



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DE CONCRETOS EN ESTADO
FRESCO Y ENDURECIDO PREPARADOS EN OBRA POR MEDIO
DE MEZCLADORA DOMAT SERIE DMP30 DURANTE 4 MESES**

Autor
Paola Andrea Restrepo Henao

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2020



**ANÁLISIS Y SUPERVISIÓN DE CONCRETOS EN ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO PREPARADOS EN OBRA POR MEDIO DE MEZCLADORA
DOMAT SERIE DMP30 DURANTE 4 MESES**

Paola Andrea Restrepo Henao

**Trabajo de grado
como requisito para optar al título de:
Ingeniera Civil.**

Asesores (a)

**Arq. Diseñador Jorge Eduardo Maya Arango
Ing. Civil Fabián Darío Sánchez Zuluaga**

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2020.**

Contenido

1.	Resumen.....	4
2.	Introducción.....	5
3.	Objetivos	7
3.1	Objetivo general.....	7
3.2	Objetivos específicos.....	7
4.	Marco Teórico	8
4.1	Composición del concreto	9
4.1.1	Agregados finos y gruesos.....	9
4.1.2	Verificación de calidad de los agregados finos y gruesos en obra.....	11
4.1.3	Material cementante	12
4.1.4	Verificación de calidad del material cementante en obra.....	14
4.1.5	Agua	15
4.1.6	Verificación de calidad del agua en obra.....	17
4.1.7	Aditivo	18
4.1.8	Verificación de calidad del aditivo en obra	19
4.2	Domat	21
4.3	concreto en estado fresco.....	23
4.4	Concreto en estado endurecido	28
5.	Metodología.....	30
6.	Resultados y análisis	31
7.	Conclusiones	36
8.	Referencias Bibliográficas	37
9.	Anexos	38

1. RESUMEN

Este documento es el informe final del trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial, requisito para obtener el título de Ingeniero civil de la Universidad de Antioquia y surgió la investigación: “Análisis y supervisión de concretos en estado fresco y endurecido preparados en obra por medio de mezcladora Domat serie DMP30 durante 4 meses”. Dicha investigación se realizó en la obra Vivenza, ubicada en la vía Machado – Copacabana, con el propósito de mejorar las técnicas realizadas antes, durante y después de la preparación del concreto, ya que a partir de estas técnicas, se puede evidenciar resultados satisfactorios o deficientes a la hora de manejar el concreto.

El objetivo de la investigación fue realizar un análisis y una supervisión a los concretos producidos en dicha obra, por medio de mezcladora Domat serie DMP30, así mismo evaluar la calidad en estado fresco y endurecido, durante un periodo de cuatro (4) meses.

Durante la investigación se desarrollaron cuatro momentos claves: 1) Seguimiento a la procedencia de los materiales empleados, 2) Supervisión a las operaciones realizadas en obra, antes-durante y después de preparar la mezcla de concreto, 3) Elaboración de muestras de concreto de acuerdo a la norma NTC 454 – *Concreto fresco, Toma de muestras*, y 4) Ejecución de un análisis estadístico de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión. Con esto se pretende definir los procesos adecuados para cumplir con el objeto de estudio.

Se evidenció, que una mala práctica en estos cuatro momentos puede incidir directamente en la calidad del concreto, afectando propiamente la seguridad de la estructura, por otra parte, se debe garantizar que los materiales sean los especificados por el diseño y que dichas mezclas sean elaboradas, transportadas y colocadas con el mayor compromiso, teniendo en cuenta las Normas Técnicas Colombianas y la Norma Sismo Resistente Colombiana de 2010.

Los resultados obtenidos, en la elaboración de las muestras en general fueron satisfactorios, ya que cumplieron a cabalidad con las especificaciones del proyecto, sin embargo se debe tener mayor cuidado en el mantenimiento de la concretadora empleada es decir realizarle mantenimientos preventivos más seguido para controlar el buen tamizaje de los materiales, además garantizar que la persona encargada de realizar las muestras de concreto este certificada y capacitada para evitar errores humanos en la realización de muestras, asimismo se sugiere implementar los ensayos a materiales con un periodo menor y mecanismos que controlen la temperatura en el proceso de curado de especímenes.

Finalmente, realizar una mezcla de concreto es de gran importancia, ya que dependiendo de la calidad de esta, se puede tener una mayor grado de certeza en cuanto al buen funcionamiento de la estructura.

2. INTRODUCCIÓN

Por medio de la historia, se ha evidenciado como el concreto ha jugado un papel muy importante en el medio de la construcción, y por ende en el campo de la ingeniería civil, ya que ha permitido el desarrollo y ejecución de grandes estructuras en el mundo, proporcionando economía y estabilidad a la hora de realizar el levantamiento de una edificación.

Actualmente, se han fabricado equipos especializados, como mezcladoras tipo Domat que permiten elaborar mezclas de concreto de manera fácil, rápida y controlada, aportando diferentes soluciones a una sociedad acostumbrada a procesos artesanales y tradicionales, como por ejemplo la dosificación de materiales por método de tanteo, el cual presenta un alto grado de imprecisiones, y por lo tanto, pone en duda la calidad de la mezcla realizada. Eventualmente, esto se debe a las necesidades del hombre en optimizar la producción de concreto y en crear factores diferenciadores que permitan acelerar y modernizar el sector de la construcción.

Por otra parte, en el proyecto de grado “Análisis y supervisión de concretos en estado fresco y endurecido preparados en obra por medio de mezcladora Domat serie DMP30”, se caracterizan los materiales de un concreto, identificando como tales: el agua, arena, triturado, cemento y aditivo, este último, cada día otorga soluciones diferentes, cuando se trata de resolver nuevos retos y necesidades en el mundo de la construcción, por medio de sustancias o químicos que permiten el aprovechamiento de todas las características de la mezcla de concreto, logrando así una construcción resistente y duradera.

Lo que demuestra que, en Colombia, cada día se están desarrollando nuevas tecnologías que certifican la optimización del tiempo y el cumplimiento de especificaciones de los proyectos, lo que exige que se implementen nuevos controles y supervisiones para dichas innovaciones. Para llevar a cabo la concepción de proyectos viables y seguros, que generen confianza al usuario, al momento de realizar la construcción de la subestructura y estructura. Con base en lo anterior se plantea una investigación, enfocada en el control de calidad del concreto preparado en obra durante 4 meses, por medio de la mezcladora Domat serie DMP30, teniendo en cuenta variaciones reales, aparentes, procesos e impresiones de ensayos y materiales.

Durante el periodo de investigación, se analizará un entrepiso con escalas, correspondiente a dos losas de apartamentos (piso 26-27), 14 pantallas y un elemento monolítico perteneciente al foso de ascensor, dicho entrepiso cuenta con dos tramos de escalas ubicados en el eje 10B-11B y 14B-15B, de la Torre 2- Etapa 1. Cabe mencionar que las losas y las escalas se funden en un concreto de 3000 psi y las pantallas en una resistencia de 4000 psi, dichas especificaciones son propias del proyecto Vivenza, ubicado en Cra 87 # 39-03 Vía machado-Copacabana.

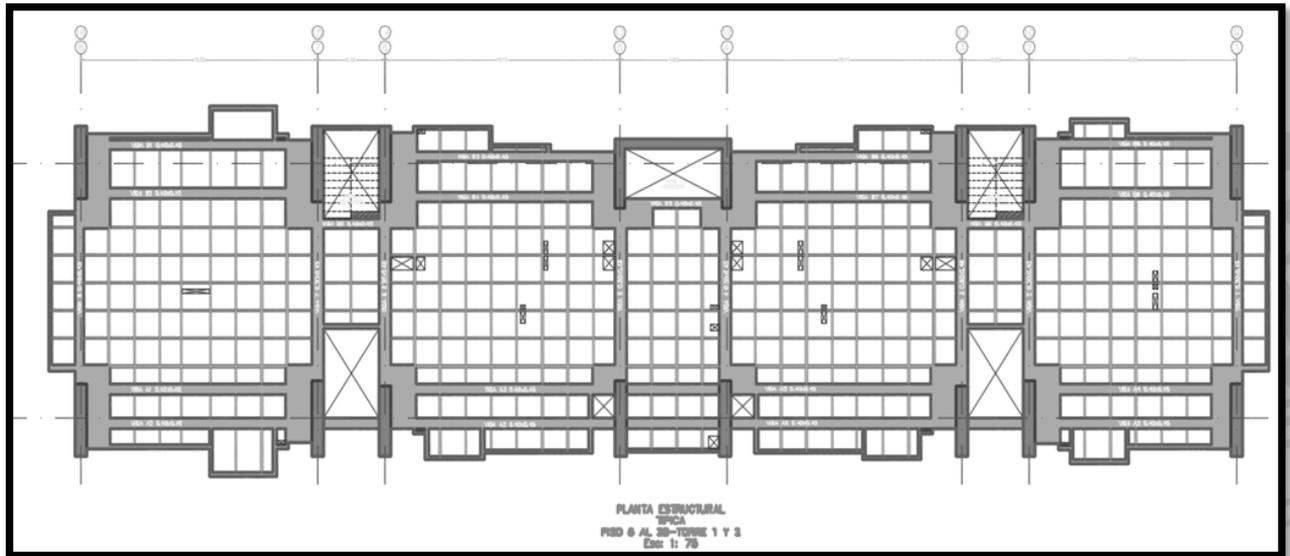


Figura 1. Elementos a estudiar (Losa, pantallas, escalas y foso ascensor), parte horizontal indica eje numérico de derecha a izquierda comenzando en eje 9 y terminando en eje 16, parte vertical eje alfanumérico de abajo hacia arriba comenzando en eje A y terminando en eje B. **Fuente:** Especificaciones de la obra Vivenza.

