



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MANUAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA LIBERACION DE
CONCRETO PREMEZCLADO EN LA PLANTA DE GRUPO SAN PIO S.A.S**

Autor:

Andrés Darío Toro Manco

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de
Ingeniería Civil

Medellín, Colombia

2020



MANUAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA LIBERACION DE CONCRETO
PREMEZCLADO EN LA PLANTA DE GRUPO SAN PIO S.A.S

Andrés Darío Toro Manco

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesores:

Karen Vanessa Henao Garcés (Ingeniera Civil)
Derly Estefanny Gómez García. (Ingeniera Civil)
Nora Elena Villegas Jiménez. (Ingeniera Civil)

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Escuela ambiental.

Medellín, Colombia

2020

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	9
2	INTRODUCCIÓN	9
3	OBJETIVOS	10
3.1	Objetivo general.....	10
3.2	Objetivos específicos.....	10
4	MARCO TEÓRICO	10
5	METODOLOGÍA	11
5.1	Etapa 1	11
5.2	Etapa 2.....	11
5.3	Etapa 3.....	12
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS	12
6.1	Sección 1: Ensayos de laboratorio realizados a algunos de los materiales que componen el concreto hidráulico.	12
6.1.1	Ensayo 1: toma de muestra de agregados a partir de pilas de almacenamiento. (NTC 129, 1995).	12
6.1.2	Ensayo 2: método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (NTC 77, 2018).....	14
6.1.3	Ensayo 3: practica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo, para la realización de ensayos (NTC 3674, 1995).	18
6.1.4	Ensayo 4: método de ensayo para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 µm en agregados minerales (NTC 78, 1995). 21	
6.1.5	Ensayo 5: método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregados finos para concreto (NTC 127,2000).....	24
6.1.6	Ensayo 6: método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso (NTC 176, 1995).....	27

6.1.7	Ensayo 7: método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino (NTC 237, 1995).....	31
6.1.8	Ensayo 8: método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados (NTC 1776, 1994).	35
6.2	Sección 2: Ensayos de laboratorio realizados al concreto en estado fresco para liberación de producto.....	39
6.2.1	Ensayo 9: concretos. concreto fresco. toma de muestras (NTC 454, 1998).	39
6.2.2	Ensayo 10: método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto (NTC 396, 1992).	40
6.2.3	Ensayo 11: elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (NTC 1377, 2010).....	44
6.2.4	Ensayo 12: método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico (NTC 3359, 2006).....	52
6.2.5	Ensayo 13: método de ensayo para determinar la masa unitaria del concreto (NTC 1926, 2007).	55
6.2.6	Ensayo 14: método de ensayo para la determinación del contenido de aire del concreto fresco. método de la presión (NTC 1032, 1994).	59
7	CONCLUSIONES	64
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Etapas del proyecto</i>	11
Tabla 2. <i>Tamices necesarios para la realización de la gradación</i>	16
Tabla 3. <i>Resultados de la gradación del agregado fino</i>	17
Tabla 4. <i>Escala colorimétrica de Gardner</i>	26
Tabla 5. <i>Densidades y % de absorción de los agregados gruesos</i>	30
Tabla 6. <i>Densidades y absorción de los agregados finos</i>	35
Tabla 7. <i>Tamaño de la muestra según tamaño máximo nominal</i>	37
Tabla 8. <i>Porcentaje de Humedad de los agregados finos</i>	38
Tabla 9. <i>Asentamientos para diferentes tipos de concreto</i>	44
Tabla 10. <i>Método adecuado de compactación de acuerdo a resultados de asentamiento</i>	45
Tabla 11. <i>Dimensión y número de golpes de la varilla</i>	45
Tabla 12. <i>Temperatura para diferentes tipos de concreto</i>	54
Tabla 13. <i>Capacidad de recipiente</i>	56
Tabla 14. <i>Número de golpes</i>	57
Tabla 15. <i>Masa unitaria para diferentes tipos de concreto</i>	59
Tabla 16. <i>Porcentaje de aire recomendable en mezclas de concreto</i>	60
Tabla 17. <i>Porcentaje de Aire para diferentes tipos de concreto</i>	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Equipo necesario para la toma de muestra de agregados finos y gruesos.	13
Figura 2	Pasos para la toma de muestra de agregado grueso.	13
Figura 3	Pasos para la toma de muestra de agregado fino.....	14
Figura 4	Equipo necesario para el tamizado de agregados finos y gruesos.	15
Figura 5	Pasos para el tamizado de agregados finos y gruesos.....	17
Figura 6	Equipo necesario para la reducción de muestras de agregado	19
Figura 7	Pasos para la reducción de muestras de agregados.....	21
Figura 8	Equipo necesario para determinar el material más pequeño que 75 μm por tamizado húmedo.....	22
Figura 9	Pasos para determinar el material más pequeño que 75 μm por tamizado húmedo	23
Figura 10	Equipo necesario para determinar la aceptabilidad o no del agregado respecto al contenido de materia orgánica.....	25
Figura 11	Pasos para determinar la aceptabilidad o no del agregado respecto al contenido de materia orgánica.....	26
Figura 12	Equipo necesario para hallar la masa unitaria del agregado grueso.....	28
Figura 13	Pasos para hallar la masa unitaria del agregado grueso.....	29
Figura 14	Equipo necesario para determinar la masa unitaria del agregado fino.	32
Figura 15	Pasos para determinar la masa unitaria del agregado fino.	34
Figura 16	Equipo necesario para hallar el porcentaje de humedad de agregados	36
Figura 17	Pasos para hallar el porcentaje de humedad de agregados.....	38
Figura 18	Equipo necesario para realizar el ensayo 9.....	39
Figura 19	Pasos para la toma de muestra de concreto fresco.	40

Figura 20	Equipo necesario para realizar el asentamiento al concreto fresco.	41
Figura 21	Pasos para realizar el asentamiento al concreto fresco.....	43
Figura 22	Equipo necesario para realizar especímenes cilíndricos de concreto para evaluación de resistencia.....	46
Figura 23	Pasos para realizar especímenes cilíndricos de concreto para evaluación de resistencia.	48
Figura 24	Equipo necesario para realizar especímenes en forma de viga de concreto para evaluación de resistencia.....	50
Figura 25	Pasos para realizar especímenes en forma de viga de concreto para evaluación de resistencia.....	52
Figura 26	Equipo necesario para tomar la temperatura del concreto en estado fresco.....	53
Figura 27	Pasos para tomar la temperatura del concreto en estado fresco.	54
Figura 28	Equipo necesario para determinar la masa unitaria del concreto.	56
Figura 29	Pasos necesarios para determinar la masa unitaria del concreto.	58
Figura 30	Equipo necesario para determinar el porcentaje de aire de la mezcla de concreto.	61
Figura 31	Pasos necesarios para determinar el porcentaje de aire de la mezcla de concreto.	64

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Curva granulométrica con rangos de aceptación. 18



MANUAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA LIBERACION DE CONCRETO PREMEZCLADO EN LA PLANTA DE GRUPO SAN PIO S.A.S

1 RESUMEN

En la planta de Grupo San Pío se elaboraron diversos ensayos de laboratorio, tanto al concreto en estado fresco como algunos de los materiales que lo componen como los agregados pétreos. A pesar de que estos ensayos están descritos por las NTC las cuales están debidamente reglamentadas y certificadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Especificaciones (ICONTEC), estas están enfocadas en personal capacitado o con conocimiento técnicos en concreto.

Para dar solución a este problema, se decide elaborar un manual que contenga el procedimiento, análisis, resultados y conclusiones de los ensayos de laboratorio necesarios tanto para la producción de concreto hidráulico como para la liberación de producto, enfocado a las personas que están en proceso de capacitarse sin necesidad de que este personal posea conocimiento avanzados o técnicos del tema ya que este manual contiene la información concentrada, clara, resumida e ilustrada de todos los ensayos.

2 INTRODUCCIÓN

Grupo San Pío S.A.S. es una empresa Antioqueña ubicada en el municipio de Itagüí, en el sector San pío; cuyo nacimiento se dio por la comercialización y distribución de materiales para la construcción. En esta década GRUPO SAN PIO S.A.S, cumple 60 años en el mercado y a través de su historia ha logrado consolidarse y diversificarse en el gremio de la construcción como productor y distribuidor de todo tipo de productos, para todo tipo de proyectos de ingeniería.

A la fecha GRUPO SAN PIO S.A.S cuenta con diferentes unidades de negocio de las cuales destacan la venta de agregados, la figuración de acero, producción de prefabricados de pequeño formato y la producción y comercialización de concreto premezclado hidráulico.

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, este, posee cualidades, propiedades y características que lo hacen idóneo para su uso en muchas de las obras de infraestructura que se llevan a cabo en la actualidad como en edificaciones, puentes, vías, represas, túneles entre otras, muchas de estas

indispensables para el desarrollo y progreso de las civilizaciones, por tal razón su producción debe seguir lineamientos específicos y estandarizados que garanticen su calidad y durabilidad en el tiempo.

Este proyecto consta de la elaboración de un manual que contenga el paso a paso de todos los ensayos de laboratorio necesarios para la producción y liberación del concreto premezclado, orientado a aquellas personas que están en el proceso de capacitarse en la producción de mezclas de concreto hidráulico, enfocado únicamente en los ensayos de laboratorio, es decir, no se tocarán temas de diseños. Con este manual se busca optimizar tiempo a quien interese capacitarse u orientarse, ya que la información es concentrada, resumida, ilustrada y precisa.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- ✓ Elaborar un manual que permita optimizar y facilitar la realización de los ensayos de laboratorio al concreto premezclado para liberación del producto.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Dar a conocer las especificaciones de los equipos y normas que regulan los diferentes ensayos de laboratorio para liberación del producto.
- ✓ Documentar todos los ensayos de laboratorio requeridos por la norma para la liberación del concreto premezclado.
- ✓ Orientar y capacitar a personas con interés en la producción de concreto premezclado, enfocado en los ensayos de laboratorio requeridos para liberación de producto.

4 MARCO TEÓRICO

La resistencia que adquiere el concreto en el tiempo depende de muchos factores, es por esto que se hace indispensable controlar y verificar el mayor número de variables posibles mediante los ensayos de laboratorio realizados tanto al concreto para su liberación como a algunos de sus materiales. Dentro de los ensayos más comunes están, Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados

finos y gruesos (NTC 77, 2018), determinación de contenido total de humedad de los agregados (NTC 1776, 1994), Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto (NTC 127, 2000), Práctica para la toma de muestras de agregados (NTC 129, 1995), Determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método volumétrico (NTC 1028, 1994), Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto (NTC 396, 1992), Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión (NTC 1032, 2013), Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (NTC 1377, 2010) entre otros.

5 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la elaboración del manual consta de 3 etapas, las cuales se llevaron a cabo durante todo el proceso de prácticas en la planta de Grupo San Pío, estas se describen en la tabla 1.

Tabla 1 *Etapas del proyecto.*

Etapa 1	Etapa 2		Etapa 3
	Sección 1	Sección 2	
Revisión de literatura	Elaboración de ensayos de laboratorio realizados a algunos de los materiales que componen el concreto hidráulico	Ensayos de laboratorio realizados al concreto en estado fresco para liberación de producto	Elaboración del manual

5.1 Etapa 1

En esta etapa se familiarizó, revisó y verificó las especificaciones de los equipos necesarios para la realización de los ensayos requeridos por la norma (NTC) para la producción y liberación de producto; como sus dimensiones, peso, material entre otros, además previo a la ejecución de los ensayos, se estudiaron las correspondientes normas que los regulan y describen su correcta ejecución.

5.2 Etapa 2

La etapa 2 consistió en la elaboración de todos los ensayos de laboratorio tanto al concreto para liberación del producto como algunos de los materiales que lo componen para producción. Estos se dividen en dos secciones como se puede ver en la tabla 1.

