



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Álvarez-Deulofeu, Eduardo Rafael
INFLUENCIA DE LAS CARGAS MUERTAS EN EL DISEÑO
SISMORRESISTENTE DE PÓRTICOS DÚCTILES DE HORMIGÓN ARMADO
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 2, 2019, Abril-Junio 2020, pp. 55-69
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181359681005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

**INFLUENCIA DE LAS CARGAS MUERTAS EN EL DISEÑO
SISMORRESISTENTE DE PÓRTICOS DÚCTILES DE HORMIGÓN ARMADO**

**INFLUENCE OF THE DEAD LOADS IN THE SEISMIC DESIGN OF DUCTILE
FRAMES OF REINFORCED CONCRETE**

Autor:

**Eduardo Rafael Álvarez-Deulofeu, ealvarez@uo.edu.cu. Universidad
Oriente, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil.
Teléfono: (+53) 58250189. Santiago de Cuba, Cuba.**

RESUMEN

Se evaluó la influencia de las reducciones de las cargas muertas en el diseño sismorresistente de un edificio público que se construirá en la zona de mayor peligrosidad sísmica de Cuba, sobre un perfil de suelo D según la norma sísmica cubana vigente NC 46:2017. La evaluación se realizó mediante la comparación del diseño estructural de una variante pesada con otra aligerada, basada en el diseño de las secciones críticas de la superestructura que incluye las uniones. Las solicitaciones sísmicas, ofrecidas por el SAP 2000NL, versión 19, por el método estático equivalente, se combinaron con las gravitatorias según las normas cubanas vigentes. El diseño estructural se efectuó por el método de capacidad resistente límite, mediante la utilización del Libro Excel DISRESPLAS y con la consulta de las formulaciones de diseño en normas de referencia internacional. Finalmente se demuestra que una moderada reducción de las cargas muertas racionaliza significativamente el diseño estructural y simplifica los detalles constructivos; en particular, las uniones.

Palabras clave: *diseño sismorresistente, pórticos dúctiles, racionalización de estructuras, seguridad sísmica.*

ABSTRACT

It's evaluate the influence of the dead loads reduction in the seismic design of a public building to be built at the zone of bigger seismic hazard of Cuba on a soil type D by Cuban seismic code NC 46:2017. The evaluation is carried out comparing the structural design of a heavy variant with an unloaded variant, based on the structural design of critical cross sections of the superstructure, including the joints. The seismic solicitations by static equivalent method are offered by computers program SAP 2000NL version and combined with gravitational loads by actual Cuban code. The structural design occurred by the method of the capacity resistant limit, preview consult of international codes. For structural design is it used the Excel Book DISRESPLAS. It's demonstrated finally that a moderate dead loads reduction leads to rationalizing the structural design significantly and it simplifies the constructive details specially the joints.

Key words: *Earthquake-resistant structures, ductile frames, rationalizing of structures, seismic safety.*

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Santiago de Cuba, ubicada en la zona de más alta peligrosidad sísmica de Cuba, precisa de proyectos racionales de estructuras que garanticen la seguridad sísmica. Esto implica la consideración de factores esenciales desde la concepción del proyecto, tales como la carga muerta en las edificaciones. La evaluación de la influencia de estas cargas en el diseño estructural de pórticos dúctiles de hormigón armado contribuye a racionalizar los proyectos, con lo cual se simplifican los detalles constructivos.

Esta investigación, que profundiza en investigaciones anteriores (Adahe, 2008; Álvarez y Adahe, 2012), diseña estructuralmente un edificio público de 5 pisos de 30 m de ancho y 36 m de largo, con módulos de 7,20 m x 6,00 m y puntales de 3,30 m; ubicado hipotéticamente en la ciudad de Santiago de Cuba sobre un perfil de suelo D, según la norma sísmica cubana vigente (NC 46:2017) (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2017).

