

ESPECIAL
Supervisión técnica
aplicada en obra

HECHOS EN
CONCRETO

BIENVENIDOS

ALION
Molins[®] corona

ESPECIAL

Supervisión técnica
aplicada en obra

**HECHOS EN
CONCRETO**

ALION
Molins° corona

Conferencia **en vivo**:

Análisis de resultados bajos: causas y planes de mejora

Conferencistas:

Diana Carolina Soler

Ingeniera civil, especialista en gerencia de proyectos de construcción y magíster en gestión de proyectos

Guilliana Agudelo

Ingeniera química y magíster en ingeniería de materiales



Fecha: 26 de junio



Hora: 5:30 P.M.

¡Quiero inscribirme!

¡Hoy veremos!

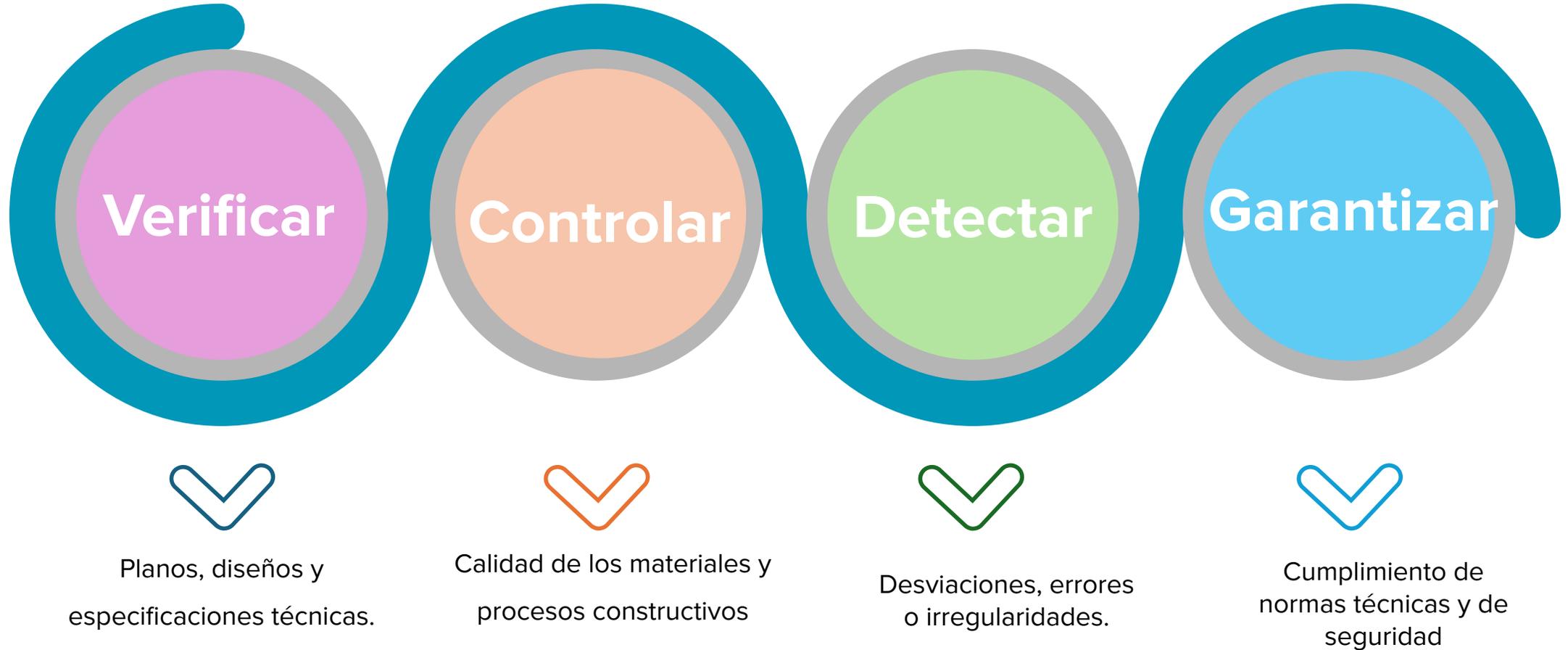
- Actores involucrados en la evaluación de resultados bajos.
- ¿Qué hace la supervisión técnica en obras? Y su alcance
- ¿Qué es un concreto satisfactorio en resistencia?
- Investigación de resultados bajos
- Planes de mejora

Actores involucrados en la evaluación de resultados bajos.



