



**Reutilización sostenible del concreto elaborando topellantas para la edificación Nido  
(Centro Sur)**

Valentina Santa Muñoz

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesores

Wilber Humberto Vélez Gómez, Doctor (PhD) en Ingeniería Estructural

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Civil  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

Cita

(Santa Muñoz, 2024)

---

**Referencia**

Santa Muñoz, V. (2018). *Reutilización sostenible del concreto premezclado sobrante en edificaciones transformándolo en topellantas* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

**Estilo APA 7 (2020)**

---



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** Lina María Berrouët Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Agradecimientos**

Agradezco de todo corazón a mi familia, por su incondicional apoyo y por ser mi fuente inagotable de amor y motivación. Su confianza en mí ha sido el motor que me impulsó a alcanzar este importante logro.

Expreso mi profundo agradecimiento a mis profesores, cuya guía experta y dedicación han sido fundamentales en mi formación académica y personal. Sus enseñanzas han enriquecido mi camino y me han inspirado a ser la persona que soy hoy.

Este proyecto de grado ha sido un proceso lleno de aprendizaje y crecimiento, y no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de quienes han estado a mi lado en este viaje tan significativo.

## Tabla de contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción. ....	9
1. Objetivos. ....	11
2. Marco teórico. ....	12
3. Metodología. ....	14
3.1. Revisión del plan de manejo de concreto premezclado sobrante y estimación de la cantidad desperdiciada. ....	14
3.2. Análisis de la normativa vigente para la construcción de topellantas. ....	14
3.3. Selección de materiales para la formaleta. ....	16
3.4. Diseño de formaleta. ....	17
3.5. Capacitación al personal encargado. ....	19
3.6. Elaboración de topellantas. ....	20
3.7. Evaluación de resultados. ....	21
4. Resultados y análisis. ....	22
4.1. Revisión del plan de manejo de concreto premezclado sobrante y estimación de la cantidad desperdiciada. ....	22
4.2. Evaluación de resistencia a la compresión. ....	22
4.2. Evaluación del módulo de rotura. ....	24
4.3. Evaluación de resultados. ....	26
5. Conclusiones. ....	28
6. Bibliografía.....	29

## Lista de tabla

<b>Tabla 1.</b> Altura de servicio y perfil según el nivel de tránsito.....	16
<b>Tabla 2.</b> Promedio de concreto sobrante en el mes de marzo de la obra Nido.....	22
<b>Tabla 3.</b> Resistencia a la compresión de cilindros fallados en la Universidad de Antioquia. ....	24

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Topellanta de concreto adquirido en el proyecto Nido proveniente del municipio de Amagá. ....	13
<b>Figura 2.</b> Topellantas de perfil tipo barrera con medidas en milímetros. ....	15
<b>Figura 3.</b> Perfil de tipo remontable con medidas en milímetros. ....	15
<b>Figura 4.</b> Diseño de topellantas elaborado en AutoCAD para obra Nido con base a la norma NTC 4109.....	17
<b>Figura 5.</b> Paso a paso de la construcción de la formaleta en el proyecto Nido. ....	18
<b>Figura 6.</b> Cantidad de capas y posicionamiento de los golpes en cada una. ....	20
<b>Figura 7.</b> Paso a paso para la elaboración de topellantas en el proyecto Nido. ....	21
<b>Figura 8.</b> Resultados de resistencia a la compresión promedio del concreto premezclado usado en obra. ....	23
<b>Figura 9.</b> Ensayo de resistencia a la compresión.....	24
<b>Figura 10.</b> Módulo de rotura de dos topellantas a diferentes edades. ....	25

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

<b>DANE</b>	Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas
<b>MPa</b>	Megapascales
<b>psi</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>COP</b>	Peso colombiano
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>EDGE</b>	Excellence in Design for Greater Efficiencies
<b>f<sub>c</sub></b>	Resistencia del concreto a la compresión
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>RCD</b>	Residuos de Construcción y Demolición
<b>PhD</b>	Philosophiae Doctor
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia

## Resumen

Actualmente el proyecto de viviendas Nido llevado a cabo por parte de la empresa Centrosur no cuenta con un plan de manejo claro para la gestión del concreto premezclado sobrante en obra, lo que lleva a decisiones improvisadas como el desecho de este material. El análisis del promedio de concreto sobrante en marzo en la obra reflejó una media de  $0,425 \text{ m}^3$  por vaciado que se pueden reutilizar, por lo cual se implementó una estrategia para la utilización de este material en la elaboración de topellantas. Cada uno de estos requiere  $0,0105 \text{ m}^3$  de concreto y una resistencia mínima de 21 MPa, permitiendo la producción de aproximadamente 40 unidades con un solo lote de excedente. El costo externo de cada tope de estacionamiento es de 20.000 COP, mientras que la producción interna, incluyendo materiales, mano de obra y herramientas, totaliza 10.448,5 COP por unidad, resultando en un ahorro de 9.551,5 COP por unidad. Para el proyecto Nido, que requiere 1.252 unidades de este tipo, este enfoque generaría un ahorro total de 11.958.478 COP. De esta manera, el presente estudio destaca los beneficios económicos y prácticos de reutilizar el concreto premezclado sobrante en proyectos de construcción.

*Palabras clave:* Concreto premezclado, topellantas, resistencia a la compresión, construcción sostenible.

## **Abstract**

Currently, the Nido housing project carried out by the Centrosur company does not have a clear management plan for the management of leftover ready-mix concrete at the construction site, which leads to improvised decisions such as the disposal of this material. The analysis of the average amount of concrete left over in March at the construction site showed an average of 0.425 m<sup>3</sup> per pour that can be reused, so a strategy was implemented to use this material in the production of top-layers. Each one of these requires 0.0105 m<sup>3</sup> of concrete and a minimum strength of 21 MPa, allowing the production of approximately 40 units with a single surplus batch. The external cost of each parking buffer is COP 20,000, while internal production, including materials, labor and tools, totals COP 10,448.5 per unit, resulting in a savings of COP 9,551.5 per unit. For the Nido project, which requires 1,252 such units, this approach would generate a total savings of COP 11,958,478. Thus, this study highlights the economic and practical benefits of reusing leftover ready-mix concrete in construction projects.