Por otra parte, el concreto es el resultado de mezclar varios materiales como lo son: arena, triturado, cemento, agua y algún aditivo. Siendo este opcional para la mezcla, confiriéndole características particulares de:

- Resistencia
- Cohesividad y Trabajabilidad
- Plasticidad (reductores de agua)
- Retardante de fraguado
- Acelerantes de fraguado

Cabe mencionar que la norma NTC 1299 – *Concretos. Aditivos químicos para concreto*, es la encargada de regular y especificar los aditivos más usados en el concreto, y por ende en la construcción.

Además, es de los insumos más empleados en una obra de construcción, ya que concede características de resistencia, manejabilidad a la hora de vaciar diversos elementos estructurales, estabilidad, durabilidad a través del tiempo y a diferentes condiciones ambientales y económicas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Análisis y supervisión de concretos en estado fresco y endurecido preparados en obra por medio de mezcladora Domat serie DMP30, durante 4 meses.

3.2 Objetivos específicos

- Garantizar las especificaciones requeridas en el proyecto y dar cumplimiento a la norma NSR-10.
- Evaluar la procedencia de los materiales utilizados en la mezcla.
- Supervisar las operaciones realizadas en obra, a la hora de preparar la mezcla de concreto tales como el transporte, manejo, colocación, consolidación, terminado y curado.
- Elaborar muestras de concreto de acuerdo a la norma NTC 454 – Concreto fresco, Toma de muestras.
- Determinar resultados del ensayo a compresión de las muestras elaboradas.
- Establecer un análisis estadístico de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión.

4. MARCO TEÓRICO

Hoy en día existen grandes variedades de concreto, por lo que se debe realizar un adecuado control en obra, por medio de normativas que permitan regularizar el uso del mismo. Actualmente se cuenta con normas internacionales y/o nacionales que ayudan a supervisar la calidad del concreto por medio de pruebas estandarizadas y resultados comparables, como es el caso de las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), AASHTO (American Association State Highway and Transportation Office), ACI (American Concrete Institute), NTC (Normas Técnicas Colombianas), NSR (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente), INVIAS (Norma del instituto Nacional de Vías), entre otras.

Para llevar a cabo un adecuado control de calidad del concreto en obra preparado en planta por medio de mezcladora Domat DMP30, es necesario tener en cuenta algunas normas como lo son:

- NTC 3459 – *Agua para la elaboración de concreto.*
- NTC 396 – *Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.*
- NTC 550 – *Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.*
- NTC 673 – *Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de Concreto.*
- NTC 3318 – *Producción de concreto.*
- NTC 454 – *Concreto fresco, Toma de muestras.*

Además, conocer el proceso de verificación que se realiza, antes, durante y después de la utilización del concreto en obra, dicho proceso se divide en lo siguiente:

- Verificación del cumplimiento de especificaciones de las materias primas.
- Supervisión de las operaciones completas de medición y mezcla.
- Control de los procesos siguientes a la elaboración del concreto. [1].

De acuerdo al libro “*El Concreto: Fundamentos y Nuevas Tecnologías*”, dicho seguimiento, se realiza mediante pruebas representativas a muestras en estado fresco y en estado endurecido, que permiten tener un control del proceso, un análisis estadístico y una aceptación o rechazo de las pruebas seleccionadas.

Como, por ejemplo, en estado fresco, se debe llevar a cabo, verificaciones relacionadas con la manejabilidad, forma de colocación de la mezcla para prevenir la segregación, temperatura,

homogeneidad, exudación y transporte. Mientras que en un estado endurecido es necesario conocer si ese elemento cumple o no con las especificaciones asignadas, mediante ensayos de laboratorio a compresión, ambos estados se describen en las normas NTC 550 - *Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra* y NTC 673 - *Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*.

Para evitar tener sobrecostos y complicaciones en la obra, es necesario llevar a cabo un buen control en el concreto. En caso contrario el proyecto se verá expuesto a procesos más estrictos, donde se elevan los costos.

4.1 Composición del concreto

El concreto es una mezcla compuesta de agregados finos y gruesos, material cementante, agua y aditivos.

A continuación se caracteriza cada uno de los materiales, teniendo en cuenta criterios de aceptación, origen, usos, calidad entre otros.

4.1.1 Agregados finos y gruesos

Los agregados son una masa de materiales inertes, que se dividen en agregados finos y gruesos, como indican [1] y [2] existen diversas clasificaciones para estos como lo son:

- **Origen:** Distribuye los agregados en tres grandes grupos de acuerdo a su procedencia y procesos físico-químicos involucrados en su formación, como lo son:
 - Agregados ígneos: se forman cuando el magma (roca fundida) se enfría y se solidifica.
 - Agregados sedimentarios: se originan por descomposición, desintegración, precipitación o deposición química.
 - Agregados metamórficos: son aquellos agregados que experimentan grandes presiones y altas temperaturas.
- **Color:** Es una clasificación fácil de realizar, pero no brinda mucha información a la hora de identificar el comportamiento del material en una mezcla de concreto.
- **Tamaño de partícula:** Es una clasificación muy usada, la cual permite conocer si estamos trabajando con un agregado grueso o fino, se realiza por medio de la NTC 32- *Tejido de alambre y tamices para propósito de ensayo*, según sus resultados si la masa del agregado pasa el 100% por el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, se clasifica como arena gruesa o fina, pero si el 100% de la masa queda retenida en el tamiz N°4 o superiores, se está trabajando con un agregado grueso.

Tabla I
Clasificación de los agregados por tamaño

Tamaño (mm)	Mayor a 50	Entre 50 y 19,0	Entre 19,0 y 4,75	Entre 4,75 y 2,36	Entre 2,36 y 0,42	Entre 0,42 y 0,074	Entre 0,074 y 0,002	Menor a 0,002
Denominación	Piedra	Grava	Gravilla	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Limo	Arcilla
	Agregado grueso			Agregado fino			Fracción muy fina	
Recomendación	Material bueno para producir concreto			Material bueno para producir concreto			Material no recomendable	

Nota: Se caracteriza los agregados gruesos y finos por tamaño, dependiendo de los tamaños de tamices en que el material pasa o queda retenido. [1] Tabla 3.1.

- **Modo de fragmentación:** Específicamente depende del tipo de fragmentación que tienen los agregados, y se pueden clasificar en naturales (fragmentación por medios naturales), manufacturados (fragmentación por medios mecánicos) o mixtos (combinación de fragmentación por medios naturales y mecánicos).
- **Clasificación por peso específico:** Se determinada por medio del peso unitario de los agregados, dependiendo de esta característica se tienen: agregados livianos, normales y pesados.

Tabla II
Clasificación de los agregados según su densidad

Clasificación del agregado	Densidad aproximada (kg/m ³)		Variedades más comunes de los agregados	Ejemplo de uso
	Agregado	Concreto		
Liviano	Agregado fino Menor que 1120 Agregado grueso menor que 880	1440 a 1840	Arcillas termo expandidas, pizarras o esquistos expandidos, escorias de horno, piedra pómez, perlita, diatomita	Concretos estructurales; aislamiento de ruido o calor; rellenos de bajo peso
Normal	1120 a 3300	2000 a 2600	Arena, grava, piedra triturada, Clínter, escoria de fundición	Estructuras de concreto de peso normal en general
Pesado	Mayor que 3300	Mayor que 2600	Barita, hierro, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Concreto para macizos de anclaje; protección contra radiaciones, refugios antiaéreos

Nota: Clasificación de los agregados según su densidad. [1] Tabla 3.2.

- **Agregados reciclados:** Específicamente provienen de demoliciones, estos pueden ser agregados reciclados limpios o sucios, siendo los primeros caracterizados por tener un porcentaje menor a 5% de impurezas y un 95% de la composición mismo elemento, mientras que los segundos mencionados carecen de los parámetros mencionados.

Los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, para uso en concreto, se encuentran especificados en la norma NTC 174, *Especificaciones de los agregados para concreto*.

Cabe mencionar que un agregado fino está conformado de arena natural, arena triturada o una combinación de éstas y un agregado grueso se caracteriza por que está conformado por grava, grava triturada, roca triturada o en su defecto una combinación de ellos, ambos materiales son de suma importancia para la elaboración de mezclas de concreto, ya que permiten adherencia, volumen, resistencia, mitigación de fisuras y durabilidad a la hora de preparar concreto.

Para garantizar dichas propiedades, se debe asegurar de que los tamaños del agregado sean los óptimos para la mezcla a diseñar, además de que la forma y la textura superficial sean las adecuadas, por otra parte se debe certificar limpieza, densidad, granulometría, porosidad, absorción y humedad.

Para asegurar lo antes mencionado, se realiza una serie de ensayos que permiten visualizar las propiedades, características y estados de estos agregados como lo son:

- NTC 77- *Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y Gruesos*
- NTC 78 – *Método para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75um en agregados minerales*
- NTC 92- *Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados*
- NTC 127- *Concretos. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto*
- NTC 174- *Concretos. especificaciones de los agregados para concreto*
- NTC 176 – *Ingeniería civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso.*
- NTC 237– *Ingeniería civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino.*
- NTC 589– *Concretos. Método de ensayo para determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados.*

4.1.2 Verificación de calidad de los agregados finos y gruesos en obra

Para la producción de concreto en la obra Viveza, se usa material extraído de Canteras del Cauca, específicamente con procedencia del río Cauca, este material es solicitado por medio del almacenista al departamento de compras, y dicho departamento se encarga de realizar el trámite pertinente.

Cuando el triturado y la arena ingresan a obra, son verificados por medio de la inspección visual, donde se analiza el color, contenido de materia orgánica, tamaño y textura donde se pueden o no detectar anomalías, en caso de que se presente alguna incertidumbre sobre este,

se solicitan ensayos de caracterización del material enviado por la cantera, en otro caso estos informes son enviados a obra cada semestre.

Además cuando la volqueta ingresa a obra, con dichos materiales, se autoriza el descargue por medio de la remisión, donde se chequea el destino, tipo de material, cantidad y procedencia.



