



**Manual de procesos constructivos como herramienta en las actividades de supervisión técnica**

Daniela Henao Serna

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Civil

Tutor

Asesor Interno: Roberto José Marín Sánchez, Doctor (PhD)

Asesor Externo Juan David Arboleda Ríos, Especialista (Esp)

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

---

<b>Cita</b>	<i>(Henaó Serna, 2021)</i>
<b>Referencia</b>	<i>Henaó Serna, D., (2021). Manual de proceso constructivo como herramienta en las actividades de supervisión técnica, [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.</i>
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

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

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

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

## TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen .....	6
2. Introducción.....	7
3. Objetivos.....	8
3.1. Objetivo general.....	8
3.2. Objetivos específicos .....	8
4. Marco Teórico .....	9
5. Metodología.....	15
6. Resultados.....	16
6.1. Manual de procesos constructivos como herramienta en las actividades de supervisión técnica.....	16
6.1.1. Materiales .....	16
6.1.2. Calidad del concreto, mezclado y colocación .....	17
6.1.2.1. Evaluación y aceptación del concreto .....	18
6.1.2.2. Muestras para ensayos de resistencia .....	19
6.1.2.3. Colocación.....	19
6.1.2.4. Mezclado en obra.....	20
6.1.2.5. Curado .....	20
6.1.3. Excavación y vaciado de pilas manuales .....	21
6.1.3.1. Condiciones previas .....	21
6.1.3.2. Durante la ejecución.....	21
6.1.4. Armado y vaciado de columnas .....	24
6.1.4.1. Condiciones previas .....	24
6.1.4.2. Durante la ejecución.....	24
6.1.5. Armado y vaciado de vigas aéreas .....	26
6.1.5.1. Condiciones previas .....	26
6.1.5.2. Durante la ejecución.....	26
6.1.6. Muro de contención en concreto .....	27
6.1.6.1. Condiciones previas .....	27
6.1.6.2. Durante la ejecución.....	28
6.1.7. Instalación de mampostería.....	30

6.1.7.1. Condiciones previas .....	30
6.1.7.2. Durante la ejecución.....	31
6.1.8. Armado y vaciado de losas en concreto .....	32
6.1.8.1. Condiciones previas .....	32
6.1.8.2. Durante la ejecución.....	33
6.1.9. Recibo y aceptación .....	34
6.1.10. Discusión.....	35
7. Conclusiones.....	37
8. Referencias bibliográficas .....	38

---

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Control de ejecución que debe realizar el supervisor técnico NSR-10. .... 10

Tabla 2. Ensayos de materiales más relevantes que deben hacerse de acuerdo con las normas técnicas colombianas NTC. .... 17

Tabla 3. Factor de ajuste para la desviación estándar cuando se dispone de menos de 30 ensayos. .... 18

Tabla 4. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra. .... 18

Tabla 5. Ensayos a las muestras para ensayos de resistencia. .... 19

---

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología implementada. .... 16

Figura 2. Colocación del acero de refuerzo. .... 22

Figura 3. Proceso de vaciado de pilas con sistema tremie..... 23

Figura 4. Nivel de vaciado de la pila de cimentación..... 23

Figura 5. Armado del acero de refuerzo en columna. .... 24

Figura 6. Humedecimiento del concreto durante los siete días posteriores al vaciado. .... 25

Figura 7. Vaciado de viga aérea. .... 27

Figura 8. Armado del acero de refuerzo en muro de contención de concreto..... 28

Figura 9. Limpieza de la superficie para el muro de contención..... 29

Figura 10. Cimentación para el muro de contención..... 29

Figura 11. Toma de muestras para ensayos de resistencia a la compresión del concreto. ... 30

Figura 12. Lleno de mortero en las celdas de la mampostería ..... 32

Figura 13. Muro en bloque de concreto con acero de refuerzo ..... 32

Figura 14. Vaciado de losa en concreto..... 34

## **1. Resumen**

El presente trabajo es un compendio de la práctica académica realizada en la empresa A&L Ingeniería Estructural, en la cual se brindó el apoyo en las actividades de supervisión técnica. Como resultado se logró construir un manual de procesos constructivos en el cual se plasma de manera resumida los diferentes pasos que deben ser tenidos en cuenta en la construcción de estructuras de concreto, al igual que los diferentes controles de calidad que están establecidos en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y en las Normas Técnicas Colombianas NTC para el cemento, los agregados, el agua y el acero de refuerzo.

**Palabras clave:** Procesos constructivos, control de calidad, supervisión técnica, ejecución de obra, especificaciones técnicas.

---

## 2. Introducción

En la actualidad, uno de los retos más grandes que tiene el sector de la construcción es velar por la correcta ejecución de los procesos constructivos buscando garantizar el buen funcionamiento de las estructuras; la calidad en el desarrollo de las actividades constructivas está ligada al papel de la supervisión técnica dado que desde la supervisión técnica se busca el correcto desarrollo de proyectos de construcción de acuerdo con los planos, los diseños y las especificaciones técnicas (**Gómez, 2016**).

Por lo tanto, con el fin de disminuir errores en las prácticas constructivas se presenta la obligatoriedad de la supervisión técnica para estructuras con más de 2.000 metros cuadrados o cuando el diseñador estructural lo solicite en el Título I del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, teniendo en cuenta que para garantizar su cumplimiento se deben establecer procesos constructivos siguiendo estándares de calidad que permitan realizar el seguimiento de la obra que está siendo ejecutada y además, el acompañamiento de un profesional que apruebe los procesos constructivos propuestos por el constructor, que exija la corrección de planos en caso de presentar errores y que alerte sobre posibles deficiencias en la mano de obra, equipos o materiales (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).