¿Qué hace la supervisión técnica en obras?

La **supervisión técnica en obras en Colombia** garantiza que los proyectos de construcción se realicen de forma segura, legal, eficiente y conforme a los estándares de calidad establecidos.



Alcance de la supervisión técnica



Grado de supervisión técnica recomendado

Material estructural	Área Construida ⁽⁶⁾	Control de calidad realizado por el constructor	B Supervisión Técnica Itinerante	A Supervisión Técnica Continua
Concreto estructural, estructura metálica y de madera	menos de 2000 m ²	Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV	
	entre 2000 m ² y 6000 m ²		Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV
	más de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
Mampostería ⁽⁶⁾	menos de 2000 m ²	Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV	
	entre 2000 m ² y 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
	más de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
Aislamiento sísmico ⁽⁷⁾	Independiente del área			Grupos de Uso I, II, III y IV
Disipadores de energía ⁽⁸⁾	Independiente del área			Grupos de Uso I, II, III y IV
Intervención en el sistema estructural ⁽⁹⁾	menos de 2000 m ²		Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV
	entre 2000 m ² y 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
	más de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV



NSR-10, Título I – supervisión técnica y decreto 945-2017

¿Qué es un concreto satisfactorio en resistencia?

Cumple si:

Si el resultado individual de un ensayo supera un valor mínimo de resistencia

y

Verificar la variabilidad entre pruebas consecutivas

f_c satisfactorio

=

Si ningún resultado de ensayo de resistencia individual es menor que un valor dado

y

“Promedio móvil” es mayor o igual a f_c

Cumple si:

Para $f_c < 35\text{MPa}$: $f_c - 3,5\text{ MPa}$
Para $f_c \geq 35\text{ MPa}$: $f_c - 0,1 \cdot f_c$

y

Cualquier promedio de tres resultados consecutivos $\geq f_c$

Requisitos de la NSR-10, sección C.5.6.3.3

Causas comunes de resultados bajos en concreto:



Efecto en $f'c$ de los componentes y procesos



C



Cemento

- Es el 12% a 25% de la masa (peso) de una mezcla
- Su estabilidad impacta directamente $f'c$.
- \$/kg producto vs aporte a la dispersión.
- Cementantes suplementarios tienen alta dispersión.



A



Agregados

- Son el 70% a 80% de la masa (peso) de la mezcla.
- Granulometría
- Textura y forma
- Absorción
- Resistencia del agregado
- Contaminantes



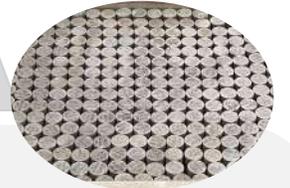
F



Factores críticos

- La producción de la obra tiene mayor desviación que del laboratorio.
- Dosificación inexacta, puede generar fallos.
- Baja estabilidad en el proceso, materias primas, muestreo y ensayos.
- Un mal manejo y colocación del concreto.
- Condiciones ambientales y de obra: lluvia y exposición al sol.

Se requiere que el muestreo sea realizado por personal certificado en competencias para las pruebas



M



Muestreo

- Tomarse en serio los requisitos de transporte, curado y ensayo.
- Utilizar laboratorios reconocidos y confiables.
- Todo ensayo tiene precisión y sesgo que suman a la variación de los resultados.
- Nuevos requisitos más estrictos para los cilindros:
 - Paralelismo de caras
 - Desviación del eje

Ahora, un poco de estadística



Es preparado con componentes heterogéneos

Los resultados de resistencia del concreto son probabilísticos

Algunas variaciones son "naturales" y otras son gestionables.

Variaciones en la elaboración, el transporte, la colocación, el curado, el transporte de muestras y los ensayos de laboratorio.