5.3 Etapa 3

La etapa 3 del proyecto consistió en la descripción de los equipos, procedimiento, importancia, uso, cálculos y resultados de todos los ensayos realizados en la planta de producción de concreto hidráulico de Grupo San Pío, es decir, en esta etapa del proyecto se elaboró el manual como tal, el cual se dividió acorde a la ejecución de los ensayos descritos en la etapa 2 del proyecto, es decir sección 1 y sección 2.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Sección 1: Ensayos de laboratorio realizados a algunos de los materiales que componen el concreto hidráulico.

6.1.1 Ensayo 1: toma de muestra de agregados a partir de pilas de almacenamiento. (NTC 129, 1995).

- **Importancia y uso.**

Este ensayo muestra el procedimiento adecuado para la toma de muestras de agregados pétreos, la cual es sumamente importante, debido a que la muestra debe ser representativa del total del agregado, ya sea grueso o fino, de no ser así, los análisis y resultados estarán sesgados y no servirán para toma de decisiones o especificaciones de diseño.

Nota 1: Debe evitarse al máximo la toma de muestra de agregados a partir de pilas de almacenamiento debido a la segregación que ocurre en el acopio de material.

- **Equipo.**

Maquinaria: Es más eficaz la toma de muestra con ayuda de maquinaria pesada para tomar la muestra de varios puntos de la pila, ya que esta se segrega a la hora de acopiarse.

Recipiente: Saco u otro objeto construido especialmente para evitar las perdidas o contaminación con cualquier parte de la muestra, este debe estar marcado para evitar confusiones en laboratorio.

Tubo: El tubo es una herramienta que ayuda a tomar la muestra de agregados finos a diferentes niveles de la pila, tiene un diámetro de 30 mm y una longitud de 2 m.



Figura 1 Equipo necesario para la toma de muestra de agregados finos y gruesos.

- **Procedimiento.**

- I. **Agregado grueso:**

Paso 1: Se divide la pila en tres tercios, superior, medio e inferior respectivamente.

Paso 2: Se coloca una tabla verticalmente justo debajo de la toma de muestra del agregado para evitar así que este ruede y se segregue la muestra.

Paso 3: Se toma una porción de cada tercio hasta obtener la cantidad necesaria para hacer el ensayo.

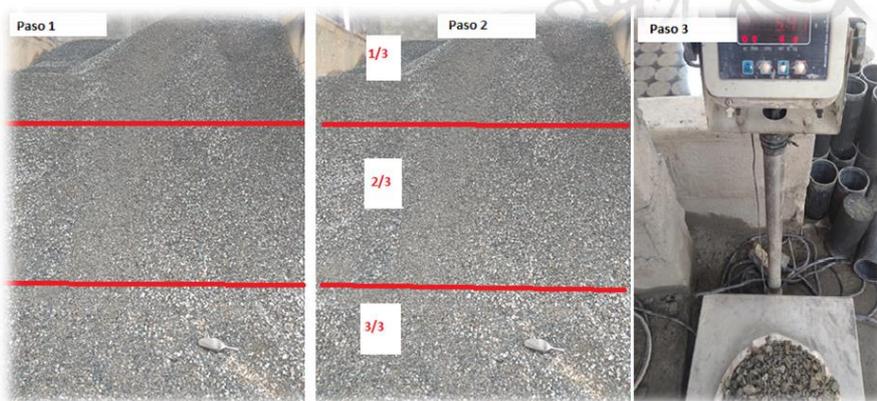


Figura 2 Pasos para la toma de muestra de agregado grueso.

II. Agregado fino:

Paso 1: Se remueve la parte superficial de la pila ya que está posiblemente segregada.

Paso 2: Se introduce un tubo en diferentes puntos de la pila con las especificaciones antes mencionadas hasta formar la muestra.

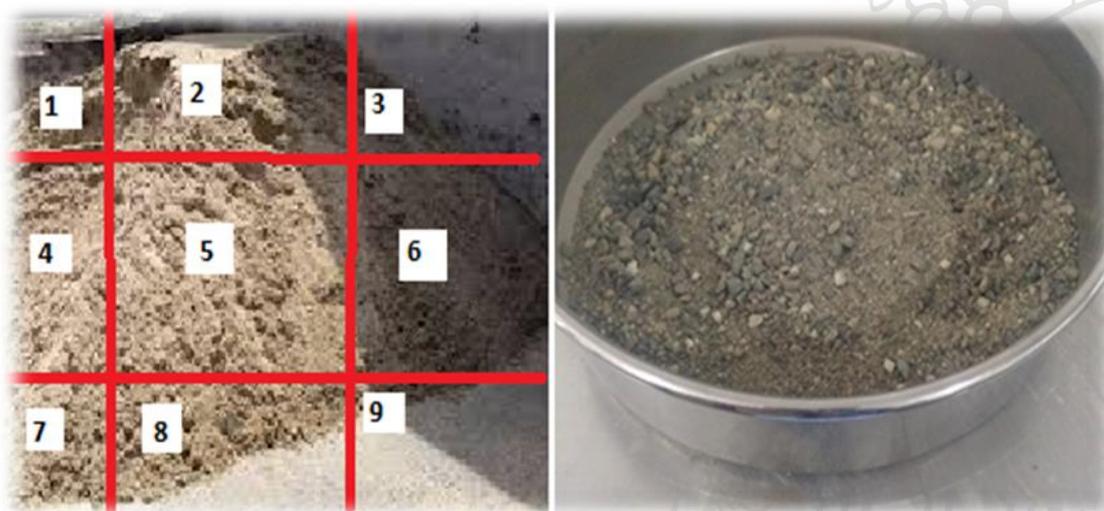


Figura 3 Pasos para la toma de muestra de agregado fino.

Nota 2: La planta de Grupo San Pio no toma muestra con maquinaria pesada, por lo que este procedimiento describe el método manual.

6.1.2 Ensayo 2: método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (NTC 77, 2018).

- **Importancia y uso.**

Este ensayo es importante para clasificar los agregados finos y gruesos con el fin de determinar la distribución de los tamaños de las partículas que lo componen, esta clasificación se hace mediante los porcentajes que retienen cada tamiz en peso, el resultado es la curva granulométrica que es esencial a la hora de diseñar mezclas de concreto hidráulico, la cual debe quedar en medio de dos intervalos establecidos por la norma (ver gráfica 2). El método más utilizado para la clasificación de agregados es el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) o más conocido en sus siglas en inglés como (USCS).

- **Equipos.**

Balanza: La balanza utilizada para la medición del peso de los agregados finos debe tener una precisión de 0,1 g o del 0.1% de la carga del ensayo y para los agregados gruesos debe tener una precisión de 0,5g o de 0,1% de la carga del ensayo, la mayor.

Tamices: Los tamices deben construirse de tal forma que no se generen pérdidas de material, estos deben seguir los requisitos estipulados en la NTC 32.

Tamizadora mecánica: Esta máquina debe tener movimiento vertical y lateral, con el fin de que las partículas se muevan en varias direcciones y sea más efectivo el proceso, vale aclarar que el proceso de tamizado se puede hacer manualmente.

Horno: Se debe contar con un horno de tamaño adecuado que mantenga una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Figura 4 Equipo necesario para el tamizado de agregados finos y gruesos.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra en campo siguiendo el procedimiento descrito en el ensayo 1 del presente manual, el cual está basado en la NTC 129, 1995.

Paso 2: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Paso 3: Se organizan los tamices en orden ascendente. La tabla 1 muestra los tamices necesarios para realizar el ensayo, tanto para agregados gruesos como para agregados finos (ver Nota 5).

Tabla 2. Tamices necesarios para la realización de la gradación.

TAMIZ/AGREGADO	GRUESO	FINO
1"		
¾"	X	
½"	X	
3/8"	X	X
4	X	X
8	X	X
16		X
30		X
50		X
100		X
200	X	X
FONDO	X	X

Paso 4: Se deposita la muestra de agregados ya sean finos o gruesos en el tamiz superior, es decir, en el tamiz que contiene las aberturas de mayor tamaño y se agitan todos los tamices a la vez en forma horizontal y vertical.

Paso 5: Se dispone a hacer el tamizado de manera individual, es decir, tamiz por tamiz, iniciando con el superior hasta llegar al inferior. La manera correcta de hacerlo es la siguiente, se inclina el tamiz y se sujeta con una mano y se golpea con la otra a una frecuencia de 150 golpes por minuto, además se debe rotar el tamiz en un sexto de revolución cada 25 golpes, se repite este procedimiento hasta que no pase más del 1% del total de la muestra en un tiempo de 1 minuto.

Paso 6: Se toman los pesos del material retenido por cada uno de los tamices y se procede a graficar la curva granulométrica correspondiente al agregado fino, grueso o mezclado.

Paso 7: Al material particulado del fondo, es decir, el material mas pequeño de 75 µm se le debe sumar los resultados obtenidos en el ensayo 4 del presente manual, es decir, el material particulado mas pequeño que 75 µm obtenido por lavado. Esto si se trata de la misma muestra.



Figura 5 Pasos para el tamizado de agregados finos y gruesos.

Nota 3: En el tamizado individual debe haber un recipiente en la parte inferior de cada tamiz denominado como fondo que retiene el material pasante, este debe depositarse en el tamiz inmediatamente inferior al utilizado.

Nota 4: En la mayoría de los casos no se contará con tamizadora mecánica por lo que este ensayo describe el procedimiento de la forma manual, es decir, sin emplear la tamizadora mecánica.

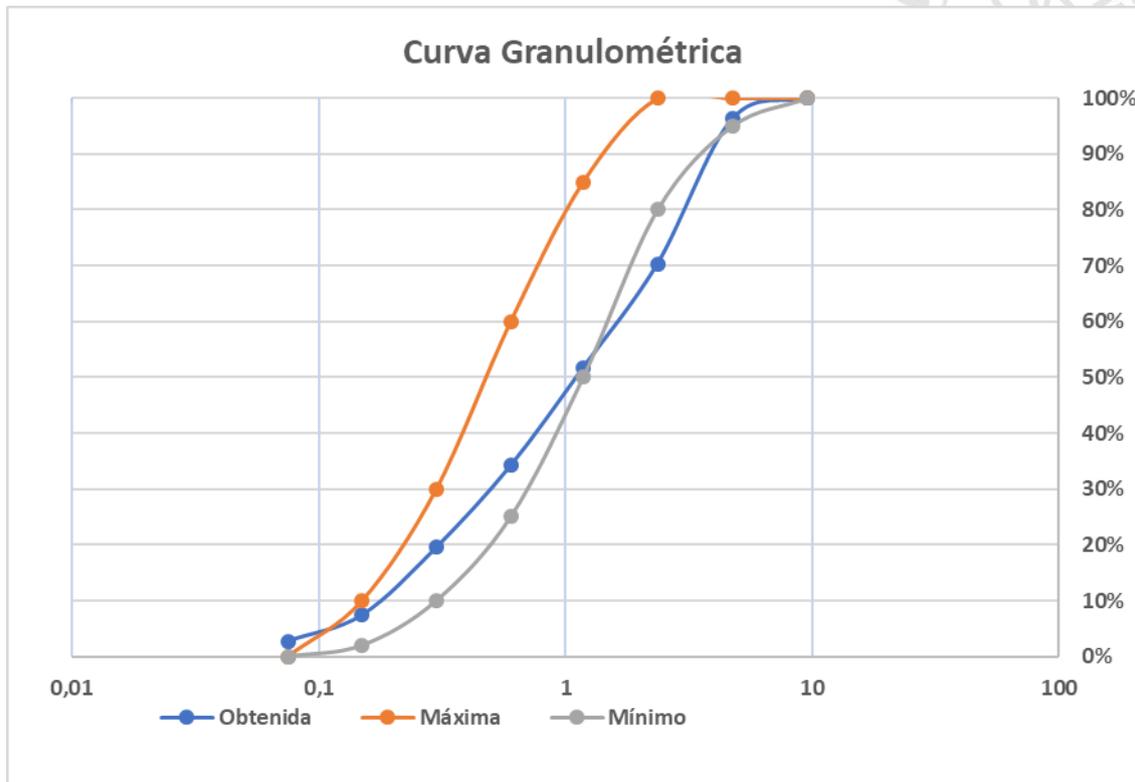
Nota 5: En diseños de mezclas de concreto hidráulico se denomina agregado fino aquel material particulado que pasa el tamiz N° 4, y agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y superior.

