

Guía práctica para la Supervisión de Obra  
de acuerdo al NSR 10 - Título I

Javier Arley López Aguilar

Monografía para optar el título de Especialista en Estructuras

Director

Luis Eduardo Zapata Orduz

Ph.D. en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Especialización en Estructuras

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

### **Dedicatoria**

*A pesar de que he dado mi mayor esfuerzo a lo largo de estos años debo reconocer que si no hubiese sido por la mano de Dios no hubiese logrado terminar mi carrera. Señor mío, te agradezco por esta gran bendición.*

*A mi madre, por el gran amor y la devoción que tienes para con tus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla... no hay palabras en este mundo para agradecerte, mamá.*

*A mi abuelo, porque fuiste siempre un ejemplo incuestionable de fortaleza, integridad, sabiduría y responsabilidad, por apoyarnos incondicionalmente en todo momento, solo gratitud y respeto tengo a la herencia que dejaste.*

### **Agradecimientos**

Querido Dios, quiero agradecerte todo el apoyo que me has dado durante los años que he venido avanzando en mi carrera profesional y por esta meta alcanzada, pues sin tu ayuda y la fe que tengo en ti, no lo hubiera logrado. Gracias Señor por estar siempre a mi lado.

A mi familia quienes siempre estuvieron animándome y fortaleciendo este proyecto que es tanto o más de ellos que mío, ya que siempre han sido el motivo y fortaleza que me impulsa a mejorar.

A mi novia Mileidy Forero, quien me estuvo apoyando e impulsando a cumplir con este gran logro de mi vida profesional.

**Tabla de Contenido**

Introducción	13
1. Objetivos	15
2. Descripción de la NSR-10 Título A	16
3. Descripción de la NSR-10 Título I. Supervisión Técnica	25
3.1 Supervisión	25
3.2 Características de un supervisor	26
3.3 Fases de una supervisión de obra	26
3.3.1 Recomendaciones para la documentación de las labores de supervisión técnica	28
3.4 Deontología y ética del supervisor	30
3.5 Obligación de la supervisión técnica y las fallas de construcción	32
3.6 La supervisión y las fallas en construcción	35
4. Alcance de la supervisión técnica	40
4.1 Aspectos a cubrir por la supervisión técnica	40
4.2 Controles exigidos por la supervisión técnica	48
4.3 Alcance y grados de supervisión	49
4.4 Procedimientos de control. NSR-10 Título I	50
4.4.1 Control de planos	50
5. Relación entre códigos, fallas, supervisión y avances en la ingeniería	51
5.1 Estructuras antiguas	51
5.2 La supervisión técnica y el edificio Space, Medellín-Antioquia	54
6. Decreto No 945 de 2017 y la supervisión técnica independiente	58
7. Conclusiones	62

8.	Recomendaciones	63
	Referencias Bibliográficas	64
	Apéndices	68

**Lista de Figuras**

Figura 1	Edificio de las costureras, sismo de 1985, México	18
Figura 2	Edificio de Televisa, sismo de 1985, México	18
Figura 3	Hotel Regis, sismo de 1985, México	19
Figura 4	Edificio Colonia La Roma, sismo de 1985, México	20
Figura 5	Zonas de amenaza sísmica para edificaciones según la NSR-10	21
Figura 6	Separación sísmica para edificaciones según la NSR-10	23
Figura 7	Edificación sismo resistente, Nápoles - Italia	24
Figura 8	Edificio el Helicoide, Caracas - Venezuela	24
Figura 9	Código de Hammurabi	33
Figura 10	Desplome de puente vehicular en construcción, entre Bogotá y Villavicencio, Colombia	34
Figura 11	Derrumbe del edificio de las Tiendas Sampoong, Seúl - Corea del Sur	36
Figura 12	Otra vista del derrumbe del edificio Sampoong, Seúl - Corea del Sur	37
Figura 13	Accidente en el Hotel Hyatt Regency de Kansas City, EEUU	39
Figura 14	Laboratorio de Caracterización de Materiales de Construcción con acreditación Norma 17025	42
Figura 15	Marcado de barras sistema métrico según NTC2289	43
Figura 16	Composición mínima del acero según NTC2289	44
Figura 17	Diseño de las barras corrugadas de acero según NTC2289	44
Figura 18	Descripción geométrica de las barras según NTC2289	45
Figura 19	Puente antiguo al norte de Italia que debe ser reevaluado	53
Figura 20	Iglesia barroca colapsada por sismo, Arequipa Perú	54
Figura 21	Observaciones encontradas en los archivos de supervisión	56
Figura 22	Falla de columna, edificio Space	57

**Lista de Tablas**

Tabla 1	Número de designación de las barras corrugadas según la NTC2289	43
Tabla 2	Cualidades del supervisor	59

**Lista de Apéndices**

Apéndice A Revisión y verificación diseño estructural

68

**RESUMEN**

<b>TÍTULO:</b>	GUÍA PRÁCTICA PARA LA SUPERVISIÓN DE OBRA DE ACUERDO AL NSR 10 - TÍTULO I <sup>1</sup>
<b>AUTOR:</b>	JAVIER ARLEY LÓPEZ AGUILAR <sup>2</sup>
<b>PALABRAS CLAVE:</b>	NSR-10, supervisión técnica independiente, inspección, colapso estructural

**DESCRIPCIÓN:**

El trabajo monográfico que a continuación se presenta, explica la interpretación del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, conocido como: NSR-10, Título I, desde el punto de vista de la práctica profesional. Aquí se detalla punto por punto, las recomendaciones que deben tomarse en cuenta para aplicar de manera adecuada el reglamento, además de asuntos referentes al perfil profesional del supervisor, de su personal auxiliar, de los asuntos concernientes a pruebas y ensayos a ser considerados. La ética y su relación con el liderazgo supervisor, así como la deontología del supervisor, las conductas que deben ser erradicadas de cualquier acción de supervisión. El uso de ejemplos puede ser utilizado como una manera de capacitar a los profesionales sobre la supervisión técnica en sistemas estructurales y no estructurales de concreto reforzado, relacionando la importancia de conocer y aplicar códigos, fallas y supervisión. Por último, se presentan las descripciones de casos emblemáticos de colapso, explicando la importancia de la supervisión, como acción que da visto bueno o no a la obra en construcción; se reflexiona que no se siguieron las recomendaciones que se encuentran en este reglamento. Se recomienda la lectura de este trabajo para supervisores experimentados, pero también para quienes se inician en estas labores, así como para contratistas y autoridades con jurisdicción en estas tareas.

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Facultad de Fisicomecánicas. Especialización en Estructuras. Director: Luis Eduardo Zapata Orduz. Ph.D. en Ingeniería Civil.

**ABSTRACT**

<b>TITLE:</b>	GUIDES PRACTICE FOR THE SUPERVISION OF IT WORKS AGREEMENT TO THE NSR 10 - TITLE I
<b>AUTHOR:</b>	JAVIER ARLEY LÓPEZ AGUILAR
<b>KEYWORDS:</b>	NSR-10, independent technical supervision, inspection, structural collapse

**DESCRIPTION:**

The monographic work presented below explains the interpretation of the Colombian Regulations for Construction of Resistant Earthquake, known as: NSR-10, Title I, from the point of view of professional practice. Here are detailed, point by point, the recommendations that must be taken into account in order to properly apply the regulations, in addition to matters related to the professional profile of the supervisor, of his auxiliary staff, of matters concerning tests and trials to be considered. Ethics and its relationship with supervisory leadership, as well as the deontology of the supervisor, the behaviors that must be eradicated from any supervisory action. The use of examples can be used as a way to train professionals on technical supervision in structural and non-structural systems of reinforced concrete, relating the importance of knowing and applying codes, failures and supervision. Finally, descriptions of emblematic cases of collapse are presented, explaining the importance of supervision, as an action that gives approval or not to the work under construction; It is reflected that the recommendations found in these regulations were not followed. The reading of this work is recommended for experienced supervisors, but also for those who begin in these tasks, as well as for contractors and authorities with jurisdiction in these tasks.

---

<sup>1</sup>Monograph

<sup>2</sup>Faculty of Physicomechanics. Specialization in Structures. Director: Luis E. Zapata Orduz. Civil Engineer Ph.D.

## Introducción

El éxito de la construcción de una edificación es uno sólo, lograr su construcción dentro del tiempo previsto, tal como fue concebida, al costo estimado, cumpliendo con la función que esperan propietarios, diseñadores, constructores, autoridades jurisdiccionales, es decir, cumplir con las normas y reglamentos, usando los materiales adecuados, con prácticas acordes en lo establecido en la ley.

La supervisión técnica constituye una tarea paralela al ciclo del proyecto, en la práctica equivale a la implementación de sistemas integrados de calidad, de acuerdo con Palomino (2014), se convierte en una necesidad que no pretende mecanizar actividades y procedimientos, sólo busca optimizar del producto final, la preservación de la vida de las personas, al final se verá reflejado en los costos.

El objetivo de esta monografía, es elaborar un documento basado en los requisitos de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título I – Supervisión técnica (2010), el cual fue creado por medio del Decreto Ley 400 de 1984, como un primer intento de normalización del diseño y construcción de estructuras en el medio colombiano. Posteriormente se aprobó en el Congreso de la República de Colombia la Ley 400 de 1997, al amparo de la cual, se expidieron los Reglamentos de Construcción Sismo Resistente NSR-98 (1998), que sustituyó al código de 1984, y la actualización expedida en el 2010 como Reglamento NSR-10 (García, 2014). El cual aparecerá en el texto, con las siglas NSR-10 en adelante.

Se profundizará en cada uno de los puntos del reglamento nombrado, que contemple criterios y recomendaciones derivadas de la experiencia profesional en la materia, los conceptos,

normatividad, teorías y tecnología existente; para mejorar la calidad de los sistemas estructuras y la construcción de elementos no estructurales de concreto reforzado.

También se citarán algunos casos emblemáticos de colapsos estructurales, indicándose como la supervisión de obra es muy importante para lograr el éxito de todo constructor, que es el de crear infraestructura para mejorar la vida sobre el planeta y por último se comentará acerca de la modificación del Decreto N° 945 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2017), a través del cual se modificó parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.

En definitiva, esta monografía es una oportunidad para divulgar sobre la importancia de la supervisión técnica independiente en futuras construcciones. Además, es un trabajo dirigido a profesionales en el área, estudiantes, académicos y practicantes con interés en las múltiples aristas que se tocan en este texto académico.

## 1. Objetivos

### Objetivo General

Elaborar un documento basado en los requisitos de Supervisión Técnica Independiente del Título I de la NSR-10, que contemple aportes de la bibliografía científica reciente; con el fin de mejorar la calidad de supervisión técnica en sistemas estructurales y no estructurales de concreto reforzado en Colombia.

### Objetivos Específicos

- ✓ Recopilar los conceptos y teorías relevantes de la supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado existentes en la NSR-10 en Colombia.
- ✓ Describir los requisitos de control de supervisión técnica: planos, especificaciones, materiales, así como los ensayos y ejecución de obra.
- ✓ Elaborar formatos y guías, aplicables para la supervisión técnica según Título I de la NSR-10, los cuales cubran en forma eficiente todo el alcance del Título dispuesto en el Artículo I.2.3.1 de la NSR-10 y el Decreto número 945 de 2017.

## 2. Descripción de la NSR-10 Título A

Este estudio contempla el conocimiento y aplicación para la supervisión del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 Título A (2010). En este documento están los requisitos generales de diseño y construcción sismo resistentes, basado en las normas sismo resistentes colombianas, las cuales comprenden:

- La Ley 400 de 1997. Esta ley se enfoca en el diseño de edificaciones considerando el efecto de fuerzas sísmicas o catástrofes naturales, definiendo responsabilidades profesionales, y es en esencia la ley por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo-resistentes, (Ley 400, N. 43113, agosto de 1997).
- La Ley 1229 de 2008. Esta ley es una modificación de la ley 400 de 1997, incluyendo el supervisor técnico y la supervisión técnica con rango y fuerza de ley.
- La NSR-10
- Las resoluciones de la “Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes”, del gobierno nacional, adscrita al Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y creada por el artículo 39 de la ley 400 de 1997.

En razón de lo anterior, es pertinente conocer en detalle la NSR-10, Título A, en principio porque es de vital importancia tener estándares y parámetros generales a la hora de construir, como bien lo señala Mejía (2019), el reglamento NSR-10, brinda criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones, además, los factores que lo motivan y afectan. La NSR-10, Título A, está organizado temáticamente en once títulos, de acuerdo con lo prescrito en el Artículo 47 de la Ley La 400 de 1997 así:

**TÍTULO A.** Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

**TÍTULO B.** Cargas

**TÍTULO C.** Concreto estructural

**TÍTULO D.** Mampostería estructural

**TÍTULO E.** Casas de uno y dos pisos

**TÍTULO F.** Estructuras metálicas

**TÍTULO G.** Estructuras de madera y estructuras de guadua

**TÍTULO H.** Estudios geotécnicos

**TÍTULO I.** Supervisión técnica.

**TÍTULO J.** Requisitos de protección contra el fuego en edificaciones.

**TÍTULO K.** Otros requisitos complementarios

Los ingenieros pueden desempeñarse en el diseño, en la construcción y en la intervención de obras, por mencionar algunas de sus principales ocupaciones profesionales, sin embargo, como constructores Vallejo (2007), afirma que *“es necesario identificar los problemas jurídicos cuando se hace la contratación”* (p.98), de allí, la importancia de reconocer el alcance del reglamento NSR-10, en el campo jurídico, pues se refiere a este texto como “Al espíritu de la ley”<sup>3</sup>. Aquí, en orden jerárquico se enumeran los objetivos a cumplir por este reglamento:

1. Reducir las fatalidades como consecuencia del evento sísmico, luego preservar el patrimonio público y privado, es decir, que los ocupantes de una edificación deben salir con vida, sin que las pérdidas materiales desmeriten el diseño sismo-resistente implementado. Un caso emblemático, que ha sido objeto de numerosos estudios, según Allier (2018), es el sismo ocurrido el jueves 19 de septiembre de 1985 en la ciudad de México, el cual alcanzó una magnitud de 8.1 grados en la escala de Richter, colapsando grandes estructuras, y a su vez

---

<sup>3</sup> Las leyes poseen una letra (lo que consta escrito) y un espíritu, que es lo que motivó al legislador a dictarla, y muchas veces esa intención no está muy clara en lo que se ha dejado plasmado, pudiendo la interpretación que se haga a posteriori por los jueces diferir de lo querido por el legislador. Recuperado de <https://derecho.laguia2000.com/derecho-romano/el-espiritu-de-la-ley>

causando muchas fatalidades, tal como ocurrió en el edificio de las costureras (ver Figura 1), en la sede Televisa, Figura 2, o en el Hotel Regis, Figura 3. En las imágenes puede apreciarse la magnitud de la destrucción, y como el colapso estructural causó enormes pérdidas humanas e hizo muy difícil el rescate de víctimas por los enormes riesgos que representaban los escombros a los equipos de rescate y salvamento.



