



Universidad Santo Tomás de Aquino

MANUAL DE PREVENCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LESIONES EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS DE CARGA EN CONCRETO REFORZADO





Universidad Santo Tomás de Aquino

MANUAL DE PREVENCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LESIONES EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS DE CARGA EN CONCRETO REFORZADO

VERSIÓN OFICIAL N° 1
MAESTRIA EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
2.025

AUTORES: Giovanni Eugenio Guzmán Bermúdez, Yeyson Pulido Cepeda
Nestor Raul Medina Castro, Diego Armando Corredor Salamanca

TUTOR: Walter Mauricio Barreto Castillo



INDICE:

Introducción

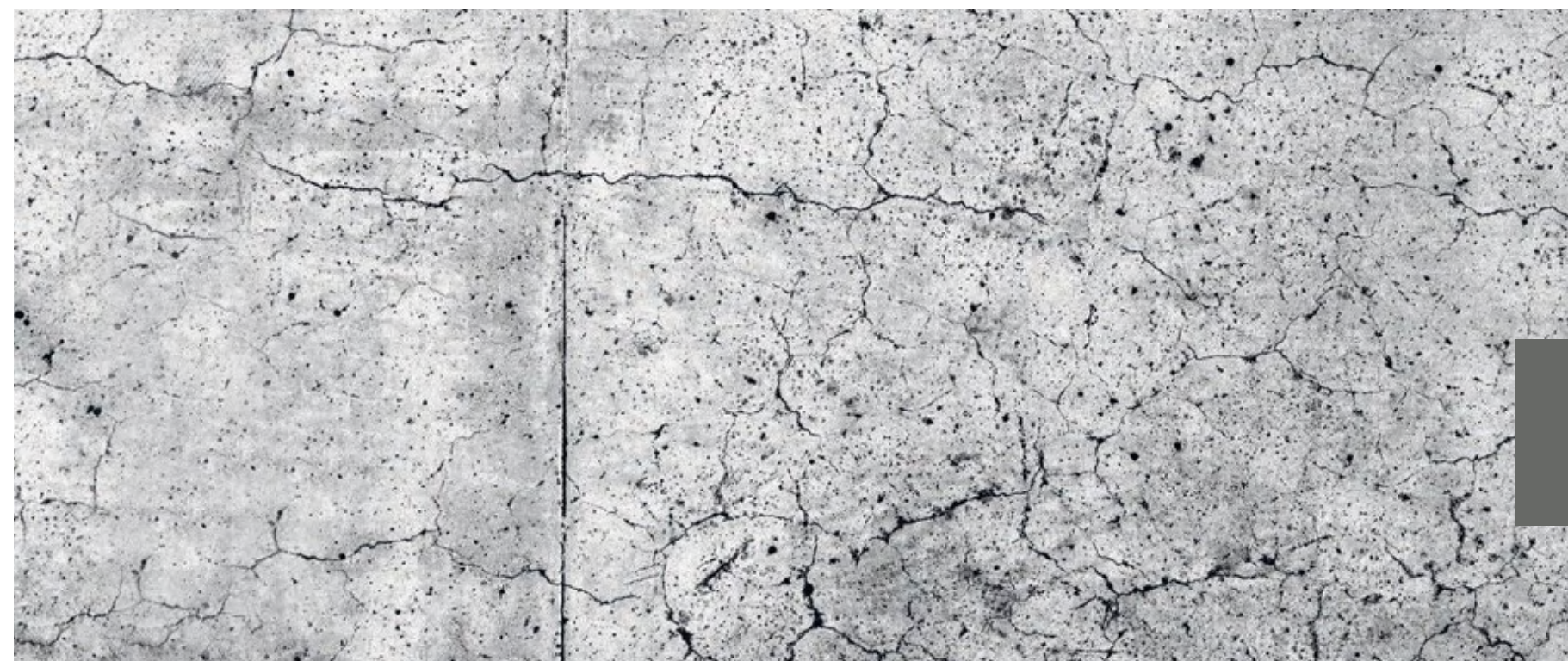
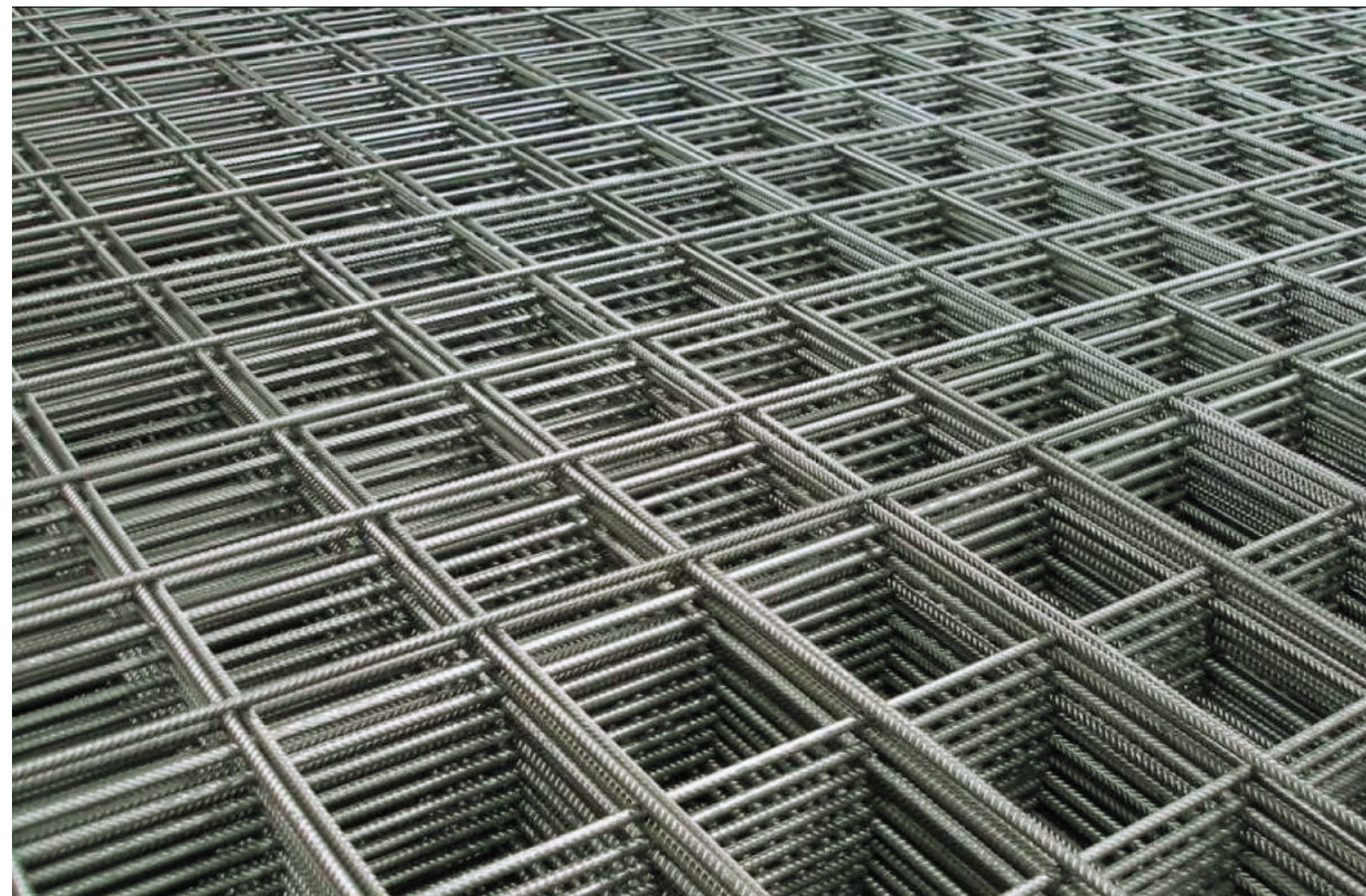
Desde la prevención

Desde la evaluación

Desde la rehabilitación

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y CONDICIONES DE USO

El presente manual, elaborado en el marco de la Monografía en Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomás, constituye una herramienta de apoyo académico y técnico orientada a la comprensión y análisis de las patologías en edificaciones. Su contenido tiene carácter referencial y debe aplicarse bajo criterio técnico especializado, por profesionales idóneos y con experiencia comprobada, quienes sustenten sus decisiones en observaciones de campo, ensayos de laboratorio, análisis estructurales y cálculos fundamentados. Los autores y la Universidad Santo Tomás no asumen responsabilidad por interpretaciones erróneas o aplicaciones inadecuadas del manual que no cuenten con el debido respaldo técnico y profesional.

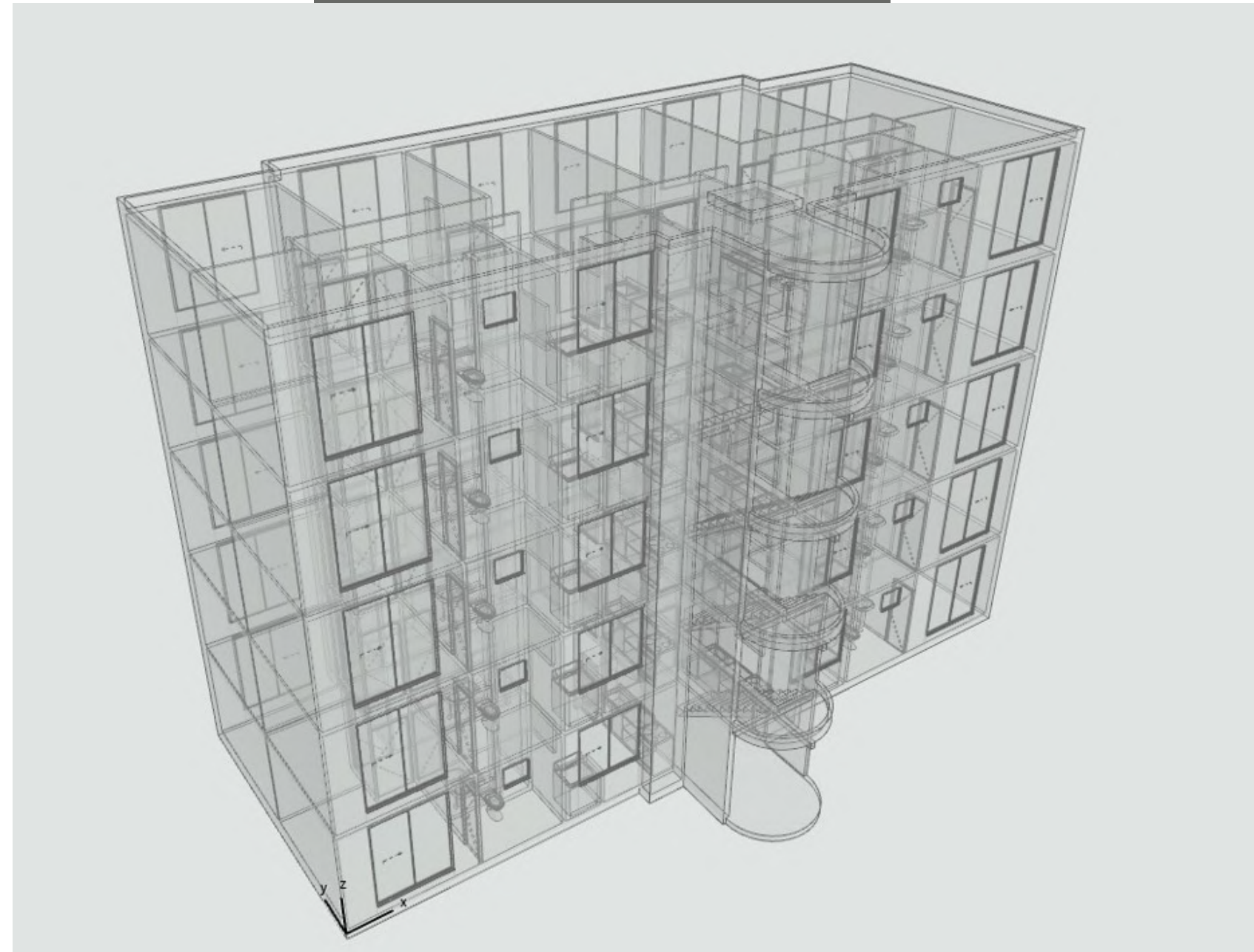




INTRODUCCIÓN

Las lesiones en edificaciones residenciales con muros de carga en concreto reforzado afectan la seguridad, la durabilidad y la habitabilidad de las viviendas en Colombia. Aunque existen referentes normativos como la NSR-10 y las NTC, en la práctica persisten vacíos de orientación aplicada para prevenir, detectar y atender estas fallas. Este manual nace para cerrar esa brecha: se construye a partir del análisis del conjunto Torres del Silencio (Yopal, Casanare) y está pensado para que ingenieros, arquitectos y equipos técnicos lo repliquen en contextos similares.

El contenido se articula en tres frentes complementarios: prevención, con recomendaciones de diseño, construcción y mantenimiento; evaluación, con rutas de inspección y criterios de diagnóstico; y rehabilitación, con pautas para seleccionar y ejecutar intervenciones. El manual no sustituye la normativa; la traduce en decisiones prácticas y subraya que no existen recetas universales: toda reparación debe partir de la causa raíz y puede apoyarse en soluciones comerciales sin reemplazar el juicio técnico. Como versión inicial, es un documento vivo que se actualizará con los avances nacionales e internacionales. Su propósito es impulsar una cultura de prevención y mantenimiento oportuno que eleve la seguridad, la durabilidad y la sostenibilidad del parque habitacional del país.





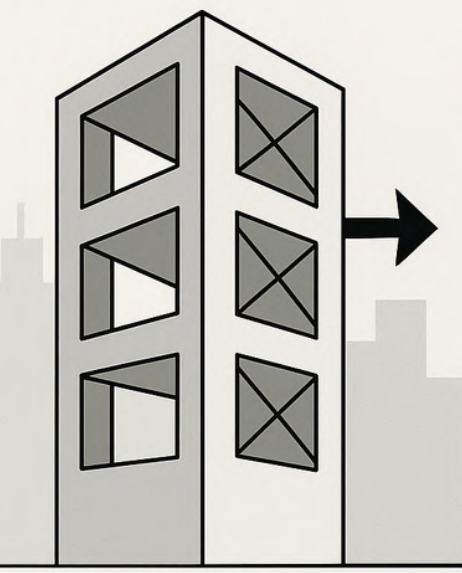
Desde la prevención

Esta sección reúne un conjunto de lineamientos orientados a reducir de manera significativa la probabilidad de que se presenten fallas o lesiones durante las fases de diseño y construcción de edificaciones con sistema de muros de carga en concreto reforzado. Para tal fin, se abordan aspectos relacionados con el diseño arquitectónico y el diseño estructural, enfatizando la necesidad de una adecuada coordinación entre las diferentes especialidades (hidrosanitarias, eléctricas, mecánicas, etc.), con el fin de evitar interferencias que comprometan la integridad del sistema.

Así mismo, se incluyen criterios para la correcta especificación de materiales de construcción, acompañados de procedimientos de control de calidad que garanticen su idoneidad y desempeño en obra. El manual también incorpora recomendaciones sobre el uso, montaje y mantenimiento de formaletas, así como criterios de aceptación que permitan validar la conformidad técnica de los procesos constructivos.

Finalmente, se resalta la importancia de la interventoría y la supervisión técnica permanente, desde la etapa de diseño hasta la etapa de ejecución, como un mecanismo esencial para asegurar la durabilidad, funcionalidad y especialmente, el buen desempeño sísmico de las edificaciones en concordancia con las exigencias de la normativa sismo resistente vigente.

Sistema de muros de carga de concreto reforzado de tipo portante



Sistemas estructurales de resistencia sismica

- Tipo A: sistema de muros de carga
- Tipo B: Sistema combinado
- Tipo C: Pórticos resistentes a momento
- Tipo D: Sistema Dual

Muy buena rigidez y comportamiento sismorresistente

Sistemas estructurales de resistencia sismica

- Tipo A: sistema de muros de carga
- Tipo B: Sistema combinado

SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADOS

El sistema de construcción industrializado se basa en muros estructurales de concreto reforzado, de tipo portante, es decir, que deben soportar cargas verticales y/o horizontales perpendiculares a el. De los sistemas mostrados en la grafica, este manual hablara del tipo A subíndice 2, sistema de muros de carga estructural de concreto con capacidades de disipación de energía que van desde la mínima hasta la especial, según sea el lugar donde se construya el proyecto.

Es importante tener en cuenta para este tipo de estructuras, la relación de esbeltez. Los muros esbeltos se caracterizan por la relación Altura / longitud mayor a dos. Los muros bajos, con la relación menor o igual a dos. El capítulo 18 del ACI-318-19 profundiza en este tema. Los tipos de falla más comunes que se pueden presentar son por flexión, por cortante o por levantamiento.

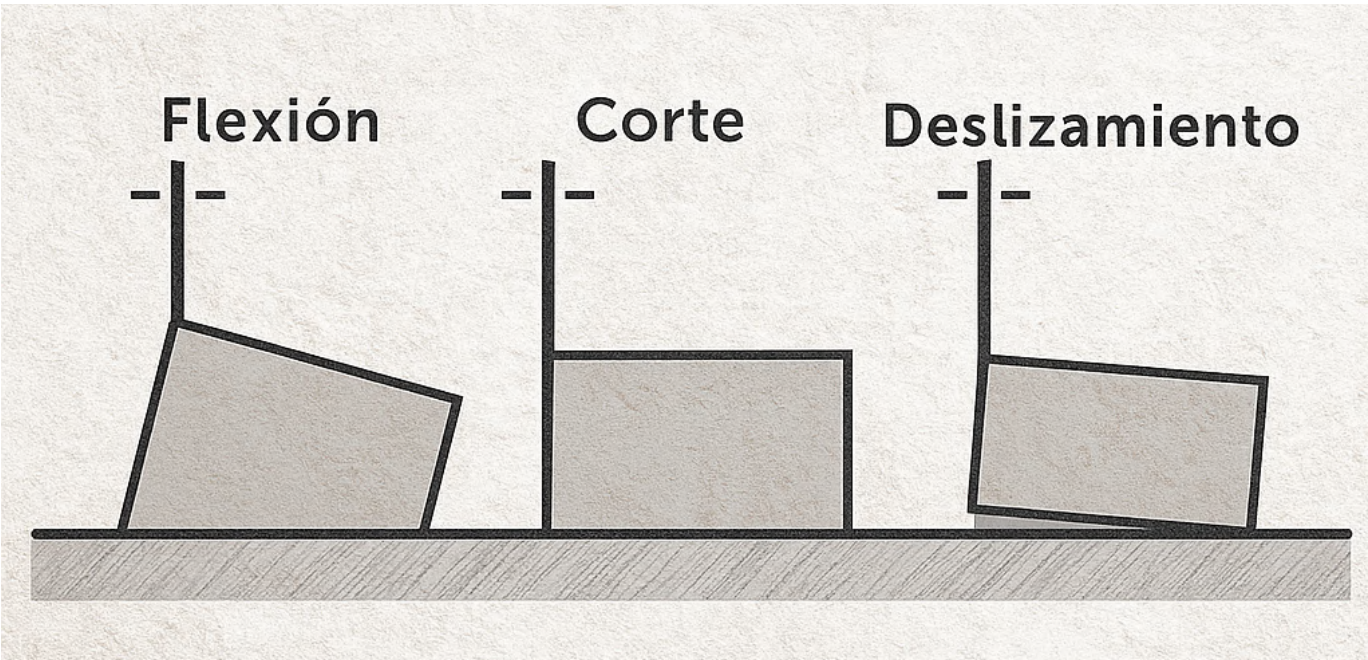


Tabla C.6.5-1 Tolerancias para superficies terminadas según anexo NSR-10 https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/consultasp/Anexo%20t%C3%A9cnico_4.pdf

Concepto	Condición	Detalle	Tolerancia
1. Variaciones en el desplome	A - En alineamiento y superficies de columnas y muros estructurales y en esquinas	Por cada 2 m de longitud	5 mm
		Máximo para la longitud total	25 mm
	B - En esquinas expuestas de columnas, ranuras en juntas de control y otras líneas visibles	Por cada 5 m de longitud	5 mm
		Máximo para la longitud total	15 mm
2. Variaciones con respecto a niveles especificados en planos	A - En superficie superior de placas, cubiertas, vigas y gradas (antes de remover cimbra)	Por cada 2 m de longitud	5 mm
		En cualquier vano o por cada 6 m de longitud	10 mm
	B - En dinteles, soleras, antepechos, ranuras horizontales y otras líneas visibles	Máximo para toda la longitud	20 mm
		En cualquier vano o por cada 5 m de longitud	5 mm
3. Variaciones en líneas rectas del edificio	(según planos y posiciones de columnas, muros y particiones)	En cualquier vano	15 mm
		Por cada 5 m de longitud	10 mm
		Máximo para la longitud total	15 mm
	Vacios, ductos y aberturas en placas y muros		+/- 10 mm
4. Variaciones en medidas y localización de:			
	Menos		10 mm
	Más		15 mm
5. Variaciones en dimensiones de secciones de columnas y vigas, y en espesor de placas y muros			
	Menos		15 mm
	Más		50 mm
	2% del ancho de la zapata en dirección de mala colocación		Máx.: 50 mm
6. Zapatas (solo dimensiones del concreto, no posición del acero)	A - Variación en planta	Reducción	5%
		Incremento	Sin límite
	B - Mala colocación o excentricidad	Contraheallas	+/- 5 mm
		Huellas	+/- 10 mm
7. Variaciones en escalones	A - En un tramo de escaleras	Contraheallas	+/- 10 mm
		Huellas	+/- 2 mm
	B - En peldaños independientes	Contraheallas	+/- 2 mm
		Huellas	+/- 5 mm



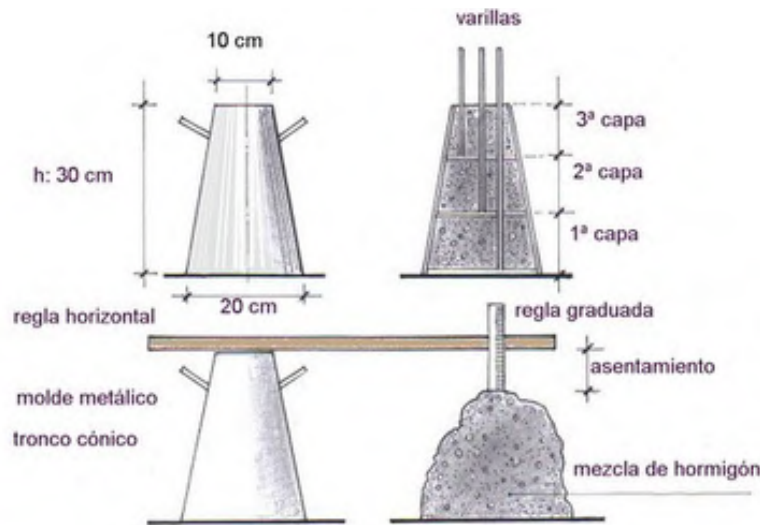


PARÁMETROS MÍNIMOS DE DISEÑO

DERIVAS: Se deben respetar las derivas máximas del 1% establecidas en el punto A.6.4.2.2 de la NSR-10, sin embargo se recomienda una deriva del 0.65% ya que esta evita grandes deformaciones. Mejor aun, previa coordinación con la arquitectura se sugiere aumentar el espesor de los muros que están más exigidos por sismo resistencia para que la deriva recomendada se conserve.