*Keywords:* Ready-mix concrete, concrete toppings, compressive strength, sustainable construction.

## **Introducción.**

En la actualidad el material de construcción más utilizado en el mundo es el concreto con un promedio de 3 toneladas usadas por persona por año (Gagg, 2014). En Colombia, según datos proporcionados por el DANE se produjeron 723,1 miles de metros cúbicos de concreto premezclado en el mes de marzo de 2024 (DANE, 2024). Para la fabricación del concreto, se utilizan materias primas como arena y rocas, que conforman entre el 65% y el 75% del volumen total. El resto del volumen está compuesto por agua, materiales cementantes y diversos aditivos (Sabău et al., 2016), donde el cementante comúnmente usado para la elaboración del concreto es el cemento Portland, con un volumen total de producción mundial en 2023 de 4100 millones de toneladas comparado con 1995, que la producción mundial total de cemento ascendía a solo 1390 millones de toneladas, lo que indica hasta qué punto ha crecido su producción desde entonces (STATISTA, 2024), sin embargo, su producción convencional genera un alto consumo energético e importantes emisiones de CO<sub>2</sub> con cifras entre 0,62 y 0,97 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de cemento que se produce, representando hasta el 5% de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> (Gartner, 2004).

La industria de la construcción suele seguir una economía lineal caracterizada por un marco de "tomar, hacer y tirar" (Osobajo et al., 2022), y, en consecuencia, los residuos de construcción y demolición, uno de cuyos componentes dominantes es el concreto, ocupan más del 30% del espacio de los rellenos sanitarios (Islam et al., 2019). El desperdicio de concreto en obra tiene un valor esperado del 5%, sin embargo, se ha evidenciado que hay desperdicios en obra que llegan hasta un 25% o toma valores de tan sólo el 0,75% (Soibelman, 2000), por lo que, al no tratarse de un valor estandarizado es muy susceptible que resulte material sobrante proveniente de diferentes elementos vaciados en obra, lo que se traduce en sobrecostos y en volumen de residuos para almacenar.

En vista de las problemáticas ambientales asociadas con la producción del concreto y la cantidad de residuos que se pueden generar, es necesario implementar alternativas que propicien el aprovechamiento del concreto sobrante en las obras y así ayudar a disminuir su producción y su desperdicio en vertederos. Es por esto que, en respuesta a este desafío, surge la propuesta de implementar un proyecto de aprovechamiento del concreto premezclado sobrante en la empresa

Centro Sur, la cual se dedica a la construcción de edificaciones. Este proyecto busca no solo mitigar el problema de la gestión de residuos, sino también convertirlo en una oportunidad para promover la sostenibilidad y la eficiencia dentro de la empresa, inicialmente en el proyecto de apartamentos Nido, ubicado en Sabaneta, Antioquia, Colombia, implementando una estrategia de reutilización inmediata para el concreto premezclado sobrante en la construcción de topellantas.

## **1. Objetivos.**

### **1.1. Objetivo general.**

Elaborar una alternativa de aprovechamiento del concreto premezclado sobrante en la empresa Centro Sur, con el fin de reducir el desperdicio de materiales, disminuir los costos asociados y promover prácticas sostenibles en la construcción de edificaciones, implementándola a través de la construcción de topellantas en el proyecto Nido.

### **1.2. Objetivos específicos.**

- Cuantificar la cantidad de concreto desperdiciado en el proyecto Nido y verificar cuál es su manejo
- Analizar la normativa vigente y los estándares de calidad aplicables a la construcción de topellantas
- Seleccionar los materiales más adecuados para la construcción de topellantas
- Evaluar el ahorro que representa la implementación de la estrategia en la obra

## 2. Marco teórico.

Centro Sur S.A. es una empresa colombiana dedicada al desarrollo de proyectos de construcción residencial, comercial, industrial e institucional. Actualmente, Nido es uno de sus proyectos de construcción, el cual consta de 2 torres y un total de 626 celdas de parqueaderos. Además, el proyecto cuenta con certificación EDGE, debido a que estará dotado con paneles solares, aprovechamiento de aguas lluvias, muros verdes naturales, casas nido para pájaras silvestres, comederos para ardillas, jardines en puntos fijos y zona de parqueaderos eléctricos, lo que demuestra que la empresa está apuntando a la sostenibilidad y está en búsqueda de nuevas estrategias para contribuir con la economía circular (CENTRO SUR, 2023).

El concreto hidráulico, también llamado hormigón, es una combinación uniforme de cemento, agua, arena, grava y a veces aditivos. Es el segundo material más usado en la construcción por su durabilidad, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y costo-efectividad. Este material, similar a una roca artificial, se diseña y produce siguiendo normas específicas para cumplir con los requisitos de diferentes proyectos, ofreciendo economía, facilidad de colocación, rapidez de fraguado y una apariencia adecuada para cada aplicación. Al igual que las piedras naturales, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción, aproximadamente el 10% de su resistencia a la compresión. Por esta razón, se refuerza con varillas de acero para soportar los esfuerzos de tracción, resultando en lo que se conoce como concreto armado. La calidad del concreto depende de unas 200 variables que abarcan tanto el diseño como el proceso de fabricación, lo que hace que la dosificación y producción sean tareas complejas que deben seguir normas rigurosas respecto a la dosificación y calidad del agregado. Adaptar tecnologías extranjeras a las condiciones locales, utilizando materiales y soluciones autóctonas, puede mejorar la economía del proceso (Gutiérrez de López, 2003).

