

PRÁCTICA DE RESOLUCIÓN DE UN EDIFICIO CON TABIQUES

**Ing. Alberto Elicabe, Arq. Isolda Simonetti, Arq. Gustavo González, Ing. Alicia Adler,
Arq. Raquel Fabre, Arq. Gabriela Asís, Arq. Eduardo Wuthrich, Arq. Eduardo
Rodriguez, Arq. Nahuel Ghezan, Arq. Laura Bellmann**

Amelia Earhart 4451 – B° Valle del Cero – Córdoba – (5009)- Te 0351 48144 58 –

Ing. Alberto Elicabe: arelicabe@gmail.com

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, UNC

PALABRAS CLAVE: TABIQUE – SISMO–CORTE

EJE TEMÁTICO: DOCENCIA

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo práctico del diseño y evaluación correspondiente de un edificio con estructura conformada por tabiques en voladizo.

Su objetivo es orientar al alumno del cuarto nivel de la carrera de arquitectura en el trabajo práctico correspondiente a un edificio en altura en zona sísmica. Se realiza ajustándose al CIRSOC 103 – Parte 3 (2005), reduciendo los pasos a ejecutar a fin de facilitar su comprensión por los alumnos. Se verifica la resistencia al corte y flexocompresión y las distorsiones de piso.

Los tabiques en voladizo están siendo utilizados en diversos países con historial sísmico y están contemplados en el nuevo reglamento, por lo que se consideró de interés desarrollar un procedimiento sencillo que permita evaluar el comportamiento de esta tipología estructural, lo cual facilitará su utilización por parte de los futuros arquitectos

Se utilizan diversas herramientas didácticas para encararla tarea numérica, como ser la correspondiente a obtención del corte basal y su distribución en altura.

Se introduce una innovación para la determinación de las armaduras de flexocompresión en tabiques en forma de perfil “C” solicitados por sismo. La misma permite obtener la cuantía necesaria independientemente de las relaciones dimensionales entre largo de ala y alma y entre los anchos y largos, es decir que se adapta a cualquier tabique en “C” con una distribución de armadura del mismo diámetro y separación en todo el perímetro del mismo.

La misma consiste en graficar el diagrama de interacción correspondiente eligiendo las cuantías superiores a la mínima que garantizan la resistencia necesaria para el estado de cargas que incluye el sismo. Este procedimiento permite que el alumno pueda detallar armaduras tomando conciencia de la cuantía necesaria y distribución de la misma en la sección.

INTRODUCCIÓN

El avance del conocimiento se ha visto respaldado por la entrada en vigencia del conjunto de reglamentos INPRES – CIRSOC. Entre ellos el 103 – Parte II que incorpora una nueva filosofía para evaluar el desempeño de estructuras sometidas a la acción sísmica.

La introducción de estas propuestas en la currícula exige una apropiada transposición didáctica a fin de lograr la comprensión de los aspectos más relevantes de la misma sin caer en un meticuloso tratamiento de cuestiones secundarias.

Con el objeto de implementarla en la FAUD, cátedra de Estructuras III, correspondiente al nivel IV de la carrera de Arquitectura, se han dado los pasos que comentaremos en el presente trabajo.

HIPÓTESIS BÁSICAS

Se supone que el acero empleado posee una sobrerresistencia del 40% por sobre su límite de fluencia. Acotando este valor establecemos la magnitud del momento último final de una sección y fijamos un valor máximo para el esfuerzo de corte que la pieza se verá obligada a resistir por la relación existente entre ambos.

A fin de considerar la amplificación dinámica se emplea el valor del coeficiente ω_v que brinda el reglamento.

De este modo se reconoce que la resistencia final a flexión de la sección de un tabique depende de la sobrerresistencia del acero, calidad del hormigón, disposición de las armaduras, y magnitud del esfuerzo de compresión actuante. Dado que la sección se verifica bajo diversos estados de carga afectados por distintos coeficientes de mayoración, es muy posible que su capacidad resistente sea mayor que la estrictamente necesaria, ese es el valor que se desea considerar para la evaluación sismorresistente.