Con el presente informe de práctica se busca establecer un manual de procesos constructivos para la empresa A&L Ingeniería Estructural que sirva de herramienta en los procesos de supervisión técnica, permitiendo garantizar los estándares de calidad constructiva de la obra. Se brindarán los pasos y procedimientos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de las diferentes actividades con precisión.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Formular un manual de procesos constructivos como herramienta en las actividades de supervisión técnica, siguiendo las especificaciones técnicas y los requisitos dados por la NSR-10.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la información normativa, las especificaciones vigentes y los conceptos generales referentes a la supervisión técnica en la construcción de obras de infraestructura.
- Elaborar un conjunto de procedimientos que agrupen de manera ordenada y clara el desarrollo de diferentes procesos constructivos siguiendo las diferentes especificaciones técnicas y de calidad de obra.
- Elaborar un manual de procedimientos constructivos a partir de la información recolectada.

#### 4. Marco Teórico

De acuerdo con las definiciones del Reglamento de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) “Se entiende por supervisión técnica la verificación de la sujeción de la construcción de la estructura de la edificación a los planos, diseño y especificaciones realizadas por el diseñador estructural. Así mismo, que los elementos no estructurales, se construyan siguiendo los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador de los elementos no estructurales de acuerdo con el grado de desempeño sísmico requerido” **(Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)**.

Dentro del alcance de la supervisión, se encuentra el control de ejecución de la obra según el grado de supervisión técnica, donde el supervisor técnico deberá inspeccionar y vigilar todo lo relacionado con la ejecución de la obra incluyendo:

- Replanteo.
- Dimensiones geométricas.
- Condiciones de la cimentación y su concordancia con lo indicado en el estudio geotécnico.
- Colocación de formaletas y obras falsas.
- Colocación del acero de refuerzo.
- Mezclado, transporte y colocación del concreto.
- Alzado de muros en mampostería, refuerzos, morteros de pega e inyección.
- Elementos prefabricados.
- Estructuras metálicas, soldaduras, pernos y anclajes.
- Todo lo necesario para garantizar que la obra se ha ejecutado de acuerdo con los planos y las especificaciones.

En la Tabla I.4.3-2 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), presentada a continuación, se presentan los controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra:

**Tabla 1.**

*Control de ejecución que debe realizar el supervisor técnico NSR-10.*

**Tabla I.4.3-2**  
**Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica**

Operación	Supervisión grado A (Continua)	Supervisión grado B (Itinerante)
<b>CIMENTACIÓN</b>		
Replanteo geométrico	•	
Dimensiones geométricas de las excavaciones para fundaciones	•	
Limpieza de fondo de las excavaciones	•	
Sistema de drenaje	•	•
Estratos y niveles de fundación	•	•
Protección de las excavaciones	•	•
<b>CONSTRUCCIÓN Y RETIRO DE FORMALETAS Y OBRAS FALSAS DE MONTAJE</b>		
Alineamiento características geométricas ubicación tolerancias	•	
Acabado de las superficies y su verticalidad	•	
Resistencia y estabilidad ante posibles asentamientos	•	•
Aprobación de los cálculos de la cimbra	•	
Limpieza e impermeabilidad	•	
Aberturas de inspección	•	
Descimbrado - Aprobación del estudio y revisión del proceso	•	•

Operación	Supervisión grado A (Continua)	Supervisión grado B (Itinerante)
<b>COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS</b>		
Grado del acero ( $f_y$ ) diámetro, número de barras, ganchos y longitud	•	•
Empalmes (Traslapados, conexiones mecánicas ó soldadas)	•	•
Colocación, recubrimientos, distancia entre barras, sujeción	•	•
limpieza de las barras y de la zona de vaciado y aspecto superficial	•	•
<b>MEZCLADO, TRANSPORTE, COLOCACION Y CURADO DE CONCRETOS Y MORTEROS</b>		
Aprobación de los diseños de mezclas	•	•
Medios y procedimientos del mezclado	•	•
Medios y procedimientos del transporte	•	•
Medios y procedimientos de colocación y compactación	•	•
Medidas y procedimientos para la toma de muestras	•	•
Tiempo transcurrido entre mezcla y colocación	•	
Homogeneidad y consistencia de los concretos y morteros en estado fresco	•	
Provisiones para vaciado de acuerdo con el clima y el estado del tiempo	•	
Definición de juntas de construcción	•	•
Preparación de superficies, de juntas de construcción y juntas de dilatación	•	•
Sistemas y procedimientos de curado	•	•
<b>ELEMENTOS PREFABRICADOS (Incluye unidades de mampostería)</b>		
Características geométricas, inspección visual (apariencia)	•	•
Condiciones de almacenaje	•	
Curado en obra y/o protección contra la humedad	•	
Medios y procedimientos de transporte e izado	•	•
Sistemas y secuencias de colocación	•	•
<b>TERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA</b>		
Aspecto general de las superficies	•	•
Reparación de defectos superficiales	•	•
Protección contra acciones mecánicas: impacto, sobrecargas, deterioro superficial	•	•
<b>MUROS Y ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA</b>		
Alineamiento, plomo y características geométricas	•	•
Celdas para inyección, limpieza, ventanas de inspección	•	•
Espesor de juntas de pega	•	•
Traba adecuada	•	•
Alturas de inyección	•	•
Tamaño y colocación de tuberías	•	•
Juntas de control	•	•
Colocación de espigos, anclajes, traslapo y ubicación	•	•
Apuntalamientos provisionales	•	