- **Resultados.**

Tabla 3. Resultados de la gradación del agregado fino.

Tamizado de agregado fino							
N° Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% pasa		
					Máximo	Obtenido	Mínimo
3/8	9,5	0	0,00%	0,00%	100%	100%	100%
4	4,75	20,5	3,78%	3,78%	100%	96%	95%
8	2,36	144,2	26,61%	30,39%	100%	70%	80%
16	1,18	103,1	19,03%	49,42%	85%	51%	50%

30	0,6	97,6	18,01%	67,43%	60%	33%	25%
50	0,3	81,3	15,00%	82,43%	30%	18%	10%
100	0,15	67,3	12,42%	94,85%	10%	5%	2%
200	0,075	26	4,80%	99,65%	0%	0%	0%
Fondo	Fondo	15	2,70%	100,00%	0%	0%	0%



Gráfica 1. Curva granulométrica con rangos de aceptación.

Nota 6: Se puede observar como la curva granulométrica obtenida del ensayo 2 no cumple con las especificaciones establecidas por la norma, ya que esta se sale de los rangos de aceptabilidad estipulados en la NTC 174, 2000; sección 6.1.

Nota 7: La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de hacer la corrección de la masa del material de fondo, es decir, a la masa obtenida por el tamizado en seco ya se le sumo los resultados obtenidos por el tamizado húmedo. La masa del material particulado más pequeño que 75 μm obtenida únicamente por el tamizado en seco fue de 1,9 g.

6.1.3 Ensayo 3: practica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo, para la realización de ensayos (NTC 3674, 1995).

- **Importancia y uso.**

La reducción de muestras de los agregados se lleva a cabo cuando la muestra necesaria para la realización de un ensayo es más pequeña a la tomada siguiendo el procedimiento mostrados en el ensayo 1 del presente manual. Lo ideal en la reducción de una muestra es minimizar las variaciones en las características medias de la misma, con el fin de obtener una muestra de menor tamaño que sea lo más representativa posible.

Nota 8: La NTC 3674 describe tres métodos diferentes para la reducción de agregados finos y gruesos, la elección del método depende de la condición de humedad de los agregados, como la planta de grupo San Pio trabaja con la condición saturada superficialmente seca, en este manual solo se describe el método apropiado para esta condición, tanto en agregados gruesos como en finos.

- **Equipo.**

Cuchara: la Cuchara debe ser de bordes recto, y debe tener un tamaño adecuado para realizar el ensayo.

Palustre: Palustre convencional, no se especifica dimensiones ni material.

Cepillo: Cepillo, escoba o brocha.

Lona: Lona de aproximadamente 2 m x 2.5 m aproximadamente.



Figura 6 Equipo necesario para la reducción de muestras de agregado

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra en campo siguiendo el procedimiento descrito en el ensayo 1 del presente manual, el cual está basado en la NTC 129, 1995.

Paso 2: Se seca el agregado grueso o fino hasta obtener la condición saturada superficialmente seca.

Paso 3: Se coloca la lona en una superficie totalmente horizontal, donde no haya pérdida ni ganancia de material.

Paso 4: Se deposita todo el agregado en la lona y se mezcla completamente, volcándolo sobre sí mismo en tres repeticiones, esto sin que se pierdan partículas de agregado.

Paso 5: Se conforma una pila cónica de material depositando una palada sobre la otra.

Paso 6: Se alisa la pila hasta conformar un círculo de diámetro y espesor constante, el diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor.

Paso 7: Con ayuda del palustre se divide el círculo en cuatro cuartos aproximadamente iguales.

Paso 8: Se remueven dos cuartos diagonalmente opuestos incluyendo el material fino y se barren los espacios desocupados con ayuda de la brocha.

Paso 9: Se repite el anterior procedimiento sucesivamente hasta obtener el tamaño requerido para la realización del ensayo, normalmente con dos repeticiones se obtiene el tamaño adecuado, es decir aproximadamente una cuarta parte de la muestra inicial.



Figura 7 Pasos para la reducción de muestras de agregados.

Nota 9: Para obtener la condición saturada superficialmente seca en agregado grueso se seca con una toalla o trapo con el fin de quitar el brillo del agregado (ver paso 5 del ensayo 6). En el agregado fino la condición saturada superficialmente seca requiere de un procedimiento, el cual está descrito en los pasos 6 al 9 del ensayo 7.

6.1.4 Ensayo 4: método de ensayo para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 μm en agregados minerales (NTC 78, 1995).

- **Importancia y uso.**

Este ensayo describe el procedimiento adecuado para determinar el porcentaje de agregado más pequeño de 75 μm y el material soluble en el agua. Este método (tamizado húmedo) es más eficaz que el tamizado en seco, debido al tamaño de las partículas. Los resultados de este ensayo deben sumarse al material de fondo resultado del tamizado descrito en el ensayo 2 del presente manual, el cual está basado en la NTC 77, 2018.

Nota 10: Existen dos métodos para determinar por lavado el porcentaje de agregado más pequeño que 75 μm o lo que es lo mismo el porcentaje que pasa el tamiz N°200, uno de estos métodos es utilizando únicamente agua potable y el otro es utilizando un agente dispersor el cual ayuda a separar las partículas más

pequeñas que 75µm del material más grueso, de no indicarse, se debe utilizar siempre el método con agua potable.

- **Equipo.**

Balanza: La balanza debe tener una precisión de 0,1 g y debe tener un tamaño apropiado para determinar la masa del material requerido para el ensayo.

Tamices: Para el ensayo se necesita dos tamices, el de 1,18 mm (N° 16) y el tamiz de 75 µm (N° 200), ambos deben cumplir con la NTC 32.

Recipiente: Un recipiente de tamaño apropiado para depositar el total del material sin que haya pérdidas del mismo.

Horno: Se debe contar con un horno de tamaño adecuado que mantenga una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Figura 8 Equipo necesario para determinar el material más pequeño que 75 µm por tamizado húmedo.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra siguiendo el procedimiento descrito en el ensayo 1 del presente manual y se reduce si es necesario siguiendo los lineamientos del ensayo 3.

Paso 2: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Paso 3: Se determina la masa de la muestra seca con una precisión de 0,1 g o de 0,1 % del total de la muestra.

Paso 4: Se deposita el total del material en el recipiente y se le adiciona agua potable, se agita y revuelve con el fin de que las partículas más pequeñas queden suspendidas en el agua.

Paso 5: Se vierte el agua del recipiente en los tamices ordenados correctamente, es decir, el tamiz N° 16 en la parte superior y el tamiz N° 200 en la parte inferior.

Paso 6: Se repite el anterior procedimiento desde el paso 4.

Paso 7: Se deposita todo el material que queda retenido en los tamices en el recipiente, asegurándose de que no queden material en ellos.

Paso 8: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Paso 9: Se determina la masa de la muestra seca después del lavado, con una precisión de 0,1 g o de 0,1 % del total de la muestra.



Figura 9 Pasos para determinar el material más pequeño que $75 \mu\text{m}$ por tamizado húmedo

- **Cálculos.**

Porcentaje de agregado más fino que $75 \mu\text{m}$:

$$P = [(M_t - M_l) / M_t] \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje de material más fino que el tamiz de 75um (N° 200).

Mt = Masa seca total de la muestra. (Paso 3)

MI = Masa seca de la muestra después del lavado. (Paso 9)

- **Resultados.**

A continuación, se presentan los resultados del ensayo 4, realizado en Grupo San Pío.

$$Mt = 555 \text{ g}$$

$$MI = 541,9$$

$$\text{Masa pasa tamiz N° 200} = 555 \text{ g} - 541,9 = 13,1 \text{ g}$$

$$P = [(555 - 541,9) / 555] \times 100$$

$$P = 2,36 \%$$

6.1.5 Ensayo 5: método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregados finos para concreto (NTC 127,2000).

- **Importancia y uso.**

Este método describe el procedimiento adecuado para la determinación aproximada de las impurezas orgánicas de los agregados finos, que alteran las características y propiedades del concreto. Este método arroja una solución colorante que luego es comparada con una paleta de colores la cual tiene rangos establecidos de la cantidad de materia orgánica de una muestra.

Nota 11: Este ensayo tiene por objeto una determinación preliminar de la aceptabilidad o no de agregados finos con respecto a los requisitos de la NTC 174, relacionados con impurezas orgánicas y brinda una advertencia sobre su uso o no para la elaboración de concreto hidráulico, si este método arroja una coloración diferente al color Gardner estándar N° 11 se debe realizar el ensayo NTC 579 que

determina los efectos de las impurezas orgánicas en agregados finos sobre la resistencia del concreto.

- **Equipo.**

Botella de vidrio: una botella de vidrio de capacidad de 350 ml o 470 ml de sección transversal aproximadamente ovalada provista de un tapón totalmente hermético, con dos graduaciones en ml, a 130 ml y a 200 ml. En ningún caso la línea visual empleada para la comparación del color debe ser mayor de 60 mm ni menor de 40 mm.

Paleta de colores: Un instrumento provisto de cinco vidrios de color estándar sobre un soporte de plástico.

Probeta: En caso de que la botella de vidrio no esté graduada, se emplea una probeta graduada ya sea en ml o cm^3 .

Balanza: La balanza debe tener una precisión de 0,1 g y debe tener un tamaño apropiado para determinar la masa del material requerido para el ensayo.

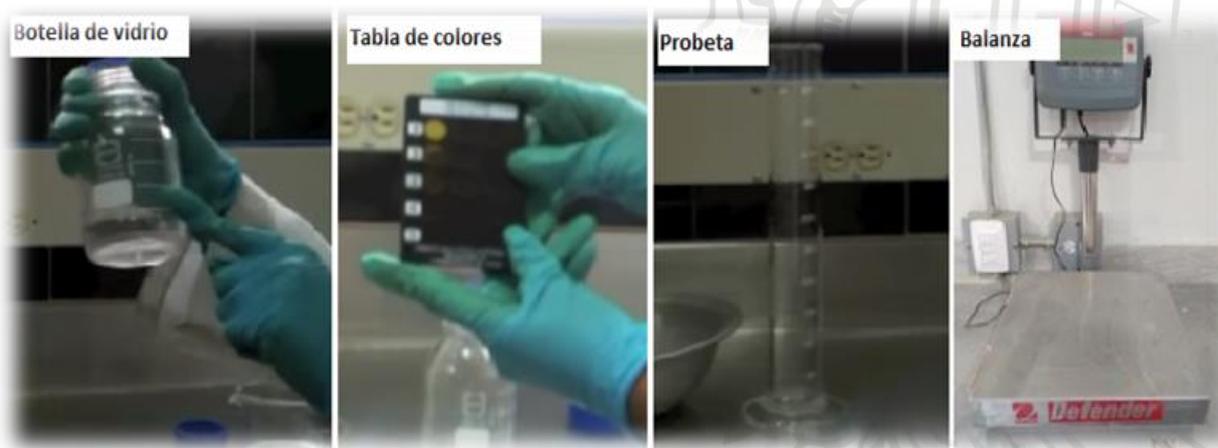


Figura 10 Equipo necesario para determinar la aceptabilidad o no del agregado respecto al contenido de materia orgánica.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de agregado fino de acuerdo a los procedimientos descritos en el ensayo 2 del presente manual, esta debe ser de 450 g aproximadamente.

Paso 2: Se disuelve 3 partes por peso de hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua, el resultado de esta solución es el reactivo de solución que

da la coloración al agregado de acuerdo a la cantidad de impurezas que contenga.

Paso 3: Se llena la botella de vidrio con el agregado fino hasta un nivel de 130 ml.