**Figura 1.** Edificio de las costureras, sismo de 1985, México. Adaptado de [Fotografía de Cuartoscuro]. (México, 2019). Archivo fotográfico del Periódico Vanguardia.



**Figura 2.** Edificio de Televisa, sismo de 1985, México. Adaptado de [Fotografía de Cuartoscuro]. (México, 2019). Archivo fotográfico del Periódico Vanguardia.



**Figura 3.** Hotel Regis, sismo de 1985, México. Adaptado de [Fotografía de Cuartoscuro]. (México, 2019). Archivo fotográfico del Periódico Vanguardia.

2. El reglamento debe generar diseños que ante la presencia de eventos sísmicos leves permitan que las estructuras sufran daños a los elementos no estructurales, ante la presencia de eventos moderados sufran daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin que se presente el colapso. Aunque la edificación requiera ser demolida luego del fenómeno sísmico, los ocupantes deben salir preferiblemente por sus propios medios y sin daños ni heridas. En la Figura 4, puede observarse un edificio en la colonia La Roma, en ciudad de México durante el sismo de septiembre de 1985. Esta zona fue muy afectada, el edificio sufrió graves daños estructurales, no colapsó, salvando las vidas de sus ocupantes, aunque posteriormente fue declarado inhabitable y demolido (Allier, 2018).



**Figura 4.** Edificio Colonia La Roma, sismo de 1985, México. Adaptado de [Fotografía de Cuartoscuro]. (México, 2019). Archivo fotográfico del Periódico Vanguardia.

Para cumplir los dos requisitos anteriores, las estructuras deben ser diseñadas de tal forma que ante la acción de un sismo moderado o leve puedan ser reparadas, pero sin exigir que los costos por dichas reparaciones sean desde el punto de vista financiero, factibles de realizar.

Para las edificaciones de atención a la comunidad como: hospitales, escuelas y edificios públicos se espera que el daño producido por eventos sísmicos considerados en el diseño sea reparable, no sea tan severo que inhiba la operación, ocupación inmediata y continuada de la edificación. En resumen, la capacidad de la edificación para resistir sismos debe ubicarse entre dos límites para cumplir con la filosofía básica de las normas que requieren comportamiento elástico para sismo moderado, así como sin colapso con daño aceptable para sismo fuerte.

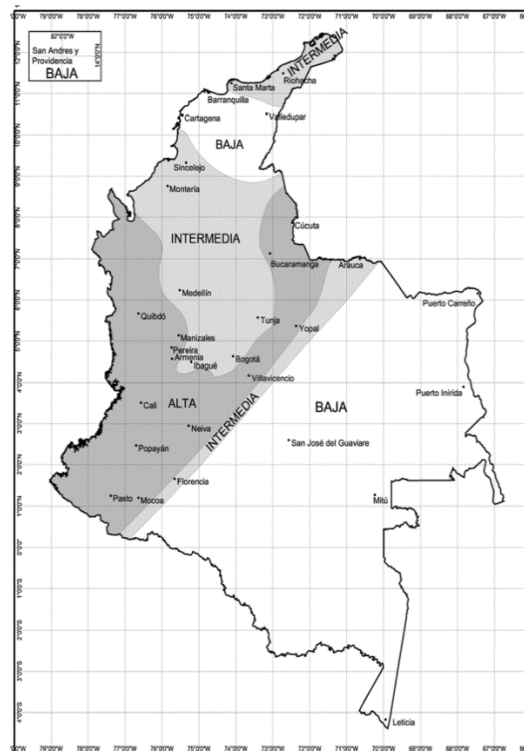
El procedimiento básico de diseño estructural para edificaciones nuevas de acuerdo con la NSR-10, es el siguiente:

1. Pre-dimensionamiento de la estructura. Con base en el concepto arquitectónico se establece un diseño estructural básico que considera la masa de la estructura, cargas muertas,

cargas vivas, efectos sísmicos y fuerzas de viento. Esta es una fase del proyecto multidisciplinaria en coordinación con otros profesionales relacionados con el proyecto.

2. Evaluación de solicitaciones definitivas. Con las dimensiones definidas en el pre-dimensionamiento, se evalúan las solicitaciones que pueden afectar la estructura según el Título B del reglamento NSR-10. Aquí lo más importante es considerar el peso propio de los elementos estructurales, no considerados en el paso anterior. Se calcula la masa total de la edificación, este dato es imprescindible para la determinación de los efectos sísmicos.

3. Ubicación de la estructura en la zona donde será construida. Este es un paso muy importante para adecuar la estructura a la zona de amenaza sísmica, la cual se obtiene de los mapas de zonificación sísmica. Entre otras características a evaluar está la zona donde se encuentre la edificación, esta información está relacionada con la zona de amenaza sísmica representada por los movimientos sísmicos de diseño, la cual puede observarse en la Figura 5.



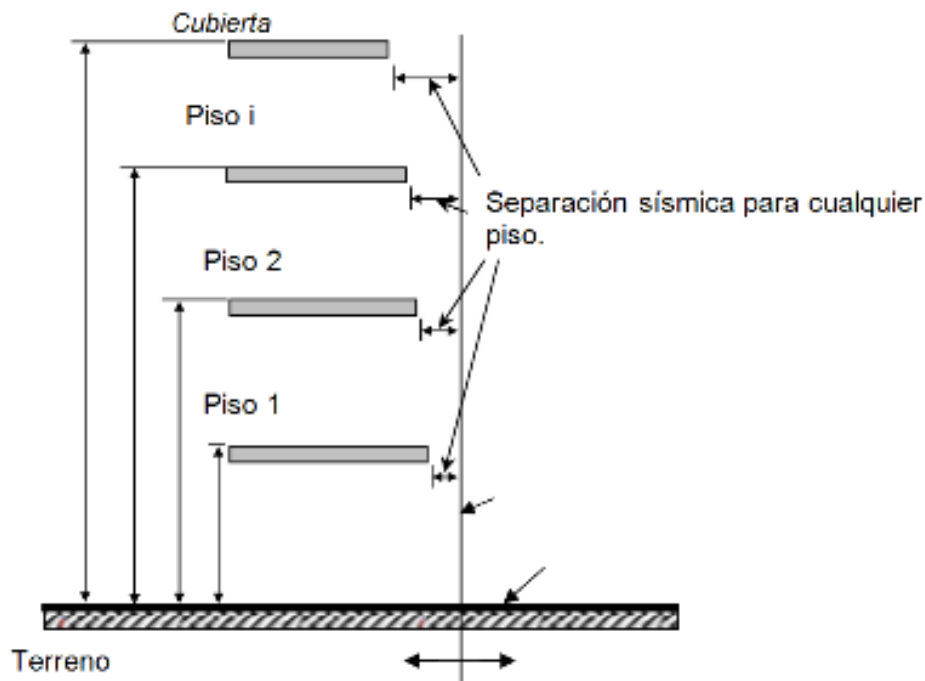
**Figura 5.** Zonas de amenaza sísmica para edificaciones según la NSR-10-10. Adaptado de (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A, pág. 29, 2010).

4. Definición de los movimientos sísmicos de diseño. Para ello deben considerarse la amenaza sísmica, las características del suelo, y la importancia de la edificación para la recuperación de la comunidad, según un coeficiente de importancia, por ejemplo, si es una escuela que podría ser un refugio, o una instalación que podría ser un centro de atención médica.
5. Definir el tipo de sistema estructural. El cual puede ser sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico o sistema dual, aunque el reglamento NSR-10, define las limitaciones al tipo de sistema estructural según la zona de amenaza sísmica en el Artículo 3.9- Uso de elementos de disipadores de energía.
6. Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis. Se consideran la configuración regular o irregular de la estructura, su grado de redundancia, su altura, las características del suelo del lugar y el nivel de amenaza.
7. Determinación de fuerzas sísmicas. Se determinan las fuerzas sísmicas con todos los datos obtenidos, los cuales alimentaran de nuevo el paso 4.
8. Análisis sísmico de la estructura. Se efectúa aplicando los movimientos sísmicos de diseño predefinidos a un modelo matemático de la estructura. Aquí aún no se considera la capacidad de disipación de energía de la estructura. Se calculan también los desplazamientos máximos que generan los movimientos sísmicos a la estructura, y las fuerzas internas que se generan.
9. Evaluación de los desplazamientos horizontales. Se calculan estos desplazamientos horizontales, incluyendo los efectos torsionales de la estructura completa.
10. Verificación de derivas. Comprobación de las derivas de diseño obtenidas no excedan los límites dados por el presente reglamento. Si la estructura excede estos límites, es necesario rigidizar la estructura y completar nuevamente los incisos 8, 9 y 10 con la nueva configuración

estructural.

11. Combinación de las diferentes solicitaciones. Todas las solicitaciones se toman en cuenta para obtener las fuerzas internas de la estructura, considerando el método de diseño de cada material estructural. Para los efectos causados por el sismo de diseño se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas por la capacidad de disipación de energía de la estructura.

12. Diseño de elementos estructurales. Se consideran los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. Los elementos estructurales deben diseñarse considerando el grado de capacidad de disipación de energía requerida, con el fin de enfrentar un sismo en el rango inelástico de respuesta y cumplir con los objetivos de las normas sísmos resistentes. En la Figura 6 puede observarse como debe considerarse la separación mínima en la cubierta en edificaciones colindantes.



**Figura 6.** Separación sísmica para edificaciones según la NSR-10. Adaptado de (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A, pág. 91, 2010).

En la Figura 7 puede observarse una edificación con diseño sismo resistente clásico, representado por la separación sismo-resistente por piso. En el caso mostrado, la edificación se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica, específicamente en Nápoles, Italia.



**Figura 7.** Edificación sismo resistente, Nápoles – Italia. Adaptado de [Fotografía de Daniel Verdú]. (Nápoles, 2019). Archivos fotográficos del Periódico El País, España.

En la Figura 8 puede observarse otra edificación con diseño sismo-resistente. En el caso mostrado la edificación conocida como El Helicoide, fue una magnífica estructura en doble espiral que se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica de Suramérica, específicamente en Caracas, Venezuela (Olalquiaga, 2016).



**Figura 8.** Edificio el Helicoide, Caracas – Venezuela. Adaptado de [Fotografía de Celeste Olalquiaga]. (PRODAVINCI, 2018). Archivo fotográfico imagen del Proyecto Helicoide.

### **3. Descripción del NSR-10 Título I. Supervisión Técnica**

En este apartado se hará la descripción del Título I. Supervisión Técnica del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 Título I, Supervisión Técnica (2010).

El NSR-10 Título I, tiene como finalidad reglamentar el alcance que debe tener la supervisión técnica y las actividades, sus formas de aplicación para el control de supervisión que debe regir para una edificación.

Esta supervisión estará limitada a la construcción del sistema estructural de la edificación, la construcción de los componentes no estructurales tales como: los acabados, elementos arquitectónicos, decorativos, instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, gas, equipos mecánicos, estanterías e instalaciones especiales, son elementos que representan una importancia extrema en el comportamiento dinámico de la estructura durante la acción sísmica.

Para empezar, se deben definir algunos conceptos básicos asociados a la supervisión de obra que deben estar muy claros para el supervisor, a fin de entender la utilidad y aplicación de NSR-10 Título I.

#### **3.1. Supervisión**

La supervisión, es la acción central que se basa en la observación para dar visto bueno a una actividad. En el caso de la supervisión de obra es la acción de dar visto bueno o no a una obra de construcción, vigilando el costo, tiempo y calidad con que se realizan las obras (Arguelles, 2009).

Esta supervisión está bajo un contrato muy estricto, que estipula el cumplimiento de normas y procedimientos propios de cada país. En resumen, la supervisión es la actividad de apoyar y vigilar la coordinación de actividades de tal manera que se realicen en forma adecuada y satisfactoria.

El sujeto protagonista de la actividad de supervisión es el supervisor, quien es la persona representante de quienes financian la obra, a fin de hacer valer que el contratista ejecute lo que el propietario contrató, bajo los lineamientos del diseñador, con las normas y reglamentos que el ente gubernamental estableció para tal obra en particular.

### **3.2. Características de un supervisor**

El supervisor debe ser un profesional, con titulación en las áreas afines a la construcción, ingeniero o arquitecto, con amplia experiencia en gestión de obras, con sólidos conocimientos en diseño estructural y en control de obras, conocedor de leyes, reglamentos, con una independencia e integridad en la aplicación de estos principios para la realización de la actividad encomendada.