El estudio efectuado para el edificio analizado demuestra que los resultados para suelo S2, en la misma ciudad por la norma sísmica anterior (NC 46:1999) (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1999), prácticamente no difieren en relación con las cuantías de refuerzo requeridas para el detallado constructivo, que jerarquiza el diseño sismorresistente. Esto ocurre porque las capacidades de diseño requeridas por la normativa derogada exceden las obtenidas por la norma vigente solo en un rango del 6 al 7 % para este edificio.

Se diseñaron las secciones críticas de los elementos de la superestructura y uniones para dos variantes: una pesada, cuyo tabiques divisorios, solución de pisos y de cubierta son convencionales (bloques ahuecados de 10 cm de espesor, como tabiques para los muros divisorios; atesado, mortero y mosaicos para los pisos y enrajonado y soldadura como impermeabilización de cubierta); y otra aligerada, que sustituye los muros divisorios por muros de pladur de 5 cm de espesor, con la utilización de losa cerámica (10 mm de espesor), mortero de nivelación de hormigón celular (3cm de espesor) y cemento cola; además del uso de una impermeabilización de cubierta de hormigón celular y mantas asfálticas bituminosas.

Esta investigación precede a la evaluación de la influencia de las cargas muertas en el diseño de los platos de cimientos aislados de la misma edificación (Álvarez y Cleger, 2008). Se usa el SAP 2000NL, versión 19, para el

análisis estructural de las variantes mediante la utilización del método estático equivalente, para estimar las solicitaciones sísmicas y el libro Excel DISRESPLAS (Álvarez, 2012) para el diseño sismorresistente, que programa el método de diseño por capacidad resistente límite (Paulay & Bachmann, 1990; Paulay & Priestley, 1992).

Este método ha sido elaborado para el diseño estructural de pórticos dúctiles de hormigón armado y sus uniones, e implementado en normativas de países de referencia internacional para diseños en zonas de alta peligrosidad sísmica, como Estados Unidos y Japón (Aoyama, 1990). En esta investigación se consultaron también códigos nacionales (NC 53-39:1997) (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1997) y de referencia internacional que norman el diseño sismorresistente (ACI 318:2014) (American Concrete Institute, 2015).

El objetivo fue evaluar la influencia de las reducciones moderadas de las cargas muertas en entresijos y cubierta en el diseño sismorresistente de la superestructura de una variante de edificio público, que se construirá sobre un suelo D en la ciudad de mayor peligrosidad sísmica de Cuba (Santiago de Cuba), para solicitaciones sísmicas obtenidas de la norma sísmica cubana vigente (NC 46:2017) (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2017) y con el uso de la metodología ERAD (Álvarez, 1994).

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo propuesto se siguieron los pasos siguientes:

1. Modelación estructural. Solicitaciones de diseño para ambas variantes.
2. Diseño estructural de las secciones críticas de los elementos y uniones de ambas variantes, mediante el empleo del libro Excel DISRESPLAS.
3. Análisis comparativo de los resultados del diseño estructural.

RESULTADOS

Modelación estructural. Solicitaciones de diseño para ambas variantes

a) Mecanismo plástico de la estructura

Considera el estado fisurado de los pórticos para altas solicitaciones sísmicas y supone que se verifica un mecanismo plástico de vigas (columna fuerte-viga débil).

b) Modelación de las cargas sísmicas

Las cargas sísmicas son obtenidas del Método Estático Equivalente a partir del espectro de diseño de la norma sísmica cubana, vigente para suelos D, y modeladas como cargas actuantes en el plano horizontal. Para esto se combina el 100 % de la carga sísmica en una de las direcciones principales del edificio, con el 30 % en la dirección ortogonal a ella. Se comparan los cortantes basales con los del Método de Espectro de Respuesta y se verifica que el Método Estático Equivalente ofrece resultados más conservadores (Tabla 1).