Operación	Supervisión grado A (Continua)	Supervisión grado B (Itinerante)
<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>		
<b>Inspección de los elementos fabricados antes de galvanizar o pintar</b>		
Especificación de materiales, resistencia a la fluencia ( $f_y$ ), diámetro, número de barras, longitud.	•	•
Dimensiones generales, rectitud y distorsión del conjunto	•	•
Identificación y dimensiones de los materiales utilizados de acuerdo con planos y listas de materiales	•	
Ajuste de las dimensiones de los materiales utilizados, de acuerdo con planos y listas de materiales	•	
Calificación de los soldadores	•	•
Biseles, dimensiones de intersticios, placas de respaldo	•	
Procedimientos de soldadura	•	•
Que se hayan efectuado todas las soldaduras especificadas	•	
Cumplimiento de las longitudes y tamaños mínimos especificados de las soldaduras	•	
Grado de fusión con el material base de la soldadura, existencia de porosidades, grietas o socavaciones excesivas en la soldadura	•	
Remoción de escoria	•	
Marcado de las piezas	•	•
Detección de omisión de detalles o componentes	•	
Daños a los elementos	•	•
<b>Inspección y control de galvanizado</b>		
Limpieza previa	•	
Acabado de la capa de zinc	•	
Peso de la capa de zinc	•	
Adherencia de la capa de zinc	•	
Uniformidad de la capa de zinc (inspección visual) para detectar zonas de espesor excesivo, etc.	•	
Fragilidad del acero por efecto del galvanizado	•	
<b>Inspección y control de la pintura</b>		
Limpieza previa	•	•
Acabado (inspección visual)	•	•
Espesor de la capa de pintura	•	
Adherencia de la capa de pintura	•	
<b>Inspección de la estructura montada</b>		
Conexión a los anclajes con las respectivas arandelas y tuercas	•	•
Verticalidad, deflexiones, escuadra y alineamiento de la estructura	•	
Instalación de los arriostramientos previstos	•	•
Rectitud de los elementos instalados	•	
Estabilidad del conjunto	•	•
Correcta ejecución de todas las conexiones atornilladas, con los pernos, tuercas y arandelas completos e instalados con los torques previstos en los planos	•	
Correcta ejecución de biseles, dimensiones de intersticios, placas de respaldo	•	
Correcta ejecución de todas las conexiones soldadas con los tamaños y longitudes previstos.	•	

Operación	Supervisión grado A (Continua)	Supervisión grado B (Itinerante)
Detección de defectos como insuficiente penetración, poros, socavaciones, escoria no removida, etc.	•	
Retoques de pintura, donde ésta se haya deteriorado durante la instalación	•	
<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE MADERA</b>		
Identificación de maderas, contenido de humedad, inmunización y defectos	•	•
Soportes, platinas, conectores, adhesivos, anclas, pernos ,	•	•
Verificación de medidas, niveles, secciones y sistemas de unión	•	•
Verificación de deflexiones, derivas, rectitud, plomo y alineamiento	•	
Protección adecuada de la estructura contra potencial deterioro por entradas de agua en apoyos, y zonas de difícil acceso y mantenimiento	•	
Acabados de superficies de madera, platinas y soportes	•	
Ventilación de áticos y espacios cerrados	•	
Manuales de mantenimiento y operaciones de inmunización	•	
<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ELEMENTOS NO-ESTRUCTURALES (VER NOTA 1)</b>		
Muros de fachada, separados de la estructura	•	•
Muros de fachada, que admitan deformaciones de la estructura	•	
Muros interiores, separados de la estructura	•	•
Muros interiores, que admitan deformaciones de la estructura	•	
Enchapes de fachada	•	•
Áticos, parapetos y antepechos	•	•
Vidrios	•	
Paneles prefabricados de fachada	•	•
Columnas cortas o cautivas	•	•

Nota: Fuente <https://bit.ly/3CQ9oNC> (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

A continuación, se presentan algunos de los conceptos más importantes para la elaboración del manual de procesos constructivos:

- El concreto es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).
- Los agregados son materiales granulares como la arena, la grava y la piedra triturada empleados como un medio cementante para constituir el concreto (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).

- 
- Las columnas son elementos estructurales verticales que tienen como objetivo soportar la carga axial de compresión y en algunos casos momentos flectores, de torsión o esfuerzos cortantes (**García & Mejía, 2012**).
  - Las vigas son elementos estructurales generalmente horizontales que tienen como objetivo atender solitudes de momento flector y en algunas ocasiones de carga axial, fuerza cortante y torsión (**García & Mejía, 2012**).
  - La losa es un elemento estructural horizontal que se encarga de formar los entrepisos en las edificaciones, pueden ser macizas o con nervaduras en una o en dos direcciones (**García & Mejía, 2012**).
  - Las viguetas son elementos que hacen parte de las losas nervadas, generalmente trabajan a flexión (**García & Mejía, 2012**).
  - El curado es el proceso mediante el cual el concreto se endurece y adquiere su resistencia (**García & Mejía, 2012**).
  - Los encofrados y formaletas son moldes de diferentes materiales que pueden ser temporales o permanentes en los que se vierte el concreto para darle forma a los elementos estructurales (**García & Mejía, 2012**).
  - La cimentación es un conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir de forma eficiente y segura las cargas al suelo sobre el que se apoya la estructura conforme a las propiedades mecánicas de este (**Riveros, 2019**).
  - Los muros de contención son estructuras rígidas diseñadas para resistir la presión lateral del suelo, el agua u otro material que se encuentre depositado tras de estas estructuras buscando mantener su estabilidad (**Silva, 2020**).

- Se define como mampostería el sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de los elementos que lo componen que pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras talladas (Cementos Cibao, 2018).