Paso 4: Se vierte la solución en la botella de vidrio sobre el agregado fino hasta que el nivel de la solución junto con el agregado llegue a 200 ml, este nivel es después de agitación.

Paso 5: Se agita por suficiente tiempo para eliminar todos los vacíos existentes en el agregado y se deja en reposo durante 24 horas aproximadamente.

Paso 6: Se compara el color de la botella con los colores del vidrio de color estándar, y se establece el número de placa orgánica correspondiente al ensayo (ver tabla 3).

Tabla 4. Escala colorimétrica de Gardner.

COLOR GRADNER ESTANDAR No.	PLACA ORGÁNICA No.
5	1
8	2
11	3 (estándar)
14	4
16	5

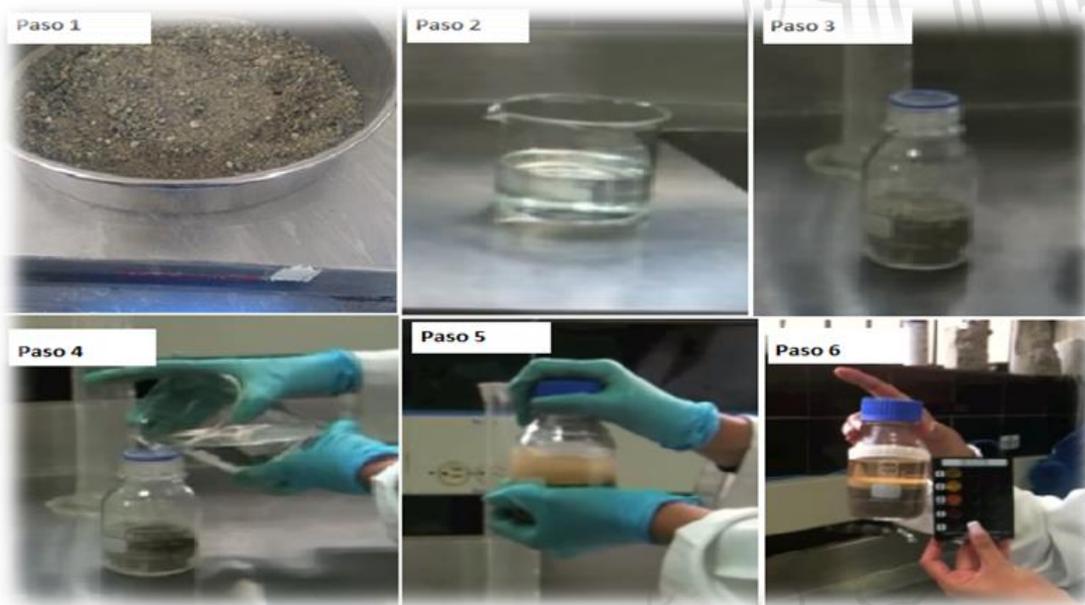


Figura 11 Pasos para determinar la aceptabilidad o no del agregado respecto al contenido de materia orgánica.

Nota 12: Si el color Gardner estándar del ensayo arroja un valor diferente al N°11, entonces se ejecuta el ensayo NTC 579, para determinar los efectos de las impurezas orgánicas en el agregado fino sobre la resistencia del concreto, si arroja el N° 11 entonces el agregado es apto para ser empleado en la elaboración de concreto hidráulico respecto al contenido de materia orgánica.

6.1.6 Ensayo 6: método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso (NTC 176, 1995).

- **Importancia y uso.**

Este ensayo muestra el procedimiento adecuado para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso, las cuales son propiedades fundamentales para el diseño de mezclas de concreto hidráulico. La densidad es la relación entre la masa del agregado y el volumen que ocupa en el espacio, es decir, es la masa por unidad de volumen, esta puede ser de tres tipos dependiendo de la forma como se tome el volumen del cuerpo (densidad aparente, nominal y aparente saturada superficialmente seca). Por otro lado, la absorción es la capacidad que tiene el agregado de retener agua en sus poros saturables, por lo que esta característica depende en gran medida de la porosidad del mismo. A continuación, se describen los tres tipos de densidad.

Densidad aparente: Relación entre la masa del agregado en el aire y su volumen externo, es decir, el aparente el cual incluye los poros saturables y no saturables, pero no el espacio existente entre partículas.

Densidad nominal: Relación entre la masa del agregado en el aire y su volumen eliminando los poros saturables, es decir, el volumen aparente menos los poros saturables.

Densidad aparente (SSS): Relación entre la masa en el aire del agregado incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables (Después de sumergirlos en agua durante 24h) y su volumen.

La absorción se expresa como el porcentaje de agua en masa que esta ocupa en los vacíos de las partículas de los agregados, sin incluir la masa del agua superficial adherida a las partículas, con respecto a la masa seca del agregado, la cual se considera seca cuando se deja a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo hasta evaporar toda el agua.

Nota 13: El uso de los diferentes tipos de densidades de los agregados depende tanto de del estado natural en el que se encuentren como en la disposición final de los mismos, por ejemplo la densidad aparente es usualmente utilizada para diseño

de mezclas de concreto tipo portland o para concretos bituminosos, la densidad aparente saturada superficialmente seca (SSS) es común en agregados húmedos, es decir, cuando se ha satisfecho la absorción y la densidad nominal se usa cuando se asume que el agregado está seco.

- **Equipo.**

Balanza: La balanza debe tener una precisión de 0,5 g o de 0.05 % del total de la muestra, la mayor, y debe tener un tamaño apropiado para determinar la masa del material requerido para el ensayo.

Recipiente: Canasta de alambre con aberturas de 3,35 mm o más fina, esta debe ser construido de modo que no atrape aire cuando se sumerja en el agua.

Tanque de agua: Un tanque de agua impermeable de tamaño adecuado para el ensayo.

Tamiz: Un tamiz N°4 o de tamaño de aberturas igual a 4,75 mm conforme a lo establecido en la NTC 32.

Horno: Se debe contar con un horno de tamaño adecuado que mantenga una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Figura 12 Equipo necesario para hallar la masa unitaria del agregado grueso.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de acuerdo al ensayo 1 del presente manual, el cual está basado en la NTC 129, 1995.

Paso 2: Se mezcla completamente la muestra y se reduce de acuerdo a la cantidad requerida. Se rechaza todo el material que pase el tamiz 4,75 mm por tamizado en seco y se lava para eliminar el polvo.

Paso 3: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se toma la masa de la muestra.

Paso 4: Se sumerge la muestra de agregado en agua potable por un periodo de $24\text{h} \pm 4\text{h}$.

Paso 5: Se saca la muestra sumergida y se seca el agua de la superficie de las partículas, esto puede ser con ayuda de un paño o con una corriente de aire, se debe evitar la evaporación del agua de los poros del agregado durante la operación del secado superficial.

Paso 6: Se toma la masa de la muestra en la condición saturada superficialmente seca.

Paso 7: Se coloca la muestra en condición SSS en el recipiente y se sumerge en el tanque lleno de agua, se agita el recipiente para eliminar todos los vacíos y se toma la masa de la muestra sumergida a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Figura 13 Pasos para hallar la masa unitaria del agregado grueso.

- **Cálculos.**

Densidad aparente:

$$D_s = 0,9975 * A / (B-C)$$

Densidad aparente (SSS):

$$D(SSS) = 0,9975 * B / (B-C)$$

Densidad Nominal:

$$D_n = 0,9975 * A / (A-C)$$

Absorción:

$$\text{Absorción}\% = [(B - A) / A] \times 100$$

Donde:

A = Masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno. (Paso 3)

B = Masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca. (Paso 6)

C = Masa en el agua de la muestra de ensayo saturada. (Paso 7)

- **Resultados.**

Tabla 5. Densidades y % de absorción de los agregados gruesos.

Densidades y absorción de los agregados gruesos.	
A (g)	2472,0
B (g)	2510,4
C (g)	1616,0
Ds (g/cm³)	2,76
D(SSS) (g/cm³)	2,80
Dn (g/cm³)	2,88
Abs (%)	1,55

6.1.7 Ensayo 7: método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino (NTC 237, 1995).

- **Importancia y uso.**

Este método de ensayo describe el procedimiento para tomar la densidad y la absorción del agregado fino, ya sea la densidad aparente, nominal o aparente saturada superficialmente seca, las cuales varían dependiendo de la forma como se tome el volumen del cuerpo. La densidad aparente es comúnmente usada para determinar el volumen que ocupa el agregado fino en las mezclas de concreto hidráulico, mezclas bituminosas entre otras. Los valores de la absorción se usan para determinar el cambio en la masa del agregado cuando los poros saturables del mismo, están siendo ocupados por agua, en comparación a la condición seca.

Nota 14: Los diferentes tipos de densidades se describen en el ensayo 6 del presente manual, el cual está basado en la NTC 176, 1995.

- **Equipo.**

Horno: Se debe contar con un horno de tamaño adecuado que mantenga una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Balanza: La balanza debe tener una capacidad de 1 kg o más, con una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga del ensayo.

Picnómetro: Un frasco en el cual se pueda introducir fácilmente la muestra de ensayo de agregado fino, cuya precisión en la medición volumétrica debe ser de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$, el volumen del recipiente lleno hasta la marca debe ser al menos 50% mayor al volumen de la muestra, un frasco volumétrico de 500 cm^3 es ideal para una muestra de 500g.

Molde: Un molde metálico en forma de tronco cónico, cuyo diámetro superior sea de $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ y su diámetro inferior de $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ y su altura de $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$. El espesor del metal debe ser de 0,8 mm.

Pisón: Un pisón metálico de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$, con una superficie de apisonamiento circular plana de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.



Figura 14 Equipo necesario para determinar la masa unitaria del agregado fino.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de acuerdo al ensayo 1 del presente manual, el cual está basado en la NTC 129, 1995. El tamaño de la muestra final debe ser de $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$.

Paso 2: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se toma la masa de la muestra.

Paso 3: Se sumerge la muestra de agregado en agua potable por un periodo de $24\text{h} \pm 4\text{h}$.

Paso 4: Se extrae el exceso de agua evitando la pérdida de finos.

Paso 5: Se extiende la muestra en una superficie plana no absorbente y se revuelve con frecuencia para garantizar un secado homogéneo, esto se hace para dejar la muestra en su estado saturado superficialmente seco.

Paso 6: Se coloca el molde sobre una superficie plana no absorbente utilizando el diámetro mayor de apoyo, se sostiene el molde firmemente y se llena con el material fino sin compactar hasta rebosar, acumulando material por encima del borde superior.

Paso 7: Se apisona la muestra SSS con 25 caídas leves del pisón, dejándolo caer desde una altura de 5mm ajustando la altura cada que el material se compacta.

Paso 8: Se enraza la superficie del molde y se retiran las partículas de agregado en la base del cono y se levanta verticalmente, si el agregado mantiene la forma del molde, esto indica que aún tiene agua superficial y no ha alcanzado la condición saturado superficialmente seco, y si el agregado fino se asienta levemente indica que ha alcanzado la condición saturado superficialmente seco.

Paso 9: En el caso de que el agregado se seque más de la condición saturado superficialmente seco, este se debe humedecer con unos pocos milímetros de agua y se repinten los paso del 5 al 8 del presente ensayo.

Paso 10: Se toma el peso de la muestra en la condición saturado superficialmente seco.

Paso 11: Se llena parcialmente el picnómetro con agua y luego se introduce la muestra en el picnómetro con el agua, se llena nuevamente con agua hasta 90% de su capacidad.

Paso 12: Se agita y revuelca el picnómetro para eliminar todas las burbujas de la muestra y se ajusta su temperatura a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Paso 13: Se llena el picnómetro con agua hasta su capacidad calibrada y se determina la masa del picnómetro con la muestra y el agua.

Paso 14: Se saca la muestra del picnómetro y se introduce en el horno hasta tener una masa constante, se enfría en el aire a temperatura ambiente y se determina su masa.

Paso 15: Antes de realizar el ensayo se debe determina la masa del picnómetro lleno con agua hasta su capacidad de calibración a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Figura 15 Pasos para determinar la masa unitaria del agregado fino.