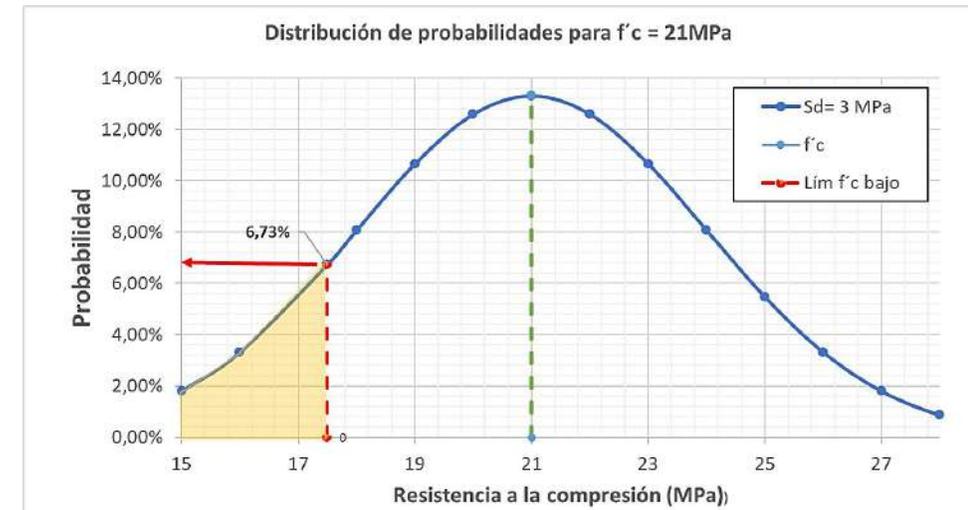
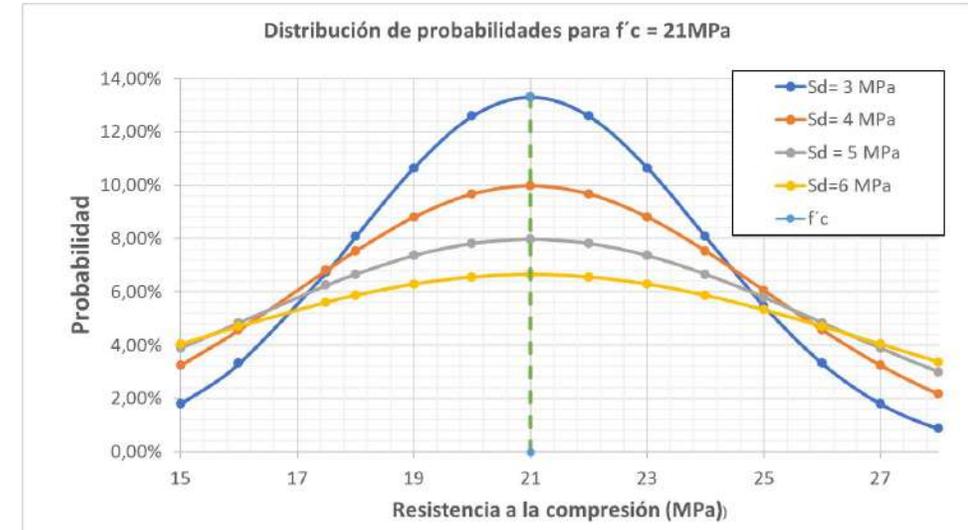


Un poco de estadística



Repasemos un poco de estadística

- Los resultados del **concreto suelen tener una distribución normal**.
- A mayor desviación estándar, más “plana” es la forma de la distribución normal.
- A mayor desviación, mayor probabilidad de que se generen valores más alejados de la media, es decir, mayor probabilidad que hayan valores bajos de resistencia a la compresión.
- El área bajo la curva, a la izquierda de un valor, es la probabilidad de obtenerlo.



¿Qué es la resistencia a la compresión (f'_{cr})?

$$f'_{cr} = \frac{\text{Resistencia especificada a la compresión del concreto}}{+} \text{Durabilidad}$$

- Se mide a la edad especificada por el diseñador de edificación, igual o menor a 28 d. Según concepto de la Comisión Asesora Permanente para la Norma Sismo Resistente, Acta 121, del 15 mayo 2014.
- La durabilidad se diseña según la Sección C.4 de la NSR-10 en edificación y según C.23 para tanques y obras de ingeniería ambiental.