De acuerdo con Solís (2004), el trabajo de supervisión, requiere de tres tipos de competencias: “competencias técnicas, habilidades interpersonales, valores y actitudes positivas” (p.55), del concurso de estas tres competencias dependerá su desempeño integral como supervisor. La experiencia indica que este profesional debe poseer una personalidad afable, conciliadora, firme, decidida, sin distinción de género, debe ser alguien que interactúe con el personal de todo nivel de formación sin intimidación, pero con respeto y determinación.

Otras características muy importantes son la seriedad, el orden, la capacidad de organización, es indudable que ejercerá una función de liderazgo, sin desmerito del jefe de obra. Un supervisor asertivo cuida mucho su lenguaje, debe saber decir, dar instrucciones, él sabe que las palabras tienen diferentes significados para diferentes personas (Solís, 2004).

### **3.3. Fases de una supervisión de obra**

El supervisor debe estar presente en las tres fases de las obras, las cuales son de acuerdo con Arguelles (2009), las siguientes:

Previas al inicio: Debe revisar los documentos del terreno, los permisos y trámites ante entes gubernamentales, documentos del diseño detallado, contratistas y subcontratistas. Es decir, la supervisión debe empezar mucho antes de que se dé inicio a la obra. En la realidad es difícil que eso ocurra, razón por la cual el supervisor tiene trabajo pendiente mucho antes de ser contratado. Aunque no parece tener sentido esta afirmación, es una realidad de cómo el supervisor debe afrontar sus actividades.

Al inicio: revisión del proyecto, especificaciones, presupuestos, contratos, adjudicación de contratos a cada subcontratista, además, de la revisión de la planificación para la ejecución de obras. Es una gran cantidad de trabajo, que normalmente debe ser compartida con otros profesionales, aunque el supervisor tendrá asesoría en estas otras áreas, es el quien asume la responsabilidad, por lo tanto, debe estudiar de manera autodidacta en estos otros temas. Es decir, debe saber de leyes, economía y finanzas, a fin de lograr encajar en estos temas o áreas asociados a conceptos legales como las contrataciones, responsabilidades civiles, penales, o la legislación laboral; sin olvidar la seguridad industrial, todos estos aspectos deben ser parte de los conocimientos del profesional responsable de la supervisión.

Durante la obra: debe conocer y saber sobre las normas para pruebas de laboratorio, debe saber cómo contratar, saber de certificaciones y de reputación de laboratoristas, calificaciones de calidad, responsabilidad de quienes contratan, efectúan y usan los resultados de estos ensayos. Sin ser experto en el tema, debe ser conocedor de las normas y ensayos necesarios que exigen las legislaciones, e incluso de aquellas que pueden ser exigidas posteriormente. La toma de muestras y su custodia para la elaboración de ensayos son otras de muchas de estas actividades.

Al finalizar: elaborar finiquitos, recopilar los archivos técnicos, establecer los programas para la aceptación. Es muy importante que el supervisor sea alguien organizado y estricto con el

control de la documentación, ya que en una obra de mediana envergadura puede tener cientos de documentos diferentes, muchos de los cuales suelen ser sujetos a modificaciones, que por ser normalmente pequeñas modificaciones, pueden pasar desapercibidas en el documento final, pueden traer confusiones.

Elaboración del informe final: este documento, que tiene validez legal, debe poseer todos los detalles de la obra, desde los diseños originales, modificaciones, ensayos realizados, observaciones, controversias que se hayan presentado desde el punto de vista técnico, la aceptación final de parte de las autoridades competentes en el área. Normalmente se generarán varias versiones y anexos, que deben estar todos debidamente compilados, con mínimo tres juegos de originales para el propietario, la autoridad competente y el contratista principal.

### **3.3.1 Recomendaciones para la documentación de las labores de supervisión técnica**

Para una mejor labor de documentación durante la supervisión técnica de acuerdo con la NSR-10 Título I (2010), se recomienda en términos generales lo siguiente:

- (a) Con respecto a las especificaciones de la construcción y sus anexos. Se refiere a los cálculos estructurales, planos de planta, arquitectónicos y de detalle, cómputos, memorias descriptivas, recomendaciones adicionales. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).
- (b) Con respecto al programa de control de calidad. Se refiere a los controles de suministros, certificación de equipos, cualificación del personal. Aquí estarán guías de entrega, almacenamiento, números de lote y fechas de fabricación de los implementos, equipos y partes. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).
- (c) Con respecto al registro fotográfico. Para ello deben emplearse técnicas de documentación que ilustren detalles específicos, contextualización de las fotografías hechas en plano cerrado, fotografías panorámicas. Es importante documentar y etiquetar con precisión cada

fotografía, ya que por la disponibilidad de la fotografía digital se tiende a generar una enorme cantidad de documentación, pero que sin la debida identificación pierden validez y utilidad.

Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(d) Respecto a los resultados e interpretación de los ensayos de materiales exigidos. El laboratorio debe indicar según la norma respectiva su procedimiento de ensayo, su certificación y la debida cualificación de los laboratoristas encargados de las pruebas, incluso se exigen las debidas pruebas de calibración de equipos empleados en los ensayos. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(e) Respecto a la correspondencia derivada de las labores de supervisión técnica. Deben ir todas las comunicaciones y observaciones entre contratistas, supervisión técnica, propietarios, autoridades competentes y profesionales bajo contrato como asesores o inspectores auxiliares. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(f) Los conceptos emitidos por los diseñadores a las notificaciones del supervisor técnico o del constructor. Se refiere a las respuestas que los diseñadores dan al supervisor cuando este haga observaciones de forma, de fondo, o incluso aclaratorias por muy sencillas que están parezcan. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(g) Todos los demás documentos que por su contenido permitan establecer que la construcción de la estructura de la edificación se realizó de acuerdo con lo reglamentario. Es decir, firmas de recepción, pruebas certificadas del concreto, testimonios, planos firmados. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(h) Una constancia expedida por el supervisor técnico en la cual manifieste que la construcción de la estructura y de los elementos no estructurales se realizó de acuerdo con el reglamento. Será firmada por el constructor, el supervisor, la autoridad competente, el

propietario o el titular de la licencia. Es un documento muy importante, se recomienda sea notariada y debe anexarse a la solicitud de certificado de permiso de ocupación que éste debe solicitar a la terminación de las obras ante la autoridad competente para ejercer el control urbano y posterior de obra. Tomado de la NSR-10 Título I (2010).

(i) Planos. El supervisor técnico debe entregar al final, un juego de planos de la obra, con todas las modificaciones a los planos originales, ya sean por errores en estos o por modificaciones al diseño, y también deben entregarse los planos originales para que en un futuro se entienda la forma en que se modificaron. El supervisor técnico debe conservar otro juego de originales de este registro escrito, al menos por cinco años contados a partir de la terminación de la construcción, de su entrega al propietario y al constructor, o debe consignarlo ante una notaría pública para su resguardo.-NSR-10 Título I (2010).

### **3.4. Deontología y ética del supervisor**

Más allá de la capacidad técnica de un profesional, de sus cualificaciones y experiencia, está la integridad que como persona debe tener para el ejercicio de esta función. El artículo 29 del Código de Ética para el ejercicio de la Ingeniería en general, sus profesiones afines y auxiliares (2003), presenta los postulados éticos del ejercicio profesional: *“El ejercicio profesional de la Ingeniería en todas sus ramas, de sus profesiones afines y sus respectivas profesiones auxiliares, debe ser guiado por criterios, conceptos y elevados fines, que propendan a enaltecerlo”* (p.6).

En la extensión del código se describen los deberes y prohibiciones que los profesionales, deben respetar durante su desempeño profesional en Colombia, Artículos 31 al 45. De manera general, un supervisor, y su personal auxiliar deben evitar incurrir en las siguientes conductas:

- Faltar al honor y al juramento que como profesional se efectúa ante la República de Colombia y las autoridades competentes.

- Actuar o dejar actuar en la infracción de las leyes que regulan la profesión y en particular en contra de las leyes que protegen el medio ambiente.
- Evadir las responsabilidades propias del desempeño profesional.
- No sustituir o reemplazar a otros profesionales, ingenieros o arquitectos en la prestación de servicios profesionales, que incurran en prácticas reñidas con la ética profesional.
- Firmar, estudios, proyectos, planos, especificaciones, informes, memos, cartas y resoluciones que no hayan sido elaborados, ejecutados, controlados o revisados personalmente y en detalle, o que contengan vicios o flagrantes violaciones a las leyes, reglamentos u ordenanzas establecidas.
- Aceptar prestar servicios profesionales por remuneraciones inferiores a los respectivos baremos, cuando éstos estén establecidos.
- Cometer plagio al utilizar estudios, proyectos, planos, informes u otros documentos que no sean de dominio público, sin autorización de sus autores o propietarios.
- Violar pactos o acuerdos de confidencialidad al revelar datos reservados de índole técnica, financiera o profesional, así como divulgar, sin la debida autorización, procedimientos, procesos o características sin la autorización respectiva.
- Por omisión incurrir en acciones negligentes en el desempeño de la actividad profesional.
- Irrespetar normas, procedimientos, acuerdos o prácticas recomendadas establecidas por las autoridades e instituciones de los cuerpos colegiados de ingeniería de la República de Colombia.
- Pedir o aceptar sobornos, pagos o compensaciones con o sin el propósito de afectar negociaciones relacionadas con un servicio profesional.
- Declarar irresponsablemente sin autorización de las autoridades competentes,

especialmente si tales declaraciones conducen a estados de conmoción o pánico en el colectivo, o conducen a daños patrimoniales de privados o afectación de reputación de personas o instituciones.

- No avisar a las autoridades competentes cuando una situación de peligro inminente esté presente, especialmente si esta situación pudiese conducir a fatalidades, lesiones a personas o daños a la propiedad.
- Incurrir en prácticas discriminatorias por raza, credo, género u origen étnico durante el manejo del personal, o en el trato hacia otros.

### 3.5. Obligación de la supervisión técnica y las fallas en construcción

Este trabajo está orientado a la supervisión técnica, y tiene como primordial objetivo evitar la falla que pueda estar asociada al proceso constructivo. No obstante, desde tiempos antiguos los códigos, según García (2014), han sido:

*“Prescriptivos, fijan reglas, lo que se permite hacer y lo que no, pero esto ha ido evolucionando hacia los códigos por desempeño, en los cuales se fijan unos objetivos generales no prescriptivos de desempeño o comportamiento adecuado bajo la responsabilidad de quien desarrolla los proyectos, los diseña, los maneja y los construye con un objetivo final preestablecido” (p. 72).*

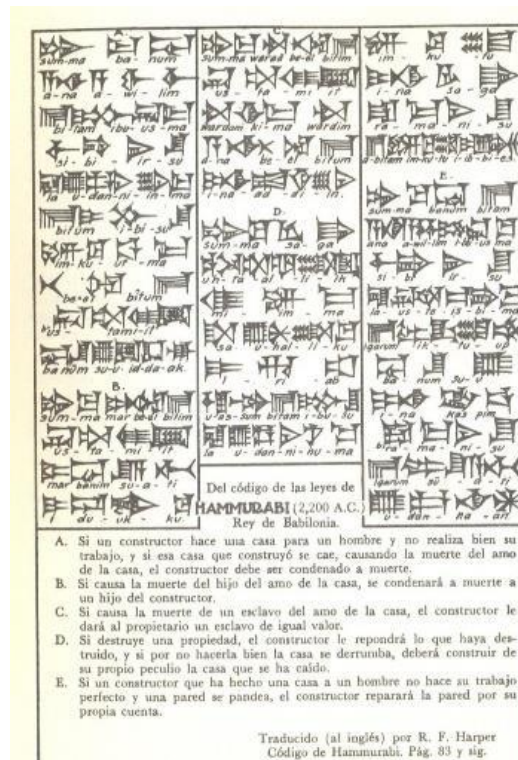
Esto no es nuevo, por ejemplo, el primer documento del que se tiene conocimiento sobre códigos constructivos con objetivos muy claros es el código de Hammurabi<sup>4</sup>, el mismo ha llegado a nuestros días, creado en el año 1760 antes de Cristo, hace más de 3800 años aproximadamente, se conserva intacto en el Museo del Louvre (París), es uno de los primeros conjuntos de leyes que se han encontrado. Es un documento típico de los reglamentos antiguos, un ejemplo de código por desempeño, la difusión de este documento en su época, evitó que se

---

<sup>4</sup> Hammurabi fue el sexto rey de Babilonia desde el año 1792 hasta el 1750 AC y es conocido por promover el que se considera uno de los primeros códigos de leyes escritos de la historia, el cual integra aspectos relativos de la Arquitectura e Ingeniería de la época. El objeto de esta ley era homogeneizar jurídicamente el reino de Hammurabi. Recuperado de <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-codigo-hammurabi-edificios-energia-casimula-codigo-tecnico-edificacion>

siguieran cometiendo errores en la construcción.

En la Figura 9 se detalla cinco aspectos (A, B, C, D, E), en los cuales se responsabiliza al constructor de la obra, de cualquier falla o error durante el proceso de construcción, inclusive la muerte se contemplaba directamente.



**Figura 9.** Código de Hammurabi. Adaptado de (García, P y Bermejo, N, 2019).

La falla está asociada con el colapso de una estructura, o cuando esta deja o de manera inminente dejara de cumplir la función para la cual fue diseñada. Con frecuencia se asocian las fallas en la construcción con muertes, ruina financiera y destrucción de reputaciones, tal y como ocurrió con la tragedia del puente Chirajara, sector el Tablón, en la vía Bogotá - Villavicencio, Colombia, el cual se desplomó durante la construcción y causó nueve muertos, en el año 2017.