- **Cálculos.**

Densidad aparente:

$$D_s = 0,9975 * A / (B + S - C)$$

Densidad aparente (SSS):

$$D(SSS) = 0,9975 * S / (B + S - C)$$

Densidad Nominal:

$$D_n = 0,9975 * A / (B + A - C)$$

Absorción:

$$\text{Absorción, \%} = [(S - A) / A] \times 100$$

Donde:

A = Masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno.
(Paso 2)

B = Masa del picnómetro lleno con agua. (Paso 11)

S = Masa de la muestra saturada y superficialmente seca. (Paso 10)

C = Masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta su capacidad de calibración. (Paso 13)

- **Resultados.**

Tabla 6. Densidades y absorción de los agregados finos.

Densidades y absorción de los agregados finos.	
A (g)	491
B (g)	661
S (g)	500,3
C (g)	979,9
Ds (g/cm³)	2,70
D(SSS) (g/cm³)	2,75
Dn (g/cm³)	2,85
Abs (%)	1,89

6.1.8 Ensayo 8: método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados (NTC 1776, 1994).

- **Importancia y usos.**

Este método de ensayo describe el procedimiento adecuado para calcular el porcentaje de humedad evaporable de los agregados por secado, ya sean finos o gruesos, que es fundamental para el ajuste de las proporciones de agua en los diseños de las mezclas de concreto, con el fin de no alterar la relación agua cemento del mismo.

Nota 15: La complejidad y precisión del presente ensayo radica en la toma de la muestra del agregado, ya que una muestra que no sea representativa arrojará resultados erróneos.

- **Equipo.**

Horno: Se debe contar con un horno de tamaño adecuado que mantenga una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Balanza: La balanza debe tener una capacidad de 1 kg o más, con una precisión de 0,1 g o de 0,1 % de la carga del ensayo.

Contenedor o recipiente: Un contenedor resistente al calor de base plana, con capacidad suficiente para que no genere vertimientos. La altura de la muestra no debe ser mayor a la quinta parte de la menor dimensión lateral del recipiente.

Cuchara o espátula: Una cuchara o espátula de tamaño adecuado para agitar la muestra.



Figura 16 Equipo necesario para hallar el porcentaje de humedad de agregados

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de acuerdo al ensayo 1 del presente manual, el cual está basado en la NTC 129, 1995. El tamaño de la muestra no debe ser inferior a los presentados en la tabla 6.

Tabla 7. Tamaño de la muestra según tamaño máximo nominal.

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
4,75	0,5
9,50	1,5
12	2
19	3
25	4
37	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

Paso 2: Se toma el peso de la muestra en su estado húmedo verificando los valores de la tabla 6.

Paso 3: Se seca la muestra completamente en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se toma la masa de la muestra. Cuando la muestra presenta alteraciones por el calor o se requieren resultados de alta precisión se debe realizar el ensayo utilizando un horno ventilado de temperatura controlada.

Paso 4: Cuando no se utiliza un horno con temperatura controlable se debe agitar la muestra con la cuchara o espátula para evitar sobrecalentamientos concentrados en la muestra de ensayo.

Paso 5: Se saca la muestra del horno y se deja enfriar por suficiente tiempo hasta que permita ser manipulada, luego se toma el peso de la muestra en su estado seco.

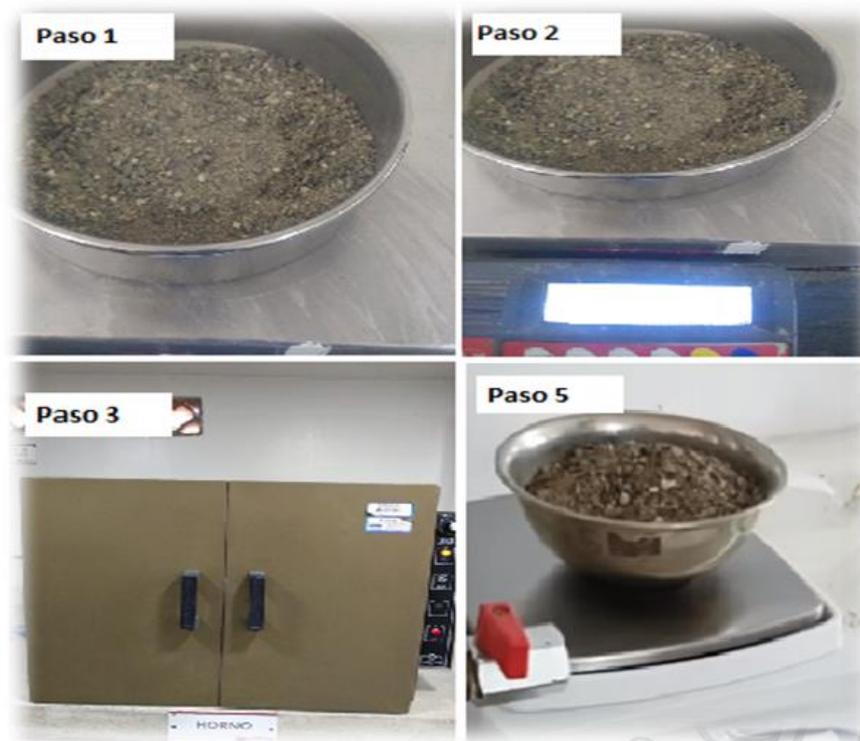


Figura 17 Pasos para hallar el porcentaje de humedad de agregados.

- **Cálculos.**

Contenido total de humedad se calcula a partir de la relación.

$$W = 100 \times (H - S)/S$$

Donde:

W = Contenido de humedad de la muestra, en porcentaje.

H = Masa inicial de la muestra, en gr. (Paso 2)

S = Masa de la muestra seca, en gr. (Paso 5)

- **Resultados.**

Tabla 8. Porcentaje de Humedad de los agregados finos.

% de Humedad del agregado fino.	
H (g)	520
S (g)	496,6
W (%)	4,5

6.2 Sección 2: Ensayos de laboratorio realizados al concreto en estado fresco para liberación de producto.

6.2.1 Ensayo 9: concretos. concreto fresco. toma de muestras (NTC 454, 1998).

- **Importancia y uso.**

Con el fin de dar liberación al concreto premezclado se realizan algunos ensayos de laboratorio para dar certeza de la calidad del mismo. Una toma de muestra representativa del concreto arrojará resultados confiables y ajustados a la realidad, es por esto que este ensayo muestra el procedimiento adecuado para la toma de muestras de concreto en su estado fresco.

Nota 16: Este ensayo solo muestra el procedimiento de la toma de muestras al concreto en su estado fresco en camiones mezcladores, con tambor giratorio o agitador ya que es el procedimiento realizado en la planta de Grupo San Pío.

- **Equipo.**

Coche: Un coche de tamaño adecuado con capacidad volumétrica para 28 l o 0,028 m³.

Mezclador: Un mezclador manual o cuchara de tamaño adecuado para homogenizar la mezcla.



Figura 18 Equipo necesario para realizar el ensayo 9.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toman mínimo dos porciones de concreto de una bachada aleatoria (muestra compuesta), hasta completar la muestra que debe tener un tamaño mínimo de 28 l si es para la elaboración de especímenes de concreto o se acepta menos de 28 l si es para ensayos de rutina como asentamiento o porcentaje de aire. El tiempo estipulado para la toma de la muestra desde la primera porción hasta la última no debe sobrepasar 15 minutos.

Paso 2: Se homogeniza la muestra con la ayuda de la cuchara y se comienza con la elaboración de los ensayos de calidad del concreto, estos deben realizarse en el menor tiempo posible sin sobrepasar 5 minutos después de la toma de la muestra.



Figura 19 Pasos para la toma de muestra de concreto fresco.

Nota 17: Cuando se toma la muestra del camión mezcladora se debe regular la velocidad de vertimiento, controlando las revoluciones del tambor y no por medio de la abertura de la puerta. La muestra se debe tomar después de que el concreto este totalmente finalizado es decir que ya tenga todos los aditivos o adiciones como la fibra.

6.2.2 Ensayo 10: método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto (NTC 396, 1992).

- **Importancia y uso.**

Esta norma provee el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto ya sea en obra o en laboratorio, el cual es importante como

parámetro de liberación en planta o de aceptación en obra, ya que una buena aproximación del asentamiento real al de diseño da indicios de mezclas de concreto bien elaboradas.

- **Equipo.**

Molde: El molde para hacer el ensayo de asentamiento debe ser resistente al ataque de la pasta de cemento, este debe ser calibre N° 16 o 1,651 mm y debe tener forma de tronco de cono, las bases del cono deben ser abiertas y su diámetro mayor de $203 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, su diámetro menor de $102 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ y una altura de $305 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$. Las bases deben ser paralelas entre sí además estas deben ser perpendiculares al eje del cono, la superficie interna debe estar lisa y sin abolladuras. El molde debe estar provisto de agarraderas y dos dispositivos para sujetarlos en los pies.

Varilla de compactación: La varilla debe ser de acero y cilíndrica, esta debe tener una superficie lisa, el diámetro de 16 mm, una longitud de aproximadamente 600 mm y la parte inferior que entra en contacto con el concreto debe ser hemisférica.

Cuchara: Una cuchara de tamaño adecuado para elaborar el ensayo.



Figura 20 Equipo necesario para realizar el asentamiento al concreto fresco.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se humedece el cono y se coloca sobre una superficie húmeda, plana, rígida y no absorbente con el diámetro mayor de apoyo.

Paso 3: Se sujeta firmemente con los pies y se llena el molde con concreto a una altura determinada que corresponda a un tercio del volumen total del molde (ver nota 18).

Paso 4: Se dan 25 golpes o penetraciones con la varilla en forma de espiral, de forma que la mitad de los golpes se den perimetralmente con la varilla ligeramente inclinada, para la otra mitad de los golpes provistos más cerca al centro del área transversal las penetraciones son totalmente verticales. Las penetraciones deben traspasar todo el espesor de la capa.

Paso 5: Con el molde aun firmemente sujetado se adiciona la segunda capa de concreto correspondiente al segundo tercio del total del volumen del recipiente.

Paso 6: Nuevamente se dan 25 golpes o chuzones todos verticales y en forma de espiral, cubriendo toda la superficie transversal de la mezcla. La varilla debe penetrar ligeramente la capa inferior.

Paso 7: Se adiciona la tercera capa de concreto correspondiente al tercer tercio del volumen total del recipiente dejando sobresalir un poco la mezcla del borde del mismo.

Paso 8: Se compacta la tercera capa con 25 golpes o chuzones todos verticales y en forma de espiral, cubriendo toda la superficie transversal de la mezcla. La varilla debe penetrar ligeramente la capa inferior, de ser necesario se adiciona concreto si se asienta por la compactación.

Paso 9: Se enraza la superficie con la varilla de compactación.

Paso 10: Se retira el molde en dirección vertical y sin producir fuerzas laterales o de torsión a una distancia aproximada de 300 mm en un tiempo de $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$.

Paso 11: Se voltea el cono de tal forma que la abertura de menor diámetro quede en contacto con la superficie rígida y se coloca la varilla horizontalmente sobre el molde.

Paso 12: Se mide el asentamiento que corresponde a la distancia que hay desde el centro de la superficie desplazada de la muestra y la parte inferior de la varilla colocada horizontalmente sobre el molde.



Figura 21 Pasos para realizar el asentamiento al concreto fresco.

Nota 18: Debido a la forma cónica del molde, el primer tercio de volumen se alcanza a una altura aproximada de 60 mm, el segundo tercio del volumen se alcanza a una altura aproximada de 150 mm y el último tercio corresponde al volumen restante.

Nota 19: El procedimiento desde que se comienza a llenar el molde con concreto hasta la medición del asentamiento debe durar aproximadamente 2 min 30 s. Si ocurre un desprendimiento pronunciado de concreto en un lado de la muestra, se rechaza el ensayo y se ejecuta nuevamente con otra muestra, además si ocurre desprendimiento en dos ensayos continuos, es porque la muestra carece de plasticidad y de la cohesión necesaria para realizar el ensayo.