Tabla 1. Cortante Basal. Método Estático Equivalente (MEE) y Método de Espectro de Respuesta (Modal)

Variante	Dirección X		Dirección Y		Diferencia (kN)		Reducción (%)	
	MEE (kN)	Modal (kN)	MEE (kN)	Modal (kN)	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Pesada	6936,23	5990,93	7119,14	6135,3	945,3	983,84	13,63	13,82
Aligerada	6200,05	5322,74	6349,81	5459,59	877,31	890,22	14,15	14,02

Diseño estructural de las secciones críticas de los elementos y uniones de ambas variantes mediante el uso del libro Excel DISRESPLAS

a) Combinaciones de cargas de partida

Las combinaciones de cargas de partida introducidas al SAP 2000NL, versión 19, para el posterior diseño estructural, con el libro Excel DISRESPLAS, son las que aparecen a continuación. Estas combinaciones son tratadas por separado por la plantilla de cálculo por ser de orígenes diferentes (cargas gravitatorias y cargas sísmicas), antes de combinarlas según lo especificado en la norma cubana NC 450:2006 para el diseño estructural (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2006):

- | | |
|---|---------|
| 1) $CP-PP + 0,8CT_{LD} + 0,6CT_{CD} + 0,2CT_{CDCUB}$ | Combo 1 |
| 2) $1,2CP-PP + 0,8CT_{LD} + 0,6CT_{CD} + 0,2CT_{CDCUB}$ | Combo 2 |
| 3) $1,2CP-PP + 1,6CT_{LD} + 1,6CT_{CD} + 1,6CT_{CDCUB}$ | Combo 3 |
| 4) $CS_X + 0,3CS_Y$ | Combo 4 |
| 5) $0,3CS_X + CS_Y$ | Combo 5 |
| 6) $CS_{X-inv} + 0,3CS_{Y-inv}$ | Combo 6 |
| 7) $CS_{X-inv} + CS_{Y-inv}$ | Combo 7 |

b) Pasos a seguir para el diseño estructural de las secciones críticas

El diseño estructural ocurre por el método de diseño por capacidad resistente límite. Se comparan las áreas de acero reales (longitudinal y transversal) a disponer en vigas, columnas y nudos de los pórticos para las dos variantes. El método de diseño por capacidad resistente límite propone los pasos siguientes:

a. Diseño a flexión de las vigas

a.1 Redistribuciones plásticas

a.2 Cálculo del refuerzo longitudinal en las zonas plásticas de las vigas

a.3 Cálculo de los momentos y factores de sobrerresistencias de los pisos

a.4 Cortes de barras del acero longitudinal

a.5 Diseño a cortante de las vigas

a.5.1 Zonas plásticas

a.5.2 Zona central

b. Diseño de las columnas a cargas axiales y momentos flectores

b.1 Cálculo fuerzas axiales de cálculo

b.2 Cálculo momentos flectores de cálculo

b.3 Cálculo de cortantes de cálculo producidos por las cargas sísmicas

b.4 Cálculo del refuerzo longitudinal de las columnas

b.5 Cálculo del refuerzo transversal de las columnas

c. Diseño estructural de los nudos

c.1 Solicitaciones de cálculo en el nudo

c.2 Fuerzas cortantes horizontales en el nudo

c.3 Comprobación de la tensión tangencial en el nudo

c.4 Fuerza cortante vertical en el nudo

c.5 Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

c.6 Refuerzo a cortante requerido en el nudo

c.7 Chequeo del anclaje de las barras en las vigas

Estos pasos son resueltos por cada una de las hojas de cálculo del Libro Excel DISRESPLAS ofrecido por el autor.

Análisis comparativo de los resultados del diseño estructural

a) Diseño estructural de las vigas

Los pórticos dúctiles de hormigón armado, para los cuales se realiza el diseño sismorresistente de sus secciones críticas, así como el diseño plástico ofrecido por el *software* DISRESPLAS de una de sus secciones para las dos variantes de edificio seleccionadas, se muestran en la figura 1.