En la Figura 10, se observa el desplome del puente vehicular en construcción, entre Bogotá y Villavicencio, Colombia.



**Figura 10.** Desplome de puente vehicular en construcción, entre Bogotá y Villavicencio. Colombia. Adaptado de [Fotografía Dirección Nacional de Bomberos de Colombia]. (EEUU, 2018). Archivo fotográfico de CNN Español.

Este caso y otros similares a este considerados falla, son escasos, pero de graves consecuencias, en función de esto el número de fallas sería prácticamente despreciable desde el punto de vista estadístico con respecto al número de las construcciones que se realizan en la actualidad. Es por ello que el concepto de falla debe ser mucho más abierto, conceptualizándose como toda diferencia entre lo esperado y lo que se logra en un proyecto. Problemas como asentamientos, grietas, vibraciones, riesgos latentes, son todos estos signos de fallas en diseño, especificación o fabricación, y deben ser tratados como fallas, a fin de evitar pérdidas de vidas como la antes citada y mostrada en la Figura 10.

*¿Cuál fue la causa?*

*Falla en el diseño y en el proceso constructivo*

*¿Pudo evitarlo la supervisión?*

*Sí*

La aparición de una falla es un problema a resolver por ingenieros diseñadores, arquitectos, propietarios, financistas, contratistas, inspectores del estado, quienes siempre tienen algún grado de responsabilidad por acción u omisión.

Resolver esta problemática tiene un costo directo, en caso de inversiones a desembolsar por mejoras, multas y demoras, pero hay otros costos que normalmente son mucho mayores y son los de la reputación corporativa de empresas, daños a la imagen de marcas comerciales y productos, esto sin contar las implicaciones legales, que suelen ser onerosas, con consecuencias penales para todos.

Es por ello, que la supervisión técnica debe ser obligatoria, y en una frase la mejor de forma de justificación es porque *Salva Vidas*.

La pregunta es entonces:

*¿La supervisión deficiente o la falta de ella han ocasionado fatalidades?*

Se responderá a este interrogante considerando casos específicos y suficientemente documentados por medios de comunicación con impacto mundial.

### **3.6. La supervisión y las fallas en construcción**

El caso del derrumbe del edificio de las Tiendas Sampoong, estudiado por Almarwae (2017), explica que el 29 de junio de 1995 en el distrito de Seúl Seocho-gu, Corea del Sur, se produjo el mayor desastre en tiempos de paz en la historia de ese país, pues murieron 502 personas y otras 937 resultaron heridas, que se produjo por un fallo en la estructura del edificio. Hasta los ataques del 11 de septiembre en EEUU, fue el derrumbe de un edificio que más víctimas ocasionaron, hasta el derrumbe de un edificio en Savar cerca de Dhaka, Bangladesh, el 24 de abril de 2013, fue el derrumbe de una construcción por causa no relacionado con el terrorismo más grave de la historia. Dejando como saldo fatal 1134 víctimas. Ver Figuras 11 y 12.



**Figura 11.** Derrumbe del edificio de las Tiendas Sampoong, Seúl - Corea del Sur. Adaptado de (Almarwae, 2017).

En este caso, fue la negligencia criminal del dueño quien inicio la catástrofe, al cambiar radicalmente el diseño de la edificación, construir sobre terrenos no aptos, (terrenos destinados a un relleno sanitario), e ignorar múltiples advertencias de especialistas, que durante largo tiempo dieron sus recomendaciones al respecto. Por este caso fueron detenidos, procesados y condenados más de treinta personas, entre dueños, contratistas y funcionarios gubernamentales.

El juicio por daños sumó más de 3.000 casos y resultó en indemnizaciones por unos 350 millones de dólares. La familia propietaria fue despojada de sus posesiones para pagar los costos, y el Grupo Sampoong fue disuelto.

*¿Es posible imaginar peores consecuencias que las descritas antes para un profesional de la construcción?*

*Difícilmente podría ocurrir algo peor*

*¿Con una supervisión adecuada se hubiese podido detener esta tragedia?*

*Definitivamente sí.*

Solo siguiendo un comportamiento ético, pudo haberse evitado la cadena de eventos que condujeron a la tragedia. La acción de desalojar el edificio como última y desesperada acción, pero la supervisión de esta obra tuvo una gran responsabilidad que terminaron pagando todos, además del enorme daño económico a la ciudad donde ocurrieron los trágicos eventos descritos.



**Figura 12.** Otra vista del derrumbe del edificio Sampoon, Seúl - Corea del Sur. Adaptado de (Kari, 2019).

Este caso ilustra como todas las fases de la construcción de una edificación deben ser consideradas con seriedad, diligencia, y no dar por inocua cualquier advertencia o signo que de la estructura provengan, o de especialistas se generen (Kari, 2019). Es por ello que aunque se quiera pensar que existe un solo responsable, son situaciones de origen multifactorial, responsabilidad de varios profesionales los que conducen a la tragedia, que no es una relación causa efecto, sino una cadena de eventos lo que lleva a la catástrofe.

Es común encontrar detrás de las fallas errores de ingeniería, negligencia en la inspección, en el mantenimiento, corrupción, malas interpretaciones del diseño, en definitiva, es una conjunción de todas éstas las que conllevan a la falla, por ello, es el supervisor quien tiene la autoridad de detener o romper con la cadena de eventos antes citada que conduce a estas enormes tragedias.

*¿Causa del colapso?*

*En este caso fue una modificación en el diseño.*

*¿Pudo evitarlo la supervisión?*

*Definitivamente: Sí*

Es muy importante, aunque signifique un sacrificio en costos, cumplir a cabalidad, y sin cálculos ajustados, las leyes, los manuales, normas, procedimientos y prácticas recomendadas a fin de dar un margen de error o de ignorancia para evitar las costosas fallas. Es el supervisor, y la supervisión como acción de este, la que puede salvar vidas, como se mencionó anteriormente.

Volviendo a la interrogante *¿Por qué fallan las estructuras?, ¿Por qué colapsan?*

Otra fase de la investigación asocia el colapso de las construcciones a:

- Errores en el diseño original
- Cambio del diseño original sin aprobación del diseñador
- Cambios en los materiales
- Documentación incompleta, o insuficiente revisión de la documentación existente
- Procesos inadecuados de construcción o ensamblaje

*¿Es el supervisor el único responsable de la integridad de una estructura terminada?*

*La respuesta: NO.*

*¿Pero es el supervisor capaz de evitar estas fallas?*

*La respuesta: Sí.*

En esta monografía se intenta detallar el enfoque adecuado de la NSR-10 Título I, y cómo éste, puede llevar a una correcta ejecución de la supervisión. El éxito o fracaso, en la ejecución de una edificación es responsabilidad de todos los involucrados, debe ser compartido por todos, y se debe asumir la iniciativa de erradicar, informar, corregir todos los errores. Otro caso

emblemático estudiado, es el del Hotel Hyatt Regency de Kansas City, Missouri, EEUU, hecho ocurrido el 17 de julio de 1981. De acuerdo con Luth (2000), este hotel, estaba constituido por un vestíbulo principal que formaba un atrio de varias plantas conectadas por pasarelas colgantes de unos 35 metros de largo, con un peso aproximado de 29.000 kg. Al año de su inauguración, durante una fiesta con cerca de 1500 asistentes, dos de estas estructuras se desplomaron sobre las personas que se encontraban bailando, provocando 114 muertes, 216 heridos y daños por varios millones de dólares. Las investigaciones realizadas tras el accidente demostraron que el suceso ocurrió porque las pasarelas no fueron instaladas como originalmente se proyectaron, pues hubo un cambio en el diseño original en las uniones.

En la Figura 13 se observa el vestíbulo antes y después del accidente.

*¿Cuál fue la causa?*

*Falla en el diseño.*

*¿Pudo evitarlo la supervisión?*

*Sí*



**Figura 13.** Accidente en el Hotel Hyatt Regency de Kansas City, EEUU. Adaptado de [Fotografía de Julio Ching]. (EEUU, 2017). Archivos fotográficos del Blog estructurando.

#### 4. Alcance de la supervisión técnica

##### 4.1. Aspectos a cubrir por la supervisión técnica

El alcance de la supervisión técnica debe cubrir los siguientes aspectos:

a) Control de calidad. Deben considerarse la evaluación de calidad del concreto en obra y los agregados. Aquí es muy importante seguir el procedimiento correcto para las tomas de concreto fresco en obra. De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana, NTC454 (2011), el objetivo es obtener muestras, que por sus procedimientos sean representativas de la mezcla de concreto estructural presente en la obra. El concreto es una mezcla y no una solución, por lo que la presencia de irregularidades en su presentación es muy común y deben minimizarse en la medida de sus posibilidades. Se considera aquí como efectuar muestreos para mezcladoras estacionarias, camiones mezcladores y de equipos agitadores y no agitadores usados para transportar el concreto mezclado en planta. Hay que seguir como mínimo esa norma y conocerla en gran medida. Es muy importante destacar como esta norma explica la forma de retirar agregados gruesos a la mezcla, para mejorar y la toma de muestra para obtener resultados adicionales en pruebas posteriores. Para la toma de muestras de agregados debe emplearse la Norma Técnica Colombiana, NTC129 (1995). Debe recordarse que la toma de muestras y los ensayos tiene igual importancia, deben ser efectuadas con rigurosidad y destreza para lograr con éxito el control de calidad. La primera consideración es que la muestra se toma de una cinta o corriente de flujos de manera aleatoria o de una pila de almacenaje. Para ello debe considerarse las recomendaciones y procedimientos establecidos, especialmente porque son elementos que por su naturaleza de origen son irregulares en composición. La norma ACI 318S-08 “*Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*” (2008) en español, tiene información muy valiosa para el análisis de control de calidad. El alcance de esta norma es extensa, pero va desde el

diseño y construcción de concreto estructural en edificaciones y la evaluación de resistencia de estructuras en concreto reforzado. Importante es el tema de ensayo de materiales cementantes, agregados y acero de refuerzo. Se indica también en esta norma los materiales, desde los ensayos el almacenamiento y normas necesarias, la calidad del concreto, el mezclado y la colocación. Los temas de juntas de construcción encofrados, requisitos de resistencia y funcionamiento, flexión y cargas axiales, cortante y torsión, muros y concreto prefabricado están presentes también. Un capítulo está dedicado especialmente a estructuras sismo-resistentes.

b) Respecto a la aprobación del laboratorio, o laboratorios, que realicen los ensayos de control de calidad. Para esta parte deben evaluarse muy detenidamente los proveedores de estos servicios, deben ser certificados por la autoridad competente, deben estar debidamente integrados por personal técnico capacitado entrenado y formado en el área, además deben ser respetados en la comunidad empresarial de la construcción. Es muy conveniente realizar visitas guiadas no concertadas para conocer el funcionamiento de estas importantes oficinas técnicas.

Las universidades suelen ser fuente en muchos casos de laboratorios de certificación, o de apoyo, deben ser consultadas. Durante la visita es importante observar los equipos de los que dispone el laboratorio, pero más que ver modelos y capacidades, es importante fijarse en estado de mantenimiento de los equipos, organización del laboratorio y nivel de formación del personal técnico.

Colombia dispone de una amplia variedad de laboratorios, todos muy calificados, certificados, con gran reputación y disponibilidad. En la Figura 14 puede verse un laboratorio típico, con la máquina de ensayos universal, la cual permite hacer tracción y compresión.



**Figura 14.** Laboratorio de Caracterización de Materiales de Construcción con acreditación Norma 17025. Adaptado de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/mediosComunicacion/catedraLibre/articulo3.html>, (2005).

(c) Realizar los controles exigidos por el reglamento para los materiales estructurales empleados. En este caso la mayor importancia la reviste las pruebas que deben hacerse al acero de refuerzo en la presentación de barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación. Para ello debe considerarse la guía de la barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto, Norma Técnica Colombiana, NTC2289, (2007). Esta norma establece que las barras lisas y corrugadas para el refuerzo de acero deben tener una resistencia a la fluencia de 60.000 psi (grado 60), o 420 MPa. En la Tabla 1 pueden verse el número de designación de las barras corrugadas y rollos según la norma NTC2289, (2007).

