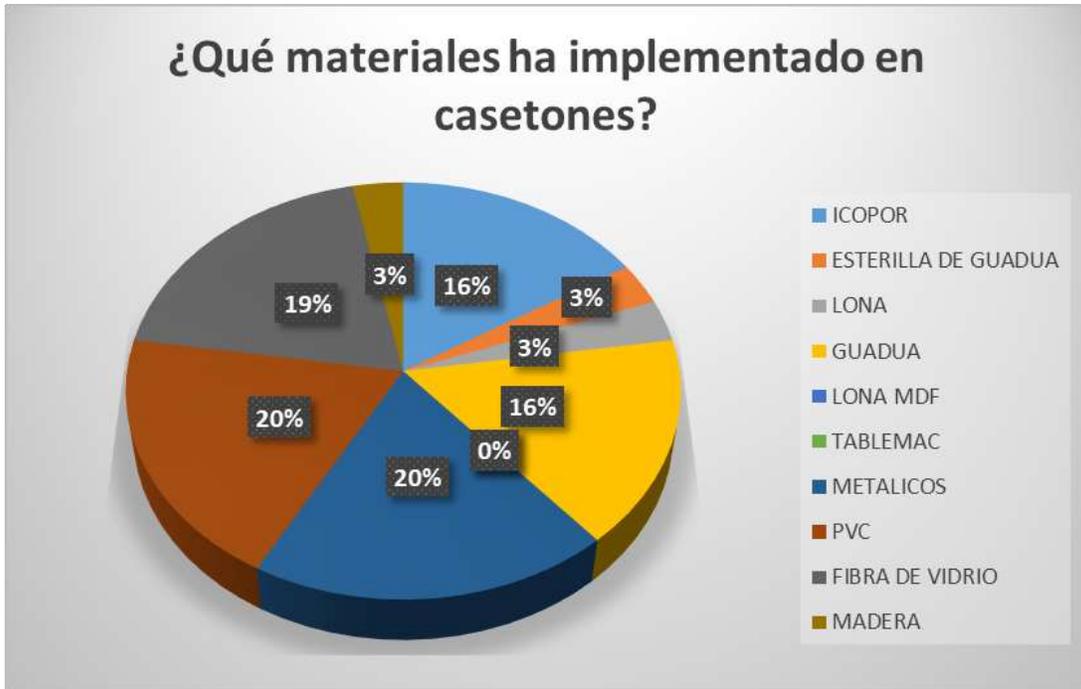


Grafico 3 Resultados material implementado. Fuente: Propia.