Como ya se expresara este incremento de los momentos que la sección puede resistir va a traer aparejado un incremento del corte, que es el esfuerzo que genera la flexión en caso de sismo. Habiendo valorado el mismo podemos verificar la sección de modo que en ninguna situación su capacidad resistente al corte se vea superada, garantizando así una rotura dúctil. Lo anterior supone conocer las posibles variaciones del corte debidas a los modos de orden superior como también la resistencia que una sección dada posee ante dicho esfuerzo.

DESARROLLO

Para proveer la rigidez necesaria frente a acciones horizontales la práctica habitual en nuestro medio es diseñar con tabiques, que generalmente forman parte del núcleo de las circulaciones verticales. Analizada elásticamente la estructura de un edificio compuesto de pórticos y tabiques en voladizo se comprueba que en la mayoría de los casos el aporte de los pórticos es poco significativo y puede estudiarse el conjunto como formado por tabiques en voladizo. El mecanismo de rotura conveniente es el que genera una rótula plástica en la zona inferior del tabique, y debe protegerse la sección de una posible rotura frágil por corte o por falta de un adecuado confinamiento del hormigón.

La evaluación del corte basal correspondiente al tipo de construcción, en base a su masa vibrante, ubicación, tipo de suelo donde se asienta, características dinámicas de la misma, destino y ductilidad supuesta, permite valorar los requerimientos seccionales mínimos de secciones de corte necesarias.

Se posee así la información para el predimensionado de la sección de corte de tabiques en cada dirección de análisis.

La sección mínima para resistir el corte en una dirección es:

$$\Sigma A_w = \frac{V_0 \cdot \omega_v \cdot \phi_w^o}{0,8 \cdot \sqrt{f_c} \cdot (0,15 + \frac{\phi_w^o}{\mu})}$$

Donde el numerador es el valor del corte último (considerando la totalidad del V_0), el que está amplificado por la sobrerresistencia flexional y la amplificación dinámica, y el denominador es la tensión máxima de corte que se admite en la zona de rótulas plásticas de tabiques. El factor $\omega_v \cdot \phi_w^o$ no es necesario que supere el valor de μ , ya que equivaldría a tomar el corte de un sistema elástico.

Con las dimensiones establecidas en el predimensionado es posible evaluar elásticamente el comportamiento de la estructura bajo la acción de las fuerzas sísmicas. La determinación de las mismas, distribuyendo en altura el corte basal, y la determinación del coeficiente sísmico correspondiente se realiza mediante una planilla en Excel programada para tal fin, en la misma se cargan los desplazamientos de cada nivel a fin de verificar las correspondientes distorsiones.