**Tabla 1.**

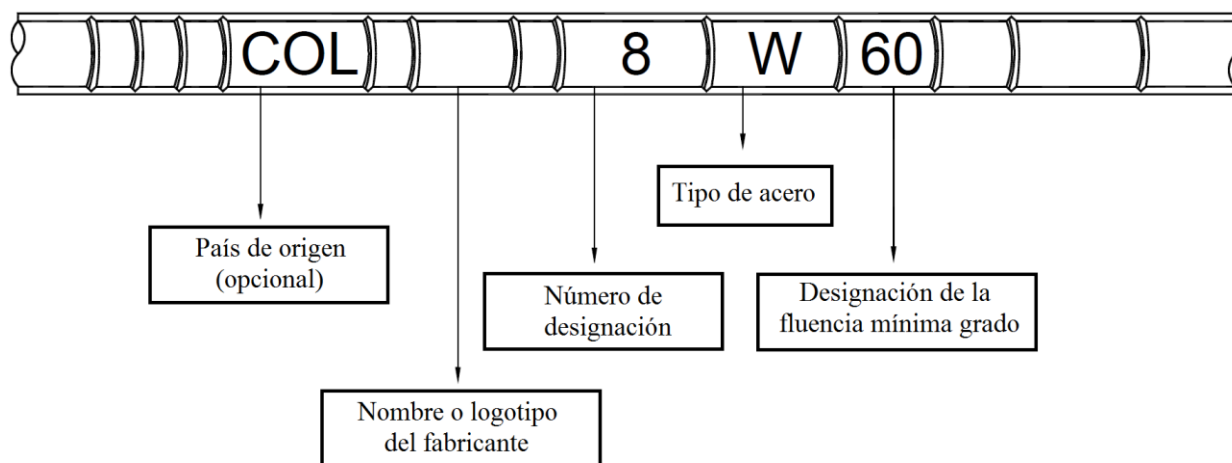
Número de designación de las barras corrugadas según la NTC2289

Número de designación de la barra	Peso (masa nominal lb/pie (kg/m))	Dimensiones nominales			Requisitos de los resaltes, pulgadas (mm)		
		Diámetro pulgada (mm)	Área de la sección transversal pulgadas <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	Perímetro pulgadas (mm)	Promedio máximo del espaciamiento	Promedio mínimo de altura	Separación entre los extremos de los resaltes (máximo 12.5% del perímetro nominal)
2	0,167 (0,249)	0,250 (6,35)	0,049 (31,67)	0,785 (19,95)	0,175 (4,45)	0,010 (0,25)	0,098 (2,49)
3	0,376 (0,580)	0,375 (9,5)	1,178 (29,9)	1,178 (29,9)	0,262 (6,7)	0,015 (0,38)	0,143 (3,6)
4	0,668 (0,994)	0,500 (12,7)	0,20 (129)	1,571 (39,9)	0,350 (8,9)	0,020 (0,51)	0,191 (4,9)
5	1,043 (1,552)	0,625 (15,9)	0,31 (199)	1,963 (49,9)	0,437 (11,1)	0,028 (0,71)	0,239 (6,1)
6	1,502 (2,235)	0,750 (19,1)	0,44 (284)	2,356 (59,8)	0,525 (13,3)	0,038 (0,97)	0,286 (7,3)
7	2,044 (3,042)	0,875 (22,2)	0,60 (387)	2,749 (69,8)	0,612 (15,5)	0,044 (1,12)	0,334 (8,5)
8	2,670 (3,973)	1,000 (25,4)	0,79 (510)	3,142 (79,8)	0,700 (17,8)	0,050 (1,27)	0,383 (9,7)
9	3,400 (5,060)	1,128 (28,7)	1,00 (645)	3,544 (90,0)	0,790 (20,1)	0,056 (1,42)	0,431 (10,9)
10	4,303 (6,404)	1,270 (32,3)	1,27 (819)	3,990 (101,3)	0,889 (22,6)	0,064 (1,63)	0,487 (12,4)
11	5,313 (7,907)	1,410 (35,8)	1,56 (1006)	4,430 (112,5)	0,987 (25,1)	0,071 (1,80)	0,540 (13,7)
14	7,65 (11,38)	1,693 (43,0)	2,25 (1452)	5,32 (135,1)	1,185 (30,1)	0,085 (2,16)	0,648 (16,5)
18	13,60 (20,24)	2,257 (57,3)	4,00 (2581)	7,09 (180,1)	1,58 (40,1)	0,102 (2,59)	0,864 (21,9)

**Nota:** Pueden verse el número de designación de las barras corrugadas y rollos, con peso, dimensiones nominales y requisitos de los resaltes según la norma NTC2289. Adaptado de (Norma Técnica Colombiana NTC2289, 2007).

En la figura 15, se especifican el marcado de las barras, según la norma NTC2289 (2007).

Allí están identificados el país de origen, el nombre del fabricante, el número de designación, el tipo de acero y el valor de fluencia mínima.



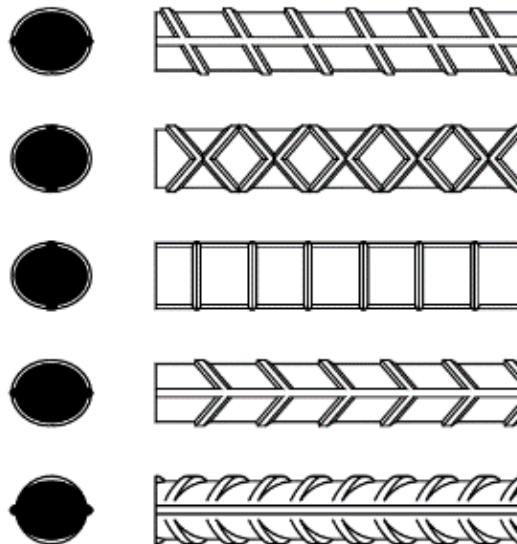
**Figura 15.** Marcado de barras sistema métrico según NTC2289. Adaptado de (Norma Técnica Colombiana NTC2289, 2007).

Otra información muy importante proveniente de la norma NTC2289, es la composición química mínima de la colada del acero. En la Figura 16 pueden verse estas composiciones químicas.

Composición química de colada	
Elemento	% máximo
Carbono	0,30
Manganeso	1,50
Fósforo	0,035
Azufre	0,045
Silicio	0,50

**Figura 16.** Composición mínima del acero según NTC2289. Adaptado de (ASTM A 706/A 706M: 2006).

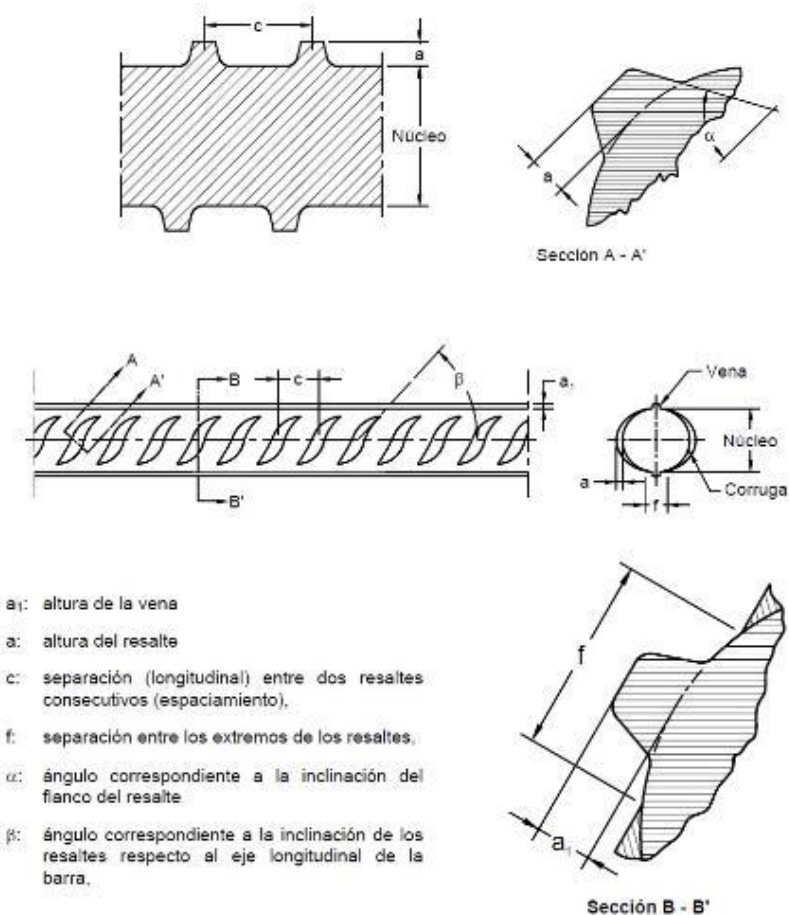
La norma NTC2289 (2007), presenta las diferentes figuras o diseños de barras corrugadas. El supervisor debe familiarizarse con ellos y saber que estos están relacionados con la capacidad estructural del acero de refuerzo, ver Figura 17.



**Figura 17.** Diseño de las barras corrugadas de acero según NTC2289. Adaptado de (Norma Técnica Colombiana NTC2289, 2007).

Una característica del acero que está establecida en la norma NTC2289 (2007), es la

descripción geométrica de una barra corrugada. Datos como el espaciamiento, las separaciones entre venas, altura del resalte son detalles que el inspector debe conocer y que son importantes para la acción de supervisión, ver Figura 18.



**Figura 18** Descripción geométrica de las barras según NTC2289. Adaptado de (Norma Técnica Colombiana NTC2289, 2007).

d) Aprobación de los procedimientos constructivos propuestos por el constructor. En esta parte de la supervisión deben considerarse especialmente los asuntos a la seguridad y la preservación del patrimonio. Condiciones como el clima, condiciones excepcionales como: problemas de orden público, zonas en conflicto, deben ser considerados para suspender o postergar vaciados de concreto, labores de alto riesgo o situaciones que puedan ameritar ausencias involuntarias del personal. Casos como conflictos armados, huelgas, manifestaciones políticas, sin que ello

signifique asuntos del interés de la obra deben considerarse de manera muy discreta pero seria y responsablemente para el beneficio de las labores de construcción.

c) Exigir a los diseñadores el complemento o corrección de los planos, cuando estos estén incompletos, indefinidos, o tengan omisiones o errores. Este punto es muy importante y no debe considerarse ligeramente. Cuando se considera una vivienda o una pequeña edificación puede ser que las correcciones sean fáciles de detectar, pero cuando se refiere a edificaciones de varios pisos o etapas la cantidad de planos tiende a ser muy grande, es muy fácil y probable cometer errores, los cuales siempre tienen el calificativo de costosos errores.

d) Solicitar al ingeniero geotecnista las recomendaciones complementarias al estudio geotécnico cuando se encuentren situaciones no previstas en él. Es decir, deben considerarse fuentes de agua subterránea que hayan sido descubiertas posteriormente a los estudios, desforestaciones aguas arriba de los lotes de construcción que afecten la humedad del suelo, rezonificaciones efectuadas por el organismo encargado del ambiente, deslaves cercanos. Todo ello debe ser considerado.

e) Mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas. Este punto es muy poco considerado. Todas las labores deben ser tomadas como relevantes, además deben ser documentadas. Correos electrónicos, reportajes de prensa, comunicaciones recibidas por la comunidad, testimonios de lugareños especialmente en zonas rurales propensas a inundaciones, movimientos sísmicos de baja intensidad, intervenciones topográficas u orográficas efectuadas en los alrededores, otras obras efectuadas en las cercanías. Todo debe ser documentado. Por supuesto, también lo reglamentario, las comunicaciones entre constructor, diseñador, inspector-supervisor, autoridades, entes financieros, vecinos.

f) Velar en todo momento por la obtención de la mejor calidad de la obra. Debe recordarse

que la supervisión forma parte del éxito de la obra. No es solo una actividad punitiva, debe ser también una actividad constructiva-creativa, que sin querer asumir la dirección o el protagonismo operativo, puede contribuir a lograr una obra de mejor calidad, lo cual será bueno para todos, incluyendo por supuesto al equipo de supervisión.

g) Prevenir por escrito al constructor sobre posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos y materiales inadecuados y vigilar porque se tomen los correctivos necesarios. Aquí deben observarse conductas impropias del personal, acciones deshonestas por parte de subcontratistas, posibles intromisiones de lugareños indeseados, o de situaciones que atenten contra la seguridad del patrimonio de la obra o de los trabajadores y empleados presentes en estas, incluyendo al equipo, los suministros y/o terceros que hagan vida en la construcción.

h) Recomendar la suspensión de labores de construcción de la estructura cuando el constructor no cumpla o se niegue a cumplir con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra. En este punto deben agotarse las acciones conciliatorias, pero a la brevedad en que estas fracasen, deben ejecutarse las acciones descritas, ya que esa es la esencia de la supervisión. En este punto se ponen a prueba las aptitudes y características deseables de un buen supervisor, carácter y conocimiento de causa, todo ello con el fin de cumplir con el espíritu de las leyes y reglamentos que regulan tales labores.

i) Rechazar las partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones. En este punto debe apoyarse en su personal auxiliar, y debe velar por coordinar las entregas en las condiciones que permitan hacer una evaluación objetiva, también para efectuar un rechazo inmediato y breve, a fin de liberar a la gerencia de la obra de esos recursos inadecuados, lo más

importante obtener a la brevedad el suministro que si cumpla con los requerimientos exigidos, para evitar retrasos innecesarios en la obra.

j) Ordenar los estudios necesarios para evaluar la seguridad de la parte o partes afectadas y ordenar las medidas correctivas correspondientes, supervisando los trabajos de reparación. Es muy importante este punto para salvaguardar la vida de trabajadores, habitantes, también evitar lesiones o ausencias por reposos médicos por accidentes laborales.

Toda la información presentada en los ítems (d, e, f, g, h, i, j), corresponden al apartado I.2.3 denominado Alcance de la Supervisión Técnica de la NSR-10, Título I.

#### **4.2. Controles exigidos por la supervisión técnica**

El supervisor técnico debe realizar:

*Evaluación de planos.* Consiste en que los planos estén completos y no haya lugar a interpretaciones diferentes según quien los lea, que todos los detalles estén claramente especificados. No deben faltar medidas, códigos, espacios, cantidades. En caso de duda deben devolverse al diseñador para aclaratoria con la nota respectiva. No debe tratarse de conjeturar.

*Control de especificaciones.* Las especificaciones técnicas así estén completas deben cumplir con el reglamento para cada uno de los materiales específicos, y de las recomendaciones emanadas por parte de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, inserta en la Ley 400 de 1997, además de las particulares contenidas en los planos y especificaciones producidas por los diseñadores, las cuales en ningún caso podrán ser inferiores o contradictorias a lo dispuesto en el reglamento.

*Control de materiales.* Los materiales deben cumplir con los requisitos generales y las normas técnicas de calidad establecidas por el reglamento para cada uno de los materiales estructurales o

los tipos de elemento estructural, deben seguirse las normas para ello citadas anteriormente.