El concreto premezclado es concreto hidráulico que se dosifica en planta, en donde los ingredientes del concreto pasan por una selección de calidad exigente y las dosificaciones se realizan en peso, el mezclado se puede realizar en la misma planta o también en camiones mezcladores y es transportado a obra. Este es uno de los materiales más versátiles en la industria de la construcción hoy en día, ya que las grandes obras de arquitectura como puentes, edificios y

represas requieren de los más altos estándares de ingeniería y el concreto es capaz de satisfacer dichos estándares (Guevara Díaz, 2014).

La resistencia a la compresión simple es la principal característica mecánica del concreto, ya que define su capacidad para soportar una carga por unidad de área. Esta capacidad se expresa en términos de esfuerzo, comúnmente en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , MPa y ocasionalmente en libras por pulgada cuadrada (psi). Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se utilizan fundamentalmente para verificar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requisitos de resistencia especificados ( $f'c$ ) para una estructura determinada (CEMEX, 2019)

Los topellantas son estructuras sólidas y resistentes que tienen como finalidad impedir el desplazamiento de un vehículo más allá de donde están ubicados, estas están comúnmente ubicadas en el piso en las celdas de parqueo y son muy importantes para que los conductores puedan aparcar de una manera segura (Contex, 2023). Como la cantidad de celdas de parqueo en el proyecto Nido es de 626, y se debe instalar 2 topellantas en cada celda de parqueo, la cantidad total requerida de este elemento en el proyecto es de 1252 unidades. Centrosur compra estos a una empresa ubicada en el municipio de Amagá, donde cada uno tiene un valor de 20.000\$ COP, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 1**.

**Figura 1.**

*Topellanta de concreto adquirido en el proyecto Nido proveniente del municipio de Amagá.*



### **3. Metodología.**

#### **3.1. Revisión del plan de manejo de concreto premezclado sobrante y estimación de la cantidad desperdiciada.**

Se realizó una auditoría del uso del concreto premezclado sobrante en el proyecto Nido, iniciando por una revisión documental sobre el actual manejo que se le da al concreto sobrante en la obra, cuáles son las especificaciones técnicas del concreto, el valor actual y cuál es su uso. Además, se llevaron a cabo entrevistas con el personal clave, como lo son los ingenieros, los maestros de obra y los oficiales para comprender el procedimiento actual del manejo del concreto y qué se hace con el concreto sobrante, así como la aplicación de observación directa para corroborar la información obtenida.

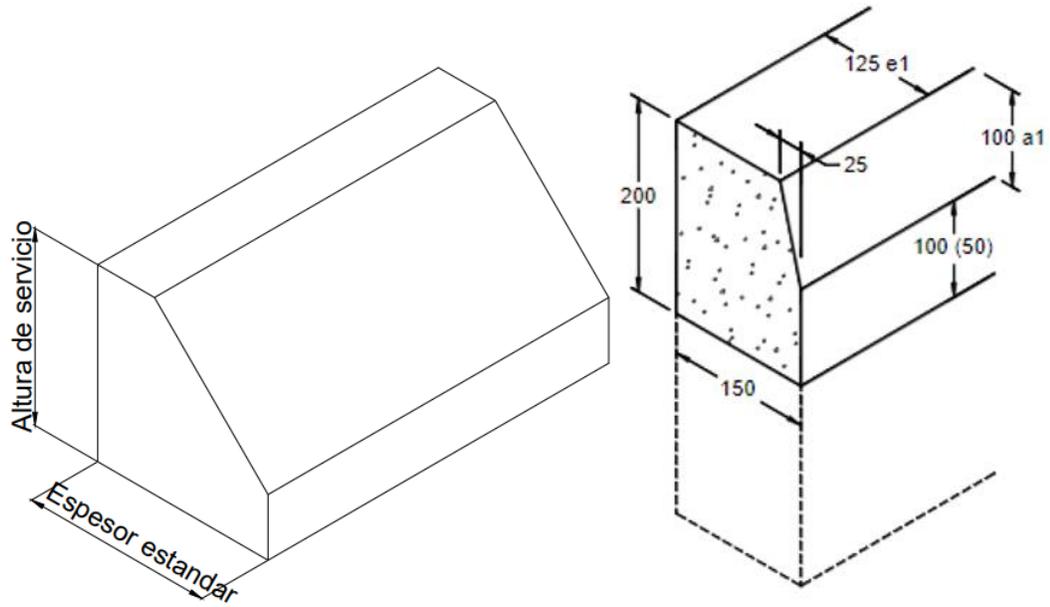
Con el fin de cuantificar la cantidad de concreto desperdiciado, este se midió a partir del balde autodescargante de la grúa y se realizó un registro mensual del último vaciado de cada día con el fin de obtener un valor promedio de la cantidad desperdiciada, el cual fue de 0,425 m<sup>3</sup>.

#### **3.2. Análisis de la normativa vigente para la construcción de topellantas.**

Actualmente, la normativa correspondiente a la construcción de topellantas es la NTC 4109 de 2019 que da las especificaciones para prefabricados de concreto, bordillos, cunetas y topellantas. Esta establece que, según los requisitos físicos, el perfil geométrico para los topellantas debe ser de tipo barrera cuando no se puede permitir el paso de los vehículos, con un chaflán conformado por los 100 mm superiores de la cara frontal que se inclina 25 mm hacia atrás y que impiden que se dañen las llantas de los vehículos al rozar contra el bordillo, el cual se puede observar en la **Figura 2**. En el caso de los topellantas que generen cierto grado de dificultad para sobrepasarlo y que se usan comúnmente en garajes o estacionamientos se usa el perfil de tipo remontable que está conformado por un chaflán de 100 mm superiores de la cara frontal, inclinándose 100 mm hacia atrás, impidiendo de igual manera que se dañen las llantas de los vehículos, como se puede ver en la **Figura 3**.