Figura 2. Agregado grueso y fino respectivamente almacenados en obra por medio de chiqueros. **Fuente:** Propia

Los informes enviados a obra cuentan con la descripción del equipo usado para dichos ensayos, además de la caracterización y resultados de ensayos del material como se muestra en los Anexo 1 (Triturado) y 2 (Arena).

4.1.3 Material cementante

El material cementante, es el compuesto más importante a la hora de preparar una mezcla de concreto ya que cuenta con propiedades cohesivas y adhesivas que permiten la unión de los agregados finos y gruesos.

Es importante mencionar que este insumo cuenta con propiedades hidráulicas, es decir que desarrolla sus propiedades en presencia del agua, esto se debe a las reacciones químicas que ocurren entre los compuestos del cemento. Así mismo este material es una mezcla de diversos componentes tales como: caliza, arcilla, yeso, silicatos, aluminatos entre otros.

Actualmente se conoce en el mercado diferentes tipos de cemento, los cuales aportan diversas propiedades dependiendo de las necesidades y requerimientos del proyecto, esto se desarrolla a partir de la materia prima empleada a la hora de fabricarlo, de acuerdo a la siguiente tabla se puede evidenciar los distintos tipos y usos del cemento. [1].

Tabla III
Tipos de cemento Pórtland según ASTM C150

Tipo de cemento	Uso	Ejemplo de uso
I	Cuando no es requerida ninguna de las propiedades especiales de los otros cementos	Estructuras de concreto en general como vigas, columnas, losas y muros, entre otras, donde no son requeridas propiedades especiales de los demás cementos.
II	Cuando precisa moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.	Estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en aguas subterráneas son moderadas. Estructuras de masa considerable, como en muros de contención o cimentaciones masivas. Aguas freáticas o de infiltración, con moderadas concentraciones de sulfatos.
III	Cuando se requieren altas resistencias iniciales	En estructuras donde hay que desformaletar pronto, como estructuras industrializadas, o cuando la estructura debe ponerse al servicio rápidamente.
IV	Cuando es necesario bajo calor de hidratación	Para estructuras de concreto masivo, como grandes presas, donde existen altas diferencias de temperatura entre el interior y la parte externa de la estructura.
V	Cuando necesita alta resistencia a los sulfatos	Para estructuras en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos.

Nota: Descripción de los tipos de cemento Pórtland empleados en el mercado. [1] Tabla 2.3.

Por otra parte, según [1], [3], se le imponen cualidades de:

- **Finura:** Determina la velocidad de hidratación, manejabilidad, retracción, calor de hidratación, costo y la obtención de la resistencia, es una propiedad física que valora el tamaño del grano.
- **Consistencia normal:** Se mide directamente sobre la pasta de cemento formado, la cual indica el grado de fluidez con el que se debe trabajar la mezcla cementante, ya que dependiendo del tipo de cemento se requieren diversas cantidades de agua.
- **Densidad:** Se caracteriza por ser una propiedad física, que varía dependiendo del tipo de cemento, no da idea de la calidad del cemento empleado pero si muestra las adiciones de otros elementos en el cemento y las cuantías usadas en este.
- **Tiempos de fraguado:** Propiedad que se mide directamente en la pasta de cemento, la cual se caracteriza por el tiempo en que la pasta deja su estado plástico y empieza a tomar un estado sólido, alcanzado la resistencia deseada. Además esta propiedad nos da un índice de calidad para hacer el adecuado manejo del concreto en estado plástico: preparación - colocación y disposición, cabe mencionar que el fraguado inicial comienza en un tiempo de 45 min y culmina en 7 horas aproximadamente.
- **Resistencia:** Propiedad de suma importancia producida por la hidratación. Donde más hidratación me lleva a tener más resistencia, por lo que es un parámetro que afecta directamente los criterios estructurales.

Para asegurar lo antes mencionado, se realiza una serie de ensayos que permiten visualizar las propiedades y características del cemento como lo son:

- NTC 33- *Ingeniería civil y Arquitectura. Método para determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato Blaine de permeabilidad al aire.*
- NTC 107- *Cementos. Método de ensayo para determinar la expansión en autoclave del cemento Pórtland*
- NTC 109- *Cementos. Método para Determinar los Tiempos de Fraguado del Cemento Hidráulico por Medio de las Agujas de Gillmore*
- NTC 118- *Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante el aparato de vicat.*
- NTC 121- *Ingeniería civil y Arquitectura. Cemento pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas.*

4.1.4 Verificación de calidad del material cementante en obra

Durante la ejecución de la etapa 1, torre 2, los vaciados de elementos estructurales se realizaron con cemento a granel de marca Argos, el cual se disponía por medio de un silo proporcionado por dicha empresa.

Al tener dicho elemento en obra se debe garantizar unas condiciones especiales para establecer la conservación y el buen funcionamiento de este producto cementante, tales como:

- Transporte: Debe realizarse con equipos acondicionados con tanques que permitan la descarga del cemento por medios compresores de aire.



Figura 3. Vehículo cisterna para transportar y abastecer el cemento a granel. **Fuente:** Argos

- Almacenamiento: Verificar que el silo se encuentre sin ningún orificio donde pueda entrar en contacto con aire o agua, además de que se debe procurar gastar este durante 6 semanas aproximadamente.
- Ambientales: El silo debe estar acondicionado con filtros para prevenir que el material particulado salga de este a la hora de que sea abastecido.
- Mantenimiento: Se debe realizar mantenimiento preventivo cada tres meses para prevenir encostramiento del cemento y un mantenimiento general cada seis meses para garantizar la calidad del material cementante.

- Logística: Para tener dicho elemento en obra se debe garantizar que no esté cerca de estructuras, equipos o muros, que tenga por lo menos 0.80 m de distancia al suelo para poder realizar su abastecimiento, además de tener una cimentación que soporte el elemento y un espacio cómodo para que no perturbe el avance en obra a la hora de ser abastecido.
- Calidad: Esta es certificada por medio de la empresa Argos, quien se encarga de fabricar un material cementante que cumplan con todas las normas establecidas y con los requerimientos de obra, además de los estándares de calidad del mercado.

Por otra parte, el operador encargado de la planta de concreto Domat, tenía la responsabilidad de alertar los niveles de cemento en el silo, para poder realizar la programación con la empresa Argos para su respectivo abastecimiento, en la obra Vivenza se realizaba el mantenimiento preventivo cada 4 meses y se abastecía de acuerdo a las necesidades de obra, con aproximadamente 64 Toneladas. Por otra parte se golpeaba el silo con una almádana, cada vez que se realizaba un vaciado para destruir terrones o masas de cemento formados.



Figura 4. Almacenamiento de cemento a granel en silo de Argos. **Fuente: Propia.**

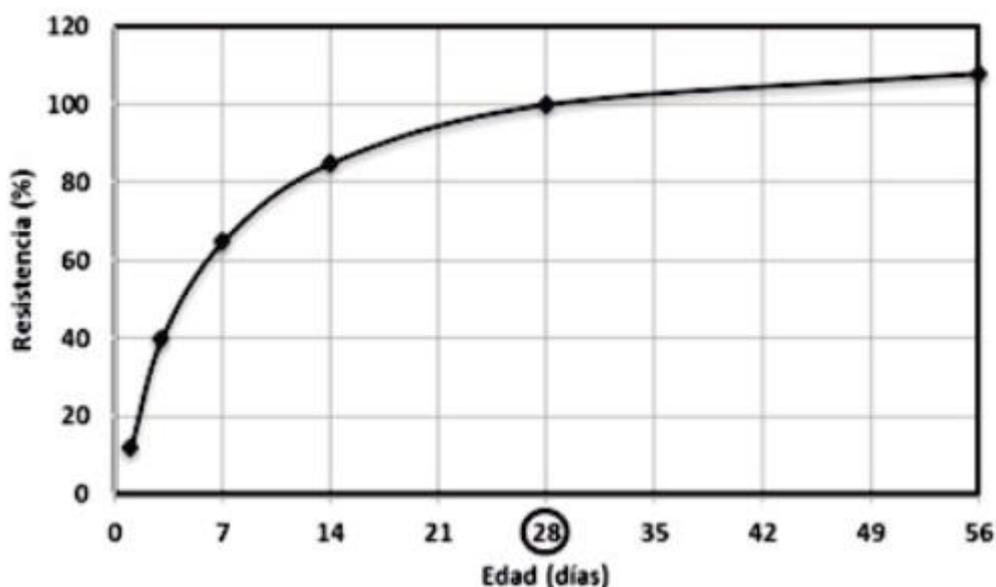
4.1.5 Agua

El agua juega un papel muy importante a la hora de preparar la mezcla de concreto, ya que representa el medio para que el material cementante sea hidratado en su totalidad y pueda alcanzar sus propiedades. Igualmente esta permite que las estructuras de concreto adquieran la resistencia adecuada por medio del curado, por eso se debe prestar atención no solo a la calidad sino también a la cantidad.

Se debe verificar, que el agua empleada a la hora de preparar el concreto, tenga apariencia limpia, clara, libre de sales, aceites y materia orgánica y que el pH se encuentre dentro del rango 5.5 y 8.5, esto con el fin de garantizar la resistencia, tiempos de fraguado, durabilidad en la mezcla y prevenir daños en el concreto y/o acero.

Por otra parte, a la hora de realizar el mezclado de los materiales, se tienen dos momentos de gran importancia: 1) Hidratación del cemento y 2) Manejabilidad, siendo el primero mencionado la cantidad de agua incorporada en el concreto, es decir la cantidad necesaria y solicitada por el diseño de mezcla del proyecto, y la segunda es el agua que permite fluidez en la mezcla y que con tiempo se evapora en el proceso de fraguado, dejando canales capilares que disminuyen la resistencia, durabilidad y en el momento de secado permiten mayor fisuración, por tal motivo no se debe agregar más agua al diseño de mezcla.[1].