- **Acero longitudinal en las vigas**

Los gráficos de solicitaciones de cálculo de momento flector resultan de las redistribuciones plásticas de las solicitaciones para combinaciones de cargas de diseño, que consideran una inversión de las acciones sísmicas. Estos gráficos permiten el cálculo del acero longitudinal en las secciones críticas de las vigas y la realización del despiece del acero de refuerzo longitudinal. Antes de calcular el acero longitudinal de las vigas se verifica si las solicitaciones de momento flector para la combinación de cargas verticales máximas dominan en el diseño. Finalmente se construyen las “Líneas de Capacidad Resistente a Flexión”, que permiten, a través de la comparación con las solicitaciones de diseño, chequear la capacidad portante de las vigas y racionalizar el diseño a flexión (Figura 2). Según el diseño estructural a flexión de las vigas de las dos variantes, se demuestran reducciones de alrededor del 12 % (Tabla 2) del área de acero longitudinal en las vigas para la variante aligerada, conforme a la reducción que se apreció en las cargas sísmicas.

- **Acero transversal en las vigas**

El diseño estructural a cortante de las vigas muestra que las reducciones de las cargas muertas propuestas no resultan variaciones significativas en el espaciamiento de los cercos, debido a que en la mayoría de los casos este espaciamiento resultó por especificaciones (en las zonas plásticas $6d_{b\ max}$ y en las zonas centrales $d/2$).

b) Diseño estructural de las columnas

En la figura 3 aparecen los pórticos dúctiles de hormigón armado para los cuales se realiza el diseño sismorresistente de las secciones críticas de las columnas, previamente definidos los distintos grupos de columnas de acuerdo con su posición en la planta del edificio. En esta figura se muestra también, a

modo de ejemplo, el diseño plástico ofrecido por el *software* DISRESPLAS de una de sus secciones para las dos variantes de edificio.

- Acero longitudinal en las columnas

El diseño del acero longitudinal en las columnas se realiza por diagramas de interacción para la flexión compuesta de una sección transversal cuadrada de hormigón armado de resistencia característica a la compresión de 35 MPa, con una relación de peralte efectivo a peralte total de la columna de 0,15 y un refuerzo perimetral de barras de acero con resistencia característica a la tracción de 420 MPa (Frómeta y Álvarez, 2002). El diseño a flexión combinada de las columnas muestra una reducción de área de acero longitudinal para las columnas de la variante aligerada, la cual está alrededor del 15 % (Tabla 3).