Ejemplo de verificación de la satisfacción

Historial de una obra para $f_c = 21$ MPa

Número de muestra	f_c obtenido (MPa)	Promedio de tres resultados consecutivos ($\geq f_c$, MPa)	Número de muestra	f_c obtenido (MPa)	Promedio de tres resultados consecutivos ($\geq f_c$, MPa)
1	22,02		28	28,99	28,11
2	25,48		29	23,32	26,48
3	19,32	22,27	30	24,56	25,62
4	19,31	21,37	31	22,94	23,61
5	36,66	25,10	32	22,49	23,33
6	22,28	26,09	33	19,98	21,80
7	24,83	27,92	34	39,27	27,25
8	20,33	22,48	35	29,01	29,42
9	28,19	24,45	36	26,78	31,69
10	24,62	24,38	37	22,05	25,95
11	28,13	26,98	38	20,51	23,12
12	19,46	24,07	39	24,93	22,50
13	33,21	26,93	40	22,68	22,71
14	31,02	27,90	41	21,72	23,11
15	25,75	29,99	42	26,15	23,51
16	19,51	25,43	43	31,94	26,60
17	27,86	24,37	44	24,64	27,58
18	23,41	23,60	45	29,12	28,57
19	24,31	25,19	46	31,11	28,29
20	34,21	27,31	47	16,67	25,63
21	27,58	28,70	48	24,27	24,02
22	13,85	25,21	49	32,18	24,37
23	20,04	20,49	50	21,59	26,01
24	17,53	17,14	51	18,73	24,17
25	19,74	19,10	52	23,85	21,39
26	28,21	21,82			
27	27,14	25,03			

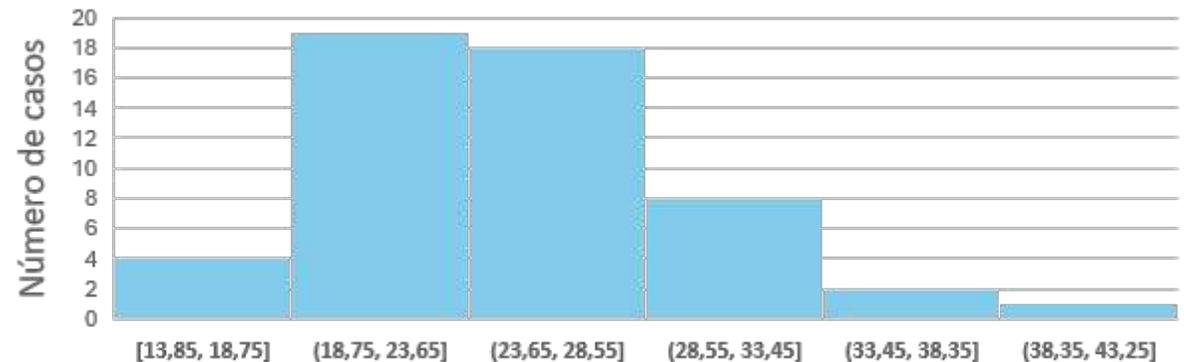
Criterios de satisfacción:

- $f_c = 21$ MPa.
 - f_c mínima: 21 MPa - 3,5MPa = **17,5 MPa**.
 - $f_c \geq 21$ MPa para la media móvil de 3 promedios consecutivos de las mezclas.
- El análisis estadístico de la población arroja una desviación estándar de 4,5 MPa y una media de f_c de 25,02 MPa.

Análisis de satisfacción:

- Las muestras 22 y 47 requieren investigación de resultados bajos.
- Las muestras 23 a 25, indican que se debe ajustar la fórmula, pero no requiere investigación de resultados bajos.