**Figura 2.**

*Topellantas de perfil tipo barrera con medidas en milímetros.*

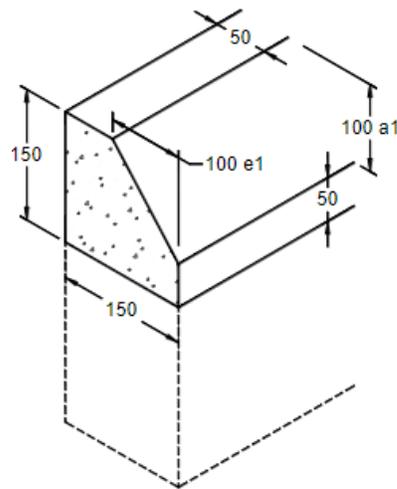


Fuente. NTC 4109 de 2019

Figura 3. Medidas en mm.

**Figura 3.**

*Perfil de tipo remontable con medidas en milímetros.*



Fuente. NTC 4109 de 2019

Sin embargo, según el tipo de perfil que se vaya a usar, se debe respetar la medida de altura de servicio mostrado en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.**

*Altura de servicio y perfil según el nivel de tránsito.*

<b>Tránsito</b>	<b>Perfil</b>	<b>Topellantas mm</b>
Vehicular corriente (predominantemente automóviles y buses, con algunos camiones)	Remontable	150
	Barrera	200
Vehicular pesado (predominantemente buses y camiones, con algunos vehículos especiales)	Remontable	250
	Barrera	300

*Fuente.* Icontec, 2019

Como la norma NTC 4109 exige realizar ensayos a flexión de los especímenes elaborados para obtener el módulo de rotura, se tomó como base la normativa de EPM 402-00 donde establece que la resistencia a la compresión del concreto utilizado debe ser de 21 MPa, para obtener un parámetro de resistencia previo a su elaboración. Además, sugiere que el curado se debe hacer manteniendo el topellantas en humedad durante 7 días.

### **3.3. Selección de materiales para la formaleta.**

Para la elaboración de la formaleta, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- La durabilidad y resistencia del material.
- El costo y el mantenimiento.
- La facilidad de manipulación y montaje.
- Las propiedades de desmoldeo.
- La absorción de agua.

Con base a esto se consideraron 3 tipos de materiales los cuales fueron madera, metal y plástico. Para el caso de la madera, se obtiene que ofrece buena resistencia y es relativamente económica, sin embargo, esta puede requerir un tratamiento adicional para mejorar su durabilidad y propiedades de desmoldeo, en cuanto al metal, este proporciona una durabilidad mucho más alta que la madera, se puede fabricar con alta precisión, pero puede ser más costoso que la madera y su elaboración puede ser más demorada y para el plástico se tiene que son ligeros, resistentes al agua, se pueden realizar con materiales reciclados, pero su calidad puede verse comprometida según el

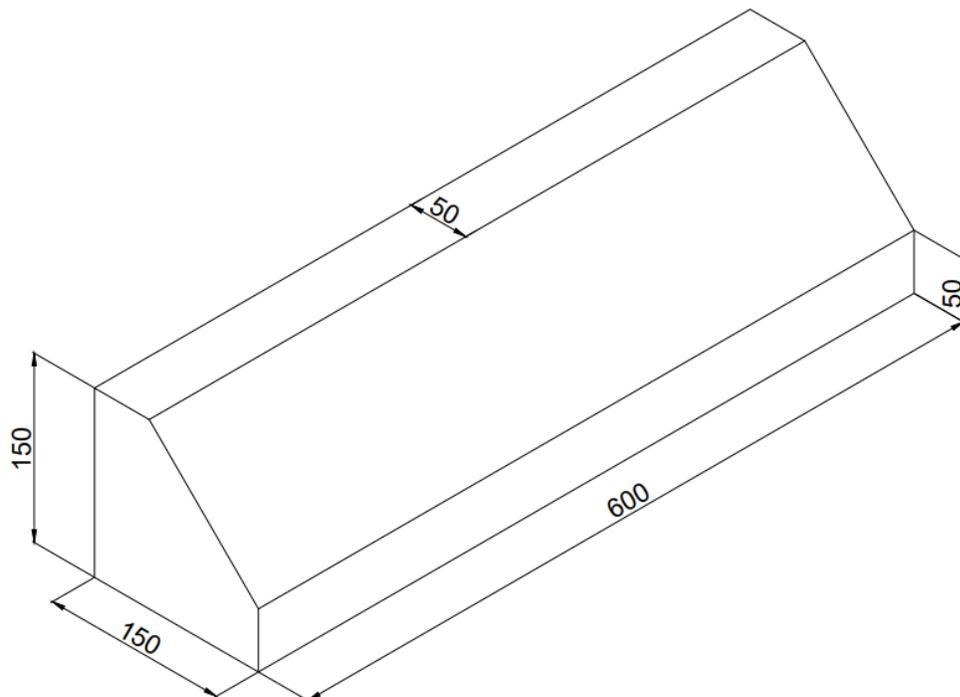
costo o su materia prima y su elaboración también puede tardar. Es por esto que, teniendo en cuenta estos aspectos, se eligió realizar la formaleta de madera de tipo super T, ya que es relativamente económica, su elaboración es relativamente sencilla, debido a que consiste en medir y cortar las longitudes establecidas en el diseño y es altamente resistente a la humedad, además de estar totalmente selladas e impermeabilizadas, si bien, los moldes en metal o en plástico proporcionarían una mejor durabilidad, para realizar este prototipo y evaluar resultados, se eligió la madera por su rápida elaboración para comenzar con la conformación de los topellantas lo más pronto posible.