SELECCIÓN DEL CONCRETO: El concreto juega un papel muy importante en el desarrollo del sistema de construcción industrializada, el objetivo principal de estos concretos es acelerar el proceso y permitir una rotación rápida de las formaletas, por lo que estos concretos deben estar formulados para alcanzar una resistencia significativa en un corto periodo de tiempo. Las empresas especializadas especifican un descimbrado entre las 14 y 18 horas, con una resistencia inicial del 15% al 20% de la resistencia de especificación

El concreto debe ser fluido para facilitar su colocación, su compactación se debe realizar con la ayuda de vibradores de inmersión para garantizar el llenado de espacios y una buena adherencia con el refuerzo. algunas compañías ofrecen concretos autocompactantes, para evitar el uso de vibradores. Se deben realizar dentro de los 15 minutos posteriores a la llegada del camión a la obra, mediciones de asentamiento (NTC 396/ASTM C143) y de resistencia a la compresión (NTC 673/ASTM C39) con la toma de cilindros. Se prohíbe estrictamente la adición de agua o cualquier material ajeno a la mezcla en el sitio de colocación, ya que compromete la a/c y la resistencia.

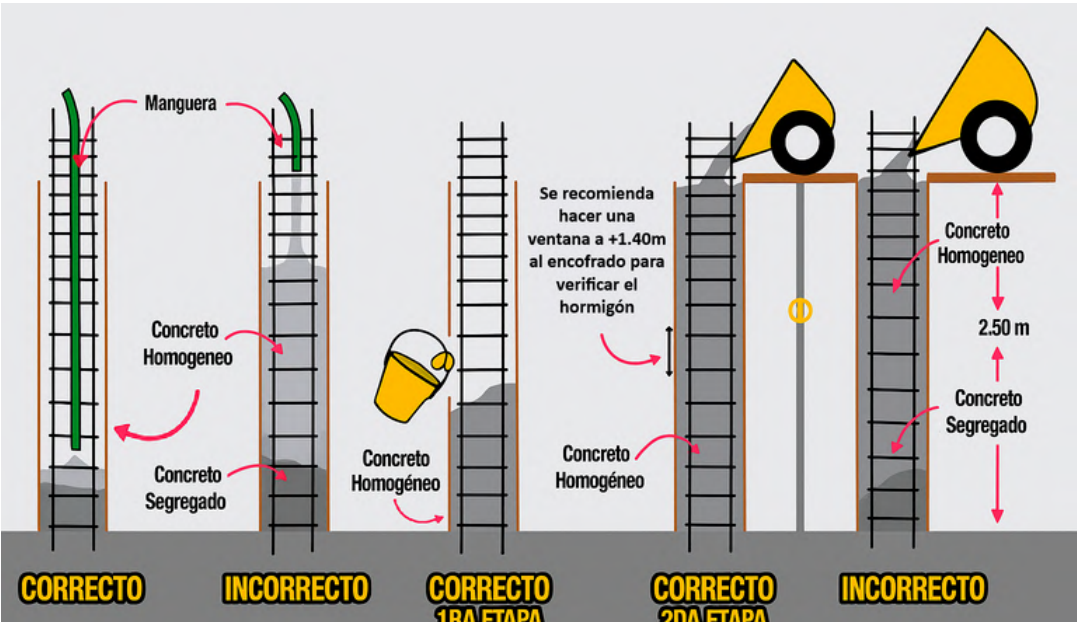


PARAMETROS MINIMOS DE CONTROL Y CALIDAD DEL CONCRETO

Parametros de control	Argos	Cemex	Holcim
Resistencia a la compresión	De 21 MPa a 41 MPa (3000 a 6000 psi) a los 28 días.	De 210 a 420 kg/cm² a 28 días.	De 17.5 MPa a 42 MPa.
Asentamiento (Slump)	Losa: 150 mm ± 25 mm. Muro: 205 mm ± 25 mm. Muro/Losa: 180 mm ± 25 mm.	13 ± 2.5 cm (130 mm ± 25 mm).	210 mm ± 40 mm.
Desarrollo de resistencia a temprana edad	Del 15% al 20% a las 14 horas.	Del 15% al 20% de la resistencia de especificación, entre las 14 y las 18 primeras horas.	Permite desencofrar al siguiente día del vaciado.
Tiempos de fraguado	Inicial: 5 ± 2 horas. Final: 8 ± 2 horas.	Clima frío: Inicial: 6 horas. Final: 8 horas. Clima cálido: Inicial: 4 horas. Final: 6 horas.	Inicial: 9 ± 2 horas.
Manejabilidad	No especificado, pero ofrece un fraguado de 5 horas que contribuye a la colocación.	Clima frío: 1.5 ± 0.5 horas. Clima cálido: 1.0 ± 0.5 horas.	1.5 horas.
Tamaño máximo nominal del agregado	9.5 mm, 12.5 mm, 19 mm y 25 mm.	19.1 mm (3/4") y 25.4 mm (1").	12.5 mm, 19 mm, 25 mm.
Características adicionales	Aire incluido (3%-8%) y fibras sintéticas.	La empresa no lo especificó.	Contenido de aire máximo del 2%.

VACIADO DEL CONCRETO: La maniobra de descarga del concreto dentro del muro juega un papel fundamental en la calidad final de la estructura, dicho procedimiento no se puede realizar de cualquier manera y supone el diseño de una logística dependiendo las características del elemento a vaciar, longitud, altura, espesor. Las consecuencias de no seguir una buena técnica en el vaciado quedan claras en la siguiente imagen.

TÉCNICA PARA VACIADO DEL CONCRETO



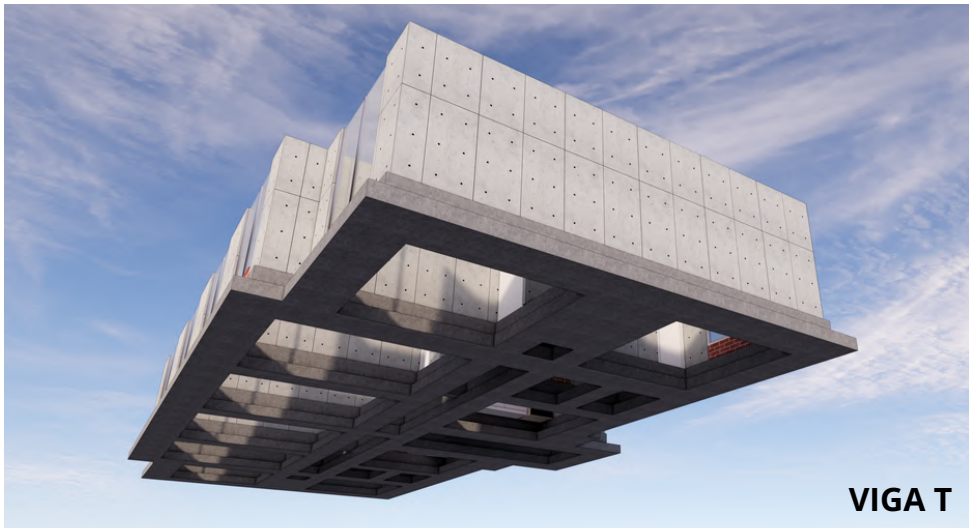
03

DISEÑO DE APUNTALAMIENTO TEMPORAL DE ELEMENTOS: El diseñador debe establecer los puntos claves en donde se debe instalar un apuntalamiento temporal además debe proveer los porcentajes óptimos de resistencia del concreto para poder realizar el desencofrado. Todo esto debe estar documentado en un plano anexo a la información de diseño para construcción. para el caso de la losa es importante que siempre se deje apuntalada hasta que ella obtenga el 80% de su resistencia; para poder realizar el proceso de vaciado del siguiente nivel es importante que los muros y las losas inferiores hayan alcanzado el 100% de su resistencia.

04

RESISTENCIAS RECOMENDADAS PARA EL CONCRETO POR PISO: Comúnmente para edificaciones de 5 pisos la resistencia recomendada tanto para losas y muros de los primeros dos pisos es de 3500 Psi, para los demás pisos puede ser de 3000 Psi. Para edificaciones de 6 pisos en adelante. los primeros 2 pisos deben contar con una resistencia de 4000 Psi, los pisos intermedios una resistencia a 3500 Psi y los últimos pisos una resistencia de 3000 Psi.





CIMENTACIONES EN EL SISTEMA INDUSTRIALIZADO: El diseño de estas cimentaciones depende de las condiciones del terreno y la recomendación del geotecnista. Se pueden usar tanto cimentaciones superficiales como profundas

CIMENTACIONES SUPERFICIALES:

CUADRO COMPARATIVO Cimentaciones superficiales			
Criterio	Vigas sobre terreno	Sist.combinado viga-losa	Losa maciza
Condiciones de uso	Suelos con buena capacidad portante	Suelos deficientes	Cuando el diseño arroja vigas muy cercanas
Características	Muros apoyados en vigas; relleno compactado 70-100 cm; opción T invertida para suelos débiles	Combina vigas y losa; cargas no homogéneas; requiere refuerzo en zonas críticas	Losa reforzada en ambas caras
Ventajas	Sencilla y económica en suelos competentes	Menor volumen de concreto	Ahorro en acero y cemento; solución práctica
Desventajas	En suelos blandos requiere T invertida (más concreto y acero)	Cuantía de acero alta; requiere supervisión estricta	Puede ser costosa según espesor y mano de obra

CUADRO COMPARATIVO Cimentaciones profundas			
Tipo	Pilotes excavados	Pilotes hincados	Micropilotes
Características	Conectados a losa o vigas; fundados en terreno competente	Trabajan por fuste, transmiten carga lateralmente	Pernos autoperforantes, verticales o inclinados
Cuándo usar	Cuando el suelo superficial no resiste y se requiere llegar a estratos firmes	Cuando hay problemas de volcamiento o cargas de tracción	Alternativa en suelos de baja capacidad, refuerzo adicional
Ventajas	Alta capacidad de carga	Eficientes para cargas de tracción	Similares a pilotes pre-excavados, más versátiles
Desventajas / Advertencias	Construcción lenta, costosa	Alta demanda de concreto y acero	Costo elevado, requieren mano de obra especializada

Dentro de la cimentación, tanto superficial como profunda, es indispensable tener en cuenta los pases de tubería y los arranques de los muros. Los pases de tubería, tanto sanitaria como eléctrica e hidráulica, deben estar incluidos previamente en los planos arquitectónicos para que el diseñador estructural y los diseñadores hidrosanitarios los complementen y lo ajusten en los planos finales, que serán los válidos para construcción.

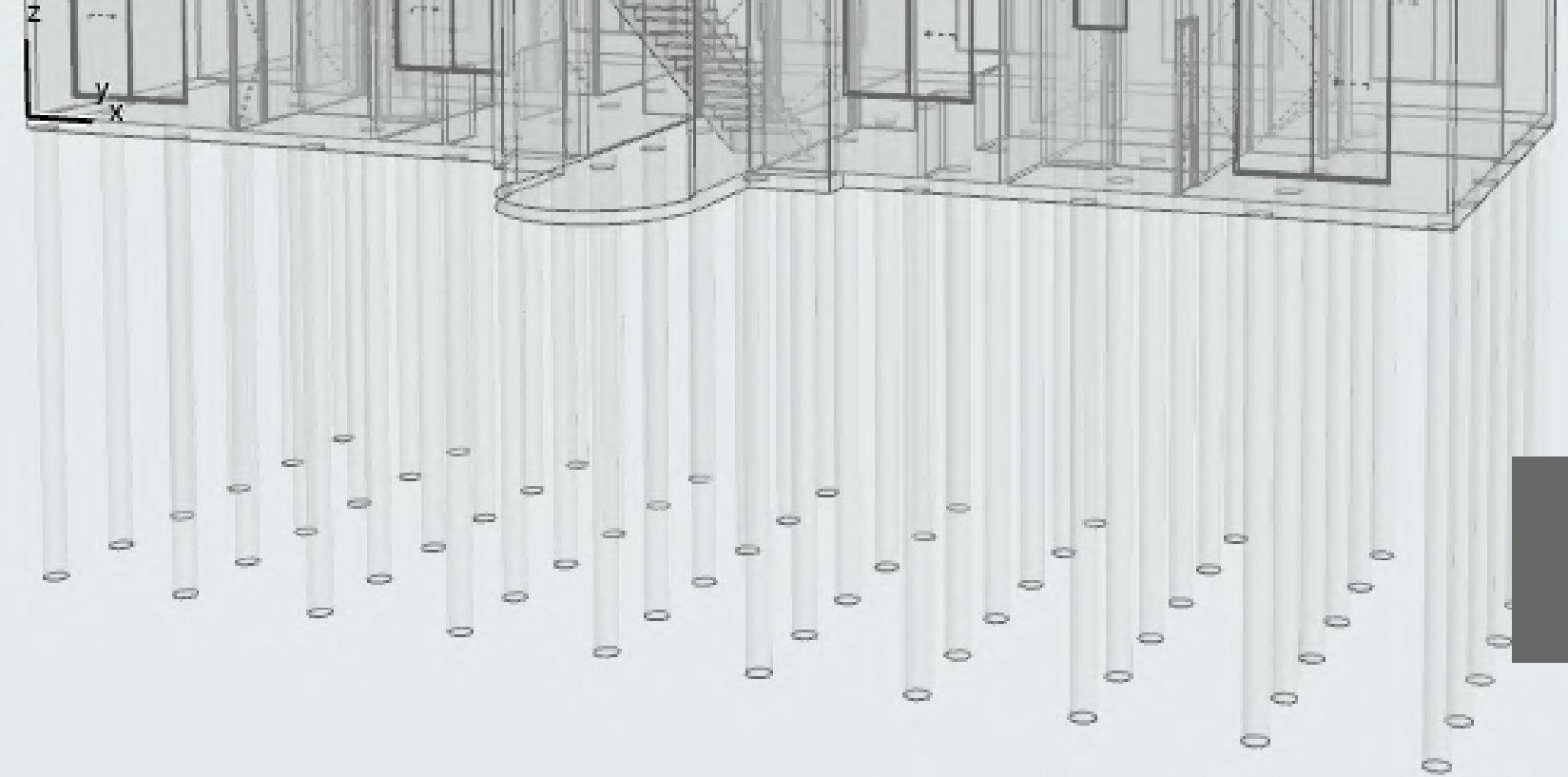


Tabla 11.3.1.1 — Espesor mínimo del muro, h

Tipo de muro	Espesor mínimo del muro, h		
De carga ^[1]	El mayor de:	100 mm	(a)
		1/25 de la menor entre altura y la longitud no apoyadas	(b)
No portante	El mayor de:	100 mm	(c)
		1/30 de la menor entre altura y la longitud no apoyadas	(d)
Exteriores de sótanos y cimentaciones ^[1]		190 mm	(e)

Tabla R18.10.1 — Requisitos que dominan en el diseño de segmentos verticales de muro^[1]

Altura libre del segmento vertical de muro / longitud del segmento vertical de muro, (h_w/ℓ_w)	Longitud del segmento vertical de muro / Espesor del muro (ℓ_w/b_w)		
	$\ell_w/b_w \leq 2.5$	$2.5 < \ell_w/b_w \leq 6$	$\ell_w/b_w > 6$
$h_w/\ell_w < 2$	Muro	Muro	Muro
$h_w/\ell_w \geq 2$	El machón de muro debe cumplir los requisitos de diseño de columnas, véase 18.10.8.1	El machón de muro debe cumplir los requisitos de columna o requisitos alternos, véase 18.10.8.1	Muro

[1] h_w es la altura libre, ℓ_w es la longitud horizontal, y b_w es el espesor del alma del segmento de muro.

06

MUROS:

CONSIDERACIONES GEOMETRICAS: Según la norma ACI 318-19 tabla 11.3.1.1 el espesor mínimo del muro debe ser de 100 mm. La relación de espesor, longitud y altura de los muros determina el cálculo del acero transversal (acero a cortante), el acero longitudinal se obtiene analizando la sección transversal del muro como una columna. Esto se encuentra definido en la tabla R18.10.1 de la norma ACI 318-19. El otro factor a tener en cuenta desde el diseño es la compensación del área de muros en X y Y, generar plantas muy alargadas produce una rigidez diferencial en los dos ejes, comprometiendo el desempeño estructural frente a solicitaciones sísmicas horizontales.

REQUISITOS DEL ACERO DE REFUERZO: La cuantía mínima de acero de refuerzo depende de la ubicación de la zona de amenaza sísmica en la cual va a estar localizada la edificación. Para edificios cuya ubicación solicite capacidad especial de disipación de energía el acero de refuerzo dispuesto en ambas direcciones debe ser mayor o igual a 0,0025. Para edificios con capacidad moderada de disipación ver C21.4 de la NSR-10. Para edificaciones del grupo de uso I, y hasta tres pisos, se permite usar cuantías según C.14.3 de la NSR-10.

El espaciamiento del acero de refuerzo dispuesto en ambas direcciones no debe superar 45cm por ningún motivo y en ningún tipo de solicitación sísmica. Los empalmes mecánicos del refuerzo deben cumplir con 18.2.7 (ACI 318-19) y los empalmes soldados del refuerzo deben cumplir con 18.2.8 (ACI 318-19).



Uno de los aspectos mas importantes es garantizar la posición del acero dentro del encofrado antes, durante y después del vaciado del concreto. Para esto es indispensable el uso de separadores, los cuales según datos de los fabricantes, en la mayoría de los casos se recomiendan instalar en cuantía aproximada de 4 unidades por metro cuadrado. Es de suma importancia que ningún separador usado tanto en muros como losas, sea contaminado con productos desmoldantes, combustibles ya que se requiere perfecta adherencia de los mismos al concreto.