*Ensayos de control de calidad.* El supervisor técnico aprobará al constructor la frecuencia de toma de muestras y el número de ensayos que debe realizarse en un laboratorio o laboratorios previamente aprobados por él.

Se sugiere usar por lo menos dos diferentes laboratorios para dar validez a los resultados. Muchos de estos laboratorios incluyen dentro de sus servicios la toma de muestras en sitio, lo cual corresponde a una práctica muy recomendada en estos días. El supervisor debe dar un informe de interpretación de los resultados, y el personal de laboratorio debe dar otro, los cuales deben complementarse.

### **4.3. Alcance y grados de supervisión**

Se establecen dos grados de supervisión según la NSR-10 Título I (2010), Grado A (Continua) y Grado B (Itinerante).

*Grado A. Supervisión Técnica Continua. NSR-10 Título I.* La supervisión es permanente, ya que bien el supervisor esta siempre en obra, o lo están sus asistentes y miembros del equipo de supervisión. Es una práctica recomendada, pero debe manejarse con prudencia por dos razones. Estar todo el tiempo en la obra puede generar un cierto ocio en el personal supervisor que les haga pensar en la supervisión en una actividad rutinaria, y por lo tanto llevarlos a omitir rigurosidad, o también podría generar en el personal supervisor y los contratistas un acercamiento más allá de lo profesional que podría en algún caso entorpecer la acción necesariamente punitiva de la supervisión.

*Grado B. Supervisión Técnica Itinerante. NSR-10 Título I.* La supervisión se hace con una frecuencia determinada según la fase de la obra. Se optimizan recursos y se mantiene cierto respeto en la acción ante el contratista, pero siempre podrán anticipar la presencia del personal de

supervisión, con lo cual hay espacio para omisiones.

Se recomienda combinar ambas formas de inspección sin anticipar al contratista. Durante los vaciados, las tomas de muestras, colocación del cableado de acero de refuerzo, el supervisor debe estar allí permanentemente, durante la recepción de materiales, inspección de terceros, autoridades, otros.

Es importante descubrir la dinámica de la obra y no hacer las inspecciones siempre en los mismos días, ni a las mismas horas. De acuerdo con la experiencia los lunes y los viernes son los días donde normalmente hay más novedades que reportar en la edificación de una obra, por ello, se recomiendan incluir en el calendario de una inspección itinerante.

#### **4.4. Procedimientos de control. NSR-10 Título I**

##### **4.4.1. Control de planos**

El control mínimo debe incluir:

*Definición.* Los planos se deben considerar completos o en su defecto no ser admitidos.

*Definición de dimensiones, cotas y niveles.* Deben ser revisadas y se consideran que pueden estar correctas o no.

*Coherencia* entre las dimensiones, cotas y niveles.

*Concordancia* entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas. Esto es una compilación de todo, sólo debe ser realizado si se cumple con los primeros pasos.

*Definición de las calidades de los materiales,* sin lugar a dudas deben cumplir las normas respectivas en cuanto a resistencia, calidad u otra propiedad cuantificable mediante normas.

*Cargas de diseño,* debidamente estipuladas si cumplen o no con los requerimientos.

*Otras instrucciones* sobre obra, procedimientos de control de la colocación del concreto, procedimientos de descimbrado, colocación del concreto, aditivos, tolerancias dimensionales,

niveles de tensionamiento. Deben ser muy claras y específicas.

*Coordinación de los planos arquitectónicos* con los demás planos técnicos, se refiere a planos eléctricos, aguas blancas y servidas, drenajes, vialidad, sistemas contra incendio, comunicaciones, otros servicios.

*Definición en los planos arquitectónicos del grado de desempeño de los elementos no estructurales.* Acabados, elementos suspendidos como cornisas ornamentales, tanques de agua, ornamentos naturales y artificiales.

## **5. Relación entre códigos, fallas, supervisión y avances en la ingeniería**

### **5.1. Estructuras antiguas**

La valoración de estructuras existentes y los códigos actuales normalmente tienden a generar un gran vacío desde el punto de vista práctico, ya que los códigos de construcción y diseño se adaptan con frecuencia a lo largo del tiempo y de acuerdo con las políticas de cada país en particular.

Existen muchas estructuras antiguas que aún siguen en pie y perfectamente operativas no cumplen ni de cerca con los códigos actuales, entonces la interrogante es:

*¿Qué hacer con ellas? ¿Demolerlas?*

*¿Dejar que sigan ocupadas sin hacer nada?*

Son dos grandes interrogantes que deben ser respondidas más allá de la supervisión técnica, sobre todo si pudiese presentarse un sismo en el futuro, y no se activa algún mecanismo de evaluación.

Estas estructuras existentes no fueron diseñadas para que sigan en servicio, pero aún están allí, y su valor es muy grande como para demolerlas y sustituirlas, sobre todo, si a primera vista

están en buen estado y forman parte del patrimonio de una sociedad.

De allí que surge la importancia de evaluar estas estructuras para estimar su vida remanente, por ejemplo (Siviero y Pavan, 2018), realizaron un estudio, hecho para puentes en Italia, que puede ser extrapolado a edificaciones antiguas, llegaron a las siguientes conclusiones, que seguro serán de gran utilidad en el medio colombiano.

- Normalmente los puentes están hechos de materiales antiguos, con características muy inferiores a las actuales.
- La resistencia de la estructura es muy diferente a la estimada en el diseño, aunque el concreto aumenta su resistencia con el tiempo, los agentes ambientales atacan y deterioran especialmente al acero.
- Existen grandes discrepancias entre los cálculos antiguos y futuros, lo que podría explicarse con el cambio de códigos constructivos, y las herramientas de cálculo modernas.
- Los valores de falla antiguos eran muy conservadores, lo que ha compensado los efectos del deterioro por el tiempo, y los fenómenos de fatiga asociados a los largos periodos de tiempos de servicio.

En resumen, las viejas edificaciones deben ser reevaluadas, y de ser necesario reforzados o demolidos, como última opción. En la Figura 19 puede verse un antiguo puente, que como tal debe cumplir con los códigos vigentes, pero no los cumple, pero sigue estando allí y cumple con su función sin daños aparentes que ameriten su salida de servicio.



**Figura 19.** Puente antiguo al norte de Italia que debe ser reevaluado. Adaptado de (Siviero y Pavan, 2018).

En Perú el 14 de agosto de 2016, se registró un movimiento sísmico de magnitud 5.2, con una profundidad de 8 km, de epicentro 10 km al Sureste de la localidad de Chivay, provincia de Caylloma, región Arequipa, murieron varias personas por el desplome de una antigua iglesia, de acuerdo con lo reportado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (2016), esta iglesia de estilo barroco-mestizo construida en 1560 y reconstruida en el siglo XVII, se derrumbó causando 4 muertos y 68 heridos. En la Figura 20 puede verse la iglesia antes (a) y después (b) del evento sísmico, se confirma que aunque por muy antigua que sea la estructura, debe ser evaluada y reacondicionada según sea el caso, anteponiendo siempre la vida de las personas por sobre los bienes. Casos como este deben ser tema de estudio en Colombia, siendo una excelente oportunidad para futuras investigaciones, que salven vidas, conservando el patrimonio cultural.



a)

b)

**Figura 20.** Iglesia barroca colapsada por sismo, Arequipa Perú. Adaptado de [Fotografía de Jacqueline Fows]. (España, 2016). Archivos fotográficos del Periódico El País, España.

## **5.2. La supervisión técnica y el Edificio Space. Medellín Antioquia.**

En este apartado se analizará el caso del colapso del Edificio Space de Medellín, Antioquia desde el punto de vista de la supervisión por la Universidad de los Andes (2014). Esta estructura fue protagonista de un gran colapso que trajo la pérdida de vidas. La noche del 12 de octubre del 2013 falló una de las etapas (N°6, específicamente), de este desarrollo habitacional llevándose consigo doce vidas, trabajadores de la empresa encargada de hacer reparaciones para evitar las consecuencias de lo que se presentó el día anterior como una enorme falla estructural.

El 11 de octubre, la oficina gubernamental de manejo de riesgos del gobierno local ordenó el desalojo del edificio, pero la empresa responsable de la construcción decidió enviar a esos trabajadores a realizar reparaciones, para tratar de salvar la edificación, consiguiendo solo el final fatal antes descrito.

A continuación, se cita el testimonio de expertos en lo referente a las causas del colapso, para ello, se convocó a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, con la finalidad de estudiar las causas de esta tragedia, la misma concluyó lo siguiente:

*“A juicio de los especialistas y expertos de la Universidad de los Andes, la estructura del edificio SPACE, de haberse diseñado cumpliendo la totalidad de los requisitos aplicables de la Ley 400 de 1997 y sus Decretos Reglamentarios (NSR-98), la Etapa 6 no hubiese presentado el colapso que presentó en las condiciones impuestas (Universidad de los Andes, 2014, p. 44).”*

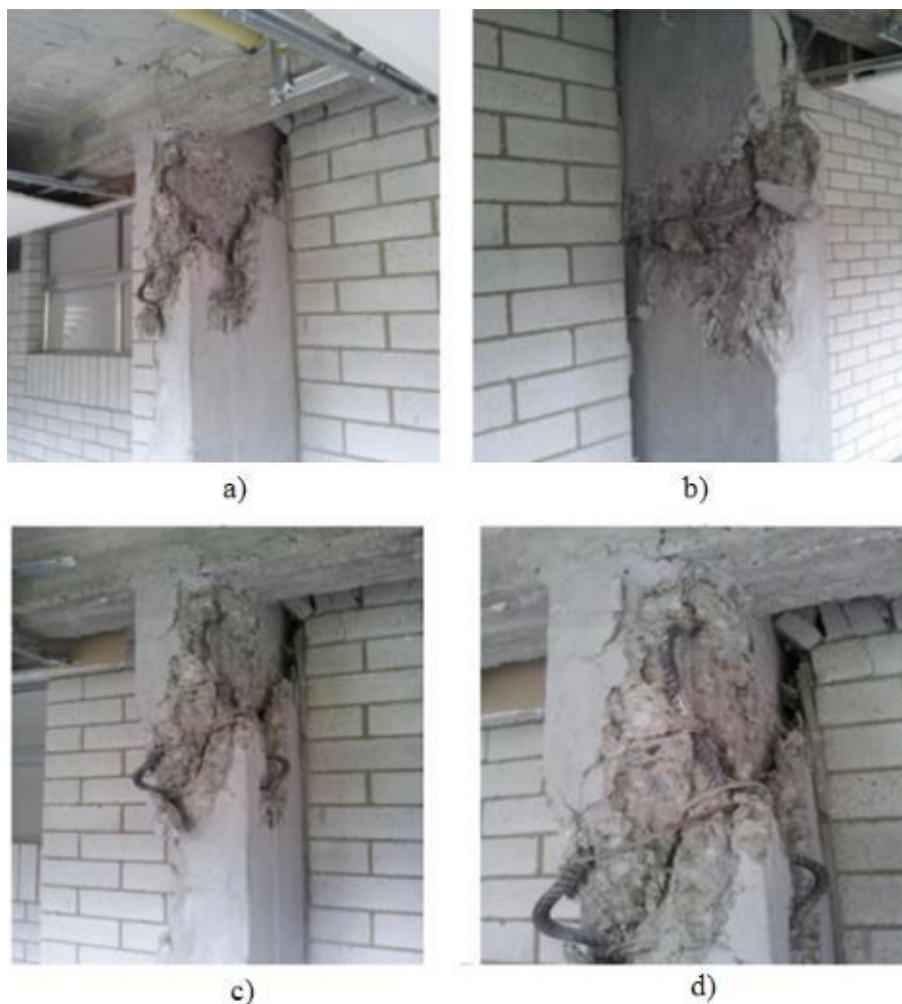
Es decir que fue un error de diseño. *¿Cómo pueden ocurrir estas tragedias en la época de computadores modernos, estrictos códigos constructivos, medios de comunicación con cobertura permanente, ciudadanos preocupados y con acceso a la información global?*

Pudiese ser que no siguieron los reglamentos y procedimientos. De acuerdo con lo expuesto en el informe antes citado, que tiene mucha información valiosa, pero que, enfocándose en la supervisión, y en los aspectos que se tocaron en este documento es interesante notar que se hicieron múltiples reportes de señales de indicios de fallas estructurales graves, los cuales están en la Figura 21.

Se observan reportes de nivelación de pisos de hasta 25 cm, y evidencia de falla estructural por pandeo en una columna, por pandeo evidente en acero de refuerzo, este hallazgo fue en febrero del 2013, varios meses antes del colapso total. En la Figura 22 se observa el desprendimiento del concreto, y el pandeo del acero de refuerzo, reportado según lo indicado en la Figura 21, donde se observa una secuencia de fotografías (a, b, c y d) de la falla de columna del Edificio Space.