## 5. Metodología

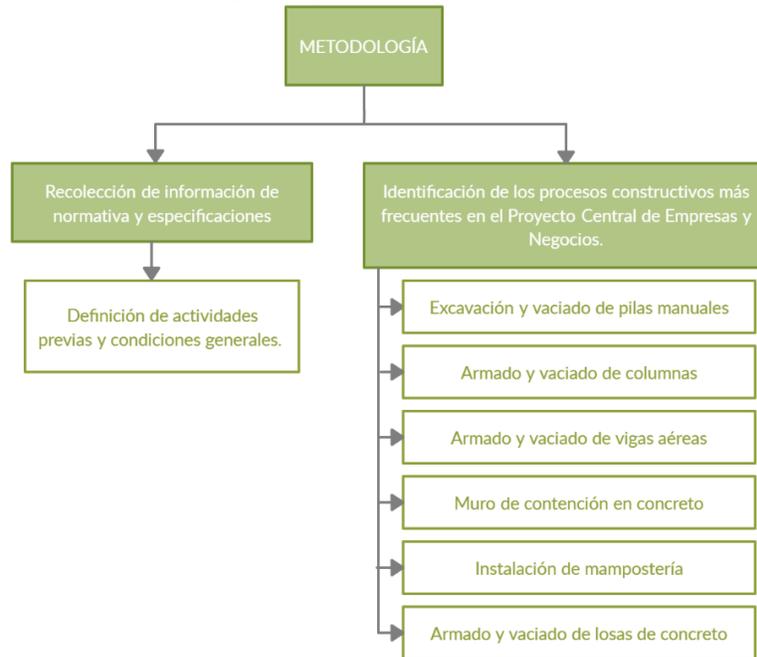
Con el fin de cumplir los objetivos planteados en el presente informe y obtener como resultado el manual de procesos constructivos deseado, inicialmente, se realizó una etapa de recolección de la información en la normativa y las especificaciones vigentes: Norma Técnica Colombiana (NTC) y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Posteriormente, se identificaron los procesos constructivos que de manera frecuente son desarrollados en el Proyecto Central de Empresas y Negocios, con el fin de enfocar el estudio únicamente en estos procesos.

Una vez definidos los procesos constructivos y siguiendo los lineamientos de control de calidad y los requisitos mínimos para la construcción de elementos en concreto establecidos en la norma colombiana se procedió se desarrollar el documento guía para personas que cumplan funciones en los procesos de supervisión técnica.

La Figura 1. presenta la metodología empleada:

**Figura 1.**  
Diagrama de flujo de la metodología implementada.



## 6. Resultados

### 6.1. Manual de procesos constructivos como herramienta en las actividades de supervisión técnica

#### 6.1.1. Materiales

Con el fin de garantizar la calidad de los materiales utilizados en obra, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras representativas de los materiales de la construcción, estos ensayos deben hacerse bajo los parámetros de las normas técnicas colombianas NTC tal y como lo estipula el capítulo C.3.1 de la NSR-10. A continuación, se relacionan los principales materiales utilizados para la construcción de estructuras en concreto y las normas técnicas más relevantes que deben cumplir:

**Tabla 2.**

*Ensayos de materiales más relevantes que deben hacerse de acuerdo con las normas técnicas colombianas NTC.*

MATERIAL	IMPORTANCIA	NORMAS DE REFERENCIA
Cementante	Establece las definiciones relacionadas con la fabricación de los diferentes tipos de cementos.	NTC 31: Cemento. Definiciones.
	Clasifica los cementos con base en requisitos específicos para uso general, alta resistencia temprana, resistencia al ataque por sulfatos y calor de hidratación.	NTC 121: Especificación de desempeño para cemento hidráulico.
	Establece los requisitos que deben cumplir los cementos Portland Tipo 1, 1M, 2, 3, 4 y 5.	NTC 321: Cemento Portland: Especificaciones químicas.
Agregados	Establece los requisitos de gradación y la calidad de los agregados finos y gruesos para uso en concreto.	NTC 174: Especificaciones de los agregados para concretos.
Agua	Busca establecer por medio de ensayos si el agua es apropiada para la elaboración de concreto.	NTC 3459: Agua para la elaboración de concreto.
Acero de refuerzo	Establece los parámetros de aceptación del refuerzo corrugado y liso.	NTC 2289: Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto.

### 6.1.2. Calidad del concreto, mezclado y colocación

En el capítulo C.5 de la NSR-10 se establecen los criterios mínimos para la resistencia, la dosificación, el mezclado y la colocación del concreto:

Dosificación del concreto

- La dosificación del concreto debe garantizar la adecuada durabilidad y resistencia, de manera que, los resultados de resistencia no sean inferiores al  $f'_c$  de diseño (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).
- La NSR-10 exige la comprobación de resultados de muestras preparadas con los diseños de mezcla a 28 días de edad. Además, se requiere un grupo de al menos 30 parejas de ensayos a los mismos 28 días que permitan comprobar la confiabilidad de los diseños y las mezclas producidas como prerrequisito para ser usadas en obra. Mientras esto no ocurra se apela a incrementar las resistencias con factores de

seguridad como lo exige la norma en la Tabla C.5.3.1.2 y Tabla C.5.3.2.2 presentadas a continuación:

**Tabla 3.**

*Factor de ajuste para la desviación estándar cuando se dispone de menos de 30 ensayos.*

**TABLA C.5.3.1.2 — FACTOR DE MODIFICACIÓN PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA CUANDO SE DISPONE DE MENOS DE 30 ENSAYOS**

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

\* Interpolarse para un número de ensayos intermedios.