Calculo y distribución de V_0 (máx. 30 pisos)									
Zona Sísmica:	1	factor riesgo =	1	R =	4				
Tipo de Suelo:	2	ductilidad μ =	4	Sa =	0,19	Área necesaria para tabiques en voladizo (m ²)			
Nº de Pisos:	20	C =	0,0475	periodo:	1,31 seg	5,00 m ²			
Corte Basal =					338,51 t				
Piso	Wi	h piso	hi	Wi · hi	Fuerza del nivel	Corte del nivel	Desplaz del nivel	Distorsión del nivel	Observaciones
	t	m	m	tm	t	t	m		0,014 0,019
20	357	3,5	72,5	25883	31,4	31,4	0,165	0,011579	
19	355,7	3,5	69	24543	29,8	61,2	0,15487	0,011789	
18	355,4	3,5	65,5	23279	28,2	89,4	0,14455	0,011855	
17	355,4	3,5	62	22035	26,7	116,1	0,13418	0,011879	
16	355,4	3,5	58,5	20791	25,2	141,3	0,12379	0,011785	
15	355,4	3,5	55	19547	23,7	165	0,11347	0,011749	
14	355,4	3,5	51,5	18303	22,2	187,2	0,10319	0,01176	
13	355,4	3,5	48	17059	20,7	207,9	0,0929	0,011621	
12	355,4	3,5	44,5	15815	19,2	227,1	0,08274	0,011389	
11	355,4	3,5	41	14571	17,7	244,8	0,07277	0,010991	
10	355,4	3,5	37,5	13328	16,2	261	0,06315	0,010603	
9	355,4	3,5	34	12084	14,6	275,6	0,05388	0,010218	
8	355,4	3,5	30,5	10840	13,1	288,7	0,04493	0,009647	
7	355,4	3,5	27	9596	11,6	300,3	0,03649	0,008947	
6	355,4	3,5	23,5	8352	10,1	310,4	0,02866	0,008065	
5	355,4	3,5	20	7108	8,6	319	0,02161	0,007136	
4	355,4	3,5	16,5	5864	7,1	326,1	0,01536	0,006154	
3	355,4	3,5	13	4620	5,6	331,7	0,00998	0,004981	
2	355,4	3,5	9,5	3376	4,1	335,8	0,00562	0,003663	
1	372	6	6	2232	2,7	338,5	0,00242	0,00161	

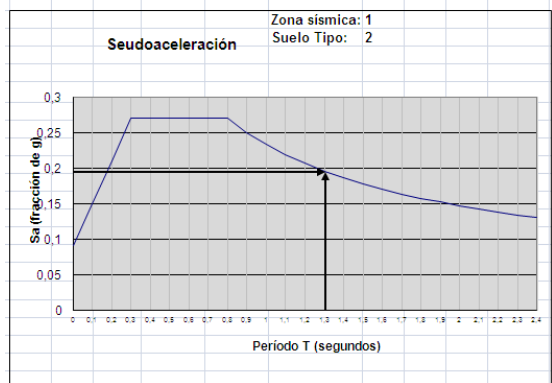
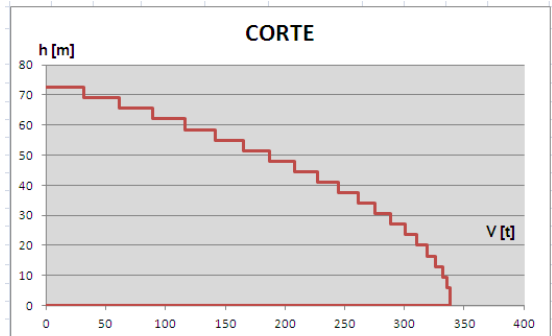
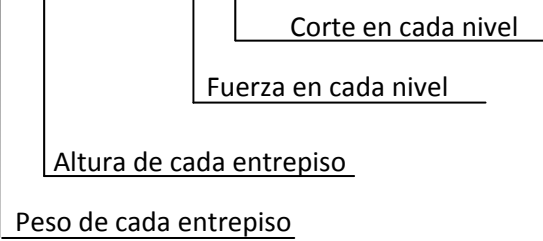


Diagrama de corte correspondiente y Gráfico de Seudoaceleración correspondiente a la zona sísmica y tipo de suelo

Figura 1 – Planilla de V_0 .

Los resultados permiten controlar si la rigidez prevista es suficiente de acuerdo al tipo de edificio.

En esta etapa corresponde efectuar la reformulación necesaria a fin de que el diseño cumpla con lo reglamentariamente estipulado.

Una vez que los valores de distorsión satisfacen puede realizarse la verificación de resistencia de los tabiques a corte y flexocompresión.

El haber adoptado una sección total de corte que cubre el corte basal no implica que en su distribución entre los distintos tabiques cada uno de ellos resista. No obstante está permitida una redistribución de hasta el 30% del valor correspondiente a uno de ellos, por lo el diseñador puede reconducir los esfuerzos de modo conveniente, es decir en función de las resistencias.