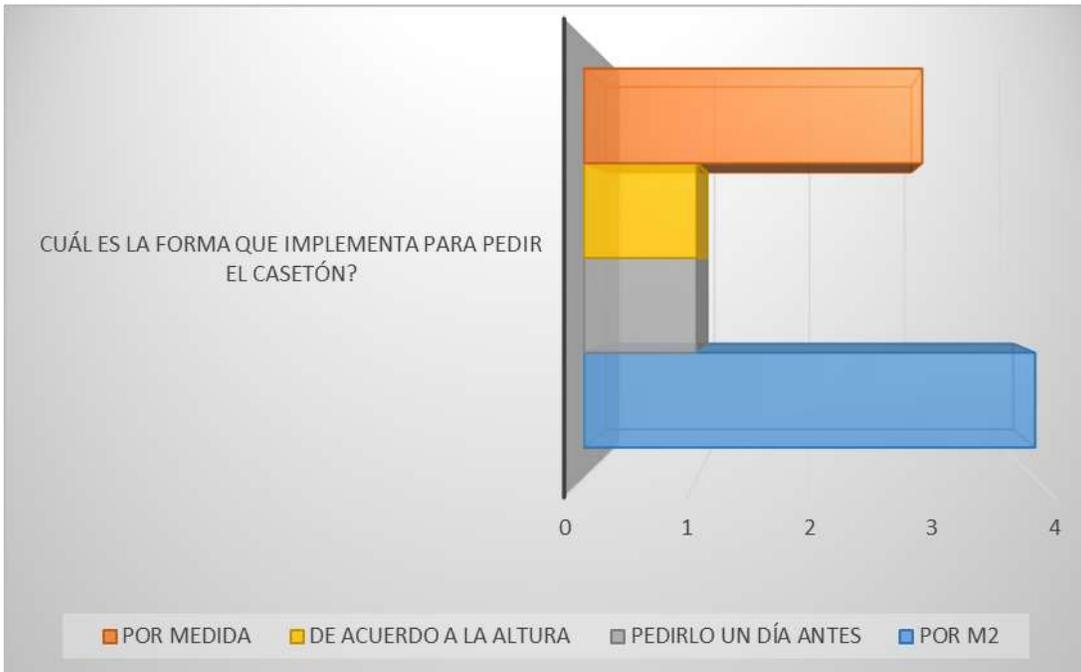


Grafico 4 Resultados forma de pedir el casetón. Fuente: Propia.



Grafico 5 Resultados problemas encontrados. Fuente: Propia.

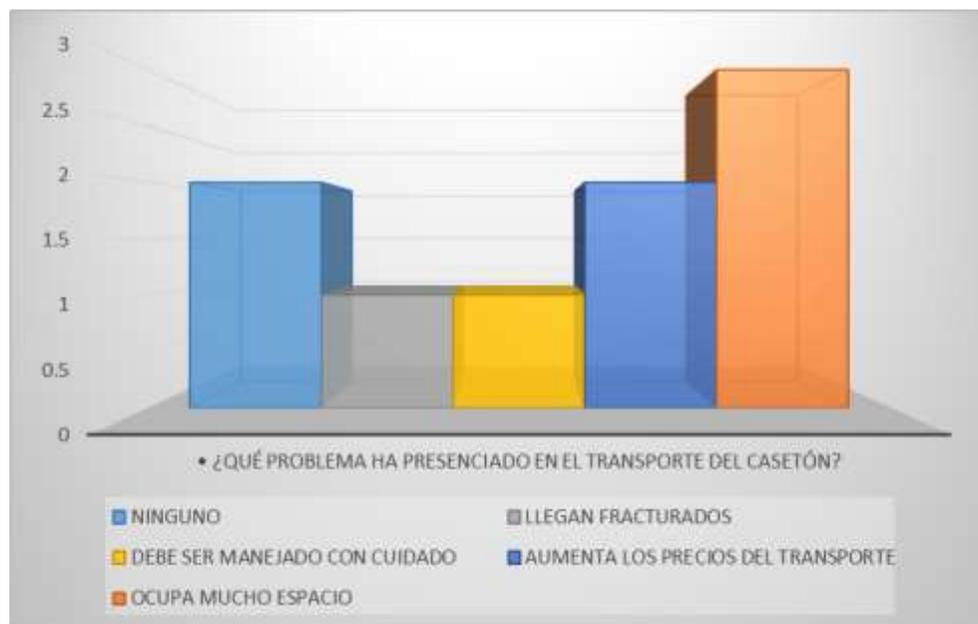


Grafico 6 Resultados problemas de acuerdo al transporte. Fuente: Propia.



Gráfico 7 Resultados problemas. Fuente: Propia.



Gráfico 8 dos material más utilizado. Fuente: Propia.