### 3.4. Diseño de formaleta.

El diseño de la formaleta se realizó con base a la norma NTC 4109, se tomó en cuenta el topellanta de perfil remontable, con tránsito vehicular corriente, ya que estos van a ser usados en los parqueaderos del proyecto Nido, donde van a predominar los automóviles. De esta manera, respetando las dimensiones establecidas en la **Figura 3**, se muestra el diseño en la **Figura 4**.

#### **Figura 4.**

*Diseño de topellantas elaborado en AutoCAD para obra Nido con base a la norma NTC 4109.*



Con respecto a la elaboración de la formaleta, se midió con un flexómetro la madera, se marcó las longitudes especificadas y el personal capacitado realizó los cortes a la madera a partir de una máquina de corte para madera, se organizaron las partes para unirlos de tal manera que quedaran a plomo y escuadra y después se unieron las partes en sus extremos a partir de clavos de acero, comprobando nuevamente las longitudes y que estuvieran a plomo y con escuadra, quedando finalmente la formaleta como se evidencia en la **Figura 5**.

**Figura 5.**

*Paso a paso de la construcción de la formaleta en el proyecto Nido.*



### 3.5. Capacitación al personal encargado.

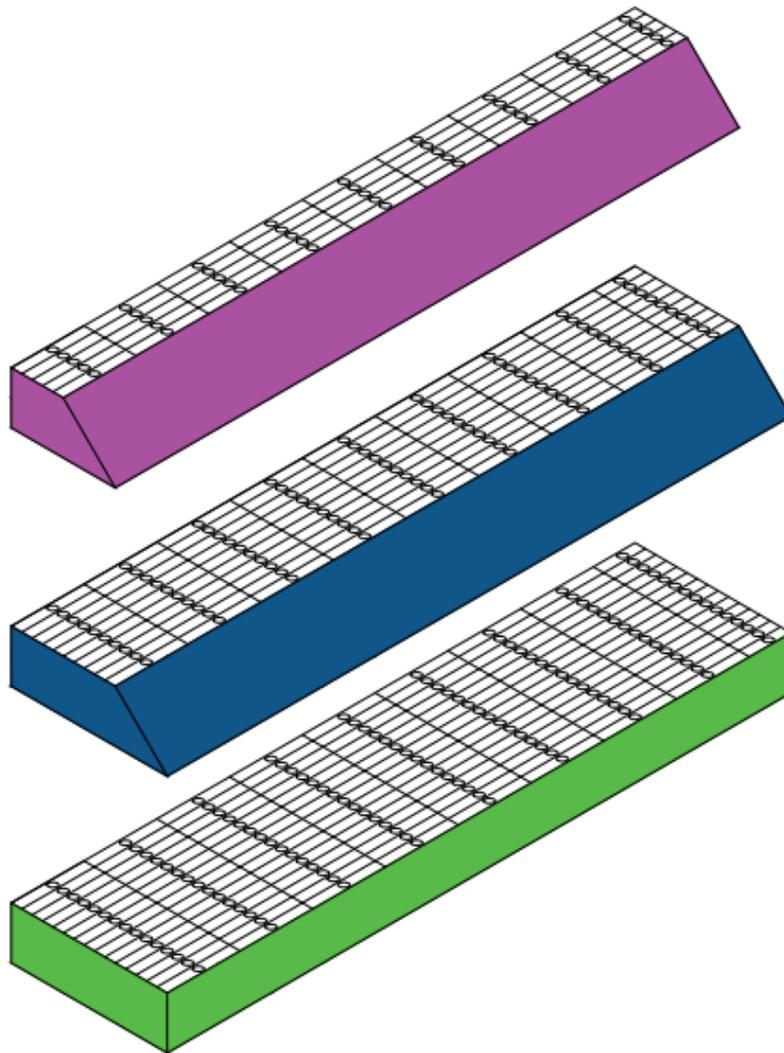
Una vez con la formaleta construida, se capacitó a dos ayudantes de obra, para realizar los topellantas con el concreto sobrante. En esta capacitación se expusieron temas como los fundamentos del manejo del concreto premezclado, el cual no se debe vaciar en montones y luego esparcirlo porque se genera segregación, siendo lo más recomendable vaciarlo en capas horizontales de espesor uniforme y con una velocidad de colocación rápida para que no quede mezcla depositada sobre concreto que haya endurecido; y por qué es importante no desperdiciar el concreto sobrante, el cual puede ayudar a mitigar problemas ambientales como la producción de CO<sub>2</sub>, reducir el volumen de RCD en los rellenos sanitarios y generar un impacto económico positivo para la empresa.

Así mismo, se explicó el procedimiento y la técnica para fabricar el topellantas. En este punto, la norma no especifica qué tipo de procedimiento se debe llevar para su fabricación, sin embargo, se explicó un procedimiento similar al que se realiza para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio para ensayos de compresión y flexión registrado en la norma INV E – 402 – 13 (INVIAS, 2012). El procedimiento explicado fue el siguiente:

- Aplicar desmoldante no reactivo a la formaleta (igual al que se utiliza en la obra para las formaletas de elementos principales como vigas y columnas).
- Vaciar el concreto por medio de 3 capas de igual altura y en cada una de estas dar un golpe por cada 7 cm<sup>2</sup> con la varilla apisonadora que se elaboran los especímenes cilíndricos de concreto, siendo un total de 135 golpes en la primera capa, 90 golpes en la segunda y 45 golpes en la tercera como se muestra en la **Figura 6**.
- Para el acabado de las caras, se debe enrazar la parte superior y la cara inclinada con una llana lisa, de tal manera que la superficie totalmente lisa.