Además, el agua interviene en el proceso de curado, el cual se caracteriza por ser el momento en el cual el concreto alcanza su máxima resistencia, en este proceso se controla el contenido de humedad y la temperatura en el concreto, es importante mencionar que la hidratación de los especímenes de concreto no se desarrolla a una velocidad constante y disminuye con el tiempo, es decir, en los primeros 7 días después del fraguado se requiere de agua para seguir alcanzando las propiedades del cemento, después de este tiempo el concreto sigue adquiriendo resistencia en poca proporción, lo que se visualiza en la gráfica 1.



Grafica 1. Desarrollo de la resistencia del concreto con la edad. [1] figura 12.1.

Para asegurar lo antes mencionado, se debe tener en cuenta la siguiente norma la cual permite garantizar la calidad en el agua:

- NTC 3459 Agua para la elaboración del concreto

4.1.6 Verificación de calidad del agua en obra

Para realizar la hidratación a la mezcla de cemento, arena, triturado y aditivo, dosificados por medio de la mezcladora Domat serie DMP30, se cuenta con un tanque de abastecimiento en fibra de vidrio, el cual es aprovisionado con agua potable suministrada por las Empresas Públicas de Medellín EEPP y por medio de una red hidrosanitaria provisional que llega hasta dicho tanque.



Figura 5. Almacenamiento de agua limpia para abastecimiento de la mezcladora de concreto Domat serie DPM 30. **Fuente:** propia

Por otra parte, la cantidad de agua necesaria para hacer la mezcla es determinada por medio del ensayo de humedad de la arena, ya que dependiendo de este valor se suministra por medios digitales a la Domat la cantidad de agua a mezclar, es decir se ingresa el porcentaje de humedad de la arena y sistemáticamente la Domat da la dosificación de agua de acuerdo a la resistencia a preparar.

CentroSur.		CORRECCION DE HUMEDAD Y VACIADO	
FT-GP-01.1e Revisión No.4 15 Abril de 2010			
Fecha:	5-06-2019		
Obra:	VIVENZA ET-1		
ELEMENTO	Columnas piso 26-27 Cajones por humedad		
Peso húmedo	1000 gr	38	x 100 ascensor
Peso seco	962 gr		
% arena	3.9 %	962	
Corrección de humedad = $\frac{(\text{Peso húmedo} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}}$			
Elaborado por:	Wilmar Arboleda	Revisado por:	Comis Rodó S
Cargo:	o.p. domat	Cargo:	Res. obr

Figura 6. Control de ensayo de humedad de la arena, realizado en obra, firmado respectivamente por el operario y el residente de obra. **Fuente:** Propio de la obra Vivenza.

Agregando a lo anterior, el agua también es de vital importancia a hora de realizar el curado tanto en la estructura vaciada como en los especímenes elaborados- cilindros de prueba, dicha agua se debe encontrar en estado potable y limpia, la cual se dispone en un tanque de curado, donde se protege con cal para que el tanque no acumule hongos y con una tela geotextil para prevenir que caigan elementos al tanque.

Es importante mencionar que al tanque de curado, se le realiza mantenimiento cada 15 días, este consta de cambio de agua, lavado en el fondo del tanque sin ningún material químico y rociamiento de cal para prevenir la formación de hongos.



Figura 7. Taller de concreto para elaborar especímenes de prueba y tanque de curado. **Fuente:** Propia



Figura 8. Mantenimiento del tanque de curado. **Fuente:** Propia.

4.1.7 Aditivo

Los aditivos son materiales líquidos o sólidos, que se le incorporan a la mezcla de concreto antes o durante el mezclado, con el fin de mejorar las propiedades de este, siendo más utilizado en estado líquido ya que permite realizar mezclas más homogéneas y se garantiza que esta sustancia se disperse más rápido.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar diversos tipos de aditivos, desde un aditivo tipo A hasta un aditivo tipo H, siendo cada uno empleado para diferentes necesidades, como se evidencia en la tabla IV.

Tabla IV
Tipos de aditivo y propiedades.

Aditivo	Propiedades
Tipo A: Plastificante	Disminuye la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia de concreto
Tipo B: Retardantes	Demora tiempo de fraguado del concreto
Tipo C: Acelerante	Acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a edad temprana del concreto
Tipo D: Plastificante retardante	Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y retardar su fraguado.

Tipo E: Plastificante acelerante	Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia edad temprana
Tipo F: Superplastificante	Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto
Tipo G: Superplastificante retardante	Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y además retardar su fraguado
Tipo H: Superplastificante acelerante	Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y acelerar tanto el fraguado como la resistencia edad temprana

Nota: Se presenta la tabla especificando los tipos y propiedades de aditivos, dicha tabla se realiza teniendo en cuenta la información presente en [4]

Para ilustrar lo antes mencionado, en estructuras con difícil acceso, secciones delgadas y áreas con mucho acero es conveniente usar una mezcla fluida de alta trabajabilidad, por lo que se emplea un aditivo reductor de agua, es decir un aditivo plastificante, si se necesita un concreto de fraguado rápido para acabados de placas, reducción de tiempos de desencofrado e impermeabilización se emplea un aditivo acelerante, lo cual permite aumentar la tasa de hidratación y el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas, de lo contrario si se requiere prolongar la tasa de fraguado del concreto, se debe usar un aditivo retardante, así mismo se pueden emplear aditivos que ofrecen alta resistencia, al durabilidad, etc.

Agregando a lo anterior, para la elaboración de dichos aditivos se usan compuestos químicos, inorgánicos y minerales según la especificación y dosificación regida por la norma, por ejemplo para llevar a cabo un aditivo que acelere los tiempo de fraguado se puede emplear yeso crudo más cloruro de sodio, para mejorar la plasticidad se puede usar cal grasa y para darle al concreto la característica de retardante se puede añadir un ingrediente tan común como lo es el azúcar. [1]. La adición de aditivos a la mezcla se ve regularizada por la NTC 1299, *Concretos, aditivos químicos para concreto*.

Es importante resaltar que estas sustancias, se usan mediante una dosificación por peso de cemento, teniendo en cuenta el diseño de mezcla empleada a la hora de preparar el concreto.

4.1.8 Verificación de calidad del aditivo en obra

En el proyecto Vivenza, se emplea el aditivo EUCON MR-4000, el cual se le asignan propiedades de reductor de agua y retardante de fraguado formulado específicamente para extender el tiempo de trabajabilidad del concreto fluido a temperaturas por encima de 25°C. [5]

Dicho insumo es contratado por medio de la empresa Toxement, la cual se encarga de realizar periódicamente visitas a obra para garantizar el buen estado del producto, realizando mantenimientos preventivos para la acumulación de hongos.

Agregando a lo anterior, para la corrección de hongos en el isotanque de almacenamiento se emplea una sustancia llamada Biosida, el cual es de origen orgánico y se le adiciona 0.5 ml del volumen existente de aditivo en el isotanque.



Figura 9. Isotank de almacenamiento del aditivo EUCON MR-4000. **Fuente:** Propia



Figura 10. Sustancia Biosida para la corrección de hongos en el EUCON MR-4000. **Fuente:** Propia.



Figura 11. Limpieza del isotanque. Fuente: Propia

4.2 Domat

Como se ha mencionado anteriormente, el concreto en la obra Vivenza se realiza por medio de mezcladora Domat, dichas mezcladoras surgen en la actualidad con el propósito de brindar nuevas soluciones y desarrollos tecnológicos en el sector de la construcción, enfocándose en mejorar la productividad y eficiencia de los proyectos donde se emplee dicha tecnología. [6]

La concretadora Domat serie DMP30, es una planta mezcladora para producción de concreto, con una capacidad de 26 - 30 m³/hora, el equipo está diseñado para operar en obras, que requieren concretos de alta calidad a un bajo costo.

Dicha concretadora cuenta con, según [6]:

- Mezclador de eje vertical de 0.75 m³ con brazos amortiguados
- Recubrimiento en lámina anti desgaste
- Compuerta de accionamiento neumático.
- Canaleta de descarga al balde de la torre grúa o a la bomba de concreto.
- Tolda integrada doble para dos tipos de agregados con un vibrador.
- Caudalímetro para dosificación de agua.
- Báscula para pesaje de cemento independiente, con descarga neumática y vibrador.
- Tornillo sinfín para alimentación de cemento. (Opcional)
- Dos bandas de alimentación separadas.
- Compresor y cofre para electroválvulas.
- Bomba para alimentación de agua, con tubería de succión y descarga.
- Sistema de pesaje con celdas de carga.
- Sistema eléctrico con cofre protección IP, cableado para la conexión de motores con coraza metálica, elementos de protección de motores, botonera para mando manual.
- Sistema de control automático para producción de concreto

Por otra parte, el empleo de estas concretadoras en obra permite economizar factores como tiempo, calidad y dinero, ya que se puede producir concreto de alta calidad en el día y la hora solicitada, sin tener que someterse a tiempos y disponibilidades de empresas cementeras, que fácilmente pueden incurrir en un atraso; así mismo presenta facilidad a la hora de ser

instalada, programada y operada, garantizando bajos costos de operación, mezclas altamente homogénea, facilidad a la hora de ser programa y limpiada.

Dicha mezcladora, es propia de la empresa Centro Sur y es manejada por un operario de la empresa, la cual está calificado y certificado para realizar el manejo de dicha planta, además este se encarga de realizar su respectiva programación, limpieza y mantenimiento preventivo, antes, durante y después de los vaciados en obra, se recalca que la mezcla de concreto es transportada por medio de torre grúa, por lo que se emplean baches y no bombas de concreto, para garantizar el buen manejo de la máquina, dicho operario se encarga de informar cuando las tolvas, el silo o los tanques de agua y aditivo, presentan algún problema o se encuentran desabastecidos, igualmente de manifestar si se presentan fallas eléctricas o el sistema de pesaje se encuentra descalibrado, para solicitar y programar el respectivo mantenimiento.