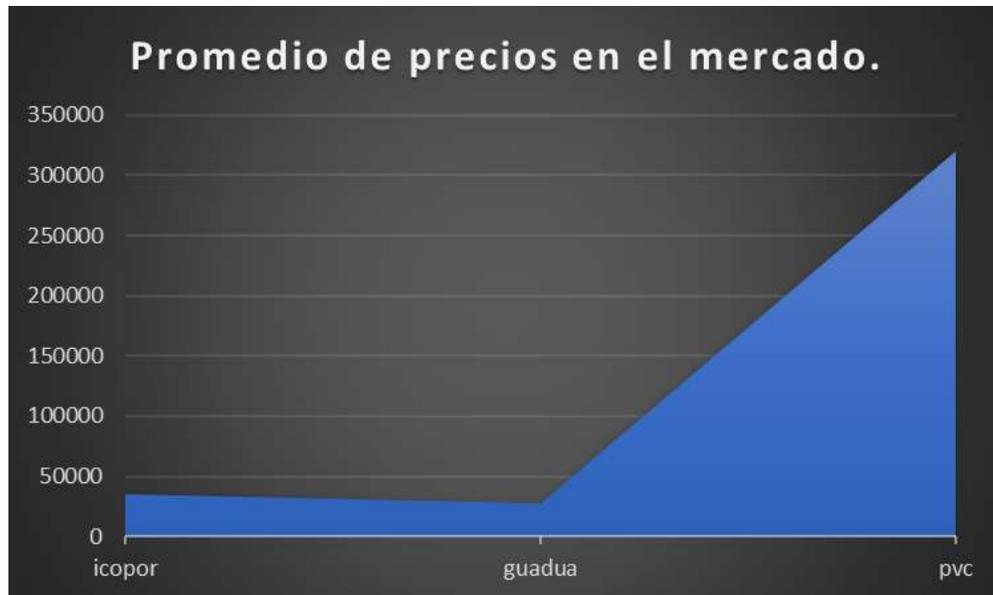


Gráfico 9 Resultados precio promedio. Fuente: Propia.



Gráfico 10 Resultados problemas proveedores. Fuente: Propia.

4.4.2 ANÁLISIS:

Como un análisis detallado, se presentan resultados significativos de acuerdo con las 14 encuestas realizadas a usuarios y proveedores del elemento, divididas respectivamente. El 55% de los entrevistados han implementado el uso del casetón para obras de construcción vertical, lo

que informa que un grupo focal para el uso del prototipo planteado se centra en la construcción de edificaciones, adicionalmente, los materiales más utilizados son icopor y guadua, que se incluyen en el estudio del primer objetivo específico del presente documento, reafirmando la importancia de la investigación de estos dos materiales implementados en el elemento casetón.

Una observación importante encontrada tanto en proveedores como en usuarios se basa en la forma en la que el cliente pide el casetón y los servicios que los proveedores ofrecen al momento en que realizan el pedido, la forma más habitual de pedirlo es por metro cuadrado (M2), seguida de la opción de pedirlo de acuerdo al diseño estructural, es decir, se contacta al proveedor y se pide de acuerdo a los detalles presentados en planos, lo que sugiere que la realización del casetón va detallada y centrada en las medidas exactas requeridas.

Como dato curioso, cada uno de los encuestados encuentra problemas diferentes de acuerdo a sus experiencias vividas con el elemento, entre las más comunes se encuentran el atraso en la programación por defectos en el traslado y tratamiento del material, como aumento en el presupuesto debido al gran volumen y requerimiento de maquinaria adicional para transportar y almacenar el elemento dentro del proyecto, reafirmando tres de los problemas encontrados en la investigación, traslado, economía, y espacio. Adicionalmente se encuentra una variación considerable en el precio, lo que aumenta las diferencias y características que pueden brindar cada tipo de casetón a los proyectos de construcción, se encuentran aproximadamente en un rango de \$28.000 COP a \$340.000 COP variando en tamaños y material.

4.4.3 ANÁLISIS GENERAL:

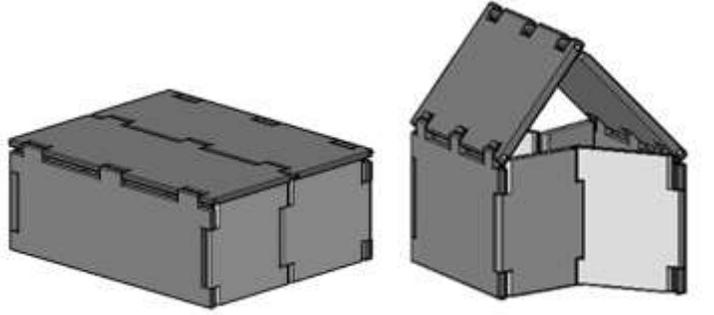
Se presenta la ficha técnica del prototipo desarrollado y se propone un nuevo elemento frente a los convencionales ya utilizados. Resaltamos las características positivas y negativas del prototipo en la siguiente tabla:

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ocupa menos volumen en el traslado y almacenamiento de obra. ✓ Permite su utilización en varias etapas del proyecto. ✓ Es resistente al tráfico de obra. ✓ Fácil y rápido de instalar. ✓ Tienen recubrimiento impermeabilizante para evitar la humedad. ✓ Excelente aislante termo acústico. ✓ Genera un buen acabado en el concreto. ✓ Reduce los residuos sólidos en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> × No permite moldearse a formas irregulares. × Requiere el uso de elementos auxiliares para un mejor funcionamiento.
---	---