† Desviación estándar de la muestra modificada,  $s_s$ , para usar en la determinación de la resistencia promedio requerida  $f'_{cr}$  de C.5.3.2.1.

Nota: Fuente <https://bit.ly/3CO9oNC> (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

**Tabla 4.**

*Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.*

**TABLA C.5.3.2.2 — RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA**

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

Nota: Fuente <https://bit.ly/3CO9oNC> (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

**6.1.2.1. Evaluación y aceptación del concreto**

En el capítulo C.5.6 de la NSR-10 se establecen los criterios para la evaluación y aceptación del concreto una vez se ha seleccionado la dosificación y se ha iniciado la obra.

La frecuencia mínima de los ensayos requerida para para cada clase de concreto debe ser de la siguiente manera:

- Una vez cada día que se coloque diferentes clases de concreto, pero no menos que una vez por cada 40  $m^3$  de cada clase colocada cada día, ni menos de una vez por cada 200  $m^2$  de superficies de losas o muros, además, debe tomarse una muestra por cada 50 tandas de mezclado de cada clase de concreto producido en obra (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

- La toma de las muestras para los ensayos de resistencia debe tomarse al azar (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).
- Los resultados de los ensayos de resistencia serán válidos siempre que se promedien las resistencias de dos cilindros de 150 por 300 mm o de al menos tres cilindros de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días de edad o a la edad de ensayo establecida (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).

### 6.1.2.2. Muestras para ensayos de resistencia

Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con la normativa presentada en la siguiente tabla tal y como lo establece la NSR-10:

**Tabla 5.**

*Ensayos a las muestras para ensayos de resistencia.*

IMPORTANCIA	NORMAS DE REFERENCIA
Establece los procedimientos para obtener las muestras representativas de concreto fresco, sobre las cuales se realizan los ensayos para verificar los requisitos de calidad.	NTC 454: Concreto fresco. Toma de muestras.
Establece los procedimientos para la elaboración y curado de los especímenes cilíndricos y prismáticos.	NTC 550: Elaboración de especímenes de concreto en obra.
Establece los procedimientos para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.	NTC 673: Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

Se considera que los resultados cumplen cuando:

- El promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f'_c$  (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).
- Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que  $f'_c$  por más de 3.5 MPa o menor, o por más de  $0.10f'_c$  es mayor a 35 MPa (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).

### 6.1.2.3. Colocación

Se deben considerar las siguientes condiciones para la colocación del concreto:

- El equipo de transporte y mezclado debe estar completamente limpio de impurezas.

- Debe limpiarse la superficie sobre la cual será depositado el concreto.
- El encofrado debe estar recubierto con un desmoldante.
- El refuerzo debe estar completamente limpio, sin sustancias o materiales que puedan evitar la adherencia del concreto.
- El concreto debe depositarse lo más cerca posible a su ubicación final para evitar la segregación.
- Se debe garantizar el estado plástico del concreto, de manera que fluya fácilmente dentro de los espacios entre el acero de refuerzo.
- Evitar la colocación de concreto en superficies que se hayan endurecido de manera parcial o que se hayan contaminado con otro tipo de materiales.
- La colocación del concreto debe realizarse de manera continua, evitando la generación de juntas.
- El concreto debe compactarse cuidadosamente por los métodos adecuados (vibrado o apisonamiento).

#### **6.1.2.4. Mezclado en obra**

La calidad del concreto requiere que los materiales se mezclen hasta que se evidencie una apariencia uniforme de todos los componentes, con una mezcladora que sea aprobada (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**). El proceso de mezclado debe ser al menos por 90 segundos después de la colocación de todos los materiales en el tambor y se debe llevar un registro con la siguiente información:

- Dosificación del concreto producido.
- Localización en la estructura del concreto preparado.
- Hora y fecha de mezclado y colocación.

#### **6.1.2.5. Curado**

En el proceso de curado debe garantizarse una temperatura por encima de los 10°C y condiciones de humedad durante los primeros 7 días luego de su colocación (**Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010**).

### 6.1.3. Excavación y vaciado de pilas manuales

#### 6.1.3.1. Condiciones previas

- Tener el estudio de suelos, dado que este determina el tipo de cimentación a construir, las características y la resistencia del suelo.
- Nivelación del terreno.
- Localización topográfica del eje de la pila y demarcación del perímetro con hilo.
- Definir los sistemas de bombeo y evacuación del agua de las pilas en caso de presencia de nivel freático alto o presencia de agua por lluvia.
- Considerar las dimensiones según las cargas a atender, el tipo de suelo de fundación, el diámetro del anillo, el diámetro de la excavación, la especificación del concreto y el acero de refuerzo.

#### 6.1.3.2. Durante la ejecución

- Realizar la excavación con una obra de mano especializada y bajo la supervisión del personal idóneo. La excavación debe realizarse por dos operarios, un pilero trabajando en la excavación y un auxiliar brindando acompañamiento en la superficie operando el molinete para evacuar el material procedente de la excavación (**Cámara colombiana de la construcción CAMACOL, 1998**).
- La excavación de la pila se debe realizar en tramos de 1.00 metro, con el fin de garantizar la estabilidad del terreno se deben utilizar anillos de concreto en cada uno de estos tramos. Se debe hacer uso de formaleta metálica o un encofrado con tablillas de madera. Este proceso se debe realizar hasta alcanzar el suelo de cimentación definido por el ingeniero de suelos (**Cámara colombiana de la construcción CAMACOL, 1998**).
- Una vez encontrada la profundidad de la cimentación y la previa autorización del ingeniero de suelos, se procede a excavar la campana de acuerdo con los planos. La excavación de la campana se debe realizar el mismo día que se tiene programado el vaciado del concreto con el objetivo de evitar el desprendimiento del suelo por efecto de la gravedad. Cuando se finalice la

excavación, la supervisión técnica y el residente de obra deben realizar la revisión y posterior aprobación.