Figura 12. Planta de concretos. **Fuente:** Propia.



Figura 13. Mantenimiento de la concretadora Domat serie DPM 30. **Fuente:** Propia.



Figura 14. Tolvas de la concretadora Domat serie DPM 30 respectivamente abastecidas con agregado fino y grueso. **Fuente:** Propia

4.3 Concreto en estado fresco

En este estado se presenta el concreto con una consistencia plástica, que con el tiempo da paso al fraguado y posteriormente al siguiente estado el cual se describe como endurecido. Generalmente en esta condición se realiza primero una inspección visual procedida por ensayos a la mezcla.

Por dichos motivos, en estado plástico del concreto se deben evaluar dos momentos claves como lo son:

- La inspección visual: En esta se verifican y se examinan características como:

Viscosidad
Plasticidad
Elasticidad
Fluidez

Uniformidad
Cohesividad
Segregación
Trabajabilidad o manejabilidad.

Agregando a lo anterior, la trabajabilidad o manejabilidad, es la característica más sencilla de analizar, ya que depende del grado de facilidad con que el concreto puede ser mezclado, donde depende exactamente de la relación agua - cemento (a/c), sin embargo también se ve afectada por la gradación, forma y textura de los agregados, aire incluido en la mezcla, aditivos, relación arena – agregados y temperatura ambiente.

La manejabilidad del concreto, es verificada por medio de la normativa NTC 396 - *Ingeniería civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto*. El cual tiene como finalidad medir la consistencia o grado de humedad que tiene la mezcla.

Dicho ensayo se realiza por medio del cono Abrams y con ayuda de una varilla lisa de punta redondeada de 16 mm de longitud, se debe llenar el cono a través de 3 capas iguales de concreto y se deben compactar con 25 golpes en forma de espiral, a la hora

de efectuar el ensayo se debe tener cuidado de realizarlo en una superficie plana y limpia, así mismo de compactar en una dirección paralela al cono.

A la hora de preparar concreto en la obra Vivenza, se consideran los aspectos antes mencionados y se evalúa la manejabilidad por medio del ensayo de asentamiento, y se llevan a cabo los registros pertinentes para el control de calidad.



Figura 15. Ensayo de asentamiento realizado en la obra Vivenza. **Fuente:** Propia.

- **La disposición:** Se refiere a los medios empleados para disponer la mezcla de concreto, tales como: transporte, colocación y compactación. Ya que dependiendo de la forma como estos procesos se realicen se puede prevenir la segregación.

La segregación es la separación de los componentes de la mezcla, debido a las diferencias en tamaños de agregados y densidades, además del excesivo mezclado, inadecuado sistema de transporte, mala colocación y desmedido tiempo vibrado.

La mezcla de concreto se puede transportar de forma vertical u horizontal, teniendo precaución de realizar desplazamientos cortos, evitando los cambios bruscos de dirección y los caminos que produzcan mucha vibración, ya que se puede correr el riesgo de alterar la muestra.

Por otra parte, se debe tener prudencia a la hora de abastecer y disponer los medios mecánicos para transportar dicha mezcla como lo son: coche, bomba estacionaria, bocat, bache de torre grúa, ya que se debe evitar la caída libre de la mezcla, desde alturas mayores a 1.5m, descargue del concreto contra obstáculos, además de no exceder los tiempos de vibrado.

Agregando a lo anterior, en la obra Vivenza se hace uso de la torre grúa y del bache para trasladar la mezcla de concreto, teniendo en cuenta la precauciones antes mencionadas, antes de disponer la mezcla en dicho bache se rocía ACPM a este

elemento, para que el concreto no se adhiera al bache en el transcurso del desplazamiento, y sea más fácil la respectiva limpieza.



Figura 16. Transporte vertical del concreto por medio de la torre grúa y un bache. **Fuente:** Propia.

Ya con la mezcla de concreto preparada, y con la supervisión de las precauciones antes mencionadas, se procede a sacar una muestra representativa, para realizar los especímenes de prueba, dicha muestra es conveniente sacarla después de 20 minutos iniciado el vaciado, ya que en un tiempo inferior se van realizando los ajustes pertinentes para lograr la consistencia de mezcla deseada.

Como se mencionó anteriormente, se debe realizar el asentamiento antes de iniciar hacer los cilindros para efectos de calidad en la mezcla, una vez obtenido el asentamiento se procede a realizarlos, la cantidad de cilindros a elaborar depende del criterio de residentes o directores de obra, ya que por norma se deben realizar solo dos cilindros para fallar a una edad de 28 días, pero para mayor seguridad y para avanzar en obra se pueden realizar más especímenes, que brindan solo información.

En la obra Vivenza, se realizan 8 cilindros para losas y nudos de pantalla que fallan a los 3-7-28 y 56 días; y 6 cilindros para pantallas y escalas que fallan a los 7-28 y 56 días, se espera que en el día 28 los especímenes de prueba alcancen el 100% de su resistencia, en caso de que no se esperan a los cilindros testigos realizados a los 56 días.

Para realizar los cilindros se debe:

1. Alistar el número de formaletas a usar.
2. Cerciorarse de que la superficie y las formaletas estén limpias y en un lugar a nivel.
3. Engrasar la formaleta con ACPM para impedir que el concreto se adhiera a esta en estado endurecido.
4. Llenar todas las formaletas con concreto hasta $\frac{1}{3}$ de su altura.

5. Por medio de la varilla lisa con punta redondeada se chuza 25 veces en forma de espiral, para acomodar las particular y sacar el aire de la muestra.
6. Se suministra con un martillo de goma 10 o 15 golpes alrededor de la formaleta para culminar de sacar el aire en la muestra.
7. Se procede a realizar del paso 4 al 6, hasta terminar de llenar la formaleta.
8. Se enraza el cilindro de concreto para que quede a nivel con la formaleta.
9. Después de 24 horas se desencofran los cilindros, se marcan y se sumergen en agua para que el concreto pueda alcanzar la resistencia esperada.



Figura 17. Elaboración de especímenes de concreto. **Fuente:** Propia.



Figura 18. Formato para marcar los especímenes de concreto. **Fuente:** Especificaciones Vivenza

Se enfatiza que estos procedimientos son regulados por la norma NTC 550-*Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.*

Después de realizar los especímenes de concreto se procede a llenar la bitácora de obra, el cual es un elemento legal, donde consta toda la información de el vaciado producido, dicha bitácora se diligencia como se muestra en la figura 19.

145

30/05/2019

Mezcla: Concreto preparado en obra con última fórmula de 3000 psi
 Resistencia: 28 días, $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ (3000 psi)
 Elemento: losa piso 26 ejes del 9 al 13+13
 Asentamiento: 22 cm y 21.3 cm
 Clima: Día lluvioso
 Hora: 8:00 am y 15:43
 Consecutivo de muestra: # 408 del 3782 al 3789 y #410 del 3798 al 3805
 Volumen teórico: 68,18 m³
 Volumen real: 67,48 m³
 Desperdicio: 0
 Uso de desperdicio: Ninguno

Informe # 67906, $f'c = 199 \text{ Kg/cm}^2$ a 4 días, Muestra 410
 Informe # 67906, $f'c = 185 \text{ Kg/cm}^2$ a 4 días, Muestra 408
 Informe # 67955, $f'c = 217 \text{ Kg/cm}^2$ a 7 días, Muestra 410
 Informe # 67955, $f'c = 226 \text{ Kg/cm}^2$ a 7 días, Muestra 408
 Informe # 68201, $f'c = 263,5 \text{ Kg/cm}^2$ a 28 días, Muestra 408
 Informe # 68201, $f'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$ a 28 días, Muestra 410

Centrosur
 AUTORIZACIÓN DE VACIADO CONCRETOS
 FT-GP-01, 1m Revisión No. 2 04 diciembre de 2014

Fecha: 30/05/2019 Autorización Vaciado No. 349 y 354
 Obra: Vivenza Solicitud de materiales No. _____
 Localización: losa piso 26 ejes del 9 al 13+13
 Sub Estructura: Torre # 2
 Estructura: X Otro: # _____

LISTADO ACTIVIDADES DE VERIFICACION Hora: _____

Nombre:	Verificación		Verificación		C NC	
	C	NC	C	NC	C	NC
Ejes	X		X		Desenclafante	X
Niveles (Cofas)	X		X		Limpieza	X
Plomos	X		-		Obra Falsa	X
Ferrocartería	X		-		Otro Novedad	-

Volumen de concreto a vaciar 67,48 m³
 Dosificación de cemento a usar (Concretero) 0,283 ton
 peso de cemento usado 19,32 ton
 Resistencia del concreto 3000 4000
 VoBo. Autorización de vaciado 4500 6000
 Hora: _____

Wilma Alcedo G. Auxiliar de Planta
 Carlos Rojas VoBo. Residencia
 [Firma] VoBo. Supervisión Técnica

Novedades del vaciado: Concreto preparado en obra con última fórmula de 3000 psi y agregado de Canteras del Cauca

Volumen de concreto para pago: _____

Figura 19. Bitácora de concretos torre 2 etapa 1 obra Vivenza. **Fuente:** Especificaciones Vivenza

Además se lleva un control en Excel, con los datos de la muestra preparada para realizar las respectivas remisiones y puedan enviarse los cilindros a la empresa Cosntrulab, quien se encarga de realizar el almacenamiento y falla de dichas muestras.