- **Resultados.**

Tabla 9. Asentamientos para diferentes tipos de concreto.

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (mm)
C 21 Mpa - Bombeo	165
C 23 Mpa - Bombeo	190
C 28 Mpa - Normal	140
C 21 Mpa - Fluido	230
C 21 Mpa - Normal	135
C 35 Mpa - Bombeo	200

6.2.3 Ensayo 11: elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (NTC 1377, 2010).

- **Importancia y uso.**

Esta norma muestra el procedimiento adecuado para la elaboración, curado y transporte de especímenes de concreto en estado fresco con el fin de evaluar la resistencia del mismo a diferentes edades. De acuerdo a la norma se deben realizar como mínimo 3 cilindros para cada edad por cada 40 m³ producidos del mismo tipo, propiedades y características de concreto. Las edades más comunes de evaluación de resistencia y comportamiento del concreto son, 3 días, 7 días y 28 días en algunos casos se elaboran especímenes a 90 días para evaluar la resistencia del concreto a largo plazo.

Nota 20: Los especímenes de concreto pueden ser cilindros o vigas, esta última para analizar la resistencia y evolución del concreto empleado para pavimentos rígidos las cuales se determinan por medio de correlaciones como el Módulo de Rotura (MR).

Nota 21: Existen dos métodos de compactación, estos son, por apisonamiento o por vibración, este ensayo solo presenta el método de apisonamiento tanto para especímenes de cilindros como para vigas, esto debido a lo poco común que es encontrar concretos cuyo ensayo de asentamiento sea menor a 75 mm (ver tabla 9)

Tabla 10. Método adecuado de compactación de acuerdo a resultados de asentamiento.

ASENTAMIENTO, (mm)	MÉTODO DE COMPACTACIÓN.
>75	Apisonamiento
25 a 75	Apisonamiento o vibración
< 25	Vibración

6.2.3.1 Especímenes cilíndricos.

- **Equipo.**

Molde: Los moldes deben ser de acero, hierro fundido o cualquier material no absorbente que no reaccione con el cemento, estos deben conservar sus dimensiones bajo condiciones severas de uso. Las dimensiones de los moldes deben tener una altura de dos veces el diámetro medidos desde el interior del molde. Las dimensiones más comunes para elaborar los especímenes cilíndricos son de 150 mm de diámetro por 200 mm de alto, pero se permiten moldes de 100 mm X 200 mm o de 125 mm X 250 mm (ver nota 22).

Varilla de compactación: La varilla debe ser de acero y cilíndrica, esta debe tener una superficie lisa y la parte inferior que entra en contacto con el concreto debe ser hemisférica, las dimensiones y número de golpes se especifican en la tabla 10.

Tabla 11. Dimensión y número de golpes de la varilla.

Diámetro del cilindro, mm	Dimensiones de la varilla		
	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Número de golpes/capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

Cuchara: Una cuchara de tamaño adecuado para elaborar el ensayo sin que se desperdicie mucho material en la ejecución del mismo.

Martillo de caucho: El martillo debe tener un peso de $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$.

Coche: Un coche de tamaño adecuado con capacidad volumétrica para 28 l ó $0,028 \text{ m}^3$.

Llana: Debe ser de madera o hierro cuya menor dimensión sea igual o más grande al diámetro del molde utilizado, con el fin de enrasar la superficie evitando proyecciones o hendiduras de los cilindros.



Figura 22 Equipo necesario para realizar especímenes cilíndricos de concreto para evaluación de resistencia.

Nota 22: Las dimensiones de los especímenes de concreto es una variable que también altera la resistencia evaluada en el ensayo de compresión, mostrando resultados más altos para especímenes más pequeños, por lo que se recomienda utilizar siempre que sea posible los moldes del espécimen patrón ($150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$).

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al procedimiento mostrado en el ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se homogeniza muy bien la mezcla para que cada cilindro quede conformado con una porción representativa tanto de la muestra como de la bachada de concreto.

Paso 3: Se adiciona la primera capa de concreto a una altura de 100 mm (ver nota 23) aproximadamente para cada uno de los 11 moldes que conforman la muestra, no sin antes haberlos empapado totalmente de ACPM o aceite tanto por dentro como por fuera, con el fin de proporcionar un fácil desencofrado.

Paso 4: Se compacta la capa de concreto para cada uno de los moldes con 25 apisonadas (ver tabla 10) en forma de espiral, comenzando en la parte perimetral hasta el centro del mismo. La varilla debe introducirse por completo evitando golpes fuertes entre la punta hemisférica de la varilla y el fondo del molde.

Paso 5: Con el martillo de caucha se golpea el molde en la parte exterior entre 10 y 15 repeticiones perimetralmente con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar los vacíos en ella.

Paso 6: Se adiciona la segunda capa de concreto garantizando que la porción tomada sea representativa tanto de la muestra como de la bachada, esta debe terminar de ocupar el volumen vacío del molde y debe sobresalir un poco del mismo.

Paso 7: Se compacta la segunda capa de concreto siguiendo las mismas especificaciones del paso 4 con la diferencia que la varilla penetra la capa inferior en 25 mm aproximadamente (ver nota 24).

Paso 8: Con el martillo de caucha se golpea el molde en la parte exterior entre 10 y 15 repeticiones perimetralmente con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar los vacíos en ella.

Paso 9: Se enrasa la superficie con la ayuda de la llana con el fin de proporcionar un acabado homogéneo y liso, evitando que queden proyecciones o hendiduras mayores a 3mm, esto se hace con el mínimo de manipulación posible.

Paso 10: Se protegen los especímenes con una lámina o cualquier objeto que evite el contacto directo de estos con la exposición del sol o el ambiente, con el fin de que estos no pierdan humedad en la etapa de curado, esto se debe hacer inmediatamente después de la elaboración del cilindro.

Paso 11: Después del fraguado se marcan los especímenes de concreto evitando que se altere o dañe la superficie con el fin de identificarlos a ellos y al concreto que representan.

Paso 12: Se desencofran los cilindros en un tiempo de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ y se depositan en un tanque con una solución de agua con cal, estos deben ir dispuestos verticalmente y estar totalmente sumergidos, el agua debe estar a una temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.



Figura 23 Pasos para realizar especímenes cilíndricos de concreto para evaluación de resistencia.

Nota 23: El número de capas depende de las dimensiones de los moldes, para moldes con diámetros inferiores a 150 mm son dos capas de igual volumen. En ese caso se utilizaron moldes de dimensiones de 200 mm X 100 mm para la elaboración de especímenes cilíndricos de concreto para evaluar la resistencia del mismo en el tiempo.

Nota 24: Para espesores de capas menores a 100 mm la penetración de la varilla en la capa inferior debe ser de 12 mm, para espesores de capa mayores o iguales a 100 mm la penetración de la varilla debe ser de aproximadamente 25 mm.

Nota 25: Los resultados de la evaluación de la resistencia de los cilindros del mismo ensayo y de la misma edad no deben variar mucho entre sí, o se rechazara la muestra. La consistencia de estos resultados depende de la similitud en cómo se realice el ensayo, por ejemplo, misma frecuencia de chuzones y golpes para todos los especímenes.

6.2.3.2 Especímenes en forma de vigas.

- **Equipo.**

Molde: Los moldes deben ser rectangulares y de superficie interna lisa, deben conformar ángulos rectos entre la base el fondo y los lados, su dimensión transversal nominal no debe variar en más de 3 mm en toda la viga, la diferencia de longitudes entre vigas no deben superar más de 2 mm, el molde de la viga patrón es de sección transversal de 150 mm x 150 mm y la longitud no debe ser menor que tres veces su profundidad, la relación entre el ancho y la profundidad debe de ser menor o igual a 1,5; la viga elaborada en obra no debe tener un ancho y profundidad menor que 150 mm.

Varilla de compactación: La varilla debe ser de acero y cilíndrica, esta debe tener una superficie lisa y la parte inferior que entra en contacto con el concreto debe ser hemisférica, su dimensión longitudinal debe ser de 600 mm y debe tener un diámetro de 16 mm aproximadamente.

Pala: Una pala de tamaño adecuado para elaborar el ensayo sin que se desperdicie mucho material en la ejecución del mismo.

Mazo: El martillo debe tener un peso de $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$.

Coches: Se debe tener a disposición uno o más coches (dependiendo del tamaño de los moldes para vigas) de tamaño adecuado para la ejecución del ensayo.

Llana: Debe ser de madera o hierro cuya mayor dimensión sea igual o más grande al ancho del molde utilizado, con el fin de enrasar la superficie evitando proyecciones o hendiduras de las vigas.



Figura 24 Equipo necesario para realizar especímenes en forma de viga de concreto para evaluación de resistencia.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al procedimiento mostrado en el ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se homogeniza muy bien la mezcla para que cada viga quede conformada con una porción representativa tanto de la muestra como de la bachada de concreto.

Paso 3: Se adiciona la primera capa de concreto a una altura de la mitad de la profundidad total del molde aproximadamente, para cada uno de los 11 moldes que conforman la muestra, no sin antes haberlos empapado totalmente de ACPM o aceite tanto por dentro como por fuera, con el fin de proporcionar un fácil desencofrado.

Paso 4: Se compacta la capa de concreto para cada uno de los moldes. El número de golpes o apisonadas depende del área de la cara superficial de la formaleta (Longitud x ancho), es decir, por cada 14 cm² de área superficial se debe dar un golpe. En este caso se proporcionan 54 apisonadas, ya que las dimensiones de las formaletas son de 500 mm de longitud, 150 mm de ancho y 150 mm de profundidad, los golpes se deben dar en forma de espiral, comenzando en la parte perimetral hasta el centro

del molde, la varilla debe introducirse por completo evitando fuerte contacto entre la punta hemisférica de la varilla y el fondo del mismo.

Paso 5: Con el martillo de caucha se golpea el molde en la parte exterior entre 10 y 15 repeticiones perimetralmente con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar los vacíos en ella.

Paso 6: Se adiciona la segunda capa de concreto garantizando que la porción tomada sea representativa tanto de la muestra como de la bachada. La segunda capa debe ser del total del volumen restante para completar la viga.

Paso 7: Se compacta la segunda capa de concreto siguiendo las mismas especificaciones del paso 4 con la diferencia que la varilla penetra la capa inferior en 25 mm aproximadamente.

Paso 8: Con el martillo de caucha se golpea el molde en la parte exterior entre 10 y 15 repeticiones perimetralmente con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar los vacíos en ella.

Paso 9: Se enrasa la superficie con la ayuda de la llana con el fin de proporcionar un acabado homogéneo y liso, evitando que queden proyecciones o hendiduras.

Paso 10: Se protegen los especímenes con una lámina o cualquier objeto que evite el contacto directo de estos con la exposición del sol o el ambiente, con el fin de que estos no pierdan humedad en la etapa de curado, esto se debe hacer inmediatamente después de la elaboración de las vigas.

Paso 11: Después del fraguado se marcan los especímenes de concreto evitando que se altere o dañe la superficie con el fin de identificarlos a ellos y al concreto que representan.

Paso 12: Se desencofran las vigas en un tiempo de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ y se depositan en un tanque con una solución de agua con cal, estos deben ir dispuestos horizontalmente y estar totalmente sumergidos, el agua debe estar a una temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.



Figura 25 Pasos para realizar especímenes en forma de viga de concreto para evaluación de resistencia.

Nota 26: Los resultados de la evaluación de la resistencia de las vigas del mismo ensayo y de la misma edad no deben variar mucho entre sí, o se rechazara la muestra. La consistencia de estos resultados depende de la similitud en cómo se realice el ensayo, por ejemplo, misma frecuencia de chuzones y golpes para todos los especímenes.