- El armado del acero de refuerzo de la canasta debe realizarse en la superficie, este armado debe hacerse acorde a los planos estructurales, cumpliendo con los diámetros y longitudes de barra requeridas tanto en el acero longitudinal como en el transversal.

**Figura 2.**

*Colocación del acero de refuerzo.*



- El vaciado de concreto dentro de la pila debe hacerse de una forma cuidadosa para evitar la segregación del material, por lo cual, debe procurarse que la salida de la mezcla se haga lo más cerca posible del nivel de vaciado, para lo cual se utilizan canoas de madera, baldes sostenidos con plumas, embudos con su respectiva tubería (sistema tremie) o bombeo directo desde el mixer.

**Figura 3.**

*Proceso de vaciado de pilas con sistema tremie.*



- Una vez finalizado el vaciado del concreto se debe verificar el nivel, garantizando que esté en la cota requerida.

**Figura 4.**

*Nivel de vaciado de la pila de cimentación.*



## 6.1.4. Armado y vaciado de columnas

### 6.1.4.1. Condiciones previas

- Trazar y verificar los ejes planteados en los planos estructurales.
- Verificar que exista coincidencia entre los planos estructurales y arquitectónicos.
- Tener definida la cota final de vaciado.

### 6.1.4.2. Durante la ejecución

- Realizar el armado del acero de refuerzo de acuerdo con los planos estructurales. Garantizando los traslapos en las zonas adecuadas, las longitudes, los diámetros, el espaciamiento y los recubrimientos de acuerdo con las especificaciones de diseño.

### Figura 5.

*Armado del acero de refuerzo en columna.*



- Colocar la formaleta debidamente preparada con el desmoldante o desencofrante, verificando que se encuentre bien asegurada y así evitar que al momento del vaciado la tapa metálica cambie de posición generando la pérdida de lechada por las juntas.

- Una vez encofrada la columna, se debe garantizar su verticalidad verificando el plomo.
- Realizar el vaciado del concreto, garantizando un buen vibrado y así, evitar la generación de grandes espacios de aire y vacíos (hormigueros) que resten resistencia al concreto del elemento. Se deben extraer muestras de concreto para verificar la resistencia y la calidad de la mezcla. Luego de finalizado el vaciado se debe verificar y corregir la verticalidad del elemento y el nivel final de vaciado. Se debe evitar el vaciado de mas de 3.50 m o 4 m de altura pues la caída libre del concreto desde estas alturas genera la segregación de los materiales.
- Realizar el desencofrado del elemento luego de transcurridas mínimo 12 horas posteriores al vaciado. Se debe realizar una verificación de las características del elemento, apariencia, ángulos y plomos.
- Una vez la columna se desencofre se procederá a mantenerla húmeda mediante la aplicación de agua y tapándola con plástico. Esta actividad se debe ejecutar como mínimo durante 7 días.

**Figura 6.**

*Humedecimiento del concreto durante los siete días posteriores al vaciado.*



### **6.1.5. Armado y vaciado de vigas aéreas**

#### **6.1.5.1. Condiciones previas**

- Las columnas o los elementos que le serán de soporte deben estar contruidos.
- Especificar el material a utilizar cumpliendo las especificaciones del diseño estructural.
- Verificar que exista coincidencia entre los planos estructurales y arquitectónicos.
- Tener definida la cota final de vaciado.

#### **6.1.5.2. Durante la ejecución**

- Realizar el armado del acero de refuerzo de acuerdo con los planos estructurales. Garantizando los traslapos en las zonas adecuadas, las longitudes, los diámetros, el espaciamiento y los recubrimientos de acuerdo con el diseño.
- Ubicar la formaleta bien asegurada teniendo como guía los ejes de la viga. Se debe verificar el plomo del encofrado.
- Realizar el vaciado de la viga, garantizando un buen vibrado y así, evitar la generación de vacíos (hormigueros) en el elemento. Se deben extraer muestras de concreto para verificar la resistencia y la calidad de la mezcla. Luego de finalizado el vaciado se debe verificar nuevamente el plomo y el nivel final.

**Figura 7.**

*Vaciado de viga aérea.*



- Realizar el desencofrado del elemento luego de transcurridas mínimo 12 horas posteriores al vaciado. Se debe realizar una verificación de las características del elemento, apariencia, ángulos y plomos.
- Una vez la viga se desencofre se procederá a mantenerla húmeda mediante la aplicación de agua y tapándola con plástico. Esta actividad se debe ejecutar como mínimo durante 7 días.

**6.1.6. Muro de contención en concreto**

**6.1.6.1. Condiciones previas**

- Contar con los planos estructurales detallados con la localización de los ejes de cimentación.
- Realizar con alta precisión la localización y el trazado de los ejes de referencia para la construcción del muro de contención.
- Tener definida la cota final de vaciado.

#### 6.1.6.2. Durante la ejecución

- Realizar la excavación, verificando las cotas y el nivel establecido en el diseño.
- Garantizar los niveles de cimentación definidos en el estudio de suelos, para ello, el ingeniero de suelos deberá constatar que las condiciones del suelo son las previstas en el diseño, de lo contrario, deberá realizar las modificaciones necesarias.
- Una vez alcanzado el nivel de excavación, se debe fundir una capa de solado con un espesor de 5 a 7 cm.
- Colocar el acero de refuerzo de la cimentación y el refuerzo vertical del muro tal y como se especifica en los planos estructurales, cumpliendo con los diámetros, las longitudes, los traslajos, la separación del acero transversal.