Dichas remisiones contienen la siguiente información:

N° de muestra	Dependiendo del consecutivo de obra
N° de espécimen	Dependiendo del consecutivo de obra
Fecha de toma	Depende de la fecha de vaciado
Edad de falla	Depende del elemento que se va a fundir en días
Fecha de ensayo	Fecha de vaciado más edad de falla
Hora de toma	Depende de la hora en que se realiza el asentamiento
Asentamiento	Valor en cm del asentamiento tomado
Localización	Depende del elemento a fundir

Procedencia de la mezcla	Concreto premezclado o realizado en obra
Cemento	Concretero
Marca de cemento	Argos, Cemex entre otros
Resistencia de diseño	Depende de la resistencia usada

4.4 Concreto en estado endurecido

Una vez culminado el periodo de fraguado, se llega al estado endurecido, donde las características más importantes según [1] son:

- La resistencia: Es sin duda la característica más fundamental, y está directamente relacionada con la relación agua/cemento y con la hidratación del concreto en estado endurecido - curado, así mismo se puede ver afectada por la porosidad, resistencia a la pasta endurecida, resistencia propia del agregado y por la adherencia entre pasta y agregado.
- La durabilidad: Es directamente proporcional a la resistencia, ya que si se cuenta con estructuras resistentes se va a contar con estructuras duraderas, además el concreto permite resistir diferentes temperaturas y cambios ambientales, protegiendo así el acero de la corrosión a través del tiempo.
- La estabilidad de volumen: Sin duda está relacionada con los tiempos de fraguado después de la colocación del concreto, ya que se observan cambios en el volumen pasadas las 24 horas y esto conlleva a la formación de fisuras, además por cambios en el asentamiento también se puede evidenciar alteraciones en el volumen.
- La resistencia al fuego: Es una propiedad que permite proteger la estructura de acero interna, sin embargo esto depende de: 1) tipos de agregados que se empleen, 2) contenido de humedad, 3) tipo de cemento empleado y 4) Espesor del elemento, se señala que la pérdida de resistencia del concreto bajo el fuego inicia aproximadamente a los 300° C mientras que el del acero es de 600°C.

Por otra parte, en esta etapa se hace fundamental el curado de los especímenes y la resistencia a la compresión del concreto, siendo la primera regularizada por la norma NTC 555 – *Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra*, y la segunda por la norma NTC 673- *Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de Concreto*.

El curado de cilindros, como se mencionó anteriormente es el proceso mediante el cual se mantienen los especímenes con una cantidad de agua y una temperatura adecuada y permanente, para permitir que todas las partículas de cemento puedan adquirir la hidratación necesaria para alcanzar la resistencia especificada, y el ensayo a compresión del concreto es aquel que permite la aplicación de cargas de manera uniforme sobre la superficie plana del cilindro en forma perpendicular, a una velocidad especificada, dicho ensayo se realiza por medio de una prensa y esta se encarga de mostrar dichos resultados.

Estos ensayos son realizados por medio de la empresa Construlab, quien se encarga de realizar la recolección, transporte, falla de cilindros e informe de resultados. Dichos resultados llegan a obra en medio físico y virtual, por medio de la plataforma de dicha empresa y son revisados y anotados posteriormente en la bitácora de concreto.

- **Análisis de resultados ensayo a compresión**

De acuerdo a lo establecido en la norma NTC 673- *Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de Concreto*, se debe evaluar la resistencia a la compresión a los 28 días, por ende dichos resultados deben comprobarse de la siguiente manera:

1. Los resultados promedio de dos cilindros consecutivos, son mayores o iguales a:

($f'c - 3.5$) MPa para $f'c \leq 35$ MPa
($0.90 f'c$) MPa para $f'c > 35$ MPa
2. Promedio móvil, tomando tres muestras de las mismas características, son mayores o iguales a $f'c$.
3. En caso de no cumplir con los numerales anteriores, se debe programar diferentes ensayos como: extracción de núcleos, esclerómetros, ultrasonidos, entre otros, para liberar los elementos en duda y si no se logra liberar dichos elementos con los ensayos antes mencionados, se debe proceder a realizar una prueba de carga, que consiste en cargar la estructura paulatinamente mediante cargas sin producir la falla o se puede realizar una repontencialización de estos elementos, siendo este un proceso costoso.

5. METODOLOGÍA

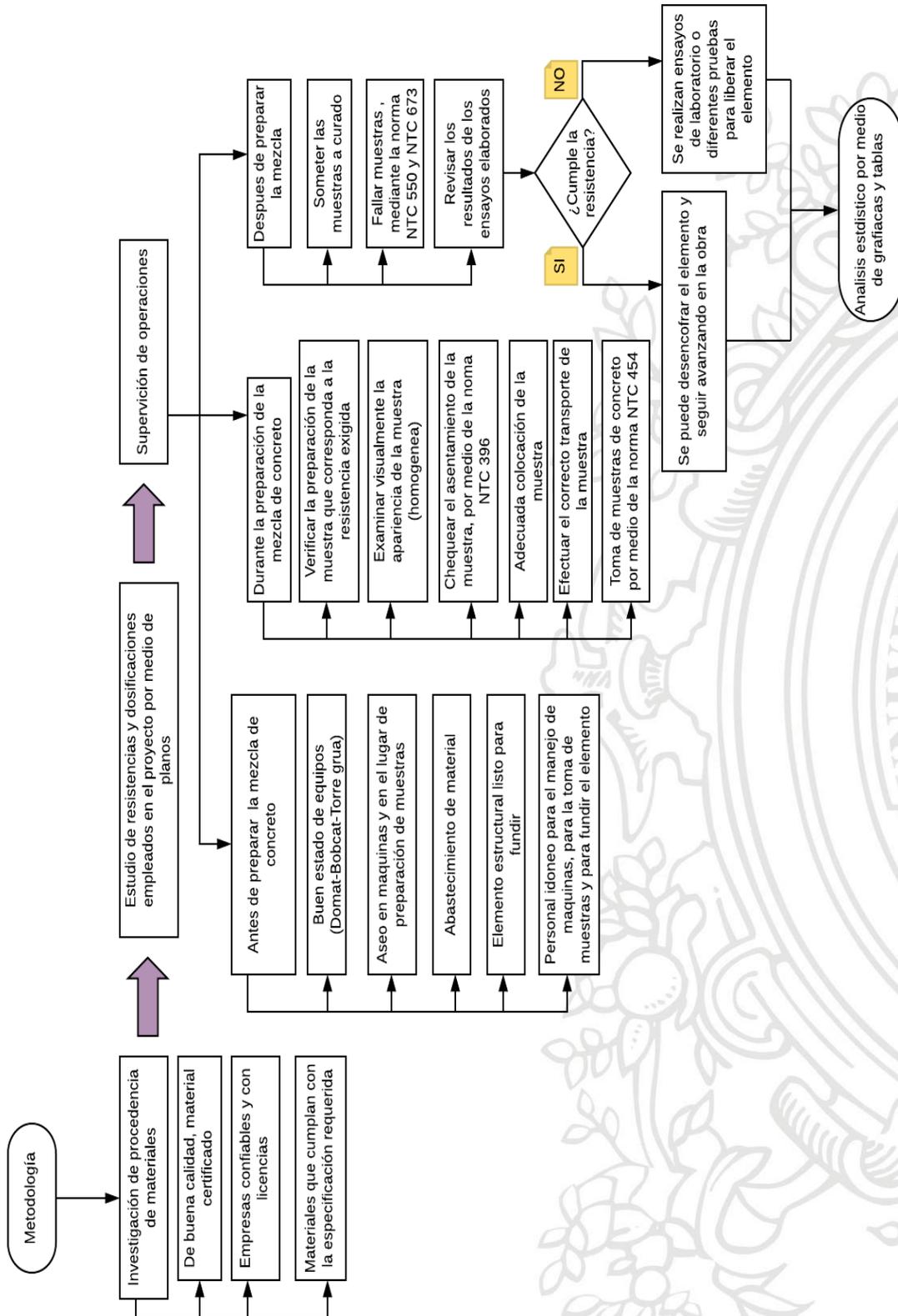


Figura 14. Metodología a seguir en el proyecto de grado “análisis y supervisión de concretos en estado fresco y endurecido preparados en obra por medio de mezcladora Domat serie DMP30”. **Fuente:** elaboración propia, mediante el programa lucidchart

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de compresión realizados a los especímenes pertenecientes a la losa 26 y losa 27 con sus respectivas escalas, además de las 14 pantallas y un elemento monolítico perteneciente al foso de ascensor.

Es importante mencionar que solo se presentan los resultados de las escalas pertenecientes al eje 10B -11B, porque en el eje 14B – 15B se empleó concreto premezclado tipo plástico de Argos, por otra parte las muestras 408 – 410 – 409 – 413 – 415 y 414, se fallaron a 4 días por necesidades de obra, dichos resultados se analizan teniendo en cuenta que estos no tienen un cambio significativo en la resistencia.

De forma aleatoria se eligen 5 muestras de los especímenes analizados, y se realiza la gráfica de Resistencia Vs Edad, para llevar a cabo el análisis pertinente, dichas muestras se eligen por medio de la función Aleatorio.entre del software Excel, eligiendo las muestras 409-413-420-426-481.