6.2.4 Ensayo 12: método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico (NTC 3359, 2006).

- **Importancia y uso.**

Esta norma muestra el procedimiento adecuado para tomar la temperatura del concreto hidráulico en estado fresco, la temperatura del concreto no debe sobrepasar los 35°C, de ser así, la mezcla presenta variaciones como;

mayor velocidad de pérdida de consistencia de la mezcla, mayor requerimiento de agua en la mezcla, fraguado más rápido, tendencia a remezclar, necesidad de curado temprano, entre otras.

Nota 27: Los dispositivos o aparatos que miden la temperatura deben de contar con el informe de certificado de calibración disponible en el laboratorio para su revisión, además estos deben ser calibrados anualmente o cuando haya un problema de calibración.

- **Equipo.**

Recipiente: El recipiente en el cual se deposita la muestra para medir la temperatura, debe tener un volumen de por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso de la mezcla de concreto hidráulico, además una profundidad mínima de 75 mm.

Dispositivo: Un dispositivo que mida la temperatura con una precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y que tenga un rango de medición entre 0°C y 50°C , además debe contar con un sensor que se pueda introducir en la mezcla de concreto hidráulico por lo menos 75 mm de profundidad.



Figura 26 Equipo necesario para tomar la temperatura del concreto en estado fresco.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al procedimiento mostrado en el ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se introduce el dispositivo en la muestra penetrándola aproximadamente 75 mm, el sensor debe estar ubicado en un punto de la muestra que tenga por lo menos una distancia 75 mm de concreto alrededor de él en todas sus direcciones (ver nota 28).

Paso 3: Se registra la temperatura leída en el dispositivo después de 2 minutos o cuando el dispositivo se estabilice.

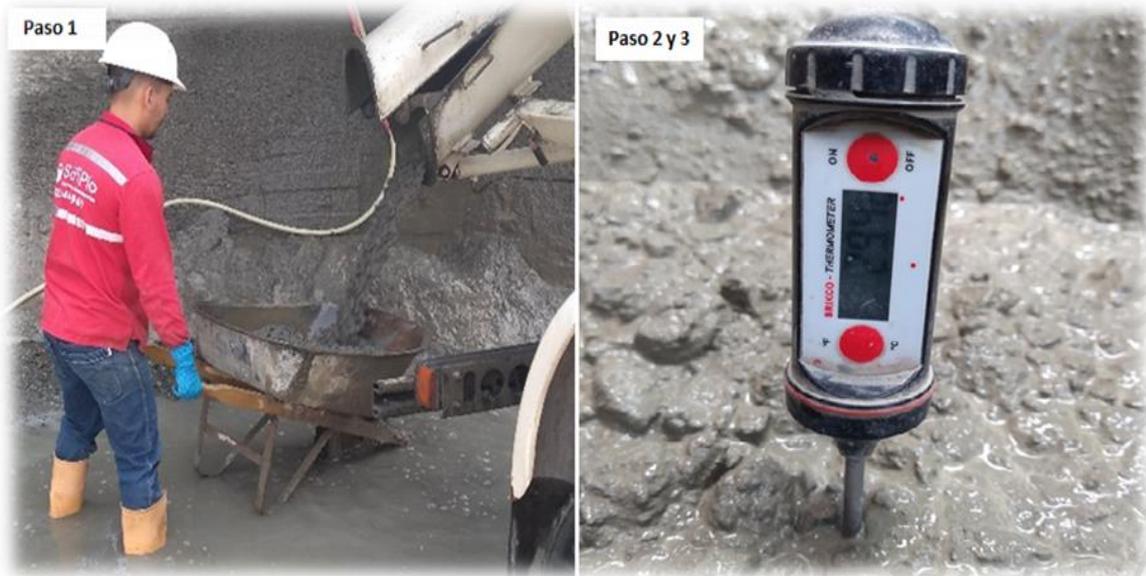


Figura 27 Pasos para tomar la temperatura del concreto en estado fresco.

Nota 28: La temperatura se debe medir dentro de los primeros 5 minutos después de la toma de la muestra.

Nota 29: Para concretos con agregados gruesos de tamaño máximo nominal superior a 75 mm se debe dejar el dispositivo aproximadamente 25 minutos dentro de la muestra, con el fin de que los agregados de gran tamaño le transfieran el calor al concreto.

- **Resultados.**

Tabla 12. Temperatura para diferentes tipos de concreto.

TIPO DE CONCRETO	TEMPERATURA (C°)
C 21 Mpa - Bombeo	25,8
C 23 Mpa – Bombeo	22,3
C 28 Mpa – Normal	28,5
C 21 Mpa – Fluido	26,7
C 21 Mpa – Normal	29,4
C 35 Mpa – Bombeo	30,1

6.2.5 Ensayo 13: método de ensayo para determinar la masa unitaria del concreto (NTC 1926, 2007).

- **Importancia y uso.**

El presente ensayo brinda el procedimiento adecuado para calcular la masa unitaria del concreto en estado fresco de una muestra representativa de una bachada, con el fin de comparar la densidad teórica de la mezcla en producción y la densidad real de la misma. La densidad real puede variar de la teórica por la difícil probabilidad que existe en que la muestra que representa la bachada contenga las mismas proporciones de los materiales utilizados en el diseño de la mezcla, tales como agregados finos, gruesos, agua, cemento y algunos aditivos. El buen procedimiento en la toma de la muestra (véase el ensayo 9) aumenta la probabilidad de que la densidad real se aproxime a la densidad teórica.

Nota 29: El presente ensayo omite el procedimiento para calcular el rendimiento y el contenido de aire por gravimetría del concreto (método teórico), el cual está presente en la NTC 1926 del 2007, ya que el método de la presión para determinar el contenido de aire del concreto fresco (ensayo 14) arroja resultados más confiables y reales.

- **Equipo.**

Balanza: La balanza debe tener una precisión de 45 g o de 0,3% del total de la muestra, la mayor de las dos y debe tener un tamaño apropiado para determinar la masa del material requerido para el ensayo.

Cuchara: Una cuchara de tamaño adecuado para elaborar el ensayo sin que se desperdicie mucho material en la ejecución del mismo.

Varilla de compactación: La varilla debe ser de acero y cilíndrica, esta debe tener una superficie lisa y la parte inferior que entra en contacto con el concreto debe ser hemisférica, su dimensión longitudinal debe ser de 600 mm y debe tener un diámetro de 16 mm aproximadamente.

Recipiente: De acero o cualquier material que no sea reactivo con el cemento, su capacidad volumétrica depende del tamaño máximo nominal del agregado grueso (vea Tabla 12).

Tabla 13. Capacidad de recipiente.

Tamaño máximo nominal el agregado grueso (mm)	Capacidad del recipiente (L)
25	6
37	11
50	14
75	28
112	70
150	100

El volumen real del recipiente debe ser al menos el 95 % del volumen nominal de la lista

Lamina de enrasado: La lamina de enrasado debe tener 6 mm de espesor si su material es de acero y 12 mm si es en acrílico o vidrio, el ancho debe ser por lo menos de 50 mm y debe tener una longitud de más del diámetro del recipiente.

Mazo: El martillo debe tener un peso de $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$.



Figura 28 Equipo necesario para determinar la masa unitaria del concreto.

Nota 30: El método de compactación por apisonamiento es el procedimiento que se mostrará a continuación (ver tabla 9 y nota 21).

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al procedimiento mostrado en el ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se homogeniza muy bien la mezcla para que cada cucharada de concreto quede conformada con una porción representativa tanto de la muestra como de la bachada de concreto.

Paso 3: Se elige el tamaño del recipiente (ver Tabla 12) y se procede a colocar la primera capa de concreto equivalente a un tercio del volumen total.

Paso 4: Se compacta la mezcla con el número de golpes que depende de la capacidad del recipiente (ver Tabla 13). Los golpes deben de distribuirse uniformemente en el área transversal de la muestra y la varilla debe de penetrar la totalidad de la capa sin golpear fuertemente el fondo del recipiente.

Tabla 14. Numero de golpes.

Capacidad de Recipiente (L)	Numero de Golpes o punzones
$0 < \text{Volumen} \leq 14 \text{ L}$	25
$14 \text{ L} < \text{Volumen} \leq 28 \text{ L}$	50
$\text{Volumen} > 28 \text{ L}$	1 por cada 20 cm ² de área transversal

Paso 5: Con el martillo de caucho se da en la parte exterior del molde entre 10 y 15 golpes perimetralmente, con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar las burbujas de aire en esta.

Paso 6: Se agrega la segunda capa de concreto correspondiente al segundo tercio del volumen total del recipiente.

Paso 7: Se compacta la segunda capa de concreto de la misma forma que la primera capa, con la diferencia que la varilla debe penetrar 25 mm la capa anterior.

Paso 8: Se repite el paso 5.

Paso 9: Se agrega la tercera capa de concreto correspondiente al tercer tercio del volumen total del recipiente, este debe sobresalir un poco del borde del mismo.

Paso 10: Se compacta la tercera capa de concreto utilizando el mismo procedimiento empleado para la segunda capa.

Paso 11: Se repite el paso 4.

Paso 12: Se alisa la superficie con la lámina de enrasado evitando depresiones y protuberancias mayores a 3 mm.

Paso 13: Se pesa el recipiente con el concreto y se registra el valor obtenido.



Figura 29 Pasos necesarios para determinar la masa unitaria del concreto.

Nota 31: Previo al anterior procedimiento se deben tener los datos tanto del peso del recipiente como su capacidad volumétrica con el fin de hacer los cálculos.

- **Cálculos.**

Masa unitaria del concreto en estado fresco.

$$D = (M_c - M_m) / V_m$$

Donde:

D = Masa unitaria del concreto, Kg/m³

M_c = Masa del recipiente lleno con concreto, kg. (paso 11)

M_m = Masa del recipiente, kg. (Nota 31)

V_m = Volumen del recipiente, m³. (Nota 31).

- **Resultados.**

Tabla 15. Masa unitaria para diferentes tipos de concreto.

TIPO DE CONCRETO	M _c (kg)	M _m (kg)	V _m (Lt)	D (g/cm ³)
C 21 Mpa - Bombeo	20,03	2,89	7,09	2,419
C 23 Mpa - Bombeo	19,75	2,89	7,09	2,379
C 28 Mpa - Normal	20,02	2,89	7,09	2,417
C 21 Mpa - Fluido	20,08	2,89	7,09	2,426
C 21 Mpa - Normal	19,89	2,89	7,09	2,399
C 35 Mpa - Bombeo	20,42	2,89	7,09	2,474

6.2.6 Ensayo 14: método de ensayo para la determinación del contenido de aire del concreto fresco. método de la presión (NTC 1032, 1994).

- **Importancia y uso.**

Este ensayo muestra el procedimiento adecuado para calcular el porcentaje de aire del concreto fresco, donde se emplea el principio de la ley de Boyle (ver nota 32). Este método no contempla los vacíos de las partículas de los agregados, por lo que este ensayo es ideal para agregados relativamente densos. No es aplicable a concretos hechos con agregados livianos, agregados de alta porosidad y concretos no plásticos.

La presencia de aire en las mezclas de concreto es inevitable debido a las burbujas que quedan atrapadas en su interior por la operación de homogenización y mezclado del concreto. El aire es un agente que disminuye la resistencia del concreto, por lo que hay que tener especial cuidado en los rangos de aceptabilidad del mismo (ver tabla 15). Aunque este trae efectos negativos en la resistencia del concreto, también trae ciertas ventajas, incluso en algunos concreto se incorpora aire intencionalmente ya que esta mejora la manejabilidad y plasticidad del mismo, además en estructuras expuestas a ciclos de hielo y deshielo es fundamental que el hormigón tenga un porcentaje alto de aire con el fin de mitigar los efectos del cambio volumétrico del concreto.

Tabla 16. Porcentaje de aire recomendable en mezclas de concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso	Cantidad promedio. Aire atrapado %	Cantidad de aire recomendable. Atrapado + incorporado %
9,6 mm (3/8")	3,0	6 – 10
19,1 mm (3/4")	2,0	4 – 8
38,1 mm (1,5")	1,0	3 – 6
76,2 mm (3")	0,3	1,5 – 4,5

Nota 32: El principio de la ley de Boyle establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente.