En pocos pasos un analista puede obtener un diseño aceptable. El objetivo es aumentar la resistencia de los tabiques más rígidos sin incrementar mucho su rigidez. Esto, en un tabique en C, se logra aumentando el espesor de las secciones orientadas según la dirección del esfuerzo y disminuyendo ligeramente las otras a fin de que se mantenga la rigidez sin variantes importantes. El esfuerzo que le tocará será muy similar al previo a la modificación y su resistencia será mayor.

Mediante los recursos mencionados se consigue satisfacer tanto los requerimientos de distorsión como los de resistencia al corte.

El diseño de armaduras de corte variará según la zona del tabique que se analiza: zona de rótula o zonas restantes.

Para la determinación de la armadura necesaria a flexocompresión habrá que estudiar las distintas combinaciones de cargas mayoradas que incluyen sismo. Una de ellas nos dará la máxima cuantía, la que a su vez debe estar dentro de los límites reglamentarios.

El coeficiente de minoración de resistencia, según el artículo 1.6 del CIRSOC 103 (2005) – Parte II, es de 0,9. Como este valor difiere del exigido por el CIRSOC 201 se torna necesario tener herramientas que permitan determinar armaduras en estas situaciones.

A tal fin se ha desarrollado un programa que resulta útil para el caso común de secciones de tabiques en C solicitadas por estados de carga que incluyen sismo.

Se pueden variar los espesores y largo de alma y alas, lo cual brinda una amplia cobertura de casos. La distribución supuesta para la armadura longitudinal es de barras del mismo diámetro y separación en todo el perímetro de la sección.

Para el trazado de las curvas de interacción correspondientes a cada cuantía de armadura se procede a ir variando el alargamiento específico del acero menos comprimido o más traccionado desde un acortamiento del 2% hasta un alargamiento del 10%, mientras el acortamiento específico de la fibra más comprimida se mantiene en el 3%. Se puede ubicar el eje neutro y determinar el valor de tensión en cada barra de armadura, para el hormigón se adopta el diagrama rectangular con una altura $\beta_1 \cdot c$ y una tensión igual a $0,85 \cdot f_c$. Siendo β_1 el factor definido en 10.2.7.3 del CIRSOC 201, c la profundidad de la fibra neutra y f_c la resistencia especificada a la compresión del hormigón. Para el acero se establece una tensión de fluencia de $f_y = 420$ MPa, como cuantía mínima se adopta $\rho_{tmin} = 0,7/f_y$ y como valor máximo $\rho_{tmax} = 16/f_y$. La cuantía longitudinal del alma se define como: $\rho_t = \Sigma A_b / (b_i \cdot s_v)$ siendo ΣA_b la sección de todas las barras de armadura comprendidas en la separación s_v de la zona con ancho b_i .