El uso común de la malla electrosoldada para este tipo de estructuras debe quedar obsoleto y cambiarse por el uso de acero de refuerzo armado, no soldado. hoy los comités de la AIS 100-24 ya están estableciendo este parámetro y todo el gremio de ingeniería espera que para la próxima norma sismo resistente ya se cuente con esta apreciación.



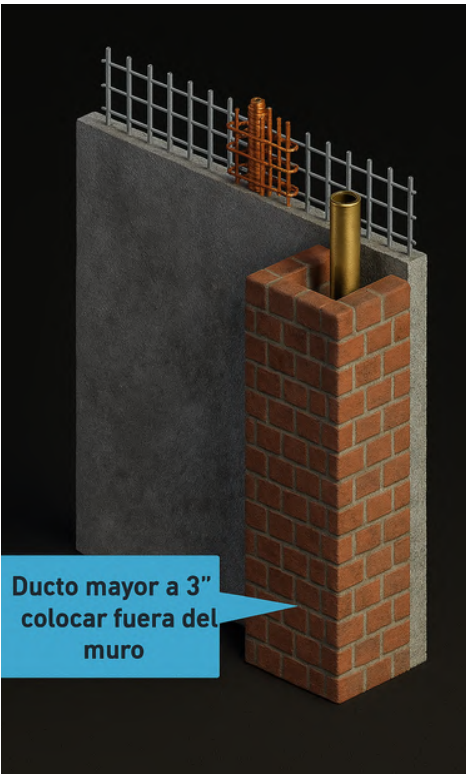
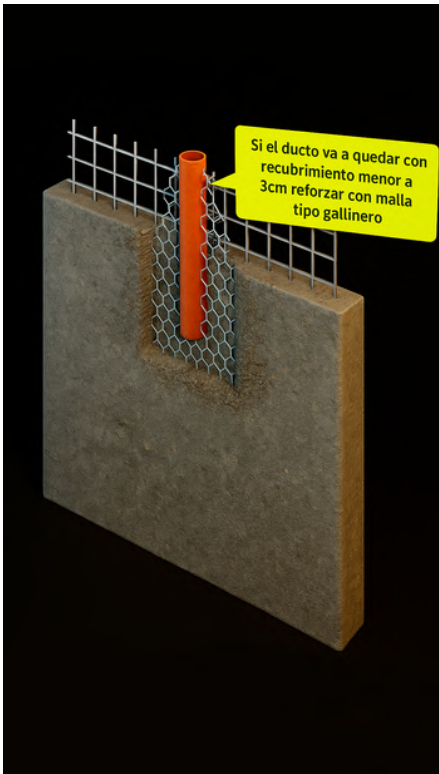
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL: El comportamiento de un muro es similar a una sección en voladizo donde el desplazamiento máximo se experimenta en el extremo de este y se pueden evidenciar zonas de tracción y compresión que equilibran la sección.

ELEMENTOS DE BORDE: Debido a las concentraciones de fuerza de tracción y de compresión en los extremos del muro, puede requerirse aceros longitudinales en estas zonas para equilibrar dichas fuerzas. A estas zonas se les denomina miembros o elementos de borde.

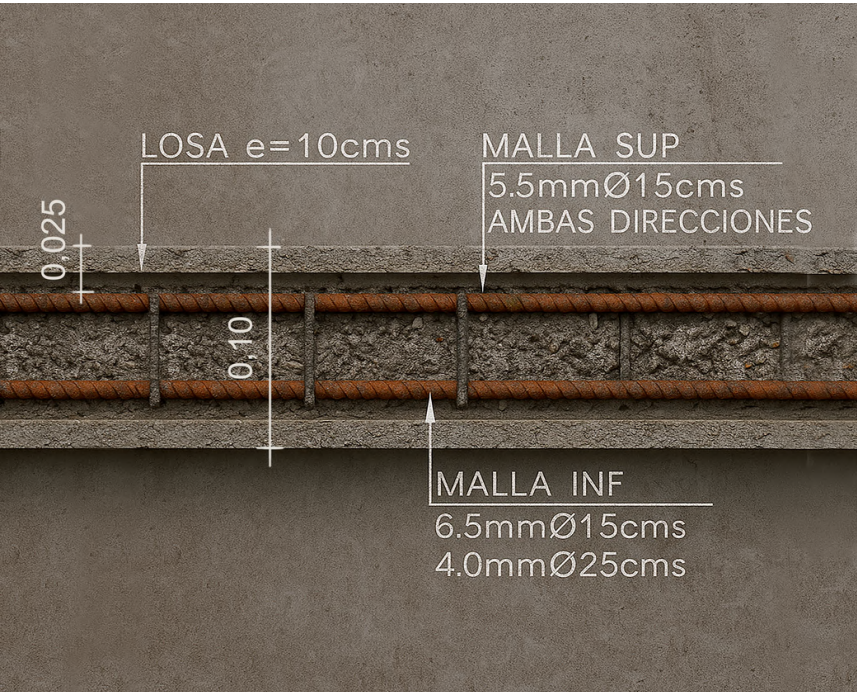


En estas zonas de elementos de borde no esta permitida la ubicación de tuberías. Los elementos de borde son zonas protegidas que por ningún motivo deben alterarse. Los elementos de borde se diseñan según lo indicado en el ítem 18.10.6.4 del ACI 318-19. Normalmente estos elementos se ubican en los primeros pisos, dependiendo de la capacidad de disipación de energía que se solicite. Según la norma ACI 318-19 esfuerzos de compresión mayores a 0.2 f_c, requieren elementos de borde. Una vez que esos esfuerzos son menores ya no se requieren y eso es comúnmente en los últimos pisos.

UBICACIÓN DE TUBERIAS: Es recomendable que la tubería que se instale por dentro del muro no supere 2" de diámetro, tamaños mas grandes deben ubicarse en una zona diseñada para el paso de ductos por fuera del sistema estructural del edificio. Los elementos eléctricos, hidráulicos y sanitarios deben instalarse distanciados al menos 5 cm. uno del otro, organizados vertical y horizontalmente de tal manera que no generen interrupción en la continuidad del concreto. Se recomienda trabajar en la formación de todos los profesionales que intervienen en la etapa de diseño, a fin de que conozcan y respeten las directrices que aquí se dictan.



07

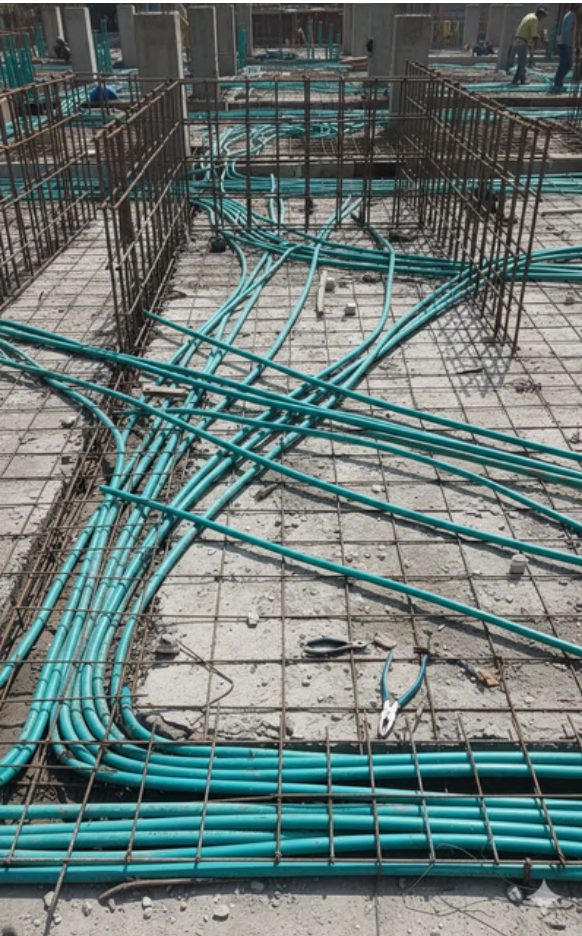
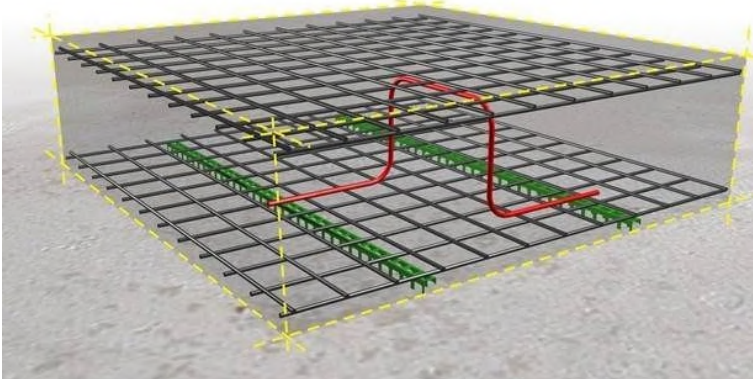


LOSAS DE ENTREPISO: La losa se diseña normalmente con una malla inferior para control de deformaciones y deflexiones. Cuando el diseño nos arroje momentos positivos en la losa y, en la medida de lo posible, la idea es siempre suprimir la malla superior, sólo colocarla en las zonas en que sea estrictamente necesario con el fin de optimizar el consumo de acero sin perjudicar el diseño estructural.

En las zonas donde se presenten momentos negativos que comúnmente es en las esquinas y cruces entre muros y losas, se debe colocar el acero de control de dichos momentos. Es importante recordar que la losa de entrepiso no debe hacer parte de la rigidez sísmica del edificio. En la modelación se deben hacer los ajustes pertinentes para que solo participen en el chequeo de la rigidez los muros. El diámetro y la separación del acero dependerá de las solicitaciones sísmicas que se requieran atender.

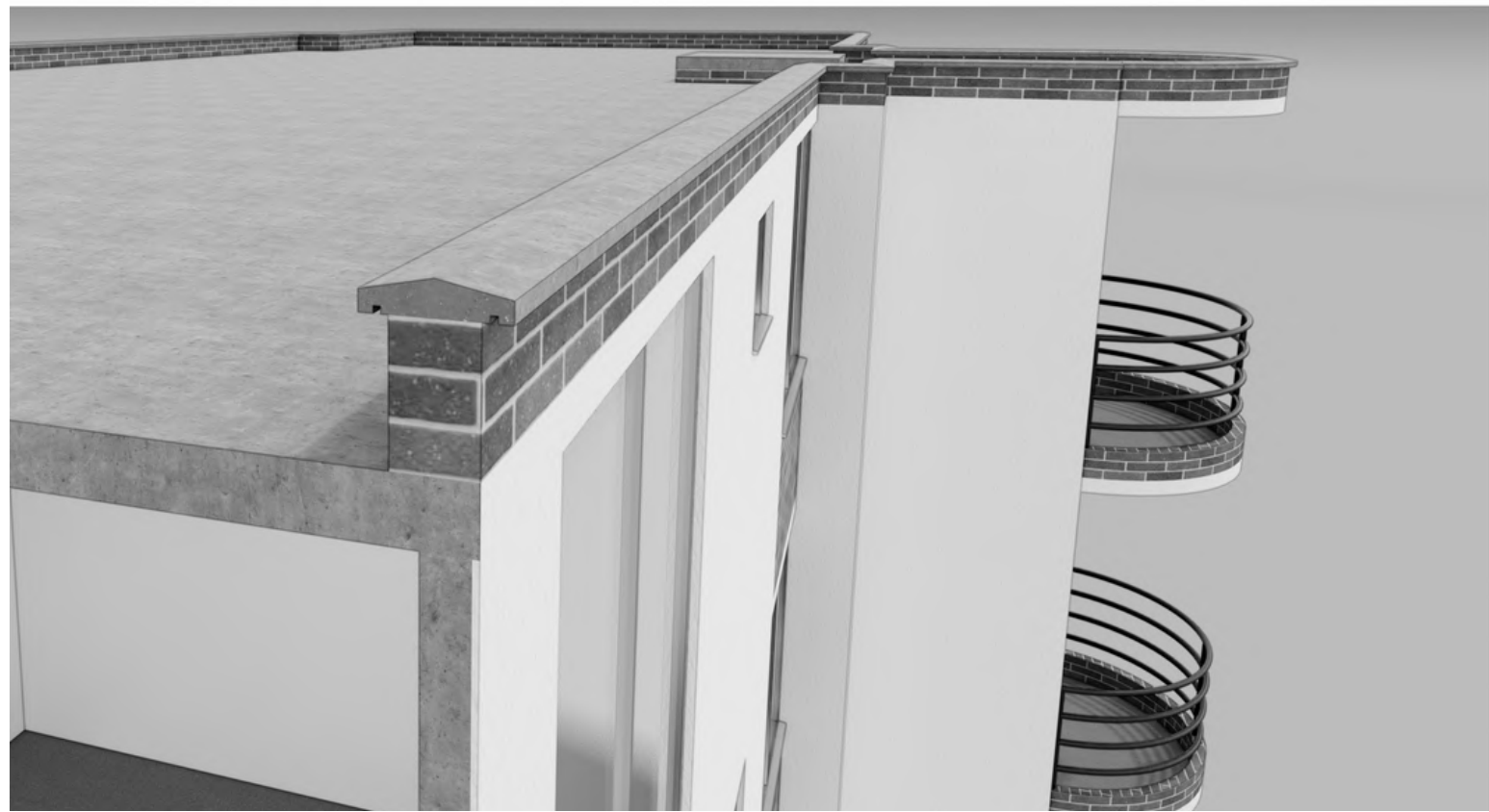
Según ACI 318-14, R8.7.3.1:
Las esquinas no restringidas de losas de dos direcciones tienden a levantarse al ser cargadas. Si esta tendencia a levantarse es restringida por muros o vigas de borde, se producen momentos a flexión en la losa. Esta sección requiere la colocación de un refuerzo para resistir estos momentos y controlar la fisuración.

Es muy importante lograr la separación entre mallas si tenemos dos de estas en la misma losa, a la vez es indispensable aislar la malla del encofrado con el fin de garantizar los recubrimientos mínimos normativos; para esto se tiene disponible en el mercado una serie de accesorios destinados para esto.



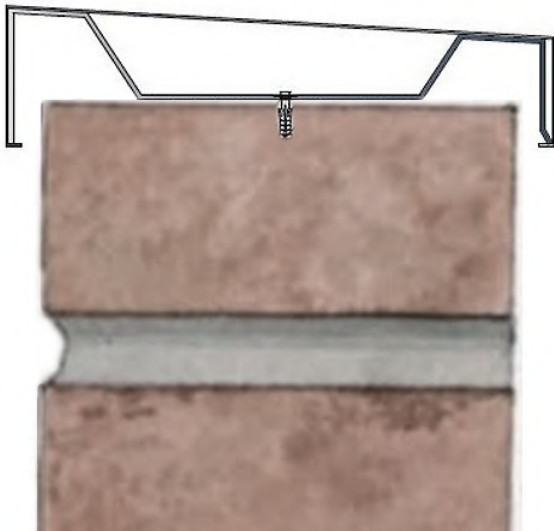
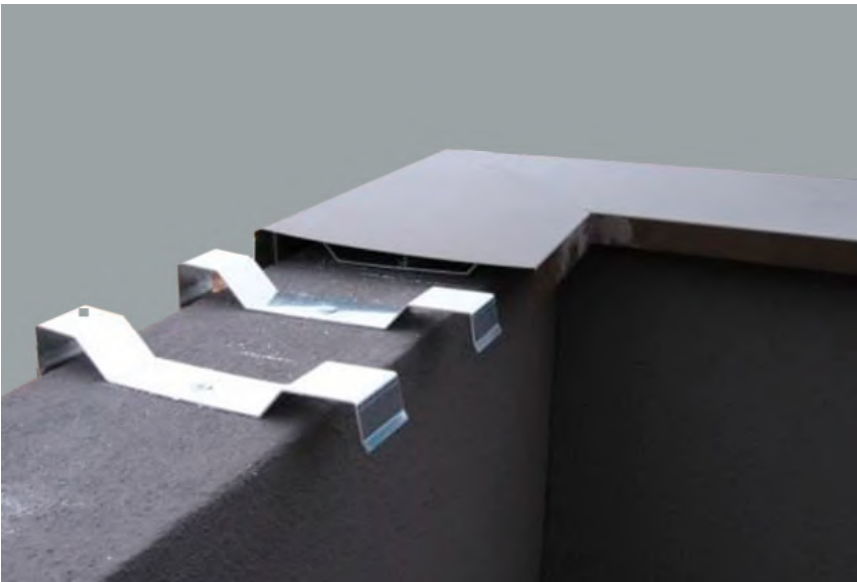
DESDE LA PREVENCIÓN

DISEÑO DE ELEMENTOS PARA RPOTECCIÓN CONTRA EL AGUA EN FACHADAS



GOTEROS: Se recomienda a los consultores, desde el diseño contemplar la construcción de goteros, alfajías y demás elementos complementarios que permitan proteger las fachadas del edificio de las afectaciones producidas por el del agua, se invita a supervisores e interventores a ser muy rigurosos con la solicitud de estos elementos desde la concepción del proyecto.

FLANCHES: Todos los muros superiores del edificio por la cara interior y exterior, deben ser rematados con elementos que generen el efecto de corte de agua. Estas piezas pueden ser construidas monolíticas a la obra o incorporadas como estructuras sueltas fabricadas en metal o materiales a base de polivinilos, plásticos o PVC.

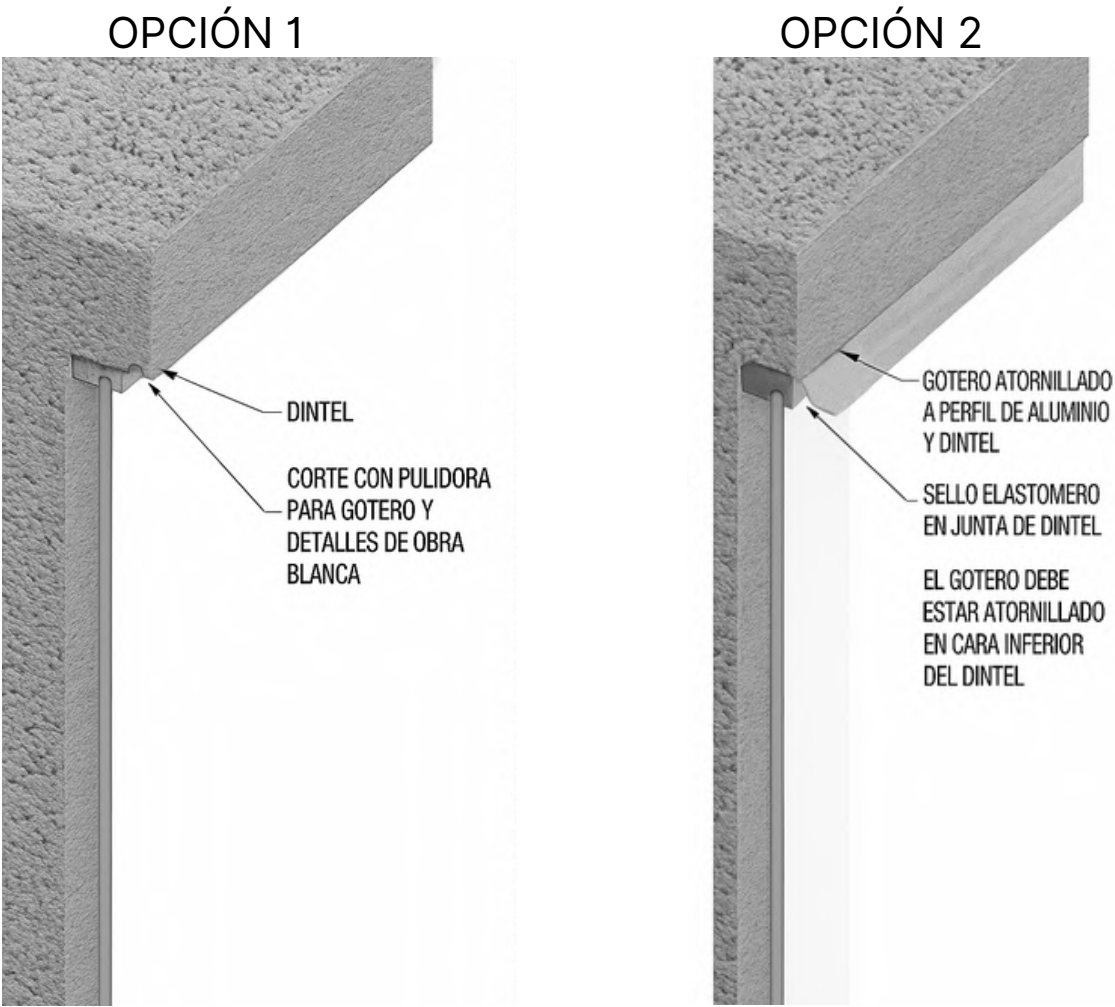


PROTECCIÓN DE BORDES DE PLACA: Los bordes de placa inferior, son los elementos a los que generalmente no se les incluye ningún tipo de detalle para el manejo del agua a la hora de diseñar, se deben incluir en los planos, dibujos de cada una de las situaciones donde se amerite incluir este tipo de protecciones.