(Tabla 6 Características relevantes del prototipo. Fuente: Propia)

4.4.4. FICHA TÉCNICA PROTOTIPO A1:

PROTOTIPO A1		
<p>CARACTERÍSTICAS:</p> 	<p>CASETÓN RECUPERABLE:</p>	
<p>Descripción:</p> <p>casetón que utilice los conceptos retráctil y desplegable, a su vez tenga la posibilidad de ser modulado para todos los vacíos que se crea entre la vigas o viguetas de la losa de entrapiso por los diseños estructurales.</p>	<p>VENTAJAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ocupa menos volumen al momento del traslado y almacenamiento en obra 2. Tiene la posibilidad de ampliarse. 3. Disminuyen el desperdicio de concreto. 4. Es fácil de trasladar dentro de obra. 5. Permite su utilización en varias etapas del proyecto. 6. resisten el tráfico de la obra. 7. Son fáciles y rápidos de instalar. 8. Madera tipo Pino con recubrimiento impermeabilizante para evitar la humedad. 9. Es un excelente aislante térmico y acústico. 10. Genera un buen acabado en proyectos que requieran concreto a la vista. 11. Reduce los residuos sólidos en obra 	<p>DESVENTAJAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No permite jugar con distintas formas. 2. Tiene una vida útil limitada menor que otros casetones como el de icopor. 3. Requiere el uso de elementos auxiliares para mejor funcionamiento.
<p>Valor por m²:</p> <p>\$ 120,000 y 150,000 COP (varia por su altura) medio de pago por m²</p>		

Peso por Kg: 5 a 8 kilos por metro cuadrado		
Vida útil: Casetón recuperable: (ENSAYOS)	SISTEMAS DE PLEGABLE: 	
Consumo energético: 0.58 (kWh kg-1) o 80MJ/Kg Fuente: Base de datos Simapro5		
Emissions Co2: 4 co2/Kg Fuente: revista Journal of Sustainable Forestry,		

(Tabla 7 Ficha Técnica prototipo A1. Fuente: Propia)

Adicionalmente se presentan opciones de mejora como la implementación de dos cuerdas auxiliares en la parte superior del casetón para facilitar el procesos de desencofrado, y habilitar la opción del uso de un material plástico o referente utilizando un molde para generar un elemento industrializado que pueda competir frente a los casetones convencionales en términos de precio, viabilidad ambiental, aplicabilidad en proyectos de construcción, facilidad en transporte y manipulación, reducción de costos teniendo en cuenta su vida útil.

4.3. CONCLUSIONES

1. Con las investigaciones que se realizó los casetones más utilizados actualmente en proyectos arquitectónicos se induce que ningún casetón suple a otro ya que se detecta que cada casetón depende de las necesidades que presenta la obra un ejemplo es que el casetón de guadua que es más manejado cuando el presupuesto de la obra es bajo mientras de icopor de alta densidad se utiliza cuando el presupuesto elevado y se desea mejor acabado. Por lo tanto, el casetón planteado en este proyecto no va ser

reemplazable a otro, este será una nueva alternativa para soluciones frecuentes de obra, adicionalmente realizamos una ficha técnica como tal de cada tipo de elemento según el material, para así generar una opción mucho más rápida y representativa que pueda solucionar rápidamente la pregunta de qué tipo de casetón es más adecuado para cada proyecto.

2. Como conclusiones para el prototipo final A1, retomamos en que el diseño final cumple con los propósitos requeridos en aproximadamente un 80% ya que no se pliega completamente por consistencia ya del material. Reduce considerablemente el espacio ocupado tanto en transporte como en almacenamiento por lo que suple una de las problemáticas más representadas y encontradas en los estudios y encuestas realizadas. En cuanto a los cinco problemas planteados en esta investigación, el transporte y aplicabilidad del prototipo resulta mucho más favorable para los usuarios en términos de aplicabilidad y economía, para la parte del diseño encontramos un acabado muy favorable al momento de desencofrar, que se demuestra en el ensayo realizado de fundida de losa.