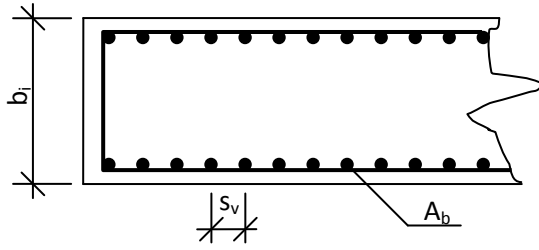
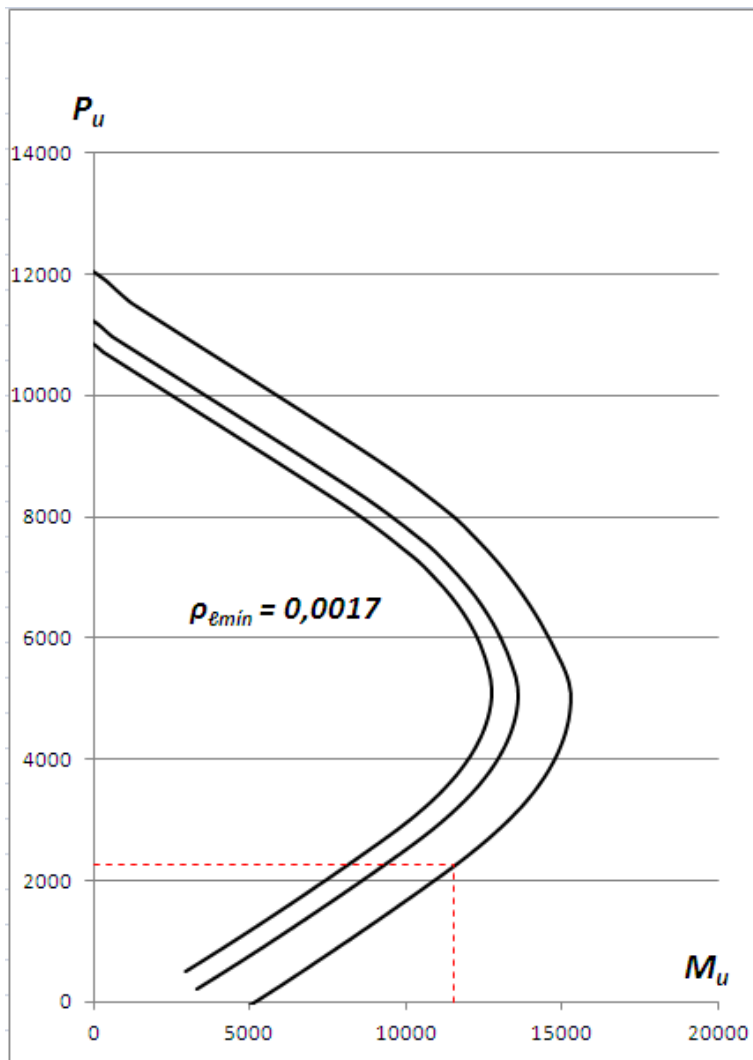


Figura 2

La cuantía de las alas se considera igual a: $\rho_{talas} = \rho_t \cdot b_{alma} / b_{ala}$

De esta forma se obtienen las curvas de interacción necesarias para fijar la cuantía necesaria.



f_y	420	MPa
f'_c	20	MPa
L_w	6,6	m
b_w	0,55	m
b_z	3,2	m
h_z	0,6	m
β_z	0,85	
d'	0,03	m
P_u	2264	t
M_u	11535	tm
α	3,8	

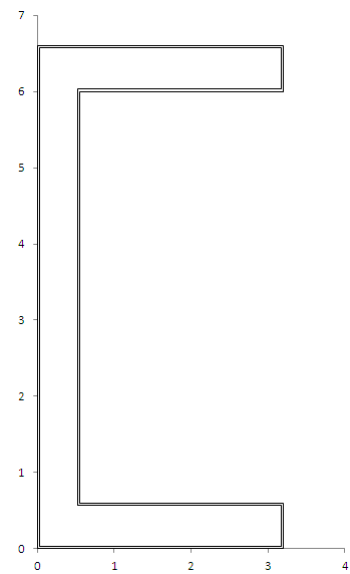


Figura 3 Las curvas corresponden a $\rho_{tmin} = 0,7/f_y$ y a $\rho_t = \alpha \cdot \rho_{tmin}$, con una de valor intermedio.

El punto representativo de los esfuerzos P_u y M_u también se representa, con lo que es posible graficar curvas que se aproximen al mismo, para tal fin se utiliza el coeficiente α que es la relación entre la cuantía longitudinal máxima cuya curva se desea graficar y la cuantía mínima ($\rho_{t\min} = 0,7/f_y$).