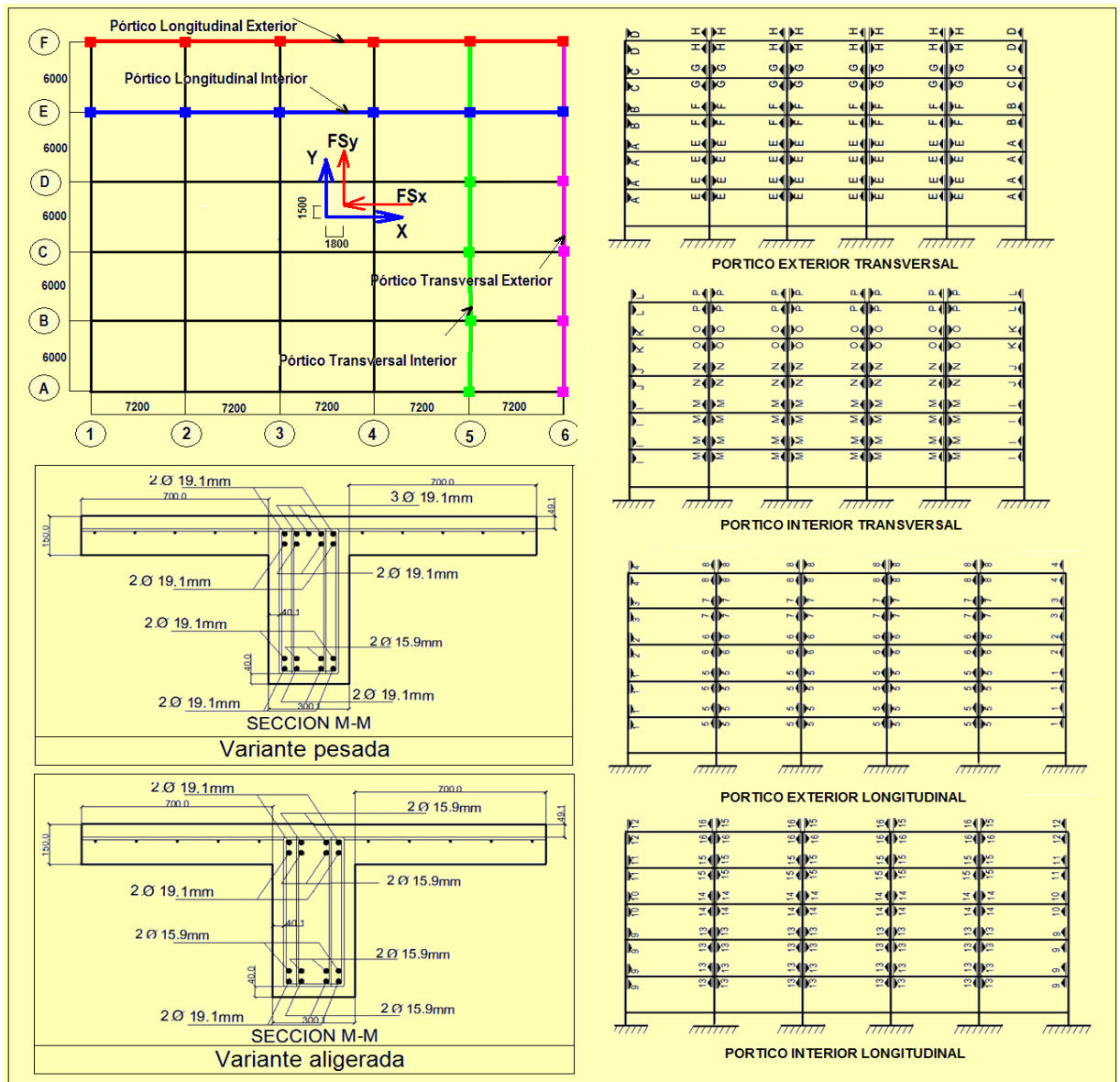


Figura 1. Diseño sismorresistente de las secciones críticas de las vigas

- Acero transversal en las columnas

El diseño a cortante de las columnas muestra que las reducciones de las cargas muertas influyen significativamente en el espaciamiento de los cercos, debido a que en la mayoría de los casos, dominan las especificaciones (por empalme en las zonas críticas y $d/2$ en las zonas centrales).

c) Diseño Estructural de los Nudos

- Acero transversal en los nudos

Las reducciones de cargas muertas no causan variaciones significativas en el espaciamiento de los cercos de los nudos de las columnas exteriores (Tabla 3), debido a que dominan las especificaciones (al menos igual al espaciamiento de los cercos de la columna en la zona crítica). Para los nudos de las columnas interiores se reduce el área de acero transversal al menos un 10 %, lo que permite reducir los diámetros de cercos y simplificar la ejecución de estos.