#### Figura 8.

*Armado del acero de refuerzo en muro de contención de concreto.*



- Realizar el encofrado de la cimentación, verificando el estado de la formaleta para garantizar un acabado y vaciado correcto. Si es necesario efectuar el vaciado en varias etapas, tanto de la cimentación como del muro de contención, al interrumpir el vaciado, se debe dejar la superficie lo más rugosa y limpia posible, para la óptima adherencia del concreto a vaciar

posteriormente. Para este caso es recomendable impregnar la superficie con un aditivo epóxico.

**Figura 9.**

*Limpieza de la superficie para el muro de contención.*



**Figura 10.**

*Cimentación para el muro de contención.*



- Realizar el vaciado del concreto, garantizando un buen vibrado y así, evitar la formación de vacíos en el elemento. Se deben extraer muestras de concreto para verificar la resistencia y la calidad de la mezcla. Luego de finalizado el vaciado se debe verificar nuevamente el plomo y el nivel final.

**Figura 11.**

*Toma de muestras para ensayos de resistencia a la compresión del concreto.*



- Realizar el desencofrado del elemento luego de transcurridas mínimo 12 horas posteriores al vaciado. Se debe realizar una verificación de las características del elemento, apariencia, ángulos y plomos.
- Una vez la columna se desencofre se procederá a mantenerla húmeda mediante la aplicación de agua y tapándola con plástico. Esta actividad se debe ejecutar como mínimo durante 7 días.
- Dependiendo de las condiciones en las que quedará el muro, se aplicará sobre la cara interior una impermeabilización.

### **6.1.7. Instalación de mampostería**

#### **6.1.7.1. Condiciones previas**

- Estudiar detalladamente los planos y las especificaciones del proyecto, considerando espesores, tipos de pega, clases de bloques, acabados y alineamiento.
- La superficie donde serán apoyados los bloques debe estar limpia, seca y bien nivelada.

- Los bloques deben estar limpios, libres de cualquier material que no permita la adherencia del mortero de pega. Los bloques no deben presentar grietas ni desbordes.
- En el caso de los muros estructurales con refuerzo se debe anclar el acero de refuerzo verificando la ubicación, el alineamiento de las barras y garantizando las longitudes de traslapo.
- Tener definida la modulación horizontal de los bloques.

#### **6.1.7.2. Durante la ejecución**

- Realizar el trazado del eje del muro sobre la superficie en que será erigido, este replanteo se debe realizar en lo posible haciendo uso de un equipo de precisión.
- Ubicar en los dos extremos del muro dos bloques debidamente aplomados y alineados.
- Colocar un hilo guía tomando como referencia los dos bloques colocados en los extremos de manera que se pueda conservar la alineación de los bloques.
- Iniciar con la colocación de los bloques intermedios y verificar su nivelación.
- Luego de finalizar la primera hilada de bloque se debe ubicar nuevamente el hilo para la siguiente hilada, además, se debe evitar la extensión del mortero de pega por más de 80 cm con el fin de evitar que se endurezca y no permita la adecuada adherencia de la hilada siguiente. Las juntas de mortero de pega entre bloques e hiladas deben estar entre 1 cm y 1.5 cm de espesor para evitar que el muro se debilite. La dosificación del mortero para mampostería debe realizarse siguiendo las especificaciones de la NTC 3329.
- Para la mampostería reforzada verticalmente se deben rellenar las celdas con mortero y se debe garantizar el recubrimiento al acero de refuerzo. El refuerzo horizontal se va colocando a medida que se va avanzando con las hiladas.

**Figura 12.**

*Lleno de mortero en las celdas de la mampostería*



- Haciendo uso del nivel y la plomada se debe realizar la verificación de la verticalidad.

**Figura 13.**

*Muro en bloque de concreto con acero de refuerzo*



### 6.1.8. Armado y vaciado de losas en concreto

#### 6.1.8.1. Condiciones previas

- Estudiar detalladamente los planos y las especificaciones propias del proyecto, considerando condiciones como el funcionamiento de la estructura,

el tipo de losa, las cargas de construcción, las dimensiones, la altura de vaciado, los bordes de losa, las tuberías o redes que pasen por la losa.

- Para losas apoyadas directamente sobre el terreno se debe tener la superficie completamente nivelada y compactada, con la base granular que cumpla los requerimientos de densidad.
- Para losas aéreas se debe desarrollar la obra falsa garantizando el soporte de las cargas que va a soportar, cabe mencionar que no se permite el armado de obras falsas en pisos con desnivel, con excavaciones u otro tipo de condiciones que puedan afectar la estabilidad. Además, se deben tener contruidos los elementos estructurales que servirán de apoyo a la losa que será vaciada.

#### **6.1.8.2. Durante la ejecución**

- Realizar el trazado de los ejes, los bordes de losa, considerar los vacíos o discontinuidades que la losa pueda tener. Esta referenciación debe ser en lo posible con un equipo topográfico de precisión.
- Armar el encofrado con los apuntalamientos necesarios de manera que este resista las cargas durante la construcción de la losa, hasta que esta adquiera la resistencia propia del elemento estructural.
- Colocar el acero de refuerzo acorde al diseño estructural.
- Si la estructura requiere dejar embebida la tubería y los conductos estos deben ser asegurados en el proceso de vaciado para evitar que se muevan.
- Realizar el vaciado del hormigón teniendo en cuenta la estabilidad de la formaleta y la obra falsa. El hormigón se debe poner por capas hasta completar el espesor que se desea, además se debe ir realizando el vibrado del concreto para garantizar la compactación.
- En el proceso de curado se debe evitar que el agua se evapore y genere agrietamiento por la pérdida de humedad.