DESDE LA PREVENCIÓN

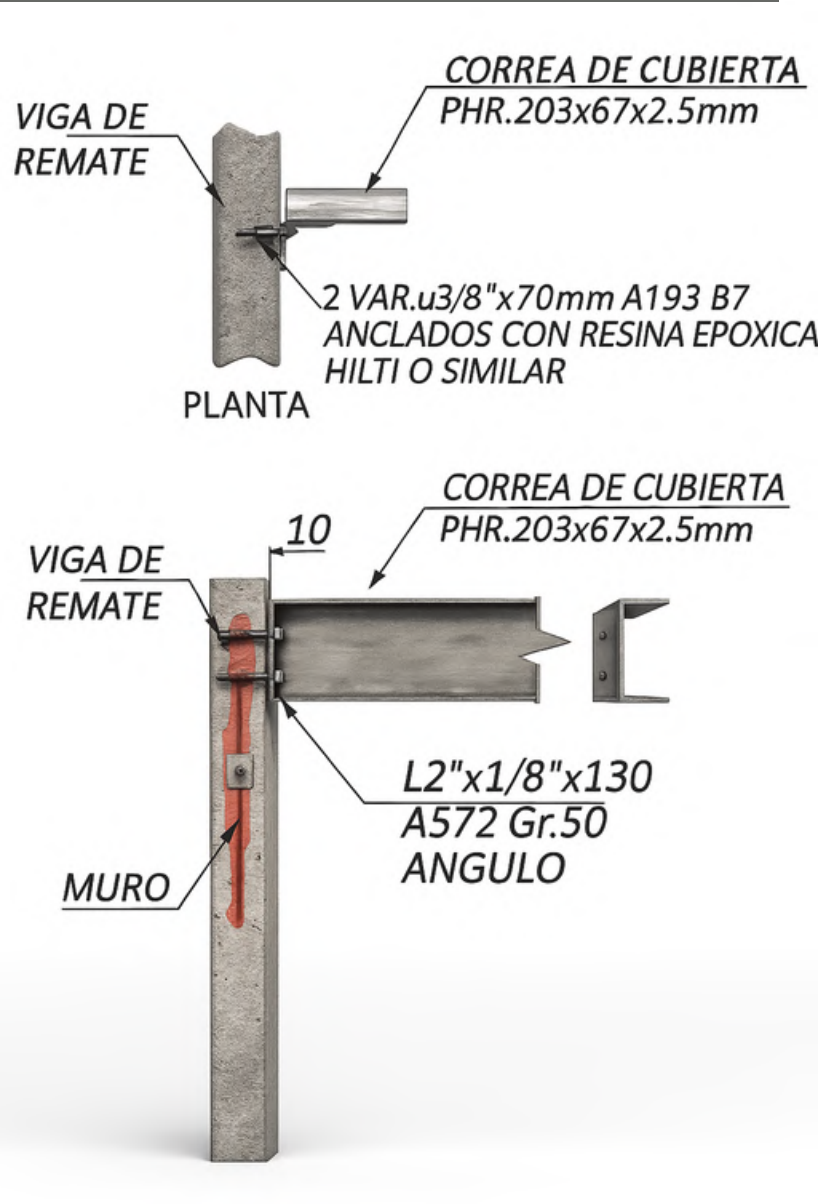
DISEÑO DE ELEMENTOS PARA RPOTECCIÓN CONTRA EL AGUA EN FACHADAS



10

PROTECCIÓN EN CARPINTERIA METÁLICA: Todas las ventanas de fachada deben ser diseñadas y fabricadas con elementos para controlar las afectaciones por agua tipo gotero o alfajías. El objetivo es proteger el elemento como tal, al pero también los muros o antepechos sobre los que están ubicadas dichas ventanas. Se debe diseñar entonces un gotero sobre el material ladrillo o cementoso del dintel, creado con la ayuda de un disco de corte, o instalar un perfil metálico sobresaliente que funcione como gotero sin olvidar el diseño de la alfajía de la ventana sobre el antepecho.





11

CUBIERTAS: Hoy en día los edificios combinan la colocación de tejas livianas y losas de concreto como cubierta, con el fin de atender requerimientos de espacio para ciertos equipos como aires acondicionados, extractores, ascensores, tanques de almacenamiento de agua, entre otros.

A pesar de que en el diseño de los muros estos deben modelarse sueltos como un voladizo, es importante diseñar la viga de remate y a ella también diseñarle el anclaje sobre el cual van a quedar amarradas las correas de cubierta.

12

ENCOFRADOS PARA SISTEMA INDUSTRIALIZADO: Los moldes usados para fundir concretos con el proceso industrializado, deben garantizar a partir del diseño del edificio conocer la cantidad de repeticiones que necesito para lograr terminar el proyecto, cumplir con los atributos que busco en los acabados, y por supuesto optimizar tiempos y mano de obra. Para industrializar un proyecto, se requiere que todos los actores involucrados en el diseño y la construcción creen un proceso sistemático y repetitivo, donde las formaleas son fundamentales, se recomienda elegir un sistema que sea muy versátil en su armado y desarmado.



Con frecuencia se observa la falta de atención al criterio del acabado que va a generar la formalea, especialmente en proyectos de interés social (VIS), donde algunos contratistas aceptan mayores tolerancias e imperfecciones en el acabado superficial. Esta práctica va en contravía del concepto de rentabilidad, ya que el objetivo en estructuras de obra gris es minimizar los costos de acabados y recubrimientos posteriores. Lograr lo que se quiere supone encofrados de primera calidad que garanticen planicidad a los muros y placas.

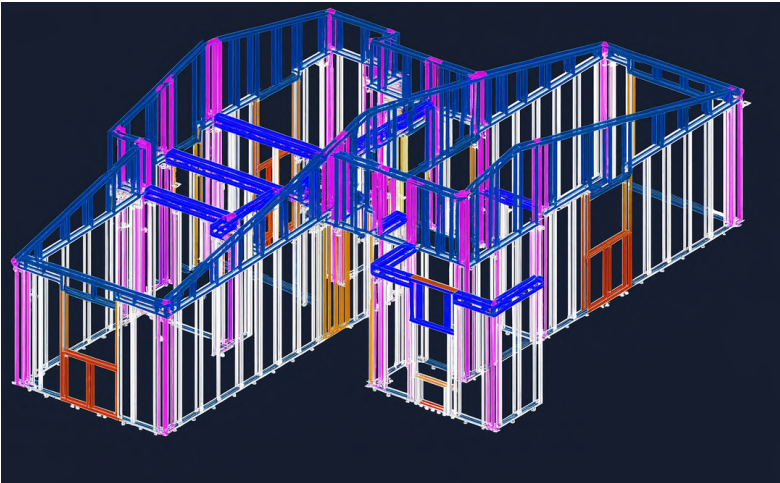


DESDE LA PREVENCIÓN

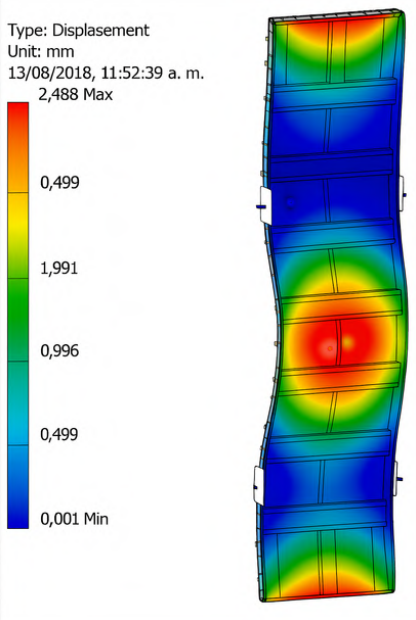
Más allá de la simple capacidad teórica de producción del sistema de encofrado, existen unas métricas importantes para estimar la velocidad real de construcción que se puede alcanzar en el sitio: Cantidad de piezas y accesorios por metro cuadrado (m2), Un número menor módulos indica una menor cantidad de elementos a ensamblar, lo que puede aumentar la velocidad de montaje.

La calidad final de la superficie de concreto resulta de la interacción entre tres componentes esenciales: el molde, el concreto y el desmoldante. El fallo de cualquiera de estos elementos compromete el resultado, generando patologías y una presentación deficiente, la selección del desmoldante es particularmente importante, ya que su costo puede ser significativo. Su elección debe basarse en el tipo de material del encofrado y en las condiciones climáticas y operativas, se ha observado que el consumo real en obra puede diferir considerablemente de los valores de la ficha técnica, por lo que es vital estimar el consumo con precisión antes del cierre del presupuesto.

Un buen encofrado sin importar si es de aluminio, acero o plástico debe ser adaptable para crear formas complejas por ejemplo en culatas que muchas veces son las más difíciles de adaptar, el diseño de la formaleta debe incluir una propuesta de apuntalamiento.



Uno de los datos mas importantes al indagar por formaletas son sus deformaciones máximas permitidas o posibles, ya que de esto dependen muchas tareas posteriores. Las mediciones en condiciones normales no deben superan los 2.5 mm, ya que el panel se deforma en el vaciado, pero se recupera en el desencofrado, manteniéndose en el rango elástico. Todos los argumentos sobre acabados y deformaciones deben estar basados en normas como el ACI-117, que regula las tolerancias en el concreto y las define según el grado de acabado (ej. Grado 1 para concreto arquitectónico a la vista).



- Grado 1 (G1): Recomendado para hormigones arquitectónicos a la vista.
- Grado 2 (G2): Recomendado para hormigones que seran empastados, pintados o maquillados.
- Grado 2 (G3): Recomendado para hormigones que quedaran expuestos a la vista, pero en los cuales su apariencia no es tan importante como en el Grado 1.
- Grado 4 (G4): Recomendado para obras gruesas.

Tolerancias

Tólerancias de terminación del muro segun clasificación							
	Planeidad	Planeidad	Planeidad	Planeidad	Resaltes	Variaciones respecto a ejes	Variaciones en vanos
Altura	$h \leq 1.5m$	$h \leq 3m$	$3 > h \leq 6m$	$h > 6m$	Puntuales		
Grado	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
G1	± 4	± 6	± 10	± 25	3	± 5	± 5
G2	± 5	± 7	± 12	± 30	5	± 6	± 5
G3	± 7	± 12	± 18	± 30	5	± 10	± 5
G4	± 8	± 15	± 20	± 30	8	± 15	± 10

La medición de planeidad general, para un muro hasta tres metros ($h \leq 3m$) de altura es aquella que es puede medir cón una regla en cualquier dirección de la superficie de la cara del muro.

Para muros de alturas mayores se mide la planeidad en la onda larga del muro.



DESDE LA PREVENCIÓN



ACI STANDARD

Table 2.3—Minimum safety factors of formwork accessories*

Accessory	Safety factor	Type of construction
Form tie	2.0	All applications
Form anchor	2.0	Formwork supporting formweight and concrete pressures only
		Formwork supporting weight of forms, concrete, construction live loads, and impact
Form hangers	2.0	All applications
Anchoring inserts used as form ties	2.0	Precast-concrete panels when used as formwork

*Safety factors are based upon the ultimate strength of the accessory when new.

El ACI-117 y el ACI-347 también regulan los factores de seguridad de los componentes de los encofrados (corbatas, anclajes, manijas), exigiendo un factor mínimo de 2. Es importante que el proveedor sea transparente y demuestre el cumplimiento de estas normas.

El encofrado debe contar con un sistema de seguridad probado y testeado, conforme a normativas como OSHA, AISC y UNE. Un sistema de pasarelas y guardacuerpos bien anclado y antideslizante.



Los sistemas trepantes son una tecnología emergente en Colombia para la construcción de vivienda en altura. Permiten hacer más con menos, ya que, al usar grúas para la elevación, se pueden trepar andamios de fachada, reduciendo la mano de obra. Nunca use aceite quemado ni ACPM como desmoldante, estos no contienen los componentes tensoactivos necesarios para adherirse a las superficies verticales, además de que crean una película que impide la adherencia de los acabados, lo que obliga a realizar una limpieza costosa





Desde la evaluación

Este componente establece las metodologías y herramientas para realizar la inspección, diagnóstico y clasificación de las lesiones que se presentan en edificaciones con sistema estructural de muros de carga en concreto reforzado. Su propósito es ofrecer procedimientos estandarizados que permitan identificar con precisión la naturaleza, origen y severidad de los daños, facilitando la toma de decisiones técnicas y la priorización de intervenciones.

Para ello, se incluyen protocolos de inspección visual y seguimiento sistemático de fisuras y grietas. Complementariamente, se establecen lineamientos para la toma de muestras de concreto endurecido, la aplicación de ensayos destructivos y no destructivos, que permiten evaluar la resistencia residual y el comportamiento estructural en condiciones reales.

El manual también promueve la incorporación de tecnologías digitales avanzadas en los procesos de diagnóstico. Entre estas se contemplan la creación de gemelos digitales, la generación de atributos y propiedades de los elementos, y el procesamiento de datos, con el fin de producir diagnósticos más precisos y dinámicos. Dichos modelos permiten no solo recolectar sino extraer información en esquemas atados a análisis gráficos con sobre escrituras, optimizando la documentación y el seguimiento de lesiones.



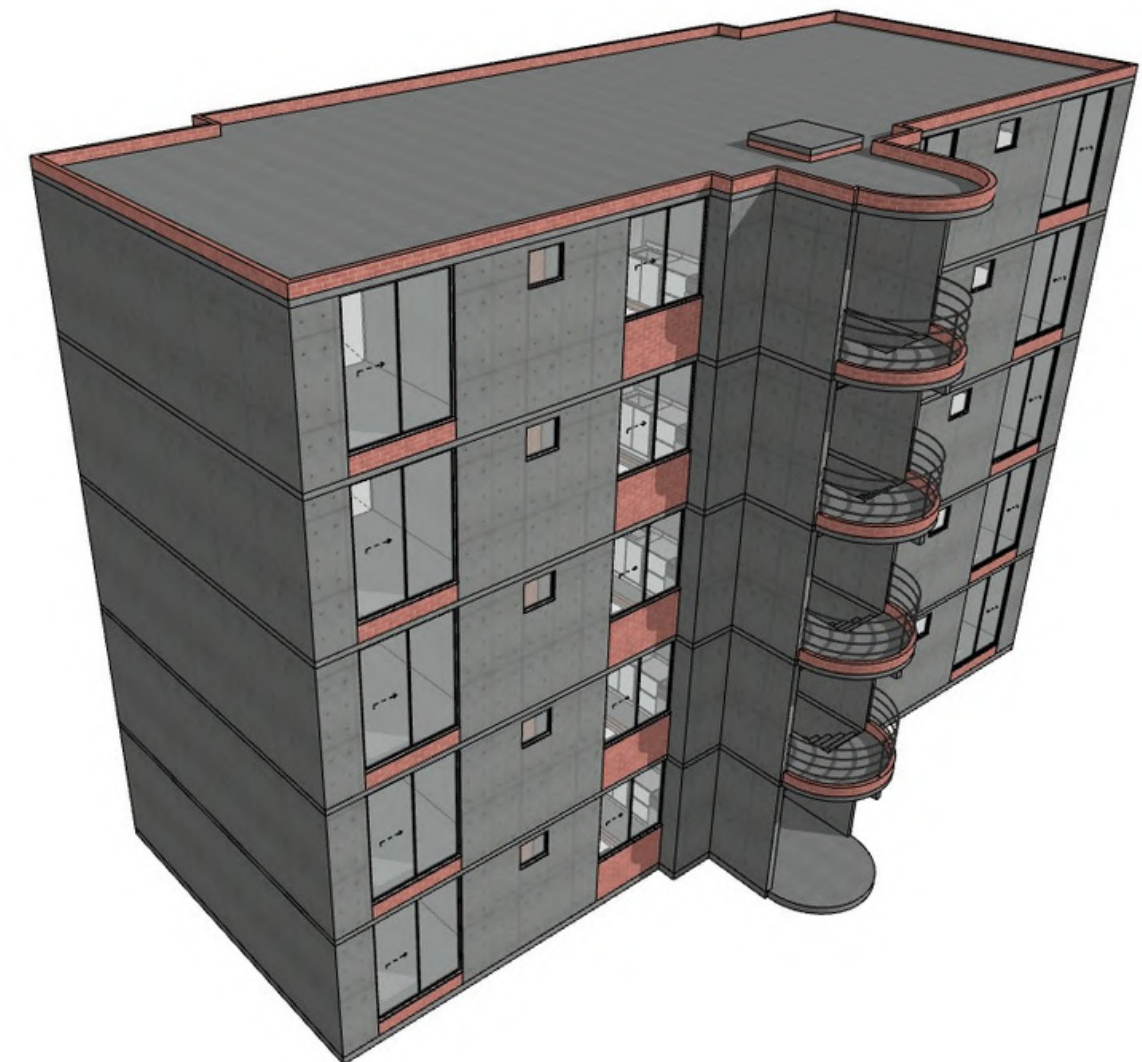
BIM COMO HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO:

01

En el presente manual se propone el uso de la tecnología BIM en el proceso de gestión de la información de lesiones y daños del paciente recolectada en campo. Generalmente el inventario de estos datos se ha hecho por medios tradicionales de papel y lápiz, y a la hora de plasmarlos mas allá de la generación de planos, modelos 3D no paramétricos, uso de formatos estadísticos, fichas de calificación y extensos informes, ha sido poca la evolución en este campo.

CREACIÓN DEL GEMELO DIGITAL: El manual muestra como, a partir de la información planimétrica disponible, se modelo el gemelo digital del edificio tipo de torres del silencio en la plataforma ARCHICAD y su lenguaje de descripción geométrica GDL.

Es necesario ser estrictos en la precisión de las medidas a la hora de modelar cada uno de los elementos que componen el edificio, ya que recordemos que BIM es una metodología donde más que mostrar información grafica atractiva al ojo o con fines publicitarios, lo importante esta en la información bidireccional que es capaz de darnos el archivo 3D, para lo cual, la calidad de la información con la que se alimente el modelo resulta fundamental para los análisis, los reportes y los esquemas que pretendemos recibir más adelante de acuerdo a las instrucciones y condicionantes que el mismo usuario defina.