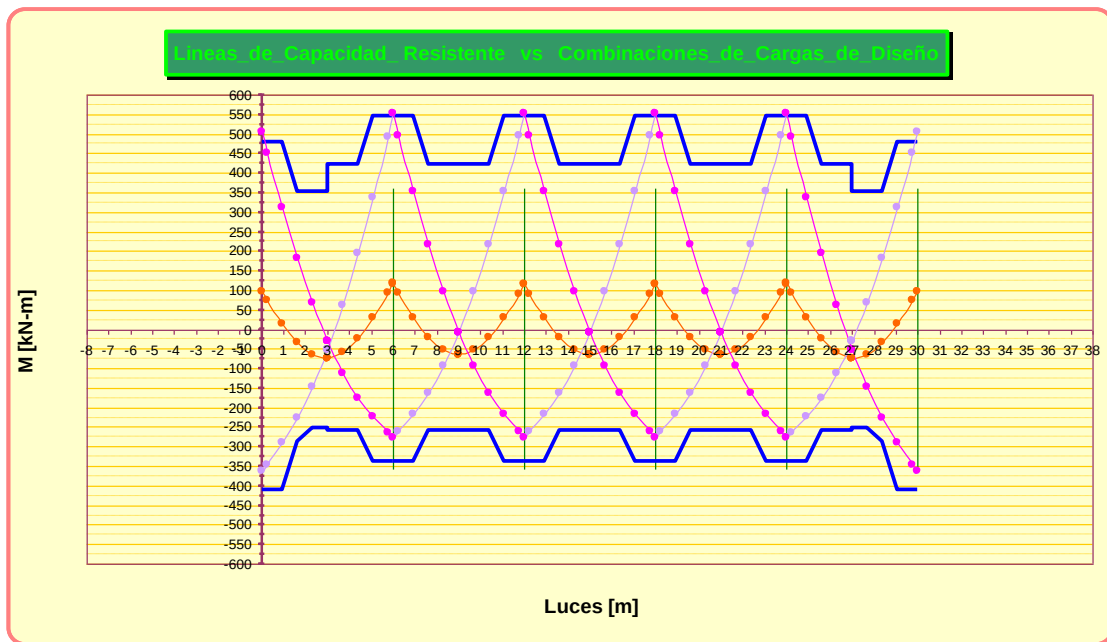


Figura 2. Líneas de capacidad resistente a flexión y envolventes de las combinaciones de cargas

- 1) La reducción de las cargas muertas no permite prácticamente racionalizar el refuerzo transversal de vigas y columnas, al dominar los espaciamientos máximos en los reglamentos sísmicos de referencia internacional.
- 2) No obstante al incremento de las aceleraciones de respuestas para la variante aligerada por la disminución del período fundamental en las dos

direcciones principales del edificio, se obtienen ahorros significativos en el acero longitudinal de vigas y columnas.

- 3) La reducción de las cargas muertas para los nudos permite racionalizar significativamente el acero transversal, lo que simplifica la ejecución de los nudos interiores por la disminución de los diámetros de los cercos.

Tabla 2. Acero longitudinal en las vigas. Zonas críticas

Pórtico	Sección	Piso	Variante Pesada		Variante Aligerada		Reducción Acero Longitudinal			
			Área Acero Real (mm ²)		Área Acero Real (mm ²)		Ahorro (mm ²)		Ahorro (%)	
			Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Exterior Long.	1-1	1	2415	3266	2160	3011	255	255	10,56	7,81
	1-1	2	2415	3266	2160	3011	255	255	10,56	7,81
	2-2	3	1791	2801	1592	2586	199	215	11,11	7,68
	3-3	4	1342	1738	1301	1458	41	280	3,06	16,11
	4-4	5	1054	826	774	710	280	116	26,57	14,04
	5-5	1	2076	3550	1821	3295	255	255	12,28	7,18
	5-5	2	2076	3550	1821	3295	255	255	12,28	7,18
	6-6	3	1791	3085	1452	2472	339	613	18,93	19,87
	7-7	4	1342	1764	1172	1626	170	138	12,67	7,82
	8-8	5	1054	1110	774	994	280	116	26,57	10,45
Interior Long.	9-9	1	2415	3266	2330	2756	85	510	3,52	15,62
	9-9	2	2415	3266	2330	2756	85	510	3,52	15,62
	10-10	3	2131	2841	1990	2416	141	425	6,62	14,96
	11-11	4	1592	1878	1452	1598	140	280	8,79	14,91
	12-12	5	1364	1596	1194	1084	170	512	12,46	32,08
	13-13	1	2216	3550	1932	3040	284	510	12,82	14,37
	13-13	2	2216	3550	1932	3040	284	510	12,82	14,37
	14-14	3	1932	2926	1791	2501	141	425	7,30	14,52
	15-15	4	1592	1904	1452	1624	140	280	8,79	14,71
	16-16	5	1364	1622	1194	1226	170	396	12,46	24,41
Exterior Transv.	A-A	1	2840	3614	2330	3189	510	425	17,96	11,76
	A-A	2	2840	3614	2330	3189	510	425	17,96	11,76
	B-B	3	1990	3011	1651	2672	339	339	17,04	11,26
	C-C	4	1172	1996	1032	1609	140	387	11,95	19,39
	D-D	5	774	826	658	710	116	116	14,99	14,04
	E-E	1	2246	4130	1792	3506	454	624	20,21	15,11
	E-E	2	2246	4130	1792	3506	454	624	20,21	15,11
	F-F	3	1791	3085	1452	2672	339	413	18,93	13,39
	G-G	4	1172	1893	1032	1764	140	129	11,95	6,81