**Figura 6.**

*Cantidad de capas y posicionamiento de los golpes en cada una.*



**3.6. Elaboración de topellantas.**

**Paso 1.** Lubricar la formaleta con un desmoldante para tener un resultado óptimo en la elaboración del topellantas.

**Paso 2.** Vaciar cada capa de concreto con su respectiva compactación, respetando el acabado del ropellantas.

**Paso 3.** Enrasar las caras expuestas del topellantas.

**Paso 4.** Desmoldar al día siguiente.

**Paso 5.** Llevar a tanque de inmersión durante 28 días.

En la **Figura 7** se puede observar el paso a paso de la elaboración del topellantas y el resultado final.

**Figura 7.**

*Paso a paso para la elaboración de topellantas en el proyecto Nido.*



**3.7. Evaluación de resultados.**

Se tomaron en cuenta los costos actuales del topellantas adquirido externamente por la empresa y se comparó con el costo de producción del topellantas fabricado en obra, conociendo el costo del concreto premezclado pedido en obra, el costo de los insumos para elaborar las formaletas y su vida útil y el costo de la herramienta menor, para determinar si verdaderamente existe un ahorro significativo para la empresa.

## 4. Resultados y análisis.

### 4.1. Revisión del plan de manejo de concreto premezclado sobrante y estimación de la cantidad desperdiciada.

Después de tener diversas entrevistas con el personal de la obra, se detalló que actualmente en la empresa no existe un plan de manejo documentado sobre el concreto premezclado sobrante y las decisiones sobre qué hacer con este son tomadas en el momento. En muchas ocasiones lo que se hace es vaciar el concreto sobrante en lugares donde el suelo está expuesto, es decir, como solado, se hacen más cilindros de concreto para ensayar a compresión o simplemente se desecha el material.

Como se puede observar en la **Tabla 2**, el promedio de concreto sobrante en el mes de marzo es de 0,425 m<sup>3</sup>. El dato del 6 de marzo no se tuvo en cuenta para obtener el promedio, debido a que es un dato atípico.

**Tabla 2.**

*Promedio de concreto sobrante en el mes de marzo de la obra Nido.*

FECHA	ELEMENTO	RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
6/03/2024	LOSA NIVEL 5 EJES 1 AL 3	28	0,26
8/03/2024	LOSA NIVEL 5 EJES 4 AL 8	28	0,43
10/03/2024	COLUMNAS DE PISO 5 AL 6	42	0,43
11/03/2024	COLUMNAS DE PISO 5 AL 6	42	0,43
17/03/2024	LOSA NIVEL 6 EJES 1 AL 3	28	0,43
23/03/2024	LOSA NIVEL 6 EJES 4 AL 8	28	0,43
24/03/2024	PILA 253	42	0,40
<b>PROMEDIO</b>			<b>0,425</b>

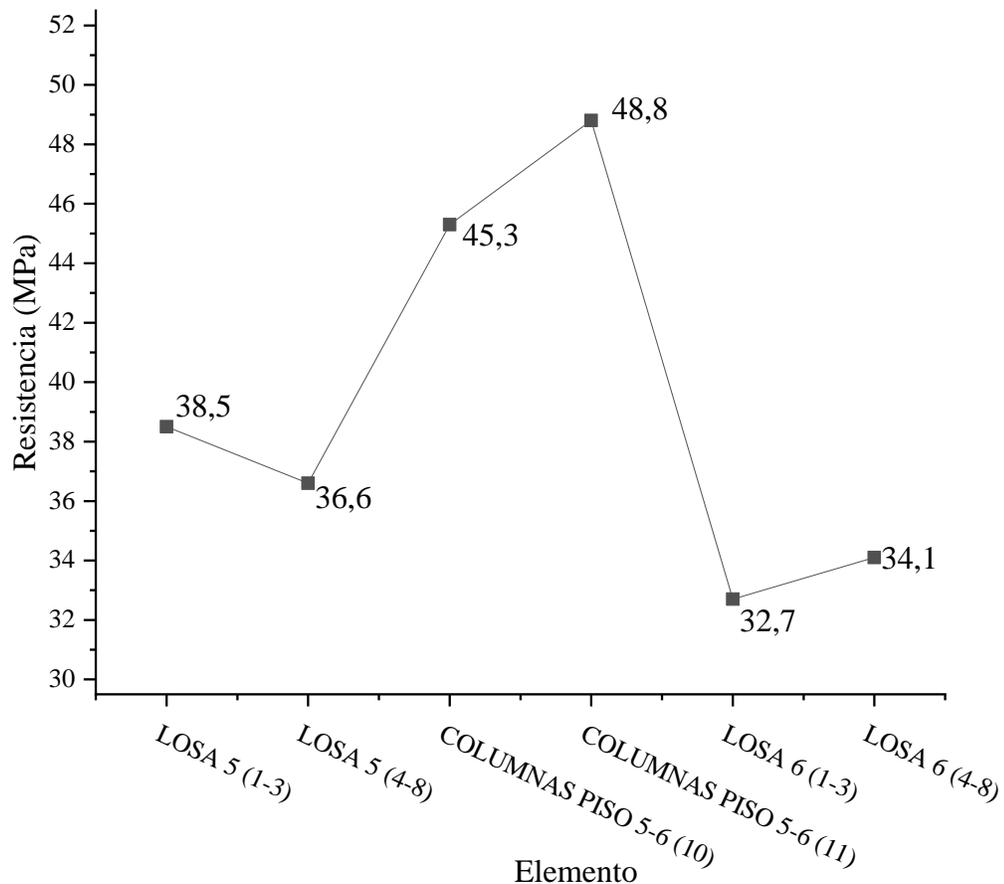
### 4.2. Evaluación de resistencia a la compresión.

Para corroborar que el concreto sí cumple con las condiciones establecidas por la norma, se tomaron los resultados de resistencia a la compresión de los cilindros realizados en el vaciado de

los elementos a los cuales se les evaluó el volumen desperdiciado. Como se observa en la **Figura 8**, todas las resistencias están por encima de 21 MPa, por lo que el concreto sobrante de estos elementos se puede usar para la elaboración de los topellantas.