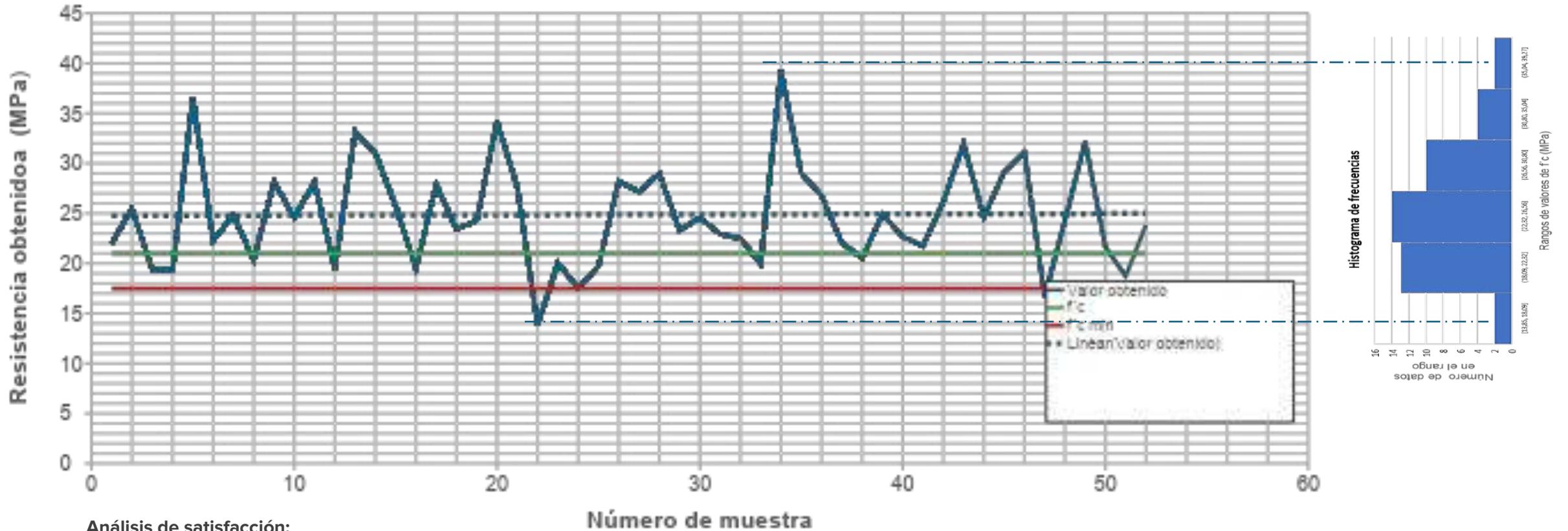
Histograma de frecuencias



Rangos de frecuencias

Ejemplo de verificación de la satisfacción

Gráfico de control $f'c = 21$ MPa, a 28d



Análisis de satisfacción:

- Las muestras 22 y 47 requieren investigación de resultados bajos.

Calculando...

f'_{cr}

Datos de históricos (*)

Mezclas de prueba, o que no cumplen requisitos de datos históricos de obra

Cuando no hay experiencia en obra ni mezclas de prueba

Número de ensayos*	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra †
Menos de 15	Emplee la tabla C.5.3.2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

Caso excepcional.

- 1) $f'_{cr} > f'_c + 8,3$
- 2) No permitido para $f'_c > 35\text{MPa}$
- 3) Requiere aprobación del diseñador

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-2) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = f'_c + 2.33s_s - 3.5$ (C.5-2)
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido con las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = 0.90f'_c + 2.33s_s$ (C.5-3)

Precaución: aún con el uso de estos valores, habrá alta probabilidad de que lograr la satisfacción de f'_c cuando la estabilidad de las materias primas, el control de dosificación, mezclado, y los procesos de ensayo son pobres.

* Aplican requisitos adicionales relacionados con la calidad y representatividad de la información histórica

ESPECIAL
Supervisión técnica
aplicada en obra

**HECHOS EN
CONCRETO**

PREGUNTAS

ALION
Molins[®] corona

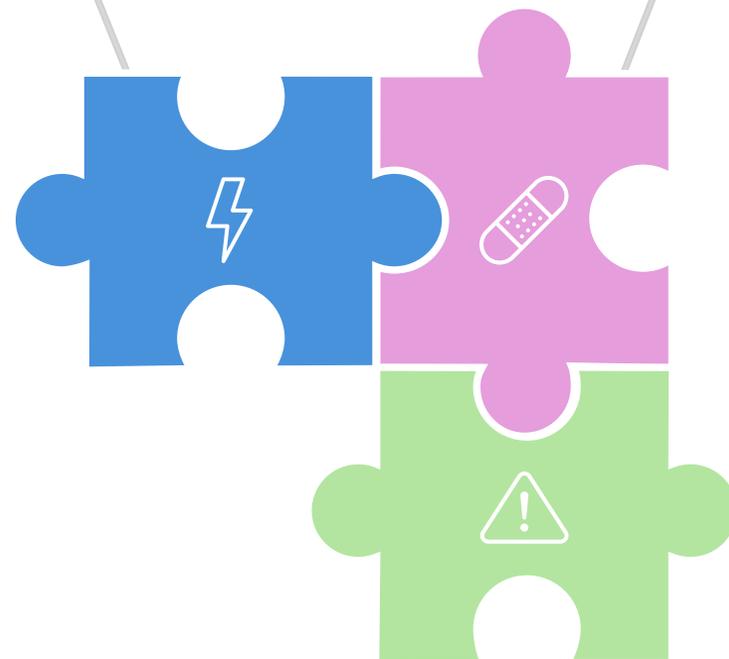
Impacto de los resultados bajos:

Riesgos para la estructura

- Reducción en la durabilidad de la construcción.
- Potencial de fallos estructurales.