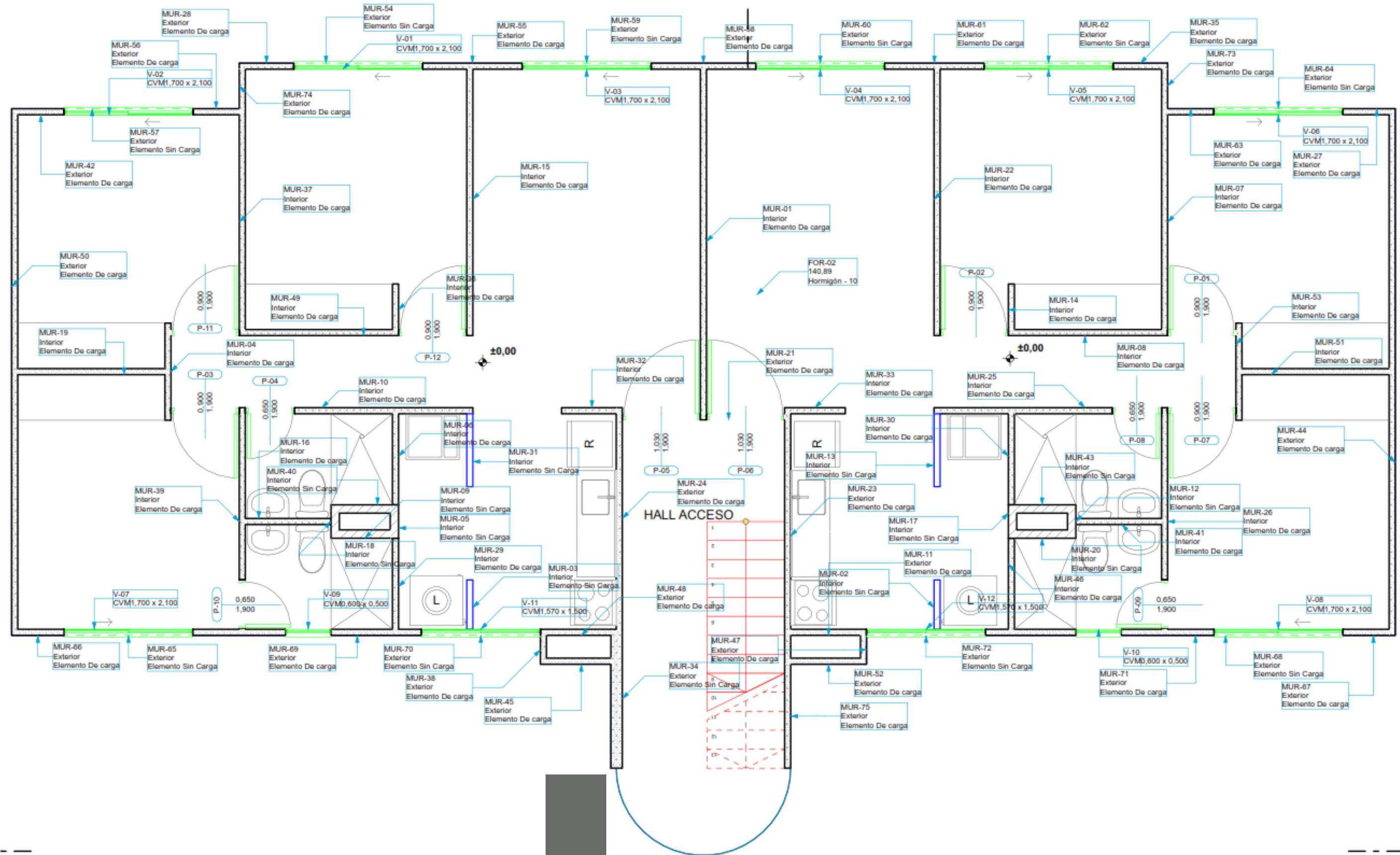
DESDE LA EVALUACIÓN



PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO:

El etiquetado de cada uno de los elementos que componen el modelo digital resulta fundamental, este asegura que a todas las unidades le hayan sido asignadas propiedades y atributos en el momento de su parametrización, ahora cada muro, cada ventana, cada puerta que se observa en el modelo, no es un simple objeto geométrico visual, sino una base de datos referida a dicho objeto, rica en la información que el usuario puede alimentar casi que de manera ilimitada.

Entre mas detallada sea la asignación de propiedades y atributos a cada elemento, mayores van a ser las posibilidades de resultado en la etapa de análisis de la información y mayor la calidad de esquemas y listados generados.



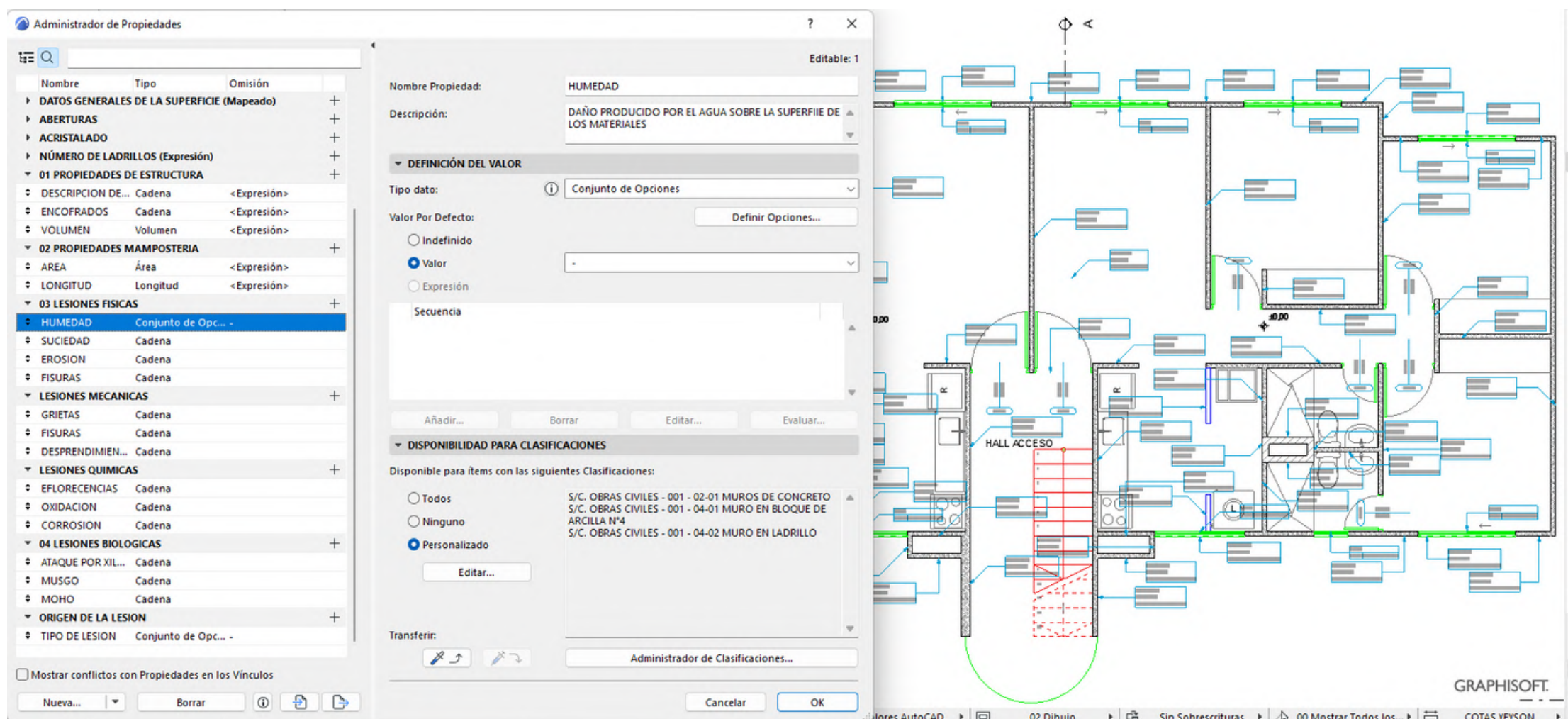
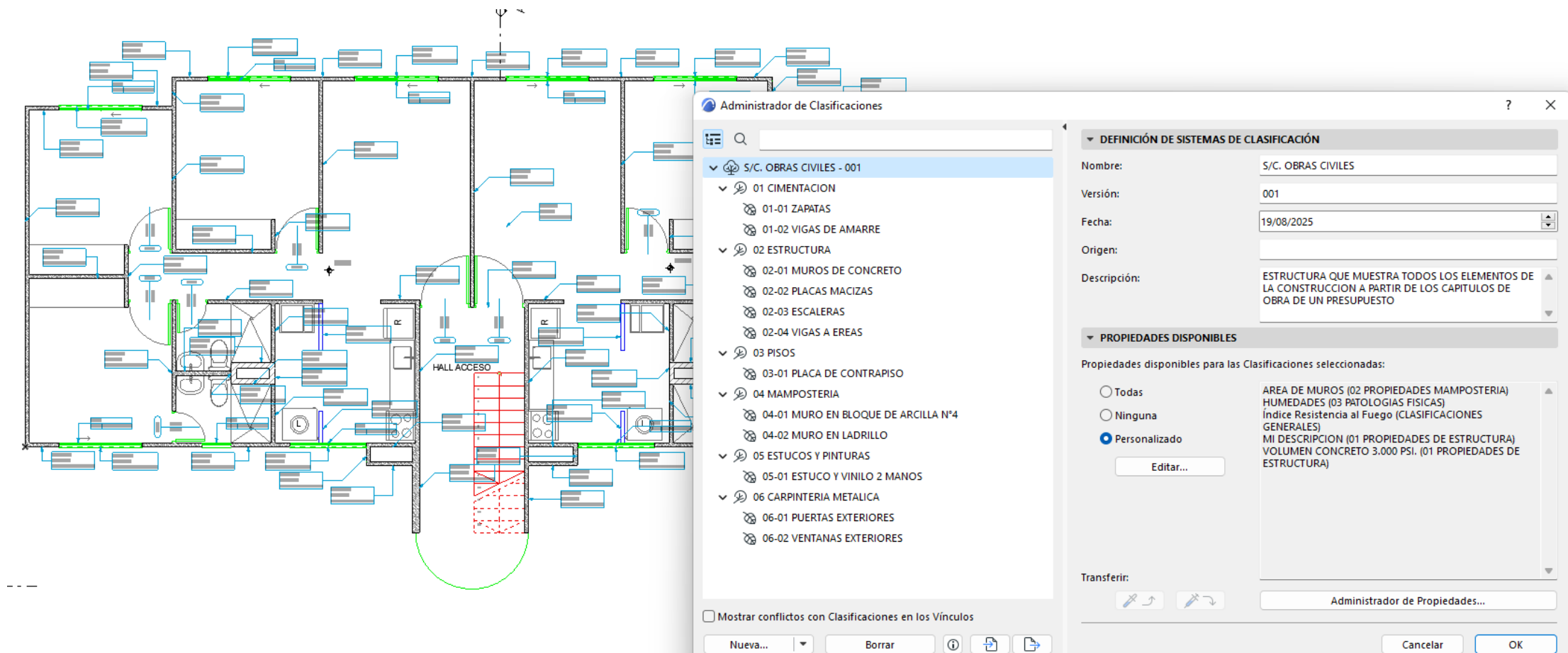


DESDE LA EVALUACIÓN



CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS: Se estructura un árbol de clasificaciones, básicamente se trata de crear desde la lógica constructiva, los capítulos y subcapítulos que contienen los elementos modelados de cualquier edificio, desde su cimentación hasta la cubierta. A cada una de estas familias se vinculara la información que se cree como propiedades o parámetros a partir de las necesidades del proyecto.

CREACIÓN DE PROPIEDADES: Las propiedades son las determinantes que afectan a cada uno de los elementos constructivos creados en la etapa de clasificación, dichas propiedades pueden estar asociadas a múltiples instrucciones y valores, que de acuerdo con la información que se espera obtener en la etapa de generación de esquemas se deben configurar. En las propiedades también se crean las unidades de medida que en su momento voy a asociar a las propiedades para obtener datos de medición del parámetro. Para diferenciar las propiedades creadas, de las propiedades que vienen por defecto con el software, las primeras se aprecian al final de la lista desplegada de la siguiente tabla, escritas con mayúsculas.





PATOLOGÍAS DEL EDIFICIO							
S/C. OBRAS CIVILES - 001	ID de Elemento	Tipo de elemento	TIPO DE LESION	GRADO	VOLUMEN	AREA DE MUROS	ALTURA
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°4	MUR-05	Muro	-	-	0,580	3,95	2,40
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°4	MUR-09	Muro	-	-	1,175	9,35	2,40
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°4	MUR-12	Muro	-	-	0,580	2,65	2,40
MURO EN LADRILLO	MUR-14	Muro	LESION FISICA	LEVE	0,024	0,22	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-15	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,001	0,03	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-15	Muro	LESION FISICA	LEVE	0,024	0,22	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-16	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,070	0,78	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-16	Muro	LESION FISICA	LEVE	0,024	0,20	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-17	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,029	0,29	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-18	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,022	0,20	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-19	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,010	0,08	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-20	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,141	1,39	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-21	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,139	1,37	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-22	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,062	0,60	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-23	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,014	0,12	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-24	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,245	2,43	0,20
MURO EN LADRILLO	MUR-25	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,014	0,12	0,20
MUROS DE CONCRETO	MUR-37	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,150	---	2,40
MUROS DE CONCRETO	MUR-37	Muro	LESION FISICA	SEVERA	0,150	---	2,40
MUROS DE CONCRETO	MUR-38	Muro	-	-	0,176	---	2,40
MUROS DE CONCRETO	MUR-38	Muro	LESION FISICA	GRAVE	0,088	---	2,40
MUROS DE CONCRETO	MUR-38	Muro	LESION FISICA	SEVERA	0,176	---	2,40

TORRES DEL SILENCIO YORAL BIM

Pisos

5. PLANTA DE CUBIERTAS

4. PLANTA QUINTO PISO

3. PLANTA CUARTO PISO

2. PLANTA TERCER PISO

1. PLANTA SEGUNDO PISO

0. PLANTA PRIMER PISO

Secciones

A CORTE B-B (Auto-Reconstru

B FACHADA C-C (Auto-Reconstru

Alzados

Alzados Interiores

Hojas de Trabajo

Detalles

Documentos 3D

3D

Perspectiva Cónica

Perspectiva Axonométrica

Esquemas

Elementos

001 PATOLOGIAS DE OBRA

Componentes

Superficies

Indice de Proyecto

Listados

Info

Lista de Superficies

Ayuda

Propiedades

4. PLANTA QUINTO PISO

3. PLANTA CUARTO PISO

2. PLANTA TERCER PISO

1. PLANTA SEGUNDO PISO

0. PLANTA PRIMER PISO

Secciones

A CORTE B-B (Auto-Reconstru

B FACHADA C-C (Auto-Reconstru

Alzados

Alzados Interiores

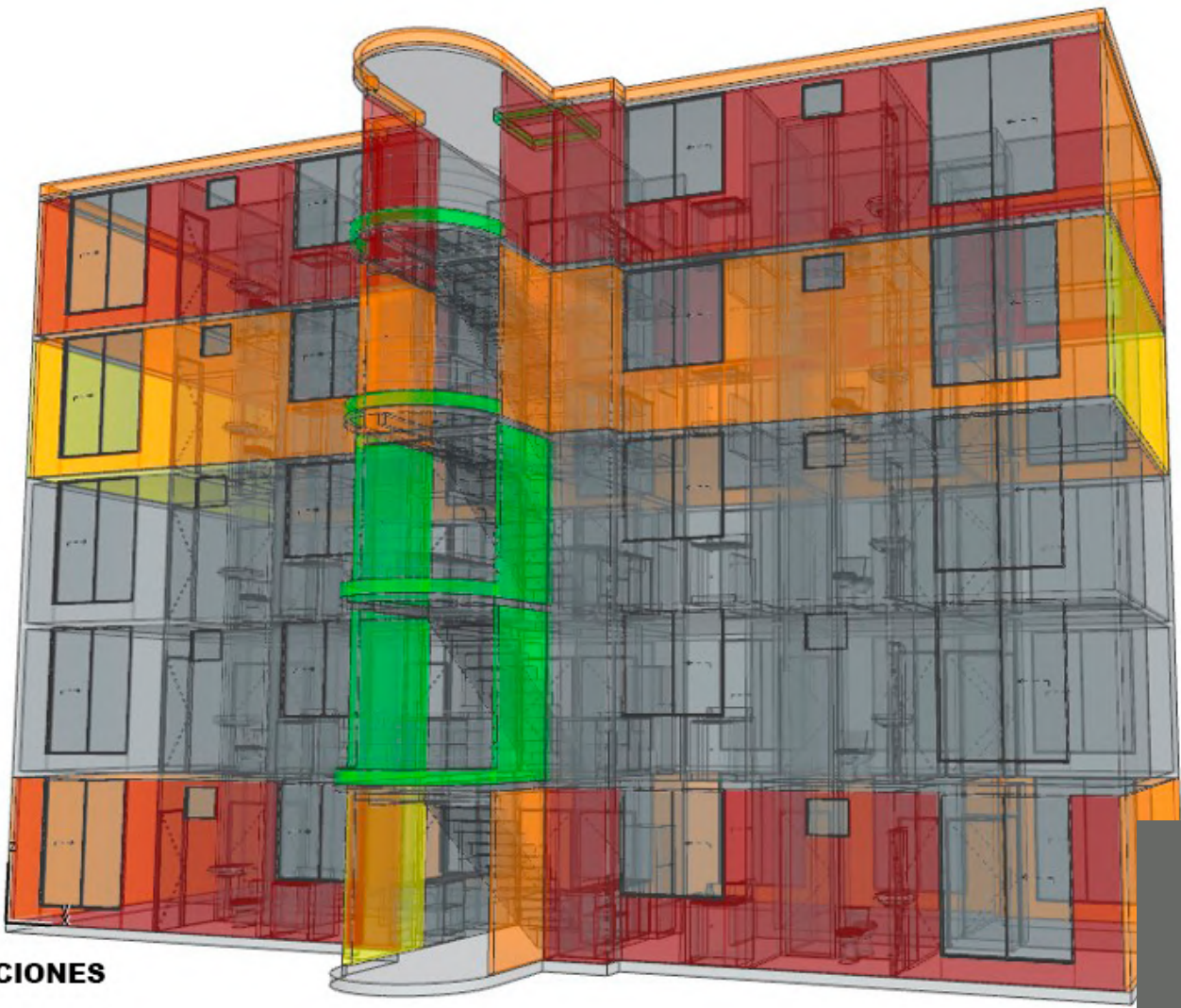
Hojas de Trabajo

Detalles

CREACIÓN DE ESQUEMAS: Una de las utilidades mas potentes de los softwares BIM es la de volcar información en tablas personalizadas ajustadas a lo que quiero ver y necesito, en este caso se simula un esquema para la patología de humedad, presente como se puede ver en varios de los muros de la torre, contruidos en diferente material, posicionados en diferente ubicación, con diferente grado de severidad, e identificados de manera única con su ID. A la hora de cargar variables para que nos ofrezca información, se pueden seleccionar de una amplia lista que trae por defecto la herramienta o de listas personalizadas creadas previamente en el ambiente de propiedades. Dichas variables pueden ser capa, tipo de elemento, ubicación, material, ID, pluma etc. A las tablas también se les puede solicitar que muestren información referente a cantidades ya sea en volumen, área, longitud, peso entre otras.

Podemos apreciar que durante el paso anterior se creó una propiedad de diagnóstico llamada “tipo de lesión”, a partir de esta podemos desarrollar otras, como el mecanismo de daño, que es de las más importantes en el ámbito de la patología de la construcción, dado que con la tecnología BIM la evolución del deterioro se puede simular como capas lo que a su vez permite diseñar planes de atención en el tiempo, punto fundamental para la aparición de parámetros de análisis y de intervención patológica.

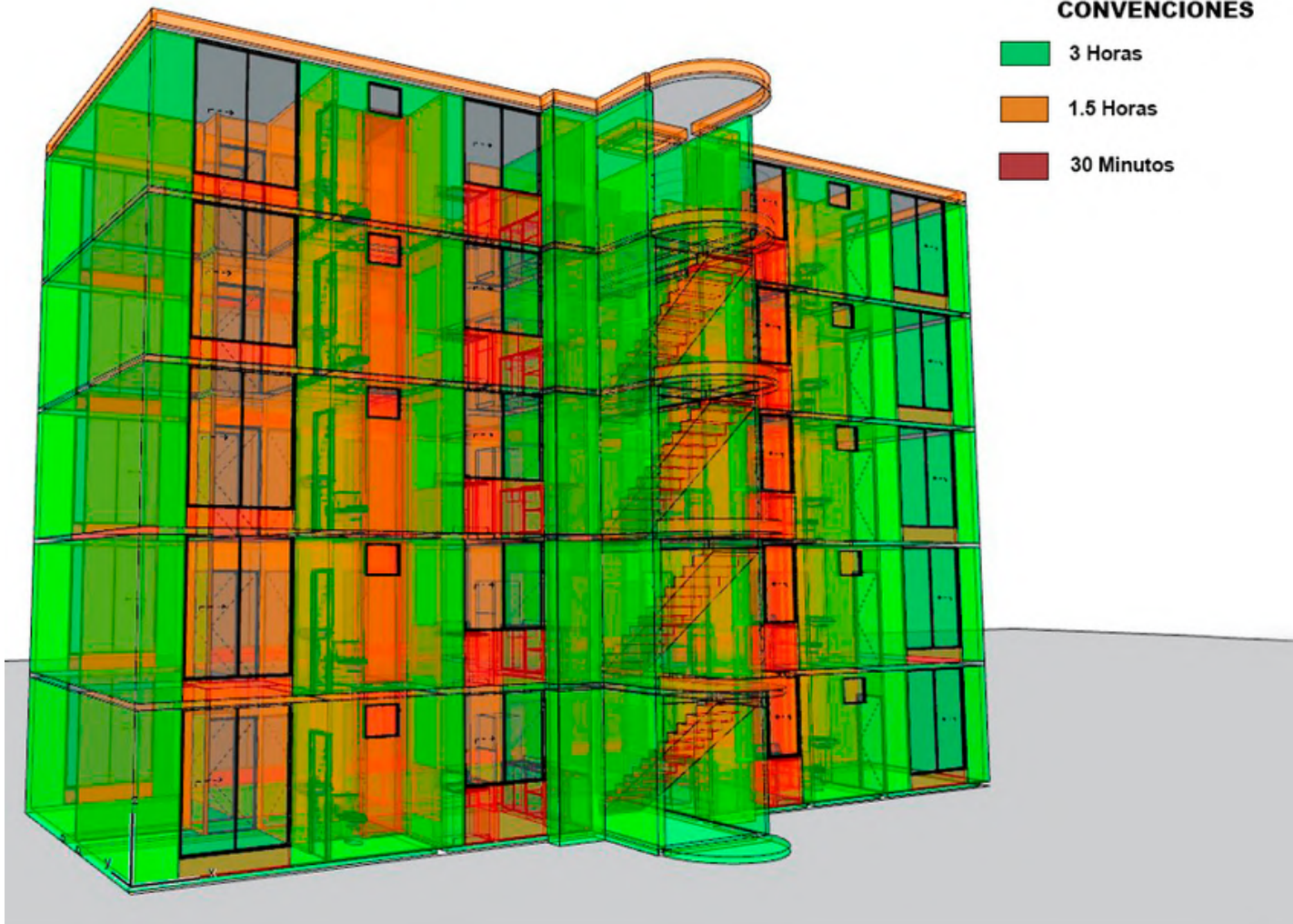
CREACIÓN DE SOBRE ESCRITURAS GRÁFICAS: Con la información perfectamente referenciada, le podemos pedir al programa que nos muestre tridimensionalmente la localización de cada una de las patologías, en este caso humedad sobre muros, con su respectivo cuadro cromático de convenciones.