**Figura 8.**

*Resultados de resistencia a la compresión promedio del concreto premezclado usado en obra.*



Además, para verificar estos resultados, se fallaron 3 cilindros en el laboratorio de suelos, concretos y pavimentos de la facultad de ingeniería de la universidad de Antioquia, con edades de 28 días, donde la muestra 114 no alcanzó la resistencia mínima para la elaboración de topellantas, sin embargo, como se evidencia en la **Tabla 3**, los demás cilindros superan la resistencia mínima requerida de 21 MPa. Además, de la muestra 114 solamente se tomó un cilindro, por lo que se recomienda realizar el ensayo de resistencia a la compresión en el futuro para validar el uso de este concreto en la elaboración de topellantas. En la **Figura 9** se observa un cilindro previo a ser fallado en el laboratorio de la facultad de ingeniería.

**Tabla 3.**

*Resistencia a la compresión de cilindros fallados en la Universidad de Antioquia.*

N° DE MUESTRA	LOCALIZACIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	f'c promedio laboratorio externo (MPa) a 28días	f'c Laboratorio Universidad (MPa) a 28 días
114	CABEZOTES A12. A13	21	27,1	15,75
115	COLUMNAS EF14, EF15	42	48,5	34,24
118	RAMPA DE PISO 1 TORRE 2	28	21,6	26,25

**Figura 9.**

*Ensayo de resistencia a la compresión.*



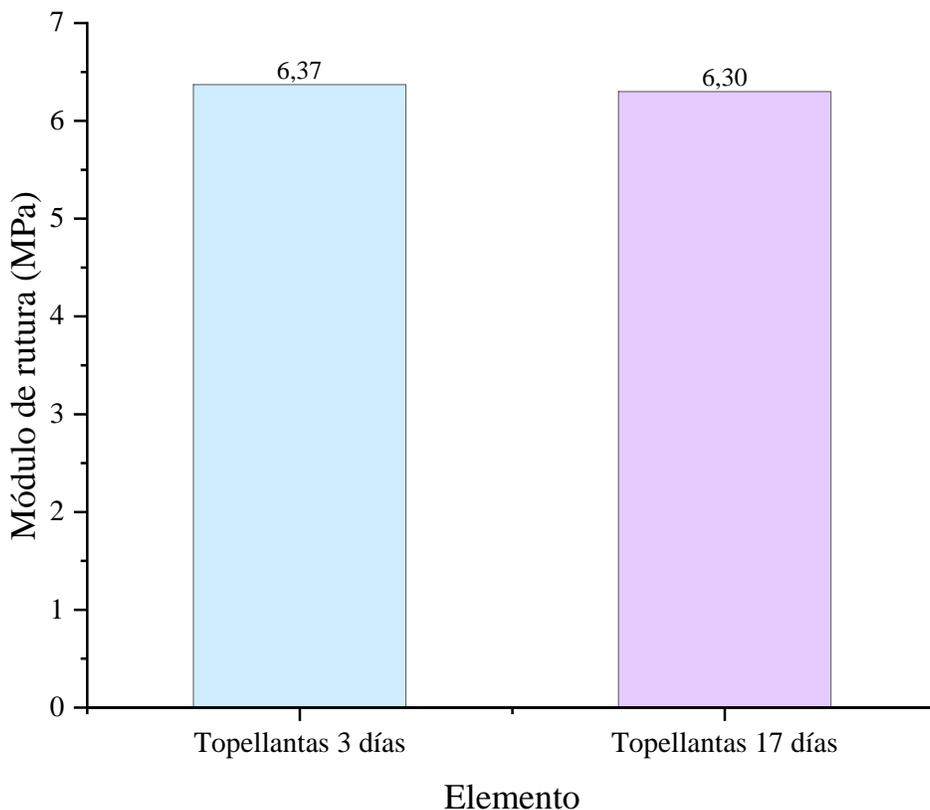
#### **4.2. Evaluación del módulo de rotura.**

Con el fin de verificar el cumplimiento del módulo de rotura se falló un topellantas fabricado en obra tal cual como lo indica la norma NTC 4109 de 2019, la cual exige que las

unidades prefabricadas deben tener por individual una resistencia a la flexión a los 28 días de 3,5 MPa cuando se falla de manera individual o 4 MPa para un promedio de 3 especímenes. En este caso, el ensayo a flexión se realizó con dos topellantas en el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia, uno de estos con una edad de 17 días y el otro con una edad de 3 días, donde se obtuvo para el primero un valor de resistencia de 6,37 MPa y para el segundo un valor de 6,30 MPa como se evidencia en la , lo cual indica que el producto a pesar de no tener el tiempo de fraguado completo de 28 días cumple con los estándares exigidos en la norma, tanto para la resistencia a la compresión, como para la resistencia a flexión, por lo que se valida que es posible utilizar el concreto sobrante para la elaboración de topellantas.

**Figura 10.**

*Módulo de rotura de dos topellantas a diferentes edades.*



### **4.3. Evaluación de resultados.**

El volumen total de cada topellantas es de  $0,0105 \text{ m}^3$  y el volumen sobrante en los vaciados es en promedio de  $0,425 \text{ m}^3$ . De esta manera, se tiene que de un vaciado es posible elaborar aproximadamente 40 unidades. El costo del topellantas adquirido externamente por la obra tiene un valor de 20.000\$ COP, por lo que 40 de estos tendrían un valor de 800.000 pesos. Considerando que la cantidad de madera necesaria para realizar uno es de  $0,14 \text{ m}^2$  y que una tabla de super T de  $4,47 \text{ m}^2$  vale 275.000\$ COP, el precio para realizar una formaleta sería de 8.612,98\$ COP. No obstante, como esta tiene aproximadamente 10 usos, el precio de la madera para construir un topellantas sería de 861,30\$ COP. El precio de un oficial por 40 minutos es de 9.131\$ COP la hora y el costo de la herramienta menor es de 456,5\$ COP, por lo que la construcción de un topellantas con concreto premezclado sobrante sería de 10.448,5\$ COP, generando un ahorro de 9.551,5\$ COP.