Costos adicionales

- Rehacer trabajos defectuosos.
- Reparaciones y mantenimiento imprevistos.



Impacto en la seguridad

Riesgos para la seguridad de los trabajadores y ocupantes del edificio

Investigación de resultados bajos

- La investigación de resultados bajos está detallada en NSR-10, sección C.5.6.5.
- Comprende una serie de pasos que buscan asegurar capacidad de carga y durabilidad.
- Antes de llegar a núcleos y pruebas de carga se deben analizar las condiciones previas.

Los pasos en la investigación de resultados bajos



C.5.6.5 — Investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia

C.5.6.5.1 — Si cualquier ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) de cilindros curados en el laboratorio es menor que f'_c por más de los valores dados en C.5.6.3.3(b), o si los ensayos de cilindros curados en la obra indican deficiencia de protección y de curado (véase C.5.6.4.4), deben tomarse medidas para asegurar que no se pone en peligro la capacidad de carga y la durabilidad de la estructura.

C.5.6.5.2 — Si se confirma la posibilidad que el concreto sea de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de soportar las cargas se redujo significativamente, deben permitirse ensayos de núcleos extraídos de la zona en cuestión de acuerdo con NTC 3658 (ASTM C42M). En esos casos deben tomarse tres núcleos por cada resultado del ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) que sea menor que los valores señalados en C.5.6.3.3 (b).

¿Qué hace la supervisión técnica ante resultados bajos en concreto?



Verificación inmediata del resultado



Revisar los ensayos de compresión de los cilindros



Confirmar si el resultado incumple la NSR-10



Investigación técnica del caso



Muestreo



Condiciones climáticas



Concreto en obra



Origen del concreto



Notificación al diseñador estructural



Comunicar oficialmente al ingeniero estructural responsable



No se puede decidir por cuenta propia si se acepta o no el concreto: esto lo define el diseñador tras análisis



Ensayos complementarios



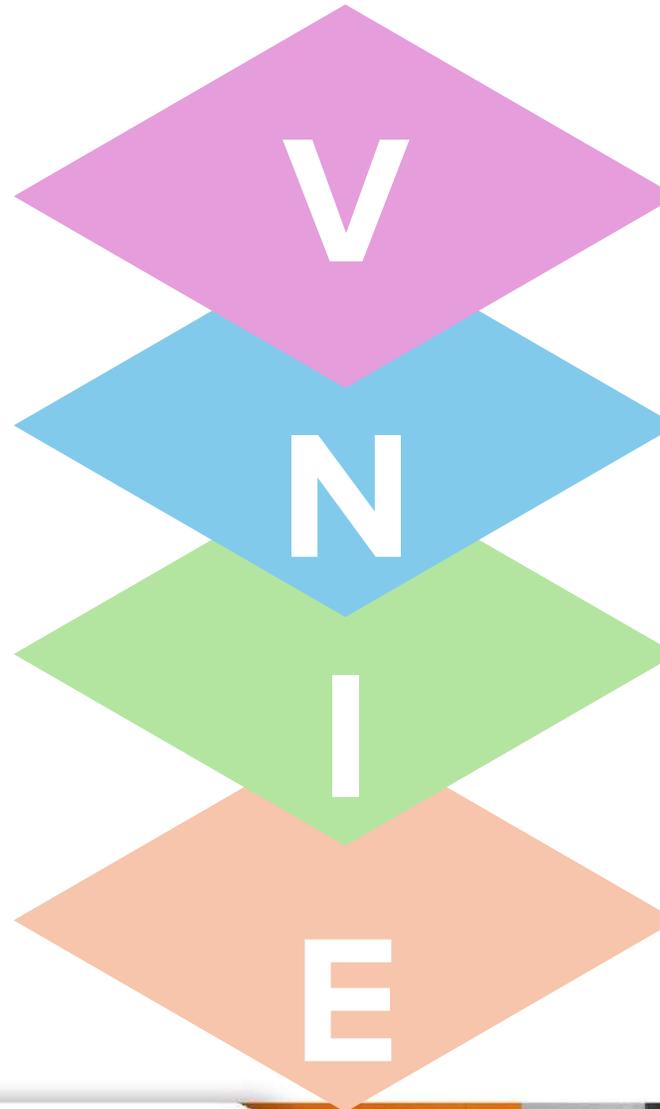
Complementar con pruebas no destructivas: esclerometría (rebote), ultrasonido.