- **Equipo.**

Recipiente: De acero o cualquier material que no sea reactivo con la pasta del cemento, debe ser de forma cilíndrica ser lo suficientemente rígido para evitar expansiones volumétricas por los cambios de presión, su diámetro debe estar entre 0,75 y 1,25 veces su altura, la superficie interna, los bordes y rebordes deben estar lisos; su mínima capacidad volumétrica debe ser de 0,006 m³

Cubierta: De acero o cualquier material que no sea reactivo con la pasta de cemento, debe ser lo suficientemente rígido para evitar expansiones volumétricas, debe estar equipada con una brida para que el recipiente junto con la cubierta quede totalmente sellado y poder aplicar el principio de la ley de Boyle. La cubierta debe estar conformada de tal forma que

haya un espacio entre el nivel del borde del recipiente y la parte inferior de la misma, debe contar con un acabado liso y estar equipada con un dispositivo de lectura directa (el manómetro es el dispositivo de lectura provisto por el medidor tipo B), además debe estar equipada de una bomba manual para suministrar presión al interior de la mezcla y de válvulas de aire.

Varilla apisonadora: Debe tener un diámetro de 16 mm y ambas puntas deben ser hemisféricas, la longitud mínima debe ser de 400 mm.

Mazo: Este debe tener un peso de $0,57 \text{ kg} \pm 0,23 \text{ kg}$ si la capacidad volumétrica del recipiente es inferior a $0,014 \text{ m}^3$ y un peso de $1,02 \text{ kg} \pm 0,23 \text{ kg}$ si la capacidad volumétrica del recipiente es mayor a $0,014 \text{ m}^3$.

Lamina de enrasado: La lamina de enrasado debe tener 6 mm de espesor si su material es de acero y 12 mm si es en acrílico o vidrio, el ancho debe ser por lo menos de 50 mm y debe tener una longitud de más del diámetro del recipiente.

Bomba manual: Se debe contar con una bomba manual para suministrar agua en el interior de la mezcla, con el fin de eliminar el aire que hay entre el nivel del borde del recipiente y la cubierta.



Figura 30 Equipo necesario para determinar el porcentaje de aire de la mezcla de concreto.

Nota 33: La NTC 1032 establece dos tipos de medidores (Tipo A y Tipo B) para calcular el porcentaje de aire del concreto fresco, los cuales varían únicamente en la forma de medir el porcentaje de aire y en los recipientes utilizados, ya que ambos

utilizan el principio de la ley de Boyle, vale aclarar que ambos medidores trabajan bajo el principio de la ley de Boyle. Este ensayo solo mostrara el procedimiento del medidor tipo B debido a que es el empleado en la planta de Grupo San Pío.

- **Procedimiento.**

Paso 1: Se toma la muestra de concreto de acuerdo al procedimiento mostrado en el ensayo 9 del presente manual, el cual está basado en la NTC 454, 1998.

Paso 2: Se homogeniza muy bien la mezcla para que cada cucharada de concreto quede conformada con una porción representativa tanto de la muestra como de la bachada de concreto.

Paso 3: Se humedecen todos los equipos necesarios para realizar el ensayo, tales como, el recipiente, la cubierta, la varilla y la cuchara.

Paso 4: Se adiciona la primera capa de concreto correspondiente a un tercio del volumen total del recipiente.

Paso 5: Se compacta la mezcla utilizando el método de apisonamiento (ver nota 21 y tabla 9) con 25 golpes distribuidos uniformemente en la superficie transversal del recipiente en forma de espiral, comenzando desde el perímetro hasta el centro del mismo, la varilla debe penetrar la totalidad de la muestra sin que esta golpee fuertemente el fondo del recipiente.

Paso 6: Con el martillo de caucha se da en la parte exterior del molde entre 10 y 15 golpes perimetralmente, con el fin de terminar de compactar la muestra y liberar las burbujas de aire en esta.

Paso 7: Se agrega la segunda capa de concreto correspondiente al segundo tercio del volumen total del recipiente.

Paso 8: Se compacta la segunda capa de concreto de la misma forma que la primera capa, con la diferencia que la varilla debe penetrar 25 mm la capa anterior.

Paso 9: Se repite el paso 6.

Paso 10: Se agrega la última y tercera capa de concreto correspondiente al tercer tercio del volumen total del recipiente, evitando un sobrellenado excesivo.

Paso 11: Se compacta la tercera capa de concreto utilizando el mismo procedimiento empleado para la segunda capa.

Paso 12: Se alisa la superficie con la lámina de enrasado evitando depresiones y protuberancias mayores a 3 mm.

Paso 13: Se limpia totalmente los bordes del recipiente de modo que cuando se coloque la cubierta el sellado sea totalmente hermético.

Paso 14: Se coloca la cubierta sobre el recipiente garantizando que no queden fugas entre ambos, esto con la ayuda de la brida.

Paso 15: Se cierra la válvula de aire con el fin de incorporar presión al volumen confinado sin que este se escape.

Paso 16: Se abren los grifos de la cubierta y se inyecta agua por uno de ellos con la ayuda de la bomba manual, hasta observar que sale agua por el otro grifo, luego se cierran ambos grifos.

Paso 17: Se inyecta presión a través de la bomba de la cual esta provista la cubierta hasta que la aguja del manómetro marque 0%.

Paso 18: En caso de que el aguaje se pase de 0% por el exceso de bombeo, se abre ligeramente la válvula de escape de la cubierta, con esto se libera presión y por ende la aguja se devuelve, teniendo la oportunidad nuevamente de que la aguja registre 0% (ver nota 35) en el manómetro.

Paso 19: Se libera la presión contenida en el recipiente a través de la válvula que está en la cubierta y se registra la lectura que marque el manómetro la cual corresponderá al porcentaje de aire de la mezcla de concreto hidráulico (ver tabla 15).



Figura 31 Pasos necesarios para determinar el porcentaje de aire de la mezcla de concreto.

Nota 34: En la Figura 31 únicamente se muestran los pasos del 13 al 19 debido a que los pasos 1 al 12 describen el mismo procedimiento del ensayo 13 (ver Figura 29).

Nota 35: Para asegurarse que la aguja del manómetro marque correctamente la presión que corresponde, se dan unos golpecitos con la mano al manómetro hasta que la aguja se estabilice, esto se hace cuando se pone la aguja en 0% y cuando se libera la presión por medio de la válvula con el fin de obtener el porcentaje de aire de la mezcla.

- **Resultados.**

Tabla 17. Porcentaje de Aire para diferentes tipos de concreto.

TIPO DE CONCRETO	% Aire
C 21 Mpa - Bombeo	1,6
C 23 Mpa - Bombeo- Baja permeabilidad	6,0
C 28 Mpa - Normal	2,1
C 21 Mpa - Fluido	2,2
C 21 Mpa - Normal	2,7
C 35 Mpa - Bombeo	3,2

7 CONCLUSIONES

La mala ejecución de la toma de muestras podría derivar en resultados poco confiables, seguros y representativos. La importancia de la correcta ejecución de la toma de muestras radica en aumentar la probabilidad de que la muestra este conformada con la misma distribución de tamaño de partículas del total de la pila si hablamos de agregado o que la muestra tenga las mismas proporciones de material que la bachada si hablamos de concreto en estado fresco.

La grafica 1 del presente manual muestra la distribución del tamaño de las partículas de una muestra de agregado fino, en esta se puede ver que el agregado no cumple con los rangos de aceptabilidad estipulados por la NTC 174, 2000. Esto se da precisamente por la mala ejecución de la toma de muestras, ya que se pudo haber presentada segregación en la pila y la distribución de los tamaños de las partículas de la muestra no es representativa del total del material.

La calibración constante y bien ejecutada de los equipos o instrumentos necesarios para la elaboración de los ensayos como básculas, micrómetro digital, horno entre otros; además de la verificación de las medidas de los moldes necesarios para la elaboración de algunos de los ensayos, son actividades de gran importancia para la obtención de resultados seguros y confiables.

Los resultados obtenidos del ensayo 5 del presente manual, el cual tiene por objeto la determinación de las impurezas orgánicas de los agregados finos para concreto, no son suficientes para determinar por completo la calidad de los agregados. La ejecución de este ensayo únicamente nos alerta de la presencia excesiva de las impurezas orgánicas de un agregado, pero no determina el grado de daño que puede significar el uso de este, en una mezcla de concreto respecto a las impurezas orgánicas.

La absorción es un parámetro que tiene una relación directa con la porosidad de los agregados y a su vez esta tiene una implicación directamente proporcional con la relación agua cemento de la mezcla, es decir, a mayor porosidad de los agregados mayor absorción del mismo y la cantidad de agua utilizada para la elaboración de la mezcla será mayor, lo que conlleva a una reducción en la resistencia última del concreto, por tal motivo, es indispensable la utilización de aditivos que mejoren la plasticidad de la mezcla sin necesidad de aumentar significativamente el uso del agua en la mezcla.

La humedad de los agregados en una planta de producción de concreto premezclado, es uno de los parámetros más difícil de controlar, debido a que esta varía en el tiempo por las condiciones de exposición a los efectos ambientales; como la lluvia, el sol y el viento; alternado así, los parámetros iniciales utilizados en el diseño original de la mezcla.

El ensayo de asentamiento es uno de los ensayos más importantes en una planta de producción de concreto premezclado, ya que este es un parámetro de liberación de producto, es decir, si este ensayo arroja resultados que no superan los límites de aceptabilidad, se deduce que la mezcla es adecuada para ser utilizada en obra, y el producto puede ser liberado, de lo contrario este debe ser arreglado o en el peor de los casos, el producto debe ser botado en sitios regulados y reglamentados por la entidad correspondiente.

La evaluación de la resistencia del concreto se determina por medio de los especímenes de concreto ya sean cilíndricos o en forma de viga, por ende, la correcta elaboración de estos, siguiendo rigurosamente los procedimientos descritos en el ensayo 11 son fundamentales para el análisis de la evolución de la resistencia del concreto en el tiempo.

La temperatura es una de las variables que debe ser monitoreada y controlada en la producción de concreto premezclado, ya que esta puede alterar el concreto en aspectos como; mayor velocidad de pérdida de consistencia de la mezcla, mayor requerimiento de agua en la mezcla, fraguado más rápido, tendencia a remezclar, necesidad de curado temprano, entre otros factores.

La variabilidad de los resultados de la masa unitaria de un mismo tipo de concreto es un parámetro que está directamente relacionado con la toma de muestra, esto debido a la baja probabilidad que existe en que una muestra contenga las mismas proporciones de materiales que otra, ambas tomadas de la misma batchada.

El porcentaje de aire de las mezclas de concreto varía una respecto a otra por los procesos de homogenización del mismo el cual se da en el mixer, estos al igual que otros parámetros tienen rangos de aceptabilidad, ya que el alto porcentaje de aire en una mezcla representa una disminución de la resistencia del concreto, aunque también brinda ciertas ventajas como la manejabilidad o pastosidad de la mezcla.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 174, 2000. Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto.
- NTC 129, 1995. Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.
- NTC 77, 2018. Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.
- NTC 3674, 1995. Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo, para la realización de ensayos.
- NTC 78, 1995. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 μm en agregados minerales.
- NTC 127, 2000. Concretos. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.
- NTC 176, 1995. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso.
- NTC 237, 1995. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino (
- NTC 1776, 1994. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados.
- NTC 3318, 2008. Producción de concreto.
- NTC 454, 1998. Concretos. Concreto fresco. Toma de muestras.
- NTC 396, 1992. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

- NTC 1377, 2010. Ingeniería civil y arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio
- NTC 3357, 2006. Concretos. Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico.
- NTC 1926, 2007. Concretos. Método de ensayo para determinar la masa unitaria, el rendimiento y el contenido de aire por gravimetría del concreto.
- NTC 1032, 1994. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire del concreto fresco. Método de la presión.