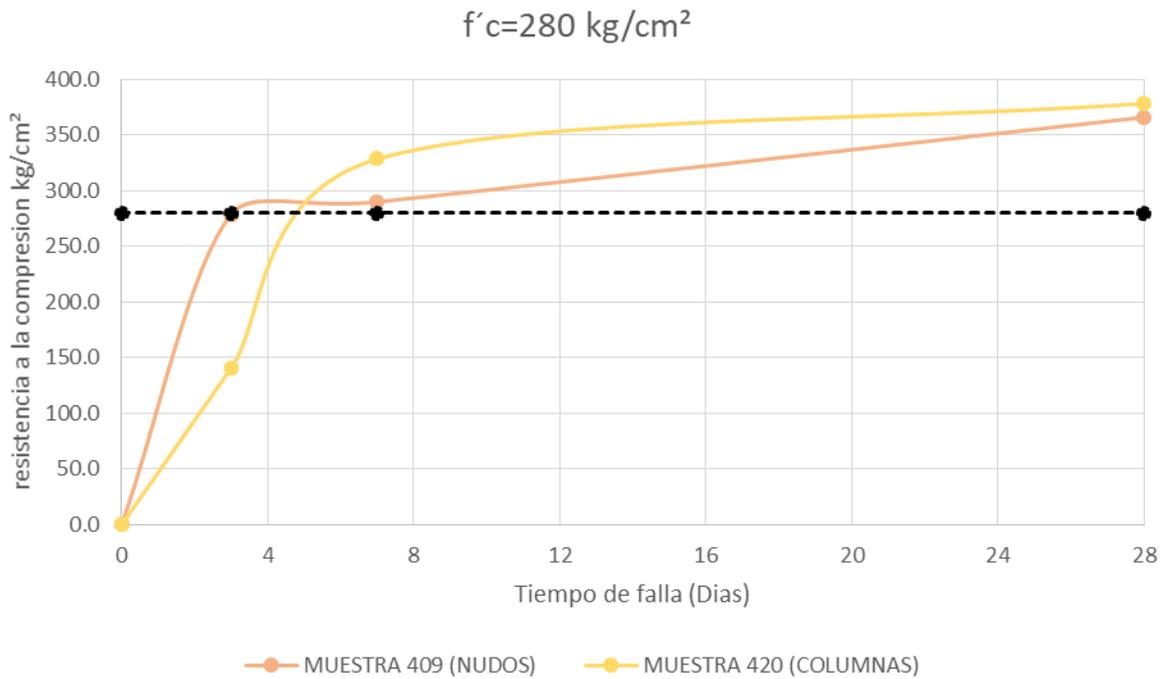
`=ALEATORIO.ENTRE(426;428)`

Figura 20. Función Aleatoria. Entre en Excel. Fuente: Propia

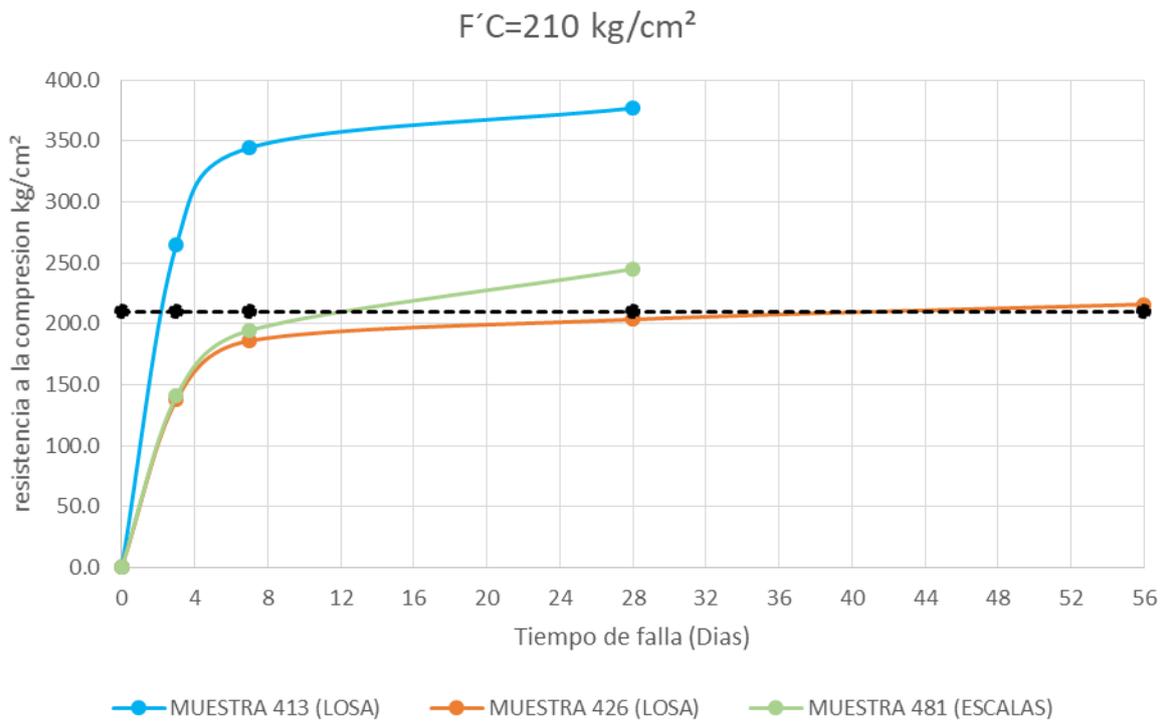
Tabla V.
Resultados de ensayo a compresión.

Días	MUESTRA					f'c
	409	413	420	426	481	
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	279.0	265.0	140.8	137.5	140.5	
7	290.0	344.5	328.5	186.0	194.5	
28	366.0	377.0	378.5	203.5	245.0	
56	-	-	-	216.0	-	
	280	210	280	210	210	
	Nudos	Losa	Columna	Losa	Escalas	

Nota: Se presenta los resultados de ensayo a compresión de algunas muestras elegidas aleatoriamente con sus respectivos días de falla. Fuente: propia



Grafica 2. Resistencia a la compresión vs días, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$. Fuente: Propia



Grafica 3. Resistencia a la compresión vs días, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Fuente: Propia

A través de las gráficas 2 y 3, se puede evidenciar que el comportamiento de ambas graficas es similar a la gráfica teórica- grafica 1, donde se muestra claramente, que en las primeras edades el concreto experimenta el mayor potencial de hidratación, acercándose rápidamente a la resistencia especificada.

La grafica 2, indica la tendencia de muestras con especificación de 280 kg/cm², en la que se puede evidenciar que la muestra 409 a los 3 días ya estaba muy cerca de la resistencia esperada, mientras la muestra 420 estaba un 49.71% alejada de los parámetros esperados; dichos resultados se deben a posibles errores en la ejecución y/o curado, cambios bruscos de temperatura del aire o pérdida de agua por evaporación antes del curado.

Sin embargo se presenta que a los 7 días ambas muestras están por encima de la resistencia esperada, lo que muestra que ambas muestras tienen un proceso de hidratación satisfactorio y que todos los granos de cemento lograron humedecerse por completo, a causa de esto se espera que la resistencia a los 28 días este muy elevada para ambos elementos.

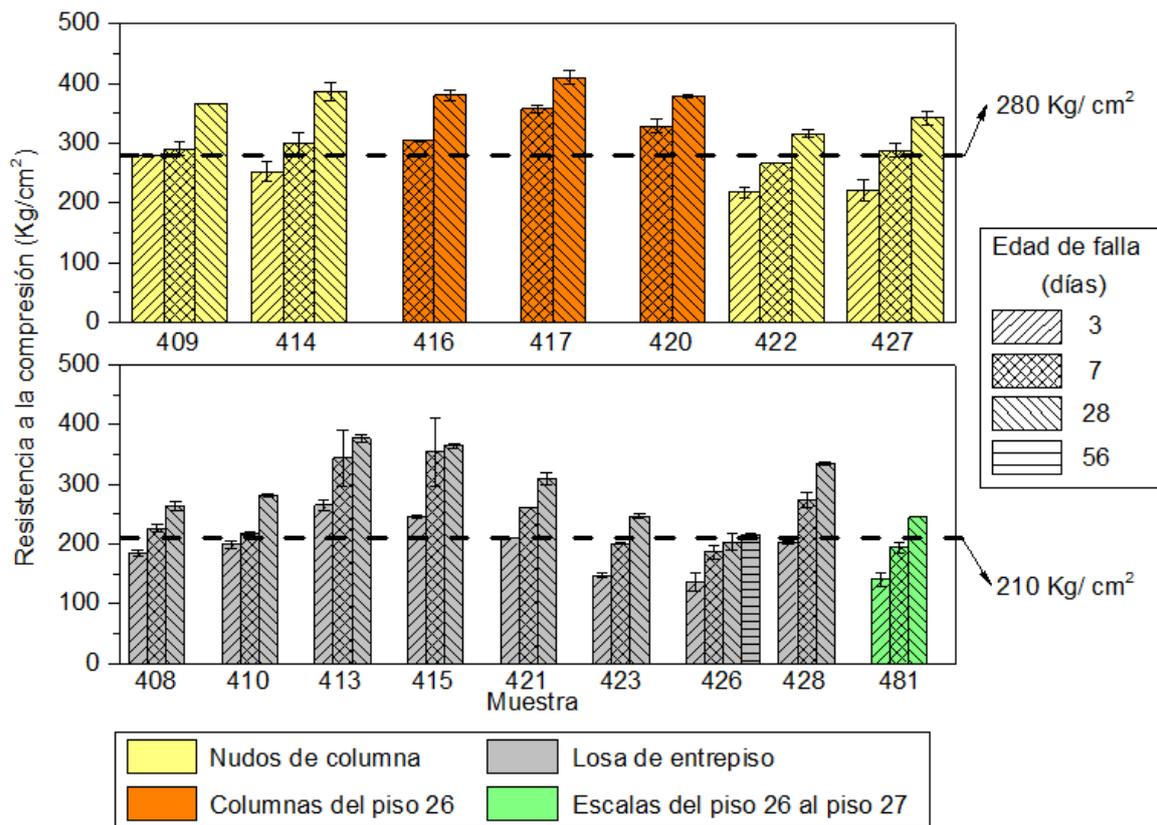
En cuanto a la gráfica 3, se evidencia que la muestra 426, perteneciente a una losa no alcanza la resistencia a los 28 días, estando un 96.90% cercana a la resistencia, remitiéndonos a los registros existentes en la bitácora, se encuentra que el día que se realiza dicha muestra es un día soleado, y que al realizarle el ensayo de asentamiento este da como resultado 22 cm lo que indica que la muestra estaba fluida, y por lo tanto no se pierde agua por evaporación, posiblemente estos resultados se obtengan por malas prácticas a la hora de realizar, disponer o transportar la muestra de concreto. Sin embargo teniendo en cuenta la Norma Sismoresistente Colombiana este elemento es liberado ya que cumple con la condición de $f'c-3.5$) MPa para $f'c \leq 35$ MPa, siendo liberada con un 83.33% de la resistencia.