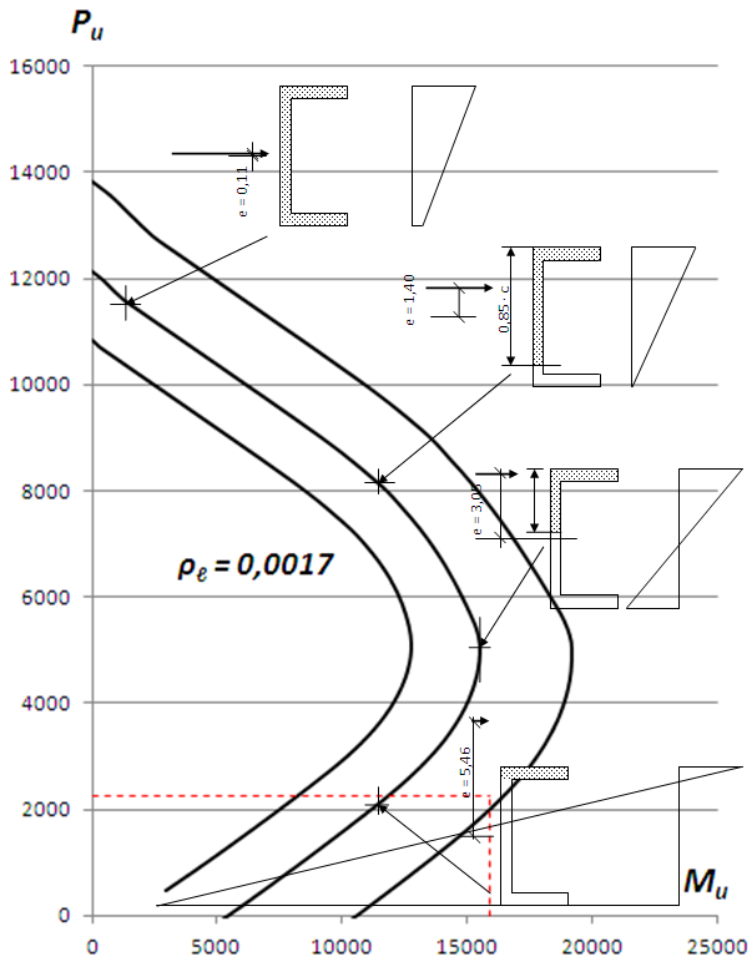


Figura 4 Posición del eje neutro, del valor $a = \beta_1 c$ y de la fuerza aplicada en distintos puntos.

CONCLUSIONES

El procedimiento desarrollado permite un predimensionado ajustado de un edificio ubicado en zona sísmica y estructurado con tabiques en voladizo.

Las herramientas que se han diseñado para evaluar el corte basal y su distribución en altura simplifican la tarea, y la misma planilla permite una evaluación de las distorsiones una vez obtenidos los desplazamientos de cada nivel mediante la utilización de un programa de resolución de estructuras. La metodología de verificación de los tabiques al corte incluye la redistribución permitida, y también se efectúa mediante una planilla Excel. Finalmente el diseño de las armaduras longitudinales mediante los diagramas de interacción permite

evaluar económica y constructivamente el diseño. La disposición final de armaduras considerando los requerimientos de confinamiento y de pandeo quedan para un análisis más estricto del que podrá hacerse cargo el especialista.

De este modo se intenta poner en perspectiva la necesidad de contar con una estructura provista de suficiente rigidez como para impedir los daños en ocasión de sismos frecuentes pero que cuente con una resistencia última acorde a los requerimientos de un sismo destructivo.

Los conceptos involucrados son los seleccionados para la transposición didáctica del tema: protección contra una rotura brusca por corte, posibilidad de utilizar rótulas plásticas en ocasión de un sismo excepcional, evaluación de deformaciones y de factibilidad de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

Reglamento INPRES – CIRSOC 103 – Partes I y II.

Reglamento CIRSOC 201.

Apunte de cátedra “Acciones Sísmicas”, Estructuras III, FAUD, 2012.

A Simple Seismic Design Strategy Based on Displacement and Ductility Compatibility, Thomas Paulay, Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Volume 1, Number 1, September 1999.