	H-H	5	774	1110	658	994	116	116	14,99	10,45
Interior Transv.	I-I	1	2585	3614	2160	3104	425	510	16,44	14,11
	I-I	2	2585	3614	2160	3104	425	510	16,44	14,11
	J-J	3	1733	2801	1563	2416	170	385	9,81	13,75
	K-K	4	1312	1609	1224	1329	88	280	6,71	17,40
	L-L	5	1054	826	914	710	140	116	13,28	14,04
	M-M	1	2102	3846	1762	3222	340	624	16,18	16,22
	M-M	2	2102	3846	1762	3222	340	624	16,18	16,22
	N-N	3	1733	3085	1563	2501	170	584	9,81	18,93
	O-O	4	1312	1893	1224	1613	88	280	6,71	14,79
	P-P	5	1054	1110	914	994	140	116	13,28	10,45

Resistencia Característica del Hormigón: $f'_c = 30$ MPa

Acero G-40 Resistencia Característica del Acero: $f_y = 300$ MPa

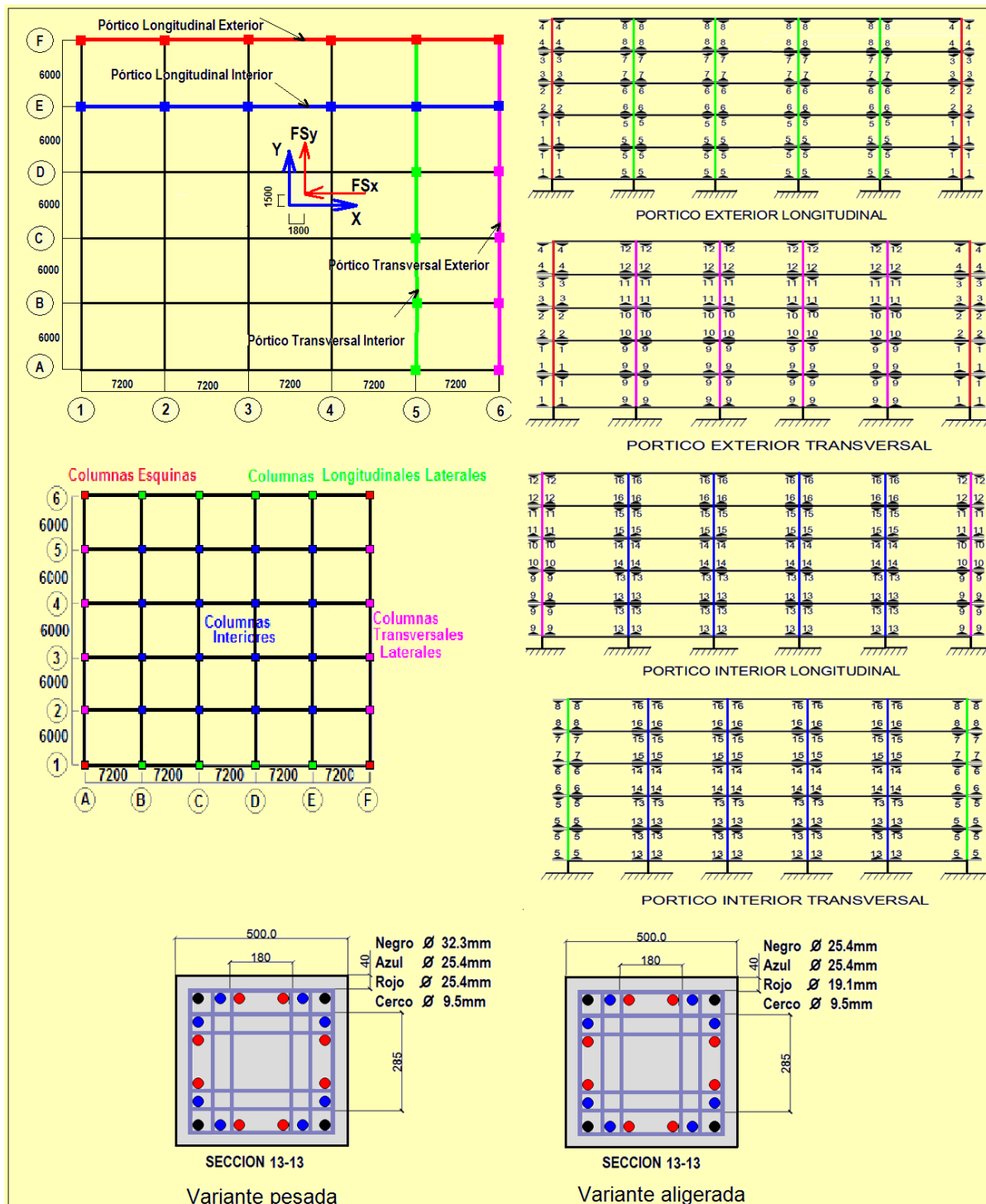


Figura 3. Diseño sismorresistente de las columnas

Tabla 3. Acero longitudinal en las columnas. Acero transversal en los nudos

Acero longitudinal en las columnas (Acero G-60 Resistencia Característica del Acero: f _y = 420 MPa)													
Columna	Sección	Variante Pesada				Variante Aligerada				Reducción			
		Área Acero Real (mm ²)				Área Acero Real (mm ²)				Ahorro (mm ²)	Ahorro %		
Esquina	1-1	6584					5904					680	10,33