Solicitar extracción de núcleos de concreto endurecido para evaluar directamente la resistencia en el elemento



Evaluar el factor de seguridad de la estructura afectada con apoyo del diseñador



Muestreo de concreto

Muestreo del concreto fresco – NTC 454



Correcta extracción de una muestra compuesta representativa, homogénea y no distorsionada

Frecuencia de ensayos en obra



C.5.6.2.1 — Las muestras (véase C.5.6.2.4) para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 40 m³ de concreto, ni menos de una vez por cada 200 m² de superficie de losas o muros.

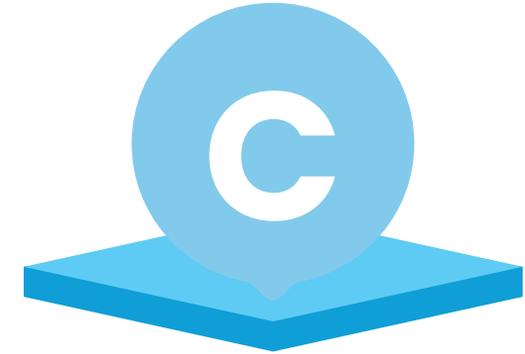
Fragmento-Tomado de NSR 10

Elaboración de especímenes– NTC 550



Es clave para asegurar que los resultados de resistencia del concreto sean confiables, comparables y técnicamente válidos, lo que permite garantizar la seguridad estructural de las obras

Tipos de curado – NSR 10 C.5.6



Curado en laboratorio o estándar (NSR 10 C.5.6.3)

Se compone de un curado inicial y un curado final (NTC 550)
Se usa para verificar conformidad con f_c

Curado en obra (NSR 10 C.5.6.4)

Se usan muestras adicionales, colocadas en las mismas condiciones de exposición y curado que tienen los elementos de concreto.
Se usan para evaluar la calidad del curado en obra (C.5.6.4.4).

Planes de mejora:

M

Mejora en el control de calidad

- Sistema de control más riguroso en la elaboración de la mezcla del concreto, dosificación.
- Monitoreo de las pruebas de calidad en el proceso de producción, con personal certificado.
- Refuerzo en los controles durante el muestreo y elaboración de especímenes,

C

Capacitación del personal

- En el manejo, colocación, compactación y curado del concreto.
- Entrenamiento y reentrenamiento en el control de calidad.

Optimización del proceso de producción

- Tecnología para mejorar la precisión en la dosificación.
- Validación regular de los equipos de dosificación.
- básculas calibradas, software para dosificación.

Planes de mejora:

A

•Adaptación a condiciones ambientales:

- Uso de aditivos para optimizar la mezcla en temperaturas extremas.

P

Proceso de curado

- Seguir el proceso de curado establecido por norma (curado inicial y curado final).

Uso de nuevas tecnologías

- Sensores de humedad y temperatura en el proceso de curado.
- Aplicaciones digitales para el monitoreo de calidad en tiempo real.

U

Conclusiones

1. El trabajo de la supervisión técnica es determinante en la investigación de resultados bajos en concreto, ya que permite identificar las causas reales de la no conformidad, evaluar la gravedad del impacto estructural y garantizar que las acciones correctivas se basen en criterios técnicos y normativos.
2. La supervisión técnica no solo protege la integridad de la obra, sino que también fortalece el control de calidad, promueve la mejora continua en los procesos constructivos y asegura la toma de decisiones responsables frente a la seguridad estructural.
3. La supervisión técnica no solo debe actuar como vigilante, sino también como un ente preventivo y de mejora continua, asegurando que los errores no se repitan y que la obra se mantenga dentro de los estándares técnicos exigidos por la normativa.
4. Es importante implementar los planes de mejora recomendados cuando se presentan resultados bajos en concreto, ya que estas acciones correctivas y preventivas permiten identificar las causas raíz y evitar la recurrencia de no conformidades.

ESPECIAL
Supervisión técnica
aplicada en obra

**HECHOS EN
CONCRETO**

PREGUNTAS

ALION
Molins[®] corona

ESPECIAL
Supervisión técnica
aplicada en obra

**HECHOS EN
CONCRETO**

**¡MUCHAS
GRACIAS!**

ALION
Molins[®] corona