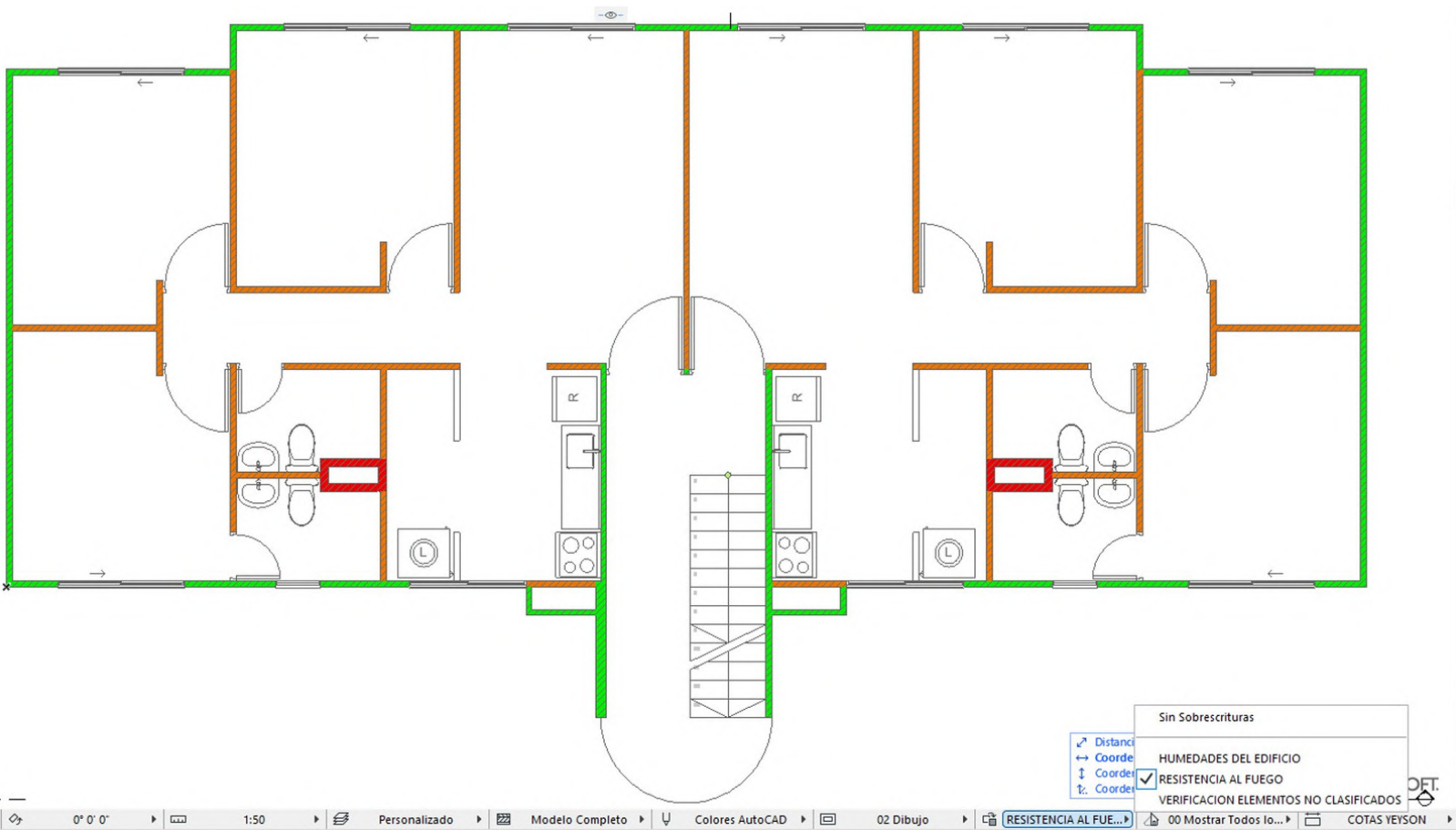
- CONVENCIONES**
- LEVE
 - MODERADA
 - GRAVE
 - SEVERA



DESDE LA EVALUACIÓN



SOBRE ESCRITURAS GRÁFICAS POR AFECTACIONES: Con la existencia de una patología claramente referenciada en el modelo 3D, rica en información de todo tipo, diagnosticada en escalas de gravedad para cada elemento, es posible previa alimentación de otro tipo de parámetros y propiedades, pedirle a BIM que nos genere una sobre escritura gráfica y un esquema, que muestre por ejemplo, la perdida de resistencia estructural que ha tenido cada elemento afectado por las humedades y como esta situación reduciría la expectativa de resistencia al fuego del conjunto, si sobreviniera en el edificio para este caso imaginario, un incendio. El análisis nos muestra los resultados en escala de colores versus tiempo, todo en tercera dimensión. Se aprecia la información de las sobre escrituras gráficas de color también en las diferentes plantas del modelo BIM con la gama de colores correspondiente.



ATAQUE POR FUEGO					
S/C. OBRAS CIVILES - 001	ID de Elemento	Tipo de elemento	TIEMPO RESISTENCIA FUEGO	Capa	AREA
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°5	MURO-01	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	29,70
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-02	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	29,70
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-03	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	16,12
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-04	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	16,12
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-07	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	3,80
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-08	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	6,84
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-09	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	5,17
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-11	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	4,44
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-12	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	4,44
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-13	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	4,44
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-14	Muro	30 minutos	A-MUROS.3D	4,44
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-15	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	26,40
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-16	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	14,36
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-17	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	26,36
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-18	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	14,33
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-05	Muro	3 horas	A-MUROS.3D	7,16
MURO EN CONCRETO REFORZADO	MURO-06	Muro	3 horas	A-MUROS.3D	7,13
PLACA DE CONTRAPISO	FOR-01	Forjado	---	S-PLACAS DE PISO.3D	---
PLACA DE CONTRAPISO	FOR-02	Forjado	---	S-PLACAS DE PISO.3D	---
PLACA DE CONTRAPISO	FOR-03	Forjado	---	S-PLACAS DE PISO.3D	---
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°5	MURO-19	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	7,70
MURO EN BLOQUE DE ARCILLA N°5	MURO-00	Muro	1.5 horas	A-MUROS.3D	9,70
VIGAS AEREAS	FOR-04	Forjado	---	S-PLACAS DE PISO.3D	---



DESDE LA EVALUACIÓN

02

CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN: Mas allá de la tecnología BIM la manera como se consigna tradicionalmente la información recolectada en las visitas de inspección a las obras, es mediante formatos físicos, uno de los mas conocidos la ficha de calificación, la cual contiene los datos generales del edificio y una descripción de las lesiones por tipo en cada formato.

Los informes diagnósticos son documentos escritos que se complementan con esta fichas y estos formatos.

03

CLASIFICACIÓN DE FISURAS: A cada fisura que aparece en una obra se le debe evaluar por medio de fisurómetros para definir si la lesión esta en actividad o no (ACI, 2007).

Una vez se conozca esta información se puede tener claro si en la etapa de intervención las fisuras se trataran con materiales elastoméricos o con resinas epóxicas que le devuelvan el monolitismo al concreto. Se debe diferenciar entre una fisura y una grieta, la segunda ya supone un estado avanzado alcanzando longitudes y anchos mucho mas llamativos, que requieren intervenciones mas de fondo.

04

REALIZACIÓN DE ENSAYOS AL CONCRETO

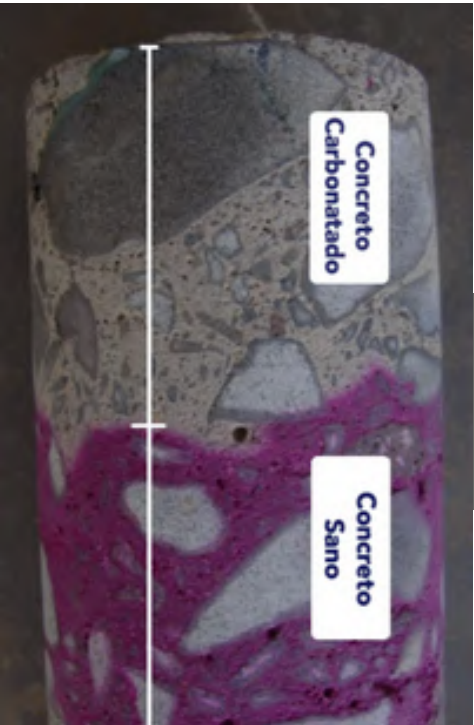
ESCLERÓMETRO O MARTILLO DE IMPACTO: Según la NTC 3692, El martillo de SCHMIT es útil para comparar el número de rebotes en elementos de concreto de la misma construcción, los cuales son correlacionados con la información del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto, ya que el ensayo de martillo de impacto no tiene por objeto ser una alternativa para la determinación de la resistencia del concreto.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES: Después de la preparación y refrentado de los núcleos, se efectúa el ensayo del espécimen de acuerdo a la norma NTC 673. Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión en el núcleo extraído hasta que ocurra la falla del espécimen. De acuerdo con los patrones de falla se empiezan a concluir las condiciones del concreto ensayado y si los resultados están desviados de las resistencias de diseño se pueden determinar causas iniciales.



ENSAYO DE CARBONATACIÓN: De acuerdo con la NTC 5551 la carbonatación del concreto es el producto de la reacción del CO2 (Dióxido de Carbono) presente en el aire o en el agua, con el hidróxido de calcio originado al hidratarse el cemento y que forman el carbonato de calcio, aunque mejora la dureza superficial del concreto, origina contracción y disminuye el pH. Si el pH se baja a valores inferiores de 10, puede ocurrir la corrosión del acero embebido en el concreto. La carbonatación de la pasta de cemento portland puede producir disminuciones de pH de 8 o 9 y una eventual corrosión del acero de refuerzo.



DESDE LA EVALUACIÓN

05

REALIZACIÓN DE ENSAYOS AL ACERO

ENSAYO EN BARRAS CORRUGADAS: Determinar y analizar las propiedades físicas, mecánicas y composición química en las barras corrugadas extraídas de un paciente, de acuerdo con los procedimientos y definiciones de las normas NTC 2289 Y NTC 3353.

ENSAYO DE DIAMETRO EFECTIVO: El ensayo de diámetro efectivo consiste en la medición de diámetro efectivo, tamaño de resaltes y peso lineal de especímenes del hierro estudiado en una obra. Los parámetros obtenidos se verifican de acuerdo con los requisitos establecidos en la tabla No.1 DIMENSIONES NOMINAL Y REQUISITOS DE LOS RESALTES de la Norma Técnica Colombiana NTC 2289.

VARIACION DE MASA: Este ensayo busca verificar que las barras ensayadas en una obra tengan la masa con el valor de referencia establecido en el Reglamento NSR-10.

ENSAYO DE TENSION Y ALARGAMIENTO: Este ensayo tiene como fin obtener el esfuerzo de fluencia y esfuerzo de tracción de los hierros especímenes ensayados de acuerdo con los requisitos establecidos en la Norma NTC 2289.



ENSAYO DE DOBLADO: Este ensayo evalúa la ductilidad de las barras de acero recuperadas de un espécimen en función del ángulo de doblamiento y el diámetro interior al que se dobla la probeta y de la sección transversal de la probeta.



COMPOSICIÓN QUIMICA: Determina la composición química de las barras corrugadas de una obra mediante el ensayo estándar para análisis de aceros al carbono y baja aleación por espectrometría de emisión atómica de chispa. De acuerdo a la norma NTC 2289. establece que el análisis de chequeo no debe exceder los siguientes porcentajes:

Análisis de verificación para producto terminado	
Elemento	porcentaje máximo
carbono	0,33
manganeso	1,56
fósforo	0,043
azufre	0,053
silicio	0,55



ENSAYO DE FERROSCAN: Las detecciones con Ferroskan tienen por objeto determinar la profundidad, espaciamiento y diámetro de las barras de acero que se encuentran en el hormigón





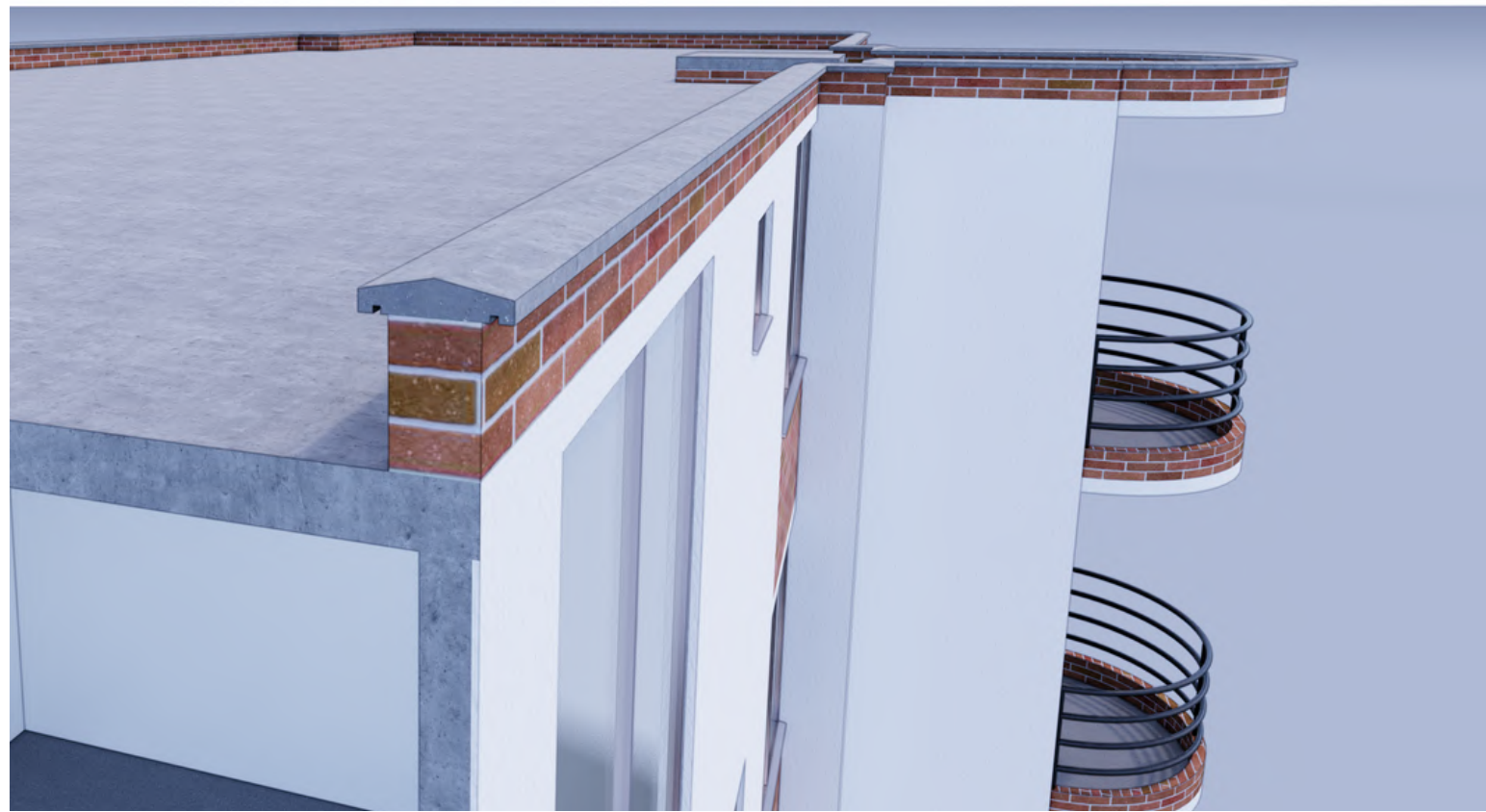
Desde la rehabilitación

Este componente reúne los procedimientos y recomendaciones técnicas orientadas a la reparación, refuerzo y recuperación de edificaciones con sistema estructural de muros de carga en concreto reforzado que presentan daños, deterioro o deficiencias constructivas. Su finalidad es restituir la seguridad estructural, mejorar la funcionalidad arquitectónica y prolongar la vida útil de las edificaciones, considerando siempre el cumplimiento de las normas técnicas y los criterios de desempeño sísmico vigentes. Es fundamental aclarar que la selección de la técnica de intervención debe realizarse caso por caso, ya que un mismo tipo de lesión puede tener orígenes muy distintos. Por ello, el manual no sustituye el juicio profesional ni la evaluación especializada de un experto en patología de la construcción, sino que actúa como una guía de apoyo para orientar la toma de decisiones.

Dentro de los lineamientos generales se abordan los tratamientos específicos de lesiones, entre ellos: la reparación de fisuras y grietas mediante inyección de resinas, sellantes o morteros especializados, en cuanto a las técnicas de refuerzo estructural, se contemplan intervenciones como el encamisado de columnas y elementos de borde, el encamisado de vigas aéreas, y el encamisado en concreto para losas y muros a cortante.

Este componente resalta, además, la importancia de integrar la interventoría técnica y la supervisión especializada en cada etapa del proceso de rehabilitación, garantizando que los procedimientos se realicen con criterios de seguridad, calidad y durabilidad, y que contribuyan a mejorar el desempeño global de la edificación en el largo plazo.

TRATAMIENTO DE HUMEDADES POR FACHADAS

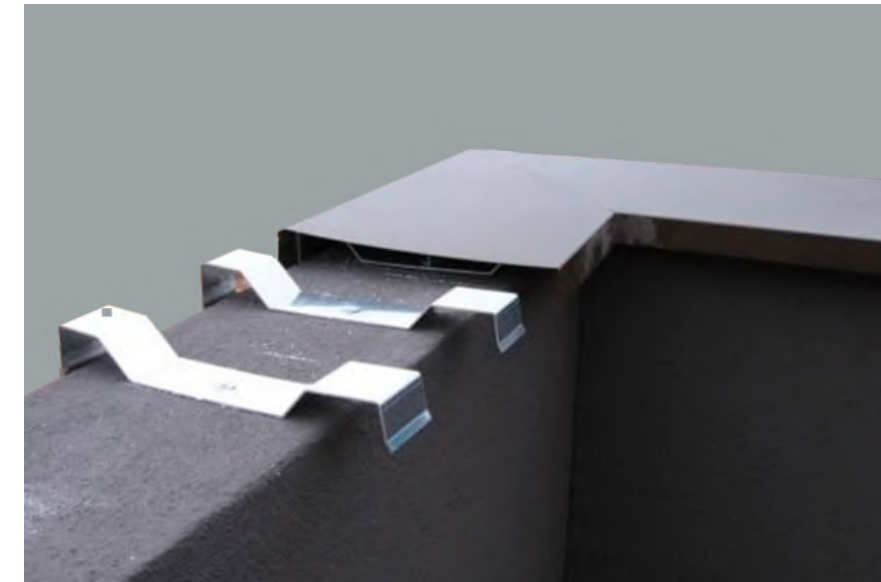
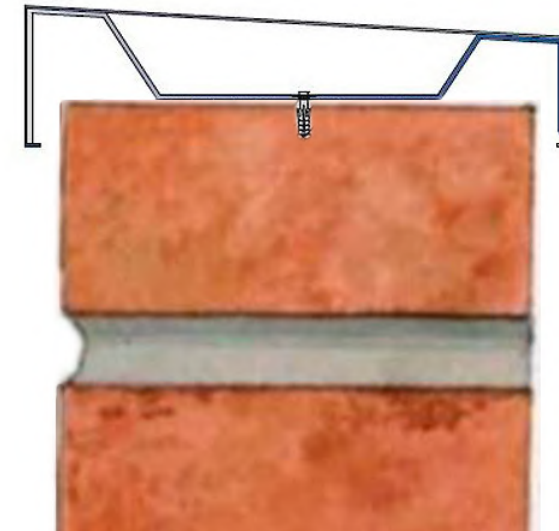


01

GOTEROS: Una solución viable para las fachadas de torres del silencio respecto a sus afectaciones de suciedad por lavado diferencial, es la instalación de goteros de cubierta, prefabricados en concreto como los que se observan en la imagen, se instalan con mortero y no requieren mayor mantenimiento.