FECHA	ANOTACIÓN ENCONTRADA EN LA REFERENCIA	COMENTARIO
/2012	Durante la semana anterior se realizó el vaciado de reparación de losa tipo bóveda ubicada en el S1 entre ejes Q3-5 y R3-5 se aplica un concreto de mejor especificación (concreto de Toxement) y de baja retracción para evitar el fisuramiento de la losa a su vez que se coloca varilla de 5/8 en forma de cruz para disminuir las deflexiones sobre la losa. Todo fue consultado con el ingeniero calculista	Reparación en losa en el nivel 5 entre los ejes Q3-R3. Posible influencia en la posterior fisuración de la columna R3-5.
21/01/2013	Se está observando en obra la aparición de fisuras y grietas producto del asentamiento del edificio ubicados en los ejes R, S, y T sobre los muros y en enchapes de las duchas. Se recomienda revisar bien este caso...(aptos 402 y 802)	Primeras evidencias de fisuración y grietas debidas a asentamientos.
28/01/2013	Continúan los trabajos de mortero de nivelación en los apartamentos 10-02 11-02 los cuales se evidencia que están presentando mucho consumo de mezcla producto de las deflexiones que se presentan en la losa, por ello se observa que hay zonas en las partes centrales de la losa con llenos de 25 a 21 cm, en los baños de 11cm y en habitaciones de 12cm para evitar el aumento de peso se colocan trozos de porón (icopor) para aligerar los espesores de la losa.	Se reportan morteros de nivelación en pisos con hasta 25 cm de espesor.
25/02/2013	Durante la semana anterior se detectó el desprendimiento del concreto ubicado sobre la arista superior de la columna R3 del piso 5, se analizaron causas con el ingeniero estructural lo cual radica principalmente en la generación de esfuerzos ubicados sobre ese punto el cual atraviesa una viga de amarre y el voladizo de la circulación la recomendación es organizar la superficie y aplicar un producto llamado "Grautoc".	Evidencia clara de falla estructural en la columna R3 del piso 5. Según las fotografías hay pandeo del acero de refuerzo. La falla se habría detectado entre los días 15 a 20 de febrero de 2013
04/03/2013	En el informe técnico anterior se mencionó el tema relacionado con el desprendimiento del concreto en la columna R3 en donde por autorización del ingeniero calculista se procedió a aplicar el producto "Grautoc" sobre la superficie afectada, se hará seguimiento a todos los elementos estructurales para verificar el estado en que se encuentran.	Sin comentario
26/03/2013	Continúan los trabajos de mortero de nivelación e instalación de porcelanato en los apartamentos 503, 19-01, 21-01. Durante la aplicación de mortero de nivelación se está utilizando trozos de porón para disminuir el peso del mortero sobre la losa. Esto se presenta debido a las deflexiones en la parte central de la losa en donde hay que hacer llenos promedio entre 11 y 13 cm y llenos de 21-25 cm en caso apartamento 10-02 (ver informe técnico 28/01/2013)	Trabajos de mortero de nivelación en los pisos superiores a las columnas R3-5 y S3-4. Rellenos de hasta 25 cm de espesor.

**Figura 21.** Observaciones encontradas en los archivos de supervisión, Edificio Space. Adaptado de (Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, 2014).



**Figura 22.** Falla de columna, edificio Space. Adaptado de (Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, 2014).

Luego de ocurrido el terrible evento los medios de comunicación, especialistas, ingenieros, políticos, periodistas y público en general dieron sus opiniones, todos llegaron a la conclusión que la realidad ya nos había enseñado, pero desde el punto de vista de este trabajo, la supervisión debió alertar a todos los involucrados en la obra, *¿Por qué nadie lo dijo antes?*

Probablemente una combinación de anteponer la reputación del calculista sobre el supervisor debió propiciar la negligencia con la que se manejó esta situación, ya que todos los relacionados al proyecto original debieron haber sido relevados, y probablemente incluso de ocurrida la primera falla se tendrían consecuencias menos nefastas a las ya conocidas.

Cabe señalar, que lo ocurrido con el edificio Space, ha sido estudiado también, por otros expertos en la materia como Yamin, L. et al. (2018), quien en su artículo *Sudden Collapse of the 27-Story Space Building in Medellin, Colombia*, presenta los resultados de una investigación exhaustiva realizada para establecer las principales causas del colapso de este edificio, incluyendo una descripción general del edificio, las deficiencias reportadas en la construcción principal, los resultados de investigaciones de campo y de laboratorio, el análisis del cumplimiento de los requisitos del código de construcción, y el modelado computacional realizado para comprender las causas de colapso.

Como resultado de la investigación de campo, el análisis de información e interpretación de los resultados de modelos computacionales, concluyeron los autores que la causa principal del colapso fue la deficiencia estructural en la capacidad de las columnas principales del edificio. El análisis indicó que la carga de servicio actuó sobre columnas R3 y S3 en el momento del colapso, excediendo su máxima capacidad. La falta de capacidad estuvo asociada con fallas en el dimensionamiento y los detalles de refuerzo de las columnas. Además, las deficiencias de diseño también se identificaron en otros elementos estructurales principales del edificio, como vigas y losas de piso. Los autores consideraron que, si el edificio hubiera sido diseñado utilizando adecuadamente los códigos de diseño del edificio (NSR o ACI) disponibles en ese momento, no habría colapsado

## **6. Decreto número 945 de 2017 y la supervisión técnica independiente**

En este apartado es necesario señalar la modificación adelantada del Decreto N° 945 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2017), a través del cual se modificó parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes del 2010, en el cual se explica que la *Supervisión Técnica Independiente* debe verificar el cumplimiento de la cimentación,

construcción de la estructura y de los elementos no estructurales de la edificación a los estudios, planos, diseños y especificaciones realizadas por el ingeniero geotecnista, el diseñador estructural y el diseñador de elementos no estructurales, respectivamente, que hacen parte de la correspondiente licencia de construcción.

Por otra parte, se define al supervisor técnico independiente como un profesional, *ingeniero civil, arquitecto, constructor en arquitectura e ingeniería o ingeniero mecánico* (solo para estructuras metálicas o prefabricadas), con matrícula profesional vigente y facultado para este fin, bajo cuya responsabilidad se realiza la supervisión técnica independiente.

El supervisor técnico independiente tiene la obligación de demostrar la experiencia profesional y acreditar la idoneidad y el conocimiento de la reglamentación de sismo-resistencia NSR-10, de acuerdo con el Art.-5.1.3 del Decreto N° 945 de 2017. Las cualidades, calidades y experiencia de los profesionales que asumen el papel de *Supervisor Técnico Independiente* se presentan a continuación en la Tabla 2:

**Tabla 2.**  
*Cualidades del supervisor*

<b>Labor profesional</b>	<b>Matrícula profesional</b>	<b>Experiencia mínima</b>	<b>Independencia</b>
Supervisor Técnico Independiente	- Ingeniero civil - Arquitecto - Constructor en arquitectura e ingeniería. - Ingeniero mecánico (solo en estructuras metálicas)	- Experiencia mayor de cinco (5) años en diseño estructural, construcción, interventoría o supervisión técnica (nota: la Ley no contempla estudios de postgrado en este caso).	- Independencia laboral del constructor de la estructura o de los elementos no estructurales

**Nota:** Cualidades, calidades y experiencia de los profesionales que asumen el papel de Supervisor Técnico Independiente. Adaptado de (Tomado de la Tabla A-5.2-1 del Decreto 945 de 2017).

Cabe señalar que el Decreto N° 945 de 2017 en su apartado D.1.3.1 acerca de la obligatoriedad de la supervisión técnica independiente, especifica que *“Toda edificación que tenga o supere los dos mil metros cuadrados (2000 m<sup>2</sup>) de área construida debe someterse a una Supervisión Técnica Independiente”* (p.31).

De acuerdo con el Decreto N° 945 de 2017, el alcance de la supervisión técnica independiente es muy amplio y comprende desde el control de calidad de la cimentación, aprobación del laboratorio que realice los ensayos de control de calidad de los materiales de la estructura, realizar los controles exigidos para los materiales estructurales empleados, revisión de los procedimientos constructivos de la estructura propuestos por el constructor responsable, ver Apéndice A.

Exigir los complementos o correcciones de los planos estructurales, mantener registros escritos de todas las labores realizadas, velar en todo momento por la obtención de la mejor calidad de la obra de la estructura y los elementos no estructurales de la edificación, prevenir por escrito al constructor sobre posibles deficiencias.

Vigilar para que se tomen los correctivos necesarios, permanecer alerta, exigir la suspensión de labores de construcción de la estructura cuando el constructor no cumpla o se niegue a cumplir con los planos, controles exigidos, rechazar las partes de la cimentación, la estructura, además de los elementos no estructurales que no cumplan con los planos y las especificaciones, ordenar los estudios necesarios para evaluar la seguridad de la parte o partes afectadas.

Ordenar las medidas correctivas correspondientes, supervisando los trabajos de reparación, en caso de no ser posible la reparación, recomendar la demolición de la estructura al propietario, también a la autoridad competente para ejercer control urbano, posterior a la obra. Finalmente expedir el Certificado Técnico de Ocupación una vez concluidas la cimentación, construcción de

la estructura y los elementos no estructurales de la edificación.

Como aspecto a resaltar del artículo N° 945 del 2017 y la Supervisión Técnica Independiente es que exige la validación de la experiencia profesional, mediante una prueba de acreditación de idoneidad y conocimiento, además exige que se organice el Registro Único Nacional de Profesionales Acreditados.

Otro aspecto a señalar, corresponde a la responsabilidad de los profesionales que realizan labores de supervisión técnica independiente donde podrán ser vinculados a las investigaciones que en materia civil y penal se adelanten, por las actuaciones u omisiones en el desarrollo de un proyecto, en caso de que la edificación perezca o amenace ruina, por vicios del diseño, revisión independiente, construcción y/o supervisión técnica independiente.

El objetivo de la modificación es promover una construcción lo más segura posible, al exigir un perfil específico al profesional que ejercerá de supervisor técnico independiente y dejar muy claro el alcance de su trabajo, al permitir que entre sus potestades pueda detener una obra si considera que están en riesgo vidas humanas. De esta manera, se espera que al estar más enfocado en la seguridad de los usuarios finales en un futuro cercano ya no se producirán eventos catastróficos en el medio colombiano de la construcción.

## 7. Conclusiones

- La supervisión técnica independiente contemplada en el Título I de la NSR-10, es una herramienta fundamental a ser utilizada en las fases de supervisión de obra, debe ser estudiada a profundidad apoyándose en los aportes de la bibliografía científica reciente con el fin de mejorar la calidad de la supervisión técnica en sistemas estructurales y no estructurales de concreto reforzado en Colombia.
- Se debe hacer especial énfasis en el perfil del supervisor, en su práctica profesional, en la ética del mismo, para que las partes estén conformes, de esta manera la obra será del agrado y la satisfacción de propietarios, contratistas, financistas, diseñadores y autoridades municipales.
- Una manera de capacitar a los profesionales sobre la supervisión técnica en sistemas estructurales y no estructurales de concreto reforzado, la relación entre códigos, fallas, supervisión e ingeniería, puede ser mediante el uso de ejemplos, como el caso del Edificio Space, Medellín – Antioquia, donde según los investigadores, el colapso ocurrió por la falta de cumplimiento en los códigos de diseño del edificio (de acuerdo con NSR) disponibles para ese momento.
- La supervisión técnica debe tomar en cuenta los requisitos de control: planos, especificaciones, materiales, así como los ensayos y ejecución de obra exigidos por la NSR-10, para asegurar el desempeño de las estructuras de concreto reforzado, lo que contribuirá con edificaciones mejor construidas y seguras para Colombia.

## 8. Recomendaciones

- El Supervisor a cargo de una obra de construcción, debe tener toda la autoridad necesaria para cumplir plenamente sus funciones, incluso para paralizar la ejecución de una partida o de toda la obra, lo que le facilitaría la tarea de dirección y podría aspirarse a la culminación feliz de la obra.
- Se recomienda contratar la supervisión con un tiempo de antelación al inicio de las obras, pues de esto dependerá el conocimiento temprano que el supervisor logre adquirir del proyecto en general, hará una labor de supervisión más productiva y fluida en beneficio de la culminación de la obra en construcción.

### Referencias Bibliográficas

- Allier, E. (2018). *Memorias imbricadas: terremotos en México, 1985 y 2017*. Revista Mexicana de Sociología 80, núm. especial (septiembre) pp. 9-40. Ciudad de México.
- Almarwae, M. (2017). *Structural Failure of Buildings: Issues and Challenges*. World Scientific News 66, pp. 97-108.
- Arguelles, H. (2009). *Supervisión de obra*. Argrey Grupo Constructor.
- Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (2003). *Código de ÉTICA para el ejercicio de la Ingeniería en general y sus profesiones afines y auxiliares*. República de Colombia. Ley 842. Recuperado de <https://www.copnia.gov.co/tribunal-de-etica/regimen-colombiano-ingenieria>
- Cuartoscuro (2019). *Sismos de 1985 y 2017 en imágenes*. México: La Vanguardia. Recuperado de <https://vanguardia.com.mx/articulo/sismos-de-1985-y-2017-en-imagenes>.
- Dirección Nacional de Bomberos de Colombia (2018). *Desplome un puente vehicular en construcción, entre Bogotá y Villavicencio*. Colombia. Recuperado de <https://cnnespanol.cnn.com/2018/01/15/colapsa-puente-en-construccion-en-via-villavicencio-bogota-colombia-chirajara/>
- Estructurando (2017). Colapso y derrumbe de las pasarelas del hotel Hyatt Regency. Recuperado de <http://estructurando.net/2017/06/12/>
- Fowks, J. (2016). *Un sismo en Perú de 5,2 deja al menos cuatro muertos y 68 heridos*. España: El país. Recuperado de [https://elpais.com/internacional/2016/08/15/actualidad/1471262978\\_869293.html](https://elpais.com/internacional/2016/08/15/actualidad/1471262978_869293.html)
- García, L. (2014). *Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición*. Ponencia presentada en el foro “Los códigos en la construcción en

- Colombia: Aproximaciones y Aplicaciones. Revista de Ingeniería #41, pp. 71-77  
Universidad de los Andes. Bogotá: Colombia
- García, P y Bermejo, N. (2019). *Del Código de Hammurabi a los edificios de energía casi nula del Código Técnico de la Edificación*. V Congreso Edificios Energía Casi Nula, España. Recuperado de <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-codigo-hammurabi-edificios-energia-casi-nula-codigo-tecnico-edificacion>.
- Hilda (31 de mayo 2011). *El espíritu de la ley*. [La guía: Derecho]. Blog. Recuperado de <https://derecho.laguia2000.com/derecho-romano/el-espiritu-de-la-ley>
- Kari, F. (2019). *The Sampoong Department Store Collapse*. Great Disasters. Recuperado de <http://www.greatdisasters.co.uk/the-sampoong-department-store-collapse>
- Ley 1229 de 2008. Diario Oficial de la República de Colombia. No. 47.052 de 16 de julio de 2008.
- Ley 400 de 1997. Diario Oficial de la República de Colombia. Año CXXXIII. N. 43113, 25 de agosto de 1997.
- Luth, G. (2000). *Chronology and Context of the Hyatt Regency Collapse*. Journal of Performance of Constructed Facilities, 14 (2), pp.51–61. ASCE.
- Mejía, J. (2019). *Ensayo- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/324221536/Ensayo-Analisis-NSR-10>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10-*. Título A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. República de Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10-*. Título I – Supervisión técnica. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. República de Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). *Decreto número 945 de 2017*. República de Colombia.