3. En general, de acuerdo a las personas encuestadas y a las respuestas representadas por gráficas y estadísticas el prototipo suple con necesidades encontradas en la realidad, sin embargo, se presenta finalmente como una propuesta adicional e innovadora frente a los casetones convencionales, la cual puede ser utilizada de acuerdo al requerimiento de cada proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Ing. Omar Javier Silva (2015) *Construcción de placas de entrepiso (observaciones en el montaje del casetón y al momento de fundir la losa de entre piso)*, blog 360° en concreto <http://blog.360gradosenconcreto.com/construccion-de-placas-de-entrepiso/>. artículo de internet.

Arq. Vicente Pérez Alamá. (2000) *materiales y procedimientos de construcción losas, azoteas y cubiertas. ¿Qué son las losas de entrepiso?* Editorial trillas ciudad de México, libro pág. 25

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes, (2010) *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 título C casa de uno y dos pisos. ¿Qué son las losas aligeradas?* Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica Pág. E-18

Ing. Jennie Evelingh Pérez Ortega, (2010) *Construcción de elementos estructurales en concreto. ¿Qué es la formaleta?* corporación universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Instituto de Educación virtual y a Distancia. <https://es.calameo.com/read/0024187171f0b335b0160> Pág. 34.

Arq. Jessica Vidal Bello (2014) *Losas Casetonadas ¿Qué son las formaletas aligeradas (ceton)?* página web scribd documento de investigación <https://es.scribd.com/doc/231504186/LOSAS-CASETONADAS> Pág. 1

Empresa Plexa, (2018) *Casetones de poliestireno (información de los casetones de poliestireno)* Plexa Poliestirenos Expandidos Mexicanos S.A. de C.V. dedicada a la fabricación y comercialización de la ciudad de Puebla, México <https://plexa.com.mx/productos/poliestireno-expandido/casetones-de-poliestireno> página web de la empresa.

Empresa Arme Ideas en Guadua (2018) *casetón en guadua (información de casetón en guadua y su características y tipos* Arme Ideas en Guadua Ltda. Encabezado por el señor Nelson Aristizabal Zuluaga, comercio de guadua desde el municipio de Fresno Tolima hacia Bogotá <http://armeideasenguadua.com/caseton-2/> página web de empresa.

Empresa Alisina, (2015) *Alucubetas (información casetones en PVC ventaja, dimensiones y característica)* Delegación Central Encofrados J. Alsina S.A. Montcada i Reixac (España) <https://www.alsina.com/solution/alucubetas/> Página web.

Empresa Cilimex, (2018) *casetón de fibra de vidrio (información, ventajas y características de casetón de fibra de vidrio)* Cilinex S.A.S aligerado tus proyectos <https://cilimex.com/caseton-de-fibra-de-vidrio/> ciudad de Naucalpan estado de México. Página web.

Carles Riba Romeva (2002) *Diseño concurrentes ¿que es un producto modular?* Universidad Politécnica de Catalunya <https://books.google.com.co/books?id=IeaPng4UWdGc&pg=PA122&dq=estructura+modular&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjf-6-R7pzaAhUDk1kKHUJrApMQ6AEIKzAB#v=onepage&q&f=true> pág. 120

Arq. Lina Puertas del Rio (1990) *Estructuras espaciales desmontables y desplegadas ¿Qué es un estructura desplegable y desmontable?* Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid España

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/1442/1602> Pag. 44

Arq. Jorge Armando Ávila Montero (2015) *Análisis y diseño de estructura retráctil para usarse como aula provisional ¿Qué es estructura retráctil?* Egresado PMIC PTC UACJ

<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/1038/921> Pag. 62 y 63

German S. Heiss (2006) *carpintería y mesas y sillas ¿Que es madera constructivas y tipos?* Grupo imaginador ciudad autónoma de Buenos Aires

<https://books.google.com.co/books?id=7earb0kPsAoC&pg=PT8&dq=que+es+aglomerados+de+madera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiooc-vr6naAhXEzlkKHb6nA1gQ6AEIJzAA#v=onepage&q=que%20es%20aglomerados%20de%20madera&f=true> Pag. 5 y 6.

Arq. Victoria (2013) *Distintos tipos de plásticos usados en construcción ¿Qué es plástico para la construcción y su variedades?* Redactado por equipo editorial de construccion.vilssa

<http://vilssa.com/distintos-tipos-de-plasticos-usados-en-construccion> artículo de internet.