Las muestra 413 y 481 presentan comportamientos diferentes entre sí, aunque son los mostrados por la gráfica teórica, mientras la gráfica 413 a los 3 días ya estaba un 26.19% por encima de la resistencia esperada, la gráfica 481 estaba un 33.09% por debajo de los parámetros establecidos, esto puede ser posible por deficiencias en la muestra de concreto, es decir que la concretadora este descalibrada y no pese los materiales con su dosificación respectiva, por errores en la mano de obra o por cambios de temperatura, ya que la muestra 413 se realiza el 01 de mayo de 2019 mientras que la muestra 481 el 19 de julio de 2019, dos fechas bastante distantes y dos meses en los que se puede presentar variaciones en temperatura.

A continuación, se presenta dos diagramas de barras pertenecientes a las dos resistencias que se están trabajando correspondientes a 280 kg/cm² y 210 kg/cm², donde se muestran todos los elementos vaciados según su resistencia y según los días de falla elegidos por requerimientos de obra.

Dicho diagrama además presenta, la desviación estándar de las muestras preparadas siendo esta la medida de dispersión más común entre los especímenes, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media de la muestra.

Por otra parte en la tabla VI, se evidencia la cantidad de concreto realizado para la elaboración de cada una de las muestras, así mismo se calcula la cantidad de cemento faltante o sobrante en la mezcla.



Gráfica 4. Superior resistencias de 280 kg/cm², inferior resistencias de 210 kg/cm² Fuente: Propia.

Tabla VI.
Cemento empleado de acuerdo al volumen de concreto preparado

N° DE MUESTRA	VOLUMEN DE CONCRETO A VACIAR (m ³)	DOSIFICACIÓN DE CEMENTO A USAR (Ton)	PESO DE CEMENTO USADO (Ton)	PESO DE CEMENTO SEGÚN DOSIFICACIÓN (Ton)	CONSUMO DE CEMENTO (%)	OBSERVACIÓN
408	67.180	0.283	19.320	19.012	1.620	SE USA MAS CEMENTO
410	67.180	0.283	19.320	19.012	1.620	SE USA MAS CEMENTO
409	11.000	0.342	3.760	3.762	-0.053	SE USA MENOS CEMENTO
413	47.580	0.283	13.650	13.465	1.373	SE USA MAS CEMENTO
415	47.580	0.283	13.650	13.465	1.373	SE USA MAS CEMENTO
414	5.720	0.342	1.920	1.956	-1.853	SE USA MENOS CEMENTO
416	21.120	0.342	7.250	7.223	0.373	SE USA MAS CEMENTO
417	16.140	0.342	5.490	5.520	-0.541	SE USA MENOS CEMENTO
420	20.240	0.342	6.870	6.922	-0.752	SE USA MENOS CEMENTO
421	66.880	0.283	19.120	18.927	1.019	SE USA MAS CEMENTO
423	66.880	0.283	19.120	18.927	1.019	SE USA MAS CEMENTO
422	10.120	0.342	3.350	3.461	-3.208	SE USA MENOS CEMENTO
426	45.320	0.283	12.860	12.826	0.269	SE USA MAS CEMENTO
428	45.320	0.283	12.860	12.826	0.269	SE USA MAS CEMENTO
427	6.160	0.342	2.100	2.107	-0.319	SE USA MENOS CEMENTO
481	4.400	0.283	1.230	1.245	-1.221	SE USA MENOS CEMENTO

Nota: Según la dosificación empleada, se calcula cuanto cemento se usó en la elaboración de concreto.

La gráfica 4 en la parte superior, está conformada por nudos de columnas y por pantallas elementos que se funden con una dosificación de 280 kg/cm², dichas resistencias presentan un resultado favorable, ya que cumple con las especificaciones de obra y de la norma, por otra parte se puede observar que las muestras de las pantallas aunque se realizaron en días diferentes tienen un comportamiento similar, mientras que los nudos de pantallas presentan variaciones en cuanto a los resultados obtenidos de las muestras.

Según la tabla VI, las muestras 409 – 414 – 417 – 420 – 427 - 422 usaron en promedio menos cemento del que debía usarse en la dosificación de mezcla, se infiere que esto es debido a la falta de calibración de la concretadora a la hora de producir el concreto, así mismo se puede decir que la desviación estándar de dichas muestras no se encuentran tan dispersas de la media aritmética.

Agregando a lo anterior, sobre la gráfica de 280 kg/cm² se puede argumentar que los procesos posteriores a la mezcla se realizaron de forma adecuada y cuidadosa ya que el espécimen cumple con lo establecido.

Por otra parte en la gráfica 4 parte inferior, se presenta los resultados de losa de entrepiso 26-27 y escalas piso 26 a 27, que pertenecen a una resistencia de 210 kg/cm², en dichos elementos se realizaron la misma cantidad de cilindros de falla es decir cilindros para 3-7-28 y 56 días, por necesidades de obra.

En general todas las muestras cumplen con lo establecido en la norma, a excepción de la muestra 426, que a los 28 días presenta una resistencia de 203.5 kg/cm², correspondiente a un 96.90%, por medio de la tabla VI, se deduce que estos resultados se deben a malas prácticas a la hora de efectuar el procedimiento de cilindros o por errores humanos del personal encargado, ya que en la tabla antes mencionada, se muestran que se está empleando 0.269% de más de cemento, lo que puede generar un incremento de la resistencia y dicho argumento no se registra en los resultados de los cilindros.

Sin embargo, esta muestra es liberada por la norma a los 56 días, ya que cumple con la resistencia especificada dando como resultado 216 kg/cm². Así mismo, se evidencia que la muestra 408 y 410 tienen un comportamiento similar porque se realizan el mismo día y con la misma producción de concreto perteneciente a esa fecha, ya que la muestra 408 corresponde al inicio del vaciado y la muestra 410 pertenece a los 40 m³, que por norma se debe sacar otra muestra al superar dicho límite, del mismo modo se argumenta que la muestra 413 - 415 y 421- 423 tienen un comportamiento semejante, en cuanto a la muestra 426 y 428 difiere en que la primera no cumple la especificación a los 28 días como se mencionó anteriormente mientras que la segunda si, esto induce a que la primera muestra se obtiene de forma anticipada, antes de que la mezcladora Domat obtuviera una estabilidad en la preparación de muestra.

Para agregar, en la tabla VI se evidencia que todas las muestras pertenecientes a la losa de entrepiso se usó más cemento del especificado por el diseño de mezcla, mientras que en el elemento escalas se empleó menos cemento del exigido, lo que conlleva a especular que dicha particularidad se refiere a errores de calibración de la mezcladora Domat o errores en la programación del mismo por parte del operario, produciendo sobrecostos en obra o incumplimiento del diseño de mezcla.

Por otra parte, en cuanto al cumplimiento de las especificaciones exigidas por la norma NSR-10, se puede evidenciar algunas falencias, ya que en obra no se realizan ensayos correspondientes a muestras representativas de los materiales que ingresan en obra, por lo que se recomienda realizarlos mensualmente, y asegurarse personalmente de la calidad del material y no confiarse de los informes que el proveedor envía cada semestre.

Así mismo, se observa que en el procedimiento de curado de los especímenes no se controla el factor temperatura, siendo este esencial para que el cilindro adquiera resistencia, por lo que

se sugiere emplear un electrodo u otro mecanismo que permita regular el tanque de curado a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Por otra parte, en cuanto a la elaboración de muestras de concreto, se sugiere capacitar de forma permanente y constante a la persona encargada, para evitar errores en la elaboración de dichas muestra.

7. CONCLUSIONES

Finalmente, es de suma importancia verificar las limitaciones de obra, y proporcionar todas las condiciones necesarias y exigidas por las normas de construcción para garantizar la excelente calidad de los materiales que ingresan a obra y el adecuado avance de la misma, para no tener percances en un futuro, y cumplir con lo establecido en las especificaciones del proyecto.

Así mismo, es necesario llevar un buen control de los procesos externos que ayudan a la hora de preparar, disponer y transportar el concreto ya que por medio de estos podemos conseguir la mala calidad, la segregación y la incertidumbre en la mezcla. Cerciorarse de la adecuada certificación de la persona encargada de la elaboración de cilindros, para evitar errores en la fabricación de los especímenes.

Controlar de forma rigurosa, la cantidad de materiales empleados a la hora de preparar la dosificación por medio de la Domat, realizando el mantenimiento y calibración pertinente, así mismo, inspeccionar recurrentemente el transporte y disposición de las muestras de concreto ya sean en estado fresco o endurecido, que se realice de acuerdo a lo establecido por las normas.

Se evidencia que los errores más recurrentes en la elaboración de cilindros, son posiblemente, las malas prácticas de las personas encargadas de realizarlos, como la falta de control en el curado de los mismos, además se debe garantizar las condiciones necesarias para el transporte, evitando la segregación de los materiales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. Montallana Rodríguez. *El concreto: fundamentos y nuevas tecnologías*. Corona. Medellín.

[2] O. J. Silva. (2015, Mar 13). Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto. [Online].
Recuperado: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto>

[3] O. J. Silva. (2016, Nov 24). Conociendo las propiedades físicas del concreto: ¿qué y cómo? [Online].
Recuperado:<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/cemento/propiedades-fisicas-del-cemento>

[4] O. J. Silva. (2016, Mar 30). Generalidades y tipos de aditivo para el concreto según la norma NTC 1299 [Online].
Recuperado:<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto>

[5] Euclid group Toxement. (2019). [Online]. Recuperado:
<http://www.toxement.com.co/productos/portafolio/aditivos/aditivos-retardantes-reductores-de-agua/?prodId=1216>

[6] Domat. (2019). [Online].
Recuperado: <https://www.domatltda.com/index.php/productos/mezcladoras-serie-dmp/dmp-20-cap-18-9-detail>