Norma Técnica Colombiana NTC129 (1995). *Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Norma Técnica Colombiana NTC2289 (2007). Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Norma Técnica Colombiana NTC454 (2011). *Ingeniería Civil y Arquitectura. Concreto fresco. Toma de muestras*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (2016). *Perú: Sismo en Caylloma, Arequipa Reporte de Situación No. 01 de la Oficina de la Coordinadora Residente (al 17 de Agosto del 2016)*. Recuperado de <https://reliefweb.int/report/peru/sismo-en-caylloma-arequipa-reporte-de-situacion-no-01-de-la-oficina-de-la-coordinadora>

Olalquiaga, C. (2016). *Babel tropical*. Cuadernos de Literatura. Vol. XX, N° 39, enero-junio, pp.398-406. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.cl20-39.batr>

Olalquiaga, C. (2018). *Babel tropical; conozca la historia de El Helicoide*. Recuperado de <https://prodavinci.com/babel-tropical-conozca-la-historia-de-el-helicoide/>

Palomino, J. (2014). *Guía para supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1555/1/Guia%20para%20Supervisi%C3%B3n%20T%C3%A9cnica%20de%20Estructuras%20de%20Concreto%20Reforzado%2016-03-15.pdf>.

Reglamento estructural para edificaciones (2008). Requisitos de reglamento para concreto

estructural (ACI 318S-08) y comentario. Comité ACI 318.

Siviero, E y Pavan R. (2018). *Assessment of existing steel bridges: codes and standard*”, 9th International Symposium on Steel Bridges. Series: Materials Science and Engineering 419, pp. 1-10. DOI:10.1088/1757-899X/419/1/012006.

Solingmec S.A.S. (2017). *Revisión y verificación diseño estructural*. [Apéndice A].

Solís, R. (2004). La supervisión de obra. Solís/ Ingeniería, 8-1, pp.55-60.

Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. (2014). *Concepto técnico en relación a las causas más probables del colapso del edificio Space*. Informe final: fase III. Bogotá: Colombia.

Vallejo, F. (2007). *Responsabilidad profesional en la construcción de obras*. Revista Derecho del Estado, n° 20, diciembre. Recuperado de C:/Users/Windows%20Seven/Downloads/706-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2382-1-10-20100929.pdf

Velandia, K. (2019). *El Helicoide: el centro comercial de Venezuela que se convirtió en un sitio de torturas*. BBC News Mundo. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-46978545>.

Verdú, D. (2019). *Scampia: tres guerras y 100 funerales*. España: El país. Recuperado de [https://elpais.com/internacional/2019/03/09/actualidad/1552127241\\_349368.html](https://elpais.com/internacional/2019/03/09/actualidad/1552127241_349368.html).

Yamin, L. et al. (2018). *Sudden Collapse of the 27-Story Space Building in Medellin, Colombia*. Journal of Performance Constructed Facilities 32 (3), pp. 1-13. ASCE

Apéndices

Apéndice A. Revisión y verificación diseño estructural

		REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DISEÑO ESTRUCTURAL		Página: 1 de Codigo: Versión: Fecha de emisión:		
<b>I. IDENTIFICACIÓN</b>						
NOMBRE DEL PROYECTO						
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO						
PROYECTISTA ESTRUCTURAL						
ARQUITECTO PROYECTISTA						
REVISOR ESTRUCTURAL						
<b>II. REQUISITOS DE ENTRADA</b>						
REQUISITO		CRITERIO		FECHA DE LA REVISIÓN:		
		DOCUMENTO APROBADO Y COMPLETO		OBSERVACIONES		
DOCUMENTOS E INFORMACIÓN DE ENTRADA	Levantamiento topográfico (planta y perfiles)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>			
	Diseño Arquitectónico	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>			
	Estudio de suelos	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>			
REQUISITO	CRITERIO	DATOS		CRITERIO	DATOS	
ESTUDIO DE SUELOS	Capacidad portante del terreno.			Indíces de plasticidad		
	Profundidad del nivel freático.			Cantidad de sondeos		
	Nivel de cimentación			Profundidad de los sondeos		
	Tipo de suelo predominante			Área de la edificación		
	Tipo de clasificación			Material de relleno		
<b>Parámetros sísmicos</b>						
PARAMETROS DE DISEÑO	Zona de amenaza sísmica			T <sub>0</sub>		
	Capacidad de disipación de energía			Coefficiente de modificación de respuesta		
	Coefficiente de aceleración pico efectiva			Grupo de uso		
	Irregularidad en altura (I <sub>a</sub> )			Coefficiente de modificación de respuesta		
	Irregularidad en planta (I <sub>p</sub> )			Método de análisis sísmico		
	T			Cortante basal (V <sub>s</sub> )		
	T <sub>0</sub>			Corrección FHE		
<b>Sistema estructural</b>						
PARAMETROS DE DISEÑO	Pórticos en concreto			Mampostería estructural		
	Muros en concreto			Sistema dual		
	Pórticos en acero			Sistema combinado		
<b>Información del diseño</b>						
PARAMETROS DE DISEÑO	Número de pisos			Especificaciones de materiales para elementos estructurales, no estructurales y de cubierta		
	Área del proyecto					
	Velocidad del viento de diseño					
<b>Cargas lineales</b>						
PARAMETROS DE DISEÑO	Total Carga muerta			Total Carga muerta de cubierta		
	Total de Carga viva			Total Carga muerta de escaleras		
	Total Carga viva de cubierta			Total Carga viva de escaleras		
<b>III. REVISIÓN Y VERIFICACION</b>						
REVISIÓN		CUMPLIM.	OBSERVACIONES	VERIFICACION	CUMPLIM.	OBSERVACIONES
<b>CIMENTACION</b>						
<b>ZAPATAS (NSR 10- TITULO C, CAP.: C.15.3-C.15.10)</b> <i>Aplica</i> <input type="checkbox"/> <i>No aplica</i> <input type="checkbox"/>						
Verificar recomendación de cimentación	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar corte y punzonamiento	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Revisar ejes y niveles estructurales y arquitectónicos	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar longitud de refuerzo, longitud de desarrollo y de ganchos, diámetro, cuantía y separación	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Verificar dimensiones de las zapatas (entregar plano de cargas de zapata)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar espesor y especificación del concreto ciclopeo o solado	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Verificar flexión cuantías mínimas y máximas	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Revisar cuadro de zapatas en planos (dimension, altura, cantidad y despiece del refuerzo)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
<b>PILOTES (NSR 10- TITULO C, CAP.: C.15.3-C.15.11)</b> <i>Aplic</i> <input type="checkbox"/> <i>No aplica</i> <input type="checkbox"/>						
Verificar recomendación de cimentación	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar flexión, cuantías mínimas, máximas y despieces.	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Revisar diámetro del pilote, longitud, cargas, separación, eficiencia de grupo.	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar corte, refuerzo transversal y sitios de confinamiento especial	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
<b>VIGAS DE CIMENTACION (NSR 10 - TITULO C , CAP.: C.15.13)</b> <i>Aplica</i> <input type="checkbox"/> <i>No aplica</i> <input type="checkbox"/>						
Revisar dimensiones de la viga para control de deflexiones	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar longitudes refuerzo en despieces y detalles en planos (longitudes traspaso y de ganchos)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Revisar recubrimiento, refuerzo longitudinal cuantía mínima	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		Verificar cantidades en despieces y detalles en planos (barras y elementos)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Revisar refuerzo trasversal separación mínima y máxima.	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				

ENTREPISOS (Realizar revisión y verificación de vigas de entresijos y cubiertas) (NSR 10-TITULO C, CAP. C.13)					
Verificar ejes y niveles estructurales arquitectónicos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar recubrimiento dimensión y número de flejes	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar dimensiones de vigas según requerimientos control de deflexiones y derivas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar tipo de placa, especificaciones técnicas y detalles constructivos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar dimensiones mínimas de vigas según zona de amenaza sísmica	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar espesor de placa	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar diámetro de barras según zona de amenaza sísmica	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar refuerzo de placas a retracción	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar cuantías mínimas y máximas de refuerzo de vigas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar el tipo y especificación del caseton	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar acero mínimo inferior en el nudo	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar longitudes refuerzo en despieces y detalles en planos (longitudes traslapo y de ganchos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar longitud mínima de traslapes en refuerzos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar cantidades en despieces y detalles en planos (barras y elementos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>COLUMNAS (NSR 10 - TITULO C, CAP.: C.21.3 Y C.21.6)      Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/></b>					
Verificar ejes y niveles estructurales arquitectónicos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar longitud mínima de traslapes en refuerzos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar dimensiones de columnas según requerimientos control de derivas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar recubrimiento dimensión y número de flejes	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar dimensiones mínimas de columnas según zona de amenaza sísmica	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar longitudes refuerzo en despieces y detalles en planos (longitudes traslapo y de ganchos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar cuantías mínimas y máximas de refuerzo de columnas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar cantidades en despieces y detalles en planos (barras y elementos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar diámetro de barras según zona de amenaza sísmica	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
<b>MUROS ESTRUCTURALES (NSR 10 - TITULO C, CAP.: C.14)      Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/></b>					
Verificar ejes y niveles estructurales arquitectónicos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar longitud de muros por derivas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar espesor de muros	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar Juntas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar cuantías mínimas y máximas de refuerzo de muros estructurales	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar elementos de confinamiento	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar refuerzo de muros por temperatura	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar longitudes refuerzo en despieces y detalles en planos (longitudes traslapo y de ganchos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Revisar refuerzo de muros por espesor y retracción	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar cantidades en despieces y detalles en planos (barras y elementos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>ESCALERAS (NSR 10 - TITULO C, CAP. C.10 y C.11)      Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/></b>					
Verificar ejes y niveles estructurales arquitectónicos, y número de escalones en planos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar espesor de losa	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar refuerzo mínimo a retracción	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar cimentación para la escalera	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar longitud mínima de traslapes en refuerzos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar longitudes refuerzo en despieces y detalles en planos (longitudes traslapo y de ganchos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar longitud de anclajes y apoyos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar cantidades en despieces y detalles en planos (barras y elementos)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>CUBIERTAS METALICAS (NSR - TITULO F, CAP. F.2)      Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/></b>					
Verificar ejes y niveles estructurales arquitectónicos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar topología de las correas y cerchas (distancias, alturas, ejes donde se apoya)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar notas de diseño y especificaciones de materiales	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar momento actuante en correas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Revisar medidas en mm	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar diámetro y ubicación de templetes y tirantes	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar pendiente de la cubierta y tipo de aguas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar el tipo, longitud y espesor de soldaduras.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar pendientes mínimas para el tipo de cubierta	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar el grado, longitud y diámetro de pernos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Revisar ubicación y sistema de apoyos para las cerchas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar dimensión del canal y calibre de la lámina	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Verificar tipo de apoyo (simple o continuo) en cerchas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
<b>CULATAS EN CUBIERTAS (NSR 10- TITULO C, CAP.: C.4 - C.9)      Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/></b>					
Revisar configuración según plano de cubierta arquitectónico	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Revisar separación máxima en columnetas de 3.5 m	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Revisar ancho de la mampostería	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar dimensiones mínimas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Revisar viga cinta en la parte superior	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Verificar cuantías de refuerzo longitudinal y vertical	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

IV. VERIFICACION DE ELEMENTOS TIPO			FECHA DE LA REVISION/VERIFICACION:		
ELEMENTO	CUMPLIM.	PROMEDIO	ELEMENTO	CUMPLIM.	PROMEDIO
ZAPATA	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		MUROS	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
VIGA DE CIMENTACION	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		VIGA DE ENTREPISO	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
VIGA DE CUBIERTA	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		COLUMNA	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
PROMEDO EN CUBIERTAS (Incluye cerchas, correas, tirantes y diagonales)	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		ENTREPISO	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
V. VALIDACION DEL DISEÑO*			FECHA DE LA VALIDACION:		
CRITERIO	CUMPLIM.	OBSERVACIONES	CRITERIO	CUMPLIM.	OBSERVACIONES
VALIDACION SISMO	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		VALIDACION CARGAS DE VIENTO	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
VALIDACION CARGAS VERTICALES	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
OBSERVACIONES:					
*DE ACUERDO A COMPLEJIDAD Y TIPO DEL PROYECTO SE REALIZA UN MODELO DE LA ESTRUCTURA					
FECHA DE INICIO :			FECHA FINAL :		
DISEÑADO POR:		FIRMA		REVISADO POR:	
		NOMBRE			
		CARGO			

Adaptado de (Solingmec S.A.S, 2017).