- El desencofrado debe realizarse una vez la losa haya logrado adquirir la suficiente resistencia para atender las cargas de trabajo para las cuales fue diseñada.

**Figura 14.**

*Vaciado de losa en concreto.*



#### **6.1.9. Recibo y aceptación**

- El criterio principal de aceptabilidad del concreto reforzado es la resistencia a la compresión a los 28 días de producido y colocado en el elemento estructural fundido. La evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia del concreto debe realizarse siguiendo lo establecido en la NTC 2275.
- En columnas no se aceptan desvíos respecto a los ejes de más de 1 cm sobre cada eje, en la verificación de la verticalidad no se admiten desplomes de más de 5 mm por cada 3 m de altura. En lo referente a la calidad del vaciado se verificará la ausencia de vacíos u hormigueros, en caso de su aparición de manera superficial sin afectaciones sobre el núcleo de la columna estos podrán ser reparados, de lo contrario, se debe demoler el elemento.
- En las pilas de cimentación no se aceptan desvíos respecto a los ejes en más de 1 cm sobre cada eje, en la verticalidad de la excavación no se permiten desvíos de más del 1.0% de la profundidad. Se debe garantizar el estrato portante definido por el ingeniero geotecnista en el estudio de suelos.

- En los muros de mampostería no se aceptan muros que presenten desplomes mayores de 1 cm en 3 m.
- El acero de refuerzo en cada uno de los elementos como columnas, vigas, muros de contención, pilas de cimentación y losas de hormigón será aceptado si se cumple con la ubicación respecto a los ejes, la verticalidad, la longitud de los ganchos, la longitud de los traslapos, los recubrimientos y el respectivo aseo.

Cabe mencionar que las tolerancias aquí presentadas no son absolutas, estas fueron definidas basadas en la experiencia en obra, las tolerancias podrán variar de acuerdo con los planes de calidad y la categoría de cada proyecto. La definición de este parámetro es de vital importancia para establecer niveles de aceptabilidad entre el personal de obra, la supervisión técnica y la dirección de la obra.

#### **6.1.10. Discusión**

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente en el Título C – Concreto estructural, capítulo C.1 en el cual se presentan los requisitos generales establece que las construcciones en concreto deben ser inspeccionadas durante todas las etapas bajo la supervisión de un profesional facultado o por un supervisor técnico calificado capaz de comprobar que la construcción se desarrolló de acuerdo con los documentos de construcción (planos de diseño y las especificaciones del proyecto), en este orden de ideas, y con el fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de construcción y la correcta inspección de los procesos surge el “Manual de procesos constructivos como herramienta en los procesos de supervisión técnica”, de manera que el supervisor técnico o el interventor puedan remitirse a un documento que los guíe en los procesos de verificación y certificación de las actividades que componen el desarrollo de la obra.

La realización del manual se fundamentó en los requerimientos presentados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y a las Normas Técnicas Colombianas (NTC) en todo lo referente a los ensayos del concreto fresco, la dosificación, la resistencia, las condiciones de aceptabilidad del acero de refuerzo, el

mezclado, la colocación y el curado del concreto, sin embargo, el planteamiento de los procesos constructivos se basó en una construcción de las actividades desde la experiencia en obra, los planes de calidad establecidos por los constructores y la interacción entre residentes, maestros y supervisión técnica, con el único objetivo de entregar un producto final que cumpla todos los requerimientos de calidad. Cabe aclarar que los procesos constructivos aquí descritos no van a los detalles particulares de cada actividad, que ante cada una de las particularidades deberán remitirse directamente a los diseñadores y a las decisiones concertadas por el equipo de trabajo.

## 7. Conclusiones

- Los procesos constructivos plasmados en este informe de práctica buscan ser una guía que oriente el desarrollo de las diferentes actividades que conforman una construcción, siguiendo parámetros de calidad tanto en la ejecución como en el uso de los materiales adecuados.
- El manual elaborado se presenta como un documento que pueda acogerse al trabajo de campo, que permita validar los pasos a seguir, de manera que se logre estandarizar los procesos y se establezcan principios básicos en los proyectos de construcción.
- Las actividades de supervisión técnica están ligadas directamente a cada una de las etapas de ejecución y control, buscan hacer cumplir todos los principios de calidad con el objetivo de presentar un informe final y un certificado técnico de ocupación (bajo gravedad de juramento) que avale el control de planos, el control de las especificaciones, el control de materiales, el control de calidad, el control de ejecución y el control de los elementos no estructurales, de manera que manifieste el cumplimiento de la NSR-10 en el proyecto sometido a supervisión.

## 8. Referencias bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente*. Bogotá.
- Cámara colombiana de la construcción CAMACOL. (1998). *Especificaciones técnicas de construcción*. Bogotá.
- Cementos Cibao. (Mayo de 2018). *Cementos Cibao*. Obtenido de <https://bit.ly/3kHmztQ>
- Equipo técnico del programa de mejoramiento de vivienda . (2011). *Manual de especificaciones técnicas de construcción para el mejoramiento de vivienda* . Bogotá .
- García, A., & Mejía, A. (2012). *Procesos y procedimientos para la construcción de estructuras en concreto*. Manizales.
- Gómez, L. D. (2016). *Guía práctica de supervisión técnica para la estandarización de procedimientos obligatorios en la construcción de estructuras de edificaciones según NSR-10*. Tunja.
- Riveros, C. (2019). *Estructuras de Hormigón*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Silva, O. J. (Julio de 2020). *Argos 360*. Obtenido de <https://bit.ly/3F65vGi>