02

FLANCHES METÁLICOS: Otra solución muy efectiva es la adopción de flanches en metal, generan el efecto gotero al interior y exterior del muro y suponen una solución económica, se sugiere fijarlo con una platina espejo agarrada del muro como lo muestra la imagen.

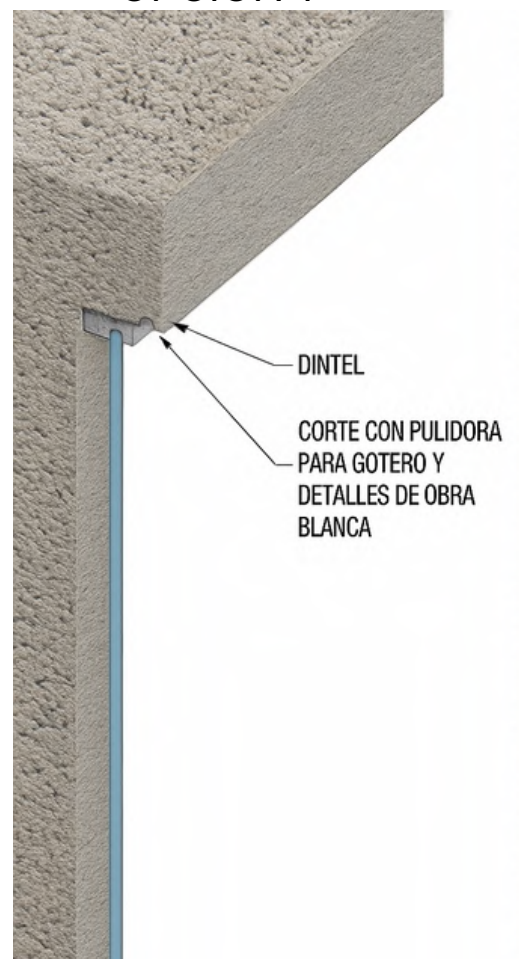


GOTEROS CONSTRUIDOS EN OBRA: Para solucionar los bordes de placa inferior donde no se diseñó ningún elemento para cortar el agua de las fachadas se deben construir goteros fundidos en obra con mortero impermeabilizado especializado, de baja retracción plástica, previa generación de un perfil de anclaje al perímetro de la losa.



TRATAMIENTO DE HUMEDADES POR FACHADAS

OPCIÓN 1



OPCIÓN 2



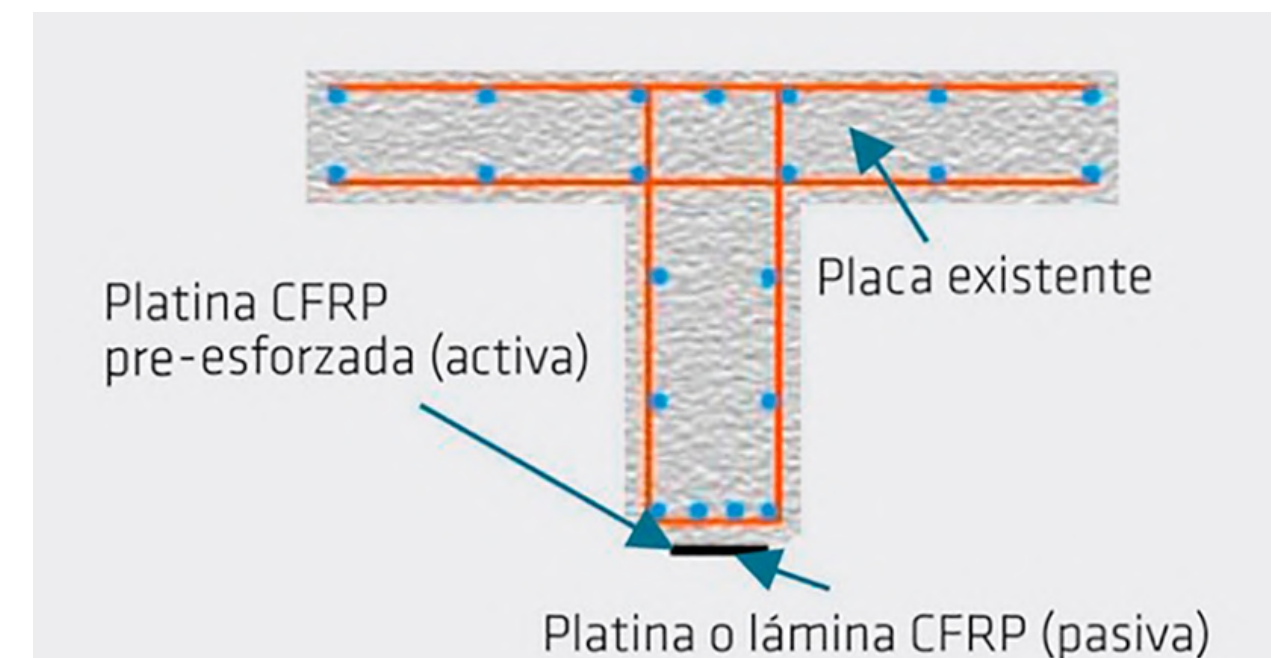
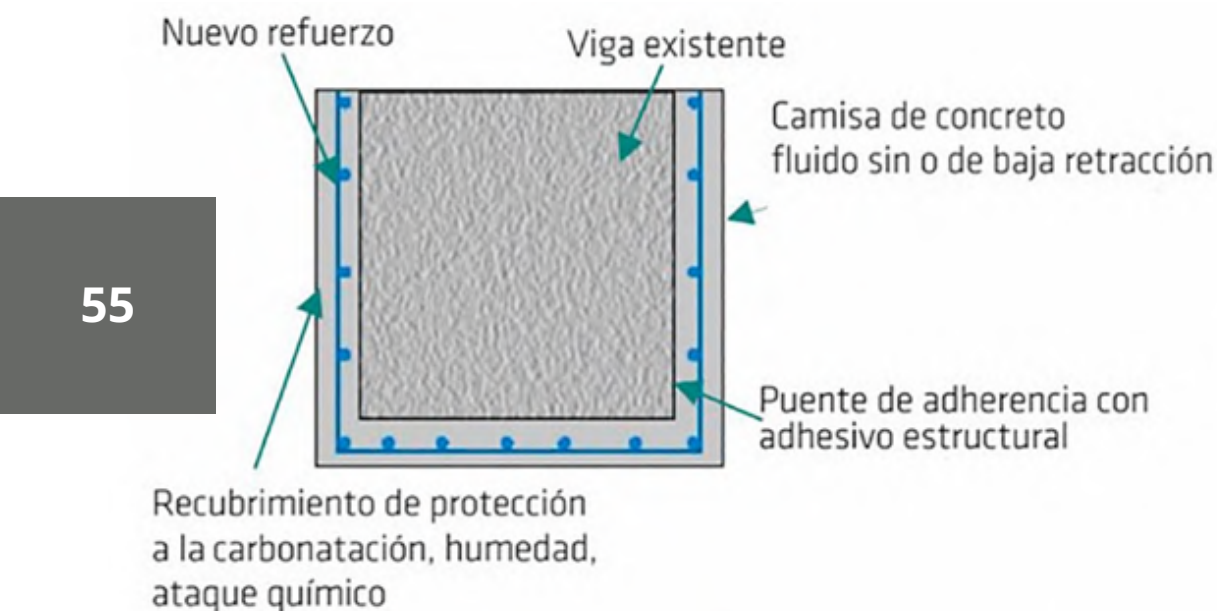
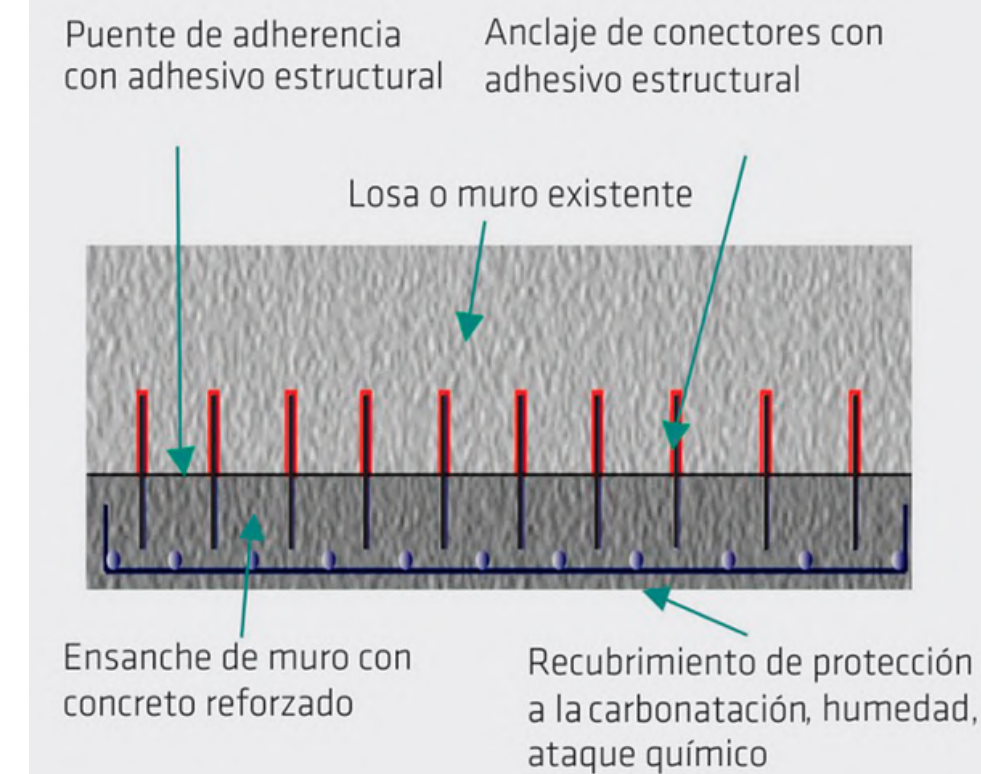
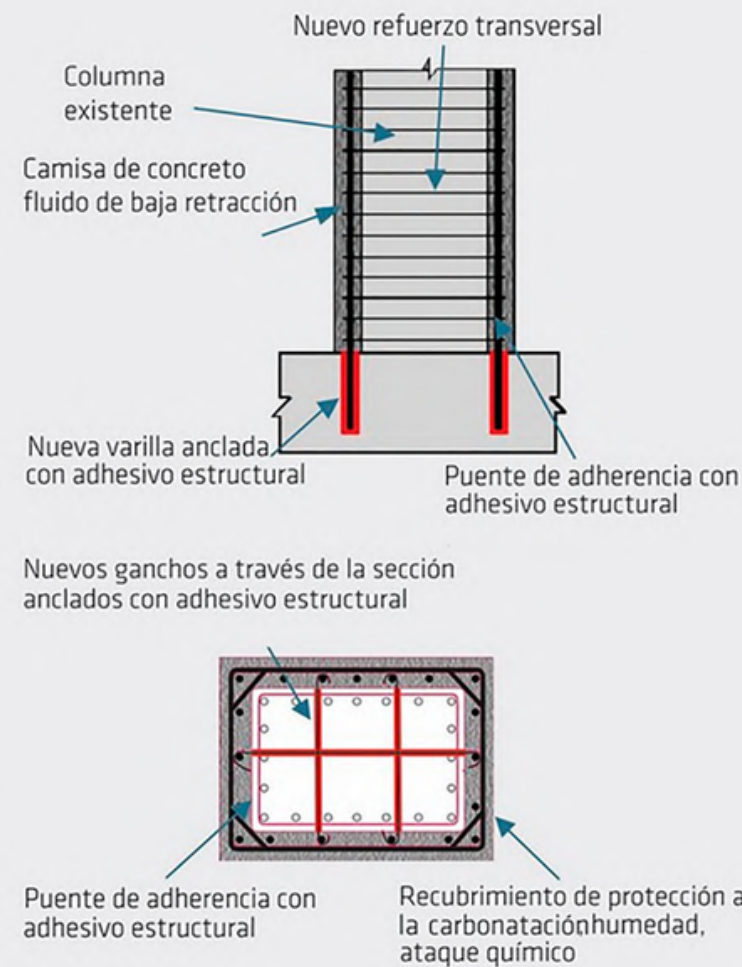
03

GOTEROS EN CARPINTERIA METÁLICA: La alfajía de las ventanas de fachada es obligatoria como elemento para controlar las afectaciones por agua a los muros, sin embargo en ocasiones se hace necesario pensar en cortar el agua también en la parte superior del elemento, para eso existen dos alternativas, crear un gotero sobre el material ladrillo o cementoso del dintel, con la ayuda de un disco de corte o instalar un perfil metálico sobresaliente que funcione como gotero.



www.usantotomas.edu.co

REFORZAMIENTO VIGAS AEREAS: La resistencia a flexión de vigas y losas se puede mejorar adhiriendo platinas FRP con las fibras en el sentido de la tensión o paralelo al refuerzo longitudinal y se puede colocar de tal forma que actúe de forma pasiva simplemente adhiriendo el material sobre el concreto o de forma activa tensando o pre esforzando el FRP anclado en los extremos. Para FRP pasivo hay que verificar si necesita anclaje o no en los extremos.





DESDE LA REHABILITACIÓN



09

DESPLOME Y ALABEOS: Cuando la desviación del plomo del muro supere lo indicado en el capítulo de derivas, la única opción es la demolición y posterior reconstrucción del muro.

10

GRIETAS:

GRIETAS NO ESTRUCTURALES: Existen básicamente tres tipologías de grietas a reparar, la primera que obliga a realizar inyección de resinas epóxicas de alta resistencia, para aquellas grietas que no comprometan la estructura, es decir para aquellas en las cuales el acero no esté expuesto, y cuyo espesor no supere los 6mm. Para el caso contrario, donde tenemos el acero comprometido y la abertura de la grieta es mayor a 6mm, se adelantará una reposición del hormigón.

Se debe realizar una limpieza a detalle de los bordes de la grieta, estas zonas deben estar libres de cualquier suciedad, se realiza un cajeo en "V" con un disco de corte para canalizar mejor los materiales de inyección. Se inyecta superficialmente la fisura con resina, con esta misma resina se fijan las boquillas de inyección, por las cuales posteriormente se ingresa el material epóxico a presión para coser la grieta, una vez el producto haya iniciado su secado y se deje manejar se realiza limpieza superficial de los bodes para dar un buen acabado a la grieta tratada.

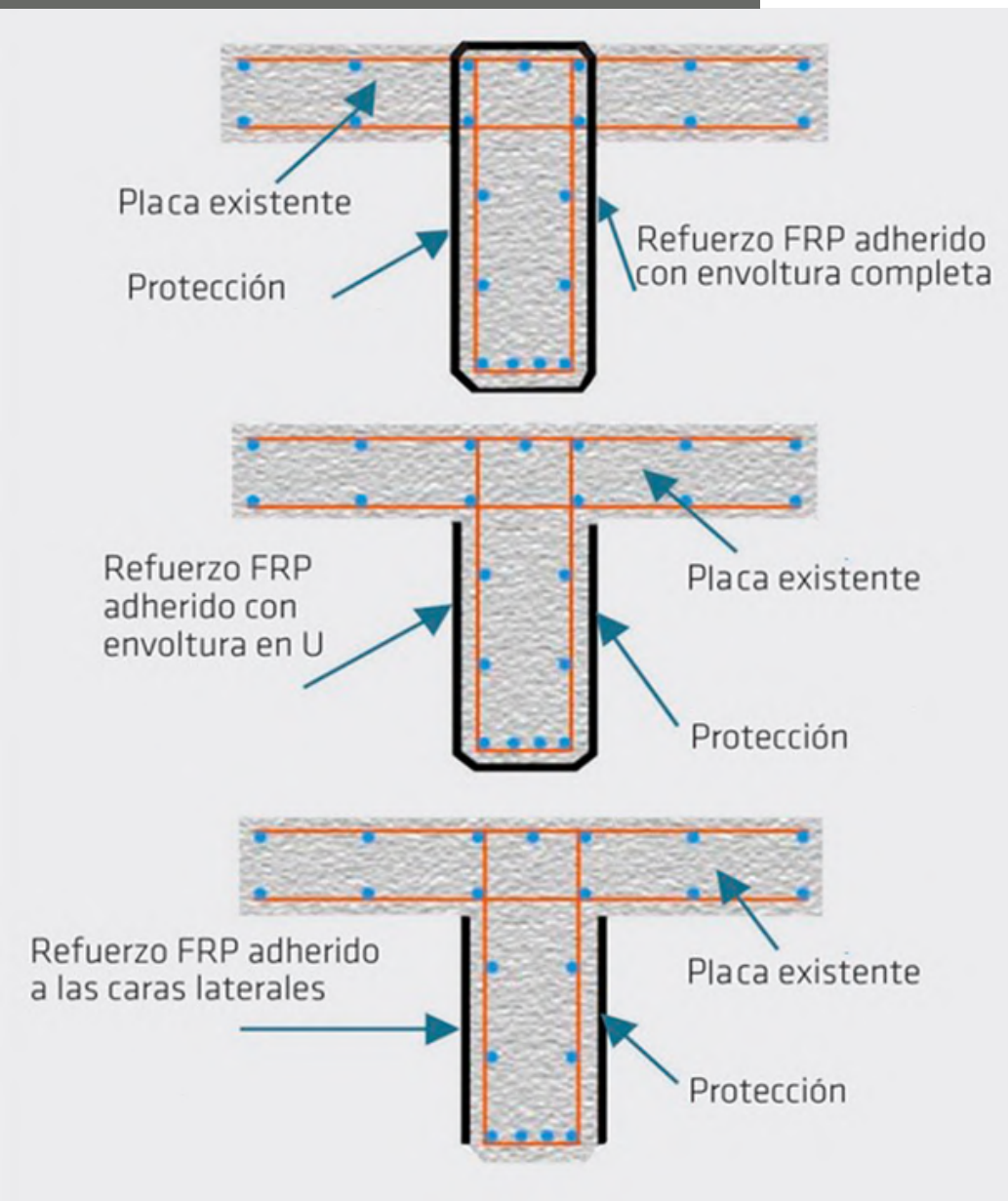


58

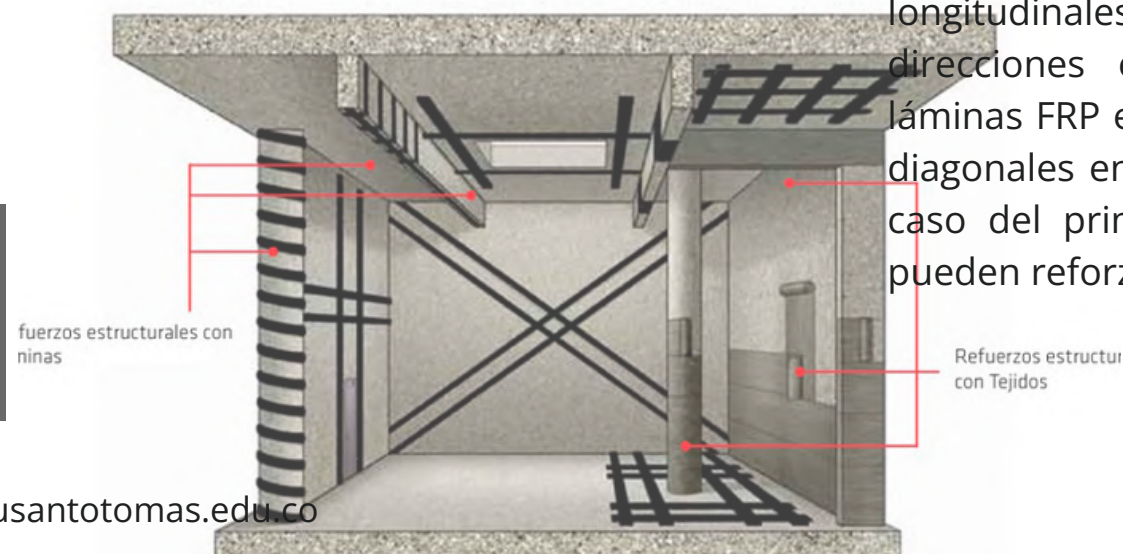
08

REFORZAMIENTO MUROS DE CONCRETO

CON FRP: Colocando el FRP en las caras de un muro de corte de concreto se puede aumentar su resistencia a cortante. El aumento de la resistencia última a cortante y el modo de falla puede variar de acuerdo con los métodos de adherir el FRP y de acuerdo al uso o no uso de fijaciones mecánicas en los extremos del material. El doblado en las esquinas es una forma de fijación. Los métodos de refuerzo del muro pueden ser los siguientes: láminas continuas de FRP longitudinales y transversales en dos direcciones en toda la superficie, laminas FRP en cruces paralelas longitudinales y transversales en dos direcciones en parte de la superficie, láminas FRP en cruces en X en direcciones diagonales en parte de la superficie. En el caso del primer método mencionado se pueden reforzar además las columnas.