Esto reflejado en el total de topellantas para los parqueaderos que son de un total de 1252 para el proyecto Nido, estaría generando un ahorro de 11.958.478\$ COP. Además de los significativos ahorros económicos, la reutilización del concreto premezclado sobrante contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio de materiales y minimizar el impacto negativo en el entorno. Al implementar prácticas de reciclaje y reutilización, la empresa no solo optimiza sus recursos y reduce costos, sino que también promueve un enfoque más ecológico y responsable en la gestión de residuos de construcción.

Reducir el desperdicio de concreto no solo disminuye la necesidad de extraer y procesar más materias primas, sino que también reduce las emisiones de  $\text{CO}_2$  asociadas. Al reutilizar el concreto sobrante, se disminuye la cantidad de residuos que deben ser gestionados y eliminados, lo que a su vez reduce la presión sobre los vertederos y minimiza los problemas de contaminación del suelo y el agua. Además, esta práctica puede servir como un modelo de gestión sostenible que otras empresas en la industria de la construcción pueden adoptar, promoviendo así una cultura de responsabilidad ambiental y uso eficiente de los recursos. En un contexto donde la sostenibilidad es cada vez más valorada por clientes, inversores y reguladores, la empresa también mejora su reputación y puede obtener beneficios adicionales como incentivos fiscales y certificaciones

ambientales. Por lo tanto, la reutilización del concreto premezclado sobrante no solo es una estrategia económica, sino también un compromiso con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

## **5. Conclusiones.**

El análisis del concreto sobrante en marzo, con un promedio de 0,425 m<sup>3</sup> excluyendo datos atípicos, y los ensayos de resistencia a la compresión que demostraron que el concreto sobrante supera los 21 MPa en cuanto a la resistencia a la compresión y los 3,5 MPa para la resistencia a la flexión, indican que este material es adecuado para la producción de topellantas. La reutilización de 0,425 m<sup>3</sup> de concreto sobrante permite la fabricación de aproximadamente 40 unidades, cada una con un costo de producción de 10.448,5 COP que es significativamente menor en comparación con su adquisición externa de 20.000 COP, mostrando que este ahorro de 9.551,5 COP por unidad es considerable en el proyecto Nido, ya que se requieren 1.252 topellantas, lo que generaría un ahorro total de 11.958.478 COP.

La implementación de un plan de manejo para reutilizar el concreto sobrante no solo optimiza los recursos financieros de la empresa, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental. Al reducir el desperdicio de concreto y reutilizar materiales de alta calidad se minimiza el impacto ambiental asociado con la producción y la eliminación de desechos de construcción. Además, se establece un modelo de gestión eficiente y responsable que puede ser adoptado por otras empresas en la industria, lo que mejora la reputación corporativa y posibilita beneficios adicionales como incentivos fiscales y certificaciones ambientales.

Las entrevistas realizadas con el personal de la obra revelan una falta de planificación documentada para la gestión del concreto premezclado sobrante, lo que resulta en decisiones improvisadas sobre su destino. Generalmente, el concreto sobrante es utilizado como solado, para hacer cilindros de prueba o simplemente desechado, por lo que este enfoque no estructurado genera ineficiencias y desperdicios en el manejo de materiales.

## 6. Bibliografía.

- CEMEX. (2019, April 5). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?*  
[https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\)](https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi))
- CENTRO SUR. (2023). *Nido Territorio Verde*. <https://centrosur.co/propiedades/nuevos-apartamentos-sabaneta-en-venta-nido-torre-1/>
- Contex. (2023, September 13). *Topellantas ecológicos en nuestros proyectos Contex*.  
<https://contex.com.co/topellantas-ecologicos-en-nuestros-proyectos-contex/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20topellantas%3F,forma%20m%C3%A1s%20segura%20y%20c%C3%B3moda>
- DANE. (2024, April). *Estadísticas de Concreto Premezclado (EC)*.  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-concreto-premezclado#:~:text=En%20abril%20de%202024%2C%20la,4%20miles%20de%20metros%20c%C3%ABicos>
- EPM. (2013). *NORMA 402-00 CORDONES Y TOPELLANTAS*. EPM.
- Gagg, C. R. (2014). Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*, 40, 114–140.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2014.02.004>
- Gartner, E. (2004). Industrially interesting approaches to “low-CO<sub>2</sub>” cements. *Cement and Concrete Research*, 34(9), 1489–1498. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2004.01.021>
- Guevara Díaz, D. D. (2014). *Resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado*.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad Nacional de Colombia.
- Icontec. (2019). *NTC-4109 Prefabricados de Concreto Bordillos Cunetas*.
- INVIAS. (2012). *ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN*.

- Islam, R., Nazifa, T. H., Yuniarto, A., Uddin, A. S. M. S., Salmiati, S., & Shahid, S. (2019). An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. *Waste Management*, *95*, 10–21.
- Osobajo, O. A., Oke, A., Omotayo, T., & Obi, L. I. (2022). A systematic review of circular economy research in the construction industry. *Smart and Sustainable Built Environment*, *11*(1), 39–64.
- Sabău, M., Pop, I., & Oneț, T. (2016). Experimental study on local bond stress-slip relationship in self-compacting concrete. *Materials and Structures*, *49*(9), 3693–3711. <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0749-5>
- Soibelman, L. (2000). Material de Desperdicio en la Industria de la Construcción: Incidencia y Control. *Cuadernos FICA. México*.
- STATISTA. (2024). *Production volume of cement worldwide from 1995 to 2023*. <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>