57





DESDE LA REHABILITACIÓN

REPARACIÓN POR REPOSICIÓN DE CONCRETO: se debe realizar un proceso de retiro del concreto afectado con un martillo demoledor, hasta mostrar el concreto en buen estado, el acero debe quedar completamente expuesto para poder realizar su proceso de limpieza, la superficie debe quedar libre de polvo, grasa, lechada de cemento u otras sustancias extrañas. Se debe proceder a limpiar el acero con un cepillo de copa de alambre trenzado o grata y una brocha para retirara los excesos.

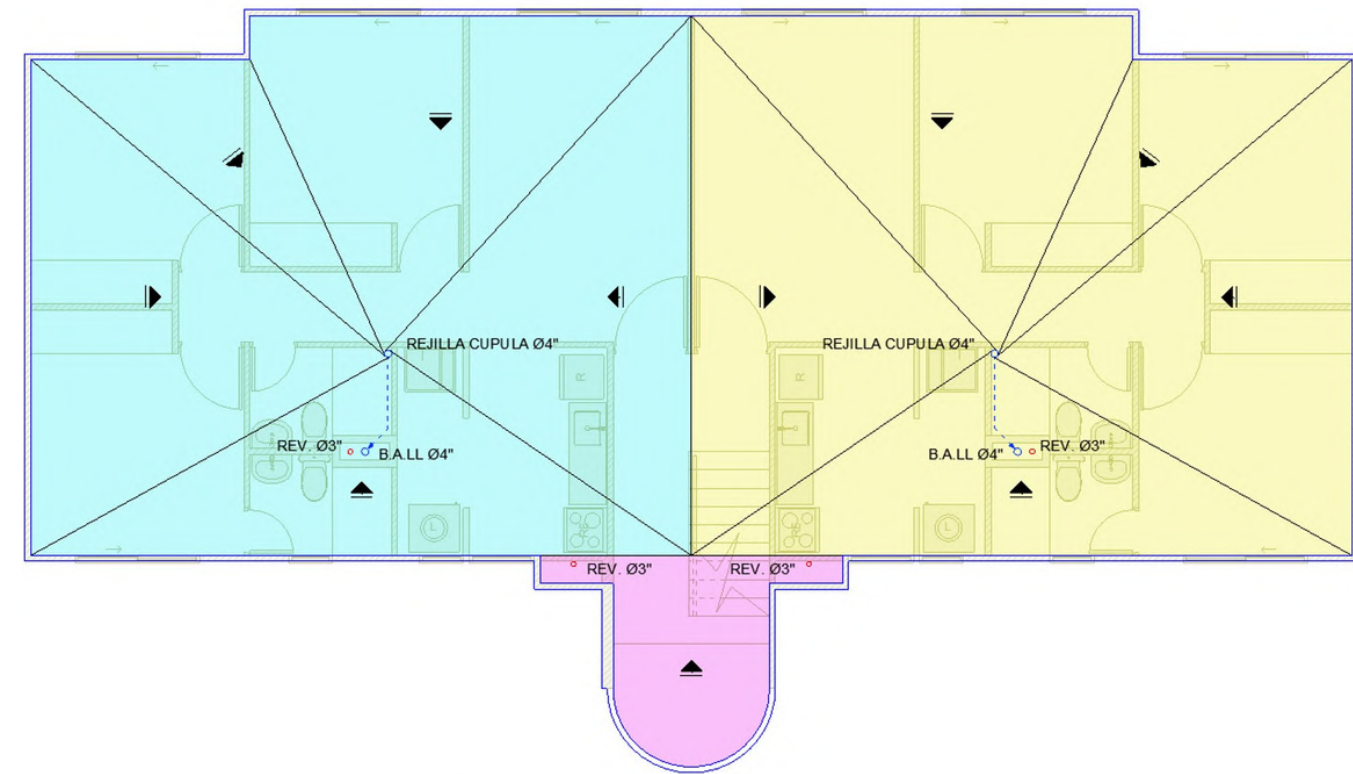
Se aplica mortero de reparación con guantes, antes se realiza imprimación con algún producto del mercado, posterior se aplica la primera capa de mortero frotándose fuertemente contra el concreto viejo, procurando llenar todos los vacíos, cada capa de debe ser de máximo 3 cm, hasta completar el espesor necesario. Entre capas, se debe esperar aproximadamente 20 minutos para aplicar la siguiente. El acabado final se puede dar con llana metálica o de madera si es liso, o con cepillo o escoba si se requiere acabado rugoso, se debe realizar el curado para evitar la generación de nuevas fisuras.



REPARACIÓN DE FISURAS: Se refiere a aperturas de menor tamaño, generalmente no relacionadas con elementos de estructurales, que luego del seguimiento en la etapa de evaluación se han definido como pasivas, su ancho esta entre los 2 y 3 mm. y se tratan con materiales elastoméricos de aplicación directa y de alto coeficiente de elasticidad ya que su función no es coser sino sellar.

IMPERMEABILIZACIÓN DE CUBIERTA EN PLACA DE CONCRETO: Sistemas para impermeabilizar el concreto usado como cubierta en los edificios de sistema industrializado hay muchos, para efectos del presente manual haremos alusión a uno de los más comunes, el manto asfáltico. Como estamos hablando de rehabilitación la primera actividad supone la eliminación del manto asfáltico existente, usando herramientas manuales como espátulas, pala plana y palines. Para el ablandado del material bituminoso de la pega del asfalto, se sugiere el uso de disolventes evaporables tipo thinner en bajas cantidades, luego de esto se evaluara el estado de la capa de sobre piso existente para ver su estado y decidir si debe ser demolida y reconstruida. En caso tal se usarán barras y palines a fin de no generar una demolición sino un proceso de raspado y desprendimiento de piezas, de esta manera se protege la estructura de la aparición de más fisuras, luego se realizará una limpieza de la superficie con equipos mecánicos livianos o manuales (gratas, cepillos) y productos que permitan descontaminar totalmente la placa de emulsiones o sustancias y elementos sueltos que hagan parte de la impermeabilización anterior.

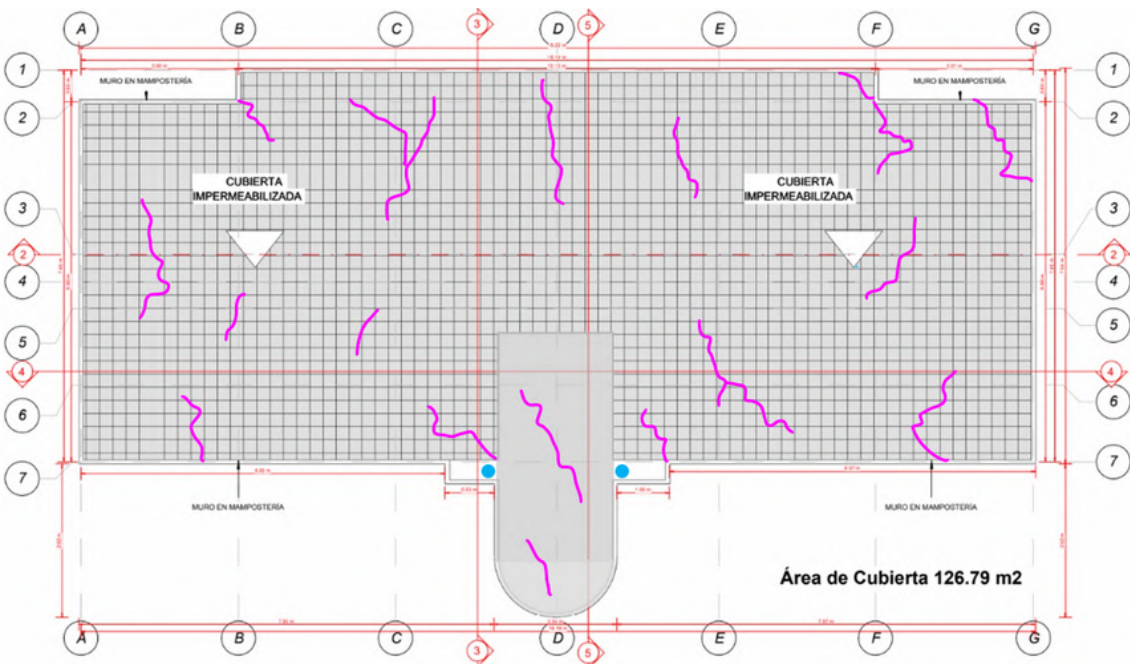
Los niveles de pendiente que tenga la losa son muy importantes para la eficiencia hidráulica de la cubierta, los fabricantes de los sistemas de mantos hablan de pendientes mínimas de 1,5 %, sin embargo y de ser posible se sugiere el 2 % de pendiente hacia los drenajes.



DESDE LA REHABILITACIÓN



Posteriormente se tratan las fisuras si llegaron a existir en la losa de concreto de la manera que se explico en el numeral anterior de acuerdo al caso, se prepara la placa para generar un perfil de anclaje CSP 5 (Concrete Surface Profile), es decir con la rugosidad necesaria para garantizar la adherencia del mortero de nivelación mediante gofrado, utilizando elementos mecánicos menores, sin pasar por encima de las zonas donde se puentearon las fisuras en el paso anterior. luego se realiza apertura con pulidora de caja para embeber el manto en muro perimetral y posterior sello.



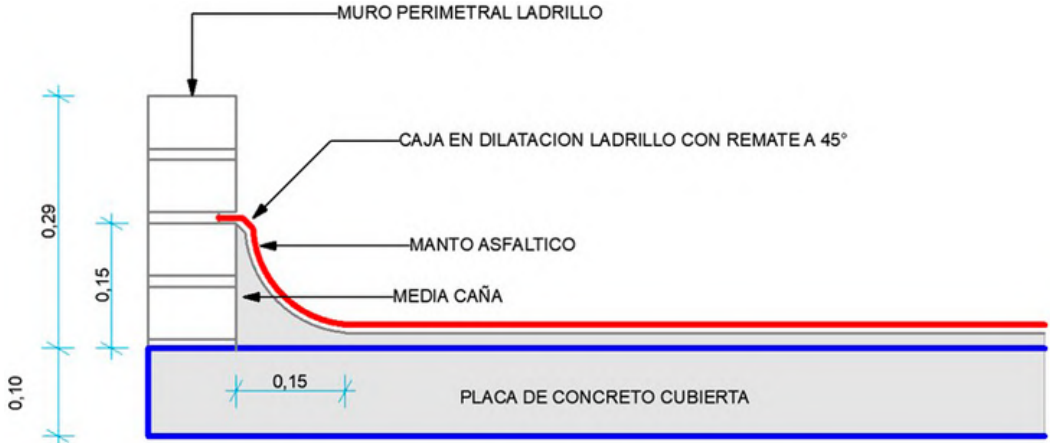
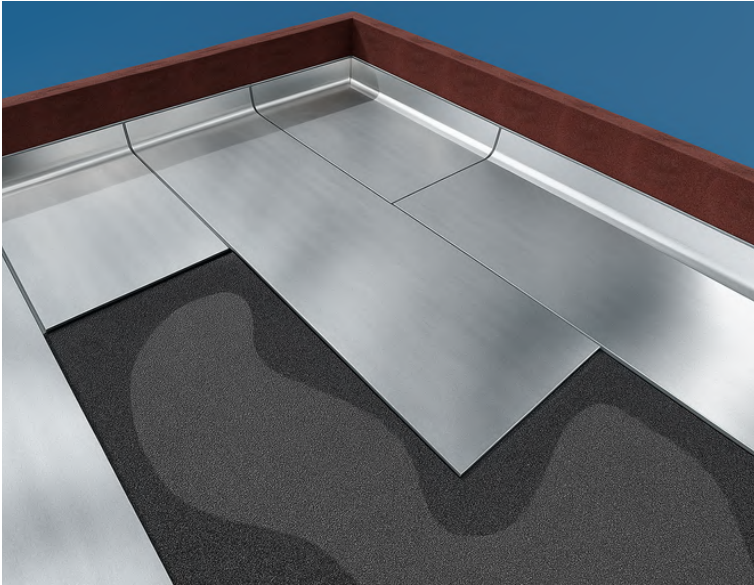
CONVENCIONES
FISURAS EN PLACA



Se realiza Imprimación de la superficie con algún producto tipo látex, generalmente usando cepillo o brocha, se vacía el mortero para generar el nuevo sobre piso con las pendientes requeridas, se sugiere usar un mortero especializado con buena retracción plástica por temperatura que permita espesores desde 1 cm. ya que recordemos que cerca al desagüe la capa de material es mínima.

Debe tener especial cuidado con el fraguado, se puede manejar con retazos de geotextil húmedo puestos encima para lograr una constante hidratación del mortero hasta obtener curado temprano dentro de los primeros 3 días, luego hidratación espaciada 3 veces al día, por al menos por 4 días más.

Aproximadamente una semana después de fundido el mortero de nivelación, se realiza un barrido con escoba fina para eliminar cualquier partícula suelta, se hace la imprimación de la superficie con emulsión asfáltica en frio líquida, usando un rodillo de espuma, se cubren con dos capas aplicadas en dirección cruzadas una de la otra, todas las superficies a impermeabilizar, incluidos los guarda escobas en media caña y las posibles ruanas para tuberías. Finalmente se realiza la instalación del manto asfáltico fundiendo con llama la capa inferior del manto, cuidando durante el proceso de no llegar a afectar el alma central, los traslapos son sellados a calor mediante el palustre. La instalación se completa con los detalles como la conformación de las mediacañas y la caja donde se alojará la pestaña del manto asfáltico en el muro para el guarda escobas.





Referencias

- Monjo Carrió, J., & Maldonado Ramos, L. (s.f.). Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rodríguez, F. L., Rodríguez, V. R., Astorqui, J. S. C., Gómez, I. T., & de Mingo, P. U. (2004). Manual de patología de la edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rodríguez, F. L., Rodríguez, V. R., Astorqui, J. S. C., Gómez, I. T., & de Mingo, P. U. (2004). Manual de patología de la edificación: Tomo 1 - El lenguaje de las grietas, patología y recalces de las cimentaciones. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rodríguez, F. L., Rodríguez, V. R., Astorqui, J. S. C., Gómez, I. T., & de Mingo, P. U. (2004). Manual de patología de la edificación: Tomo 2 - Patología de las estructuras: Hormigón y madera. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rodríguez, F. L., Rodríguez, V. R., Astorqui, J. S. C., Gómez, I. T., & de Mingo, P. U. (2004). Manual de patología de la edificación: Tomo 3 - Lesiones debidas a las humedades. Patología de cubiertas y fachadas. Universidad Politécnica de Madrid.
- Sika Colombia. (2023, enero). Ficha de producto: SikaLatex® (Versión 01.04). <https://col.sika.com>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: SikaScreed®-140 Mortero Piso (Versión 01.02). <https://col.sika.com>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: SikaTop®-121 Monocomponente. <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/c/sikatop-121-monocomponente.pdf>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: SikaTop®-122 Plus Monocomponente. <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/u/sikatop-122-plus-monocomponente.pdf>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: Sikadur® Crack Repair Kit. <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/r/sikadur-crack-repair-kit.pdf>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: Sikadur®-32 Primer (Versión 01.05). <https://col.sika.com>
- Sika Colombia. (2025, febrero). Hoja de datos del producto: Sikadur®-35 Hi-Mod LV. <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/o/sikadur-35-hi-mod-lv.pdf>
- Texsa. (2023, enero 24). Ficha técnica: Emulsión Asfáltica Emultexsa (Versión CO018-V2). <https://texsa.com.co>
- Texsa. (2023, enero 24). Ficha técnica: Manto impermeabilizante Morter Plas AL-300 (Versión CO025-V2). <https://texsa.com.co>
- Texsa. (2023, enero 24). Ficha técnica: Texsalum – Pintura Bituminosa de Aluminio (Versión CO3165-V2). <https://texsa.com.co>
- Texsa. (2025, febrero 5). Manual técnico de instalación de mantos asfálticos. Texsa Expertos en Impermeabilización. <https://texsa.com.co/manual-tecnico-de-instalacion-de-mantos-asfalticos/>



Referencias

- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017). ASCE/SEI 41-17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. ASCE.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Chinome, C. (n.d.). Modelo para especificar, ejecutar y controlar la impermeabilización de cubiertas planas en concreto reforzado construidas en la ciudad de Bogotá [Tesis de maestría]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Camilo-Chinome-2/publication/355334044_Modelo_para_especificar_ejecutar_y_controlar_la_impermeabilizacion_de_cubiertas_planas_en_concreto_reforzado_construidas_en_la_ciudad_de_Bogota/links/6181ce12a767a03c14e7e4c3/Modelo-para-especificar-ejecutar-y-controlar-la-impermeabilizacion-de-cubiertas-planas-en-concreto-reforzado-construidas-en-la-ciudad-de-Bogota.pdf
- DICO Ingeniería y Arquitectura S.A.S. (2022). Volumen 3. Estudio de geología y geotecnia [Informe técnico, Yopal].
- DICO Ingeniería y Arquitectura S.A.S. (2022). Volumen 5. Estudio patológico [Informe técnico, Yopal].
- DICO Ingeniería y Arquitectura S.A.S. (2022). Volumen 6. Ensayos de laboratorio para diagnóstico de estructuras en concreto reforzado y detección de patologías [Informe técnico, Yopal].
- DICO Ingeniería y Arquitectura S.A.S. (2022). Volumen 7. Estudio de vulnerabilidad sísmica de la edificación [Informe técnico, Yopal].
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2005). Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures (FEMA 440). U.S. Department of Homeland Security.
- Gamarra, D. A. R., Cárdenas, C. A. B., Macías, J. U., & Rodríguez, F. A. L. (2024). TPI. Análisis patológico Rincón de Techo II - Torres 8-9-10. Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia de Bogotá.
- Gobierno de Colombia. (n.d.). Código Colombiano de Fontanería – NTC 1500:2004. Gov.Co. Recuperado el 16 de mayo de 2025, de https://icfe.gov.co/site/wp-content/uploads/2023/12/ntc_1500_-_2004_-_codigo_colombiano_de_fontaneria.pdf
- Isover. (n.d.). Manto Sin Llama PRO. Instructivo de instalación. Com.Co. Recuperado el 16 de mayo de 2025, de <https://www.isover.com.co/download-documents/ficha-tecnica/instructivo-de-instalacion-manto-sin-llama-pro-es-0.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (n.d.). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, Título E. Gov.Co. Recuperado el 16 de mayo de 2025, de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf

Nuestro equipo



Yeyson Pulido Cepeda

Arquitecto, consultor y constructor de proyectos industriales y de vivienda, MEP & BIM modeler.



Giovanni Eugenio Guzmán Bermúdez

Ingeniero Civil, Especialista en gerencia de proyectos



Diego Armando Corredor Salamanca

Ingeniero Civil, Especialista en estructuras, patología de construcción y gerencia de proyectos



Nestor Raul Medina Castro

Ingeniero Civil

TUTOR: Walter Mauricio Barreto Castillo

Arquitecto. Especialista en gestión de proyectos de ingeniería. Magister en construcción en madera

Gracias