	2-2	5000					4320					680	13,60
	3-3	5000					3980					1020	20,40
	4-4	3980					3980					0	0,00
Exterior Lateral Longitudinal	5-5	11436					9628					1808	15,81
	6-6	11436					8392					3044	26,62
	7-7	8392					6584					1808	21,54
	8-8	5224					4320					904	17,30
Exterior lateral Transversal	9-9	12184					11436					748	6,14
	10-10	12184					9628					2556	20,98
	11-11	7140					6584					556	7,79
	12-12	5904					5000					904	15,31
Interior	13-13	11436					8392					3044	26,62
	14-14	10200					8392					1808	17,73
	15-15	8392					7712					680	8,10
	16-16	5904					5224					680	11,52
Acero transversal en los nudos (Acero G-40 Resistencia Característica del Acero: f _y = 300 MPa)													
Columna	Piso	Variante Pesada				Variante Aligerada				Reducción			
		Área Acero Real	Tipo de Cerco		No Grupos	Área Acero Real	Tipo de Cerco		No Grupos	Ahorro	Ahorro		
			(mm2)	(Ø) Ext.			(Ø) Int.	(Cant.)				(mm ²)	(Ø) Ext.
Esquina (4)	1	1704	9,5	9,5	4	1704	9,5	9,5	4	0	0,00		
	2	1704	9,5	9,5	4	1704	9,5	9,5	4	0	0,00		
	3	1704	9,5	9,5	4	1278	9,5	9,5	3	426	25,00		

	4	1278	9,5	9,5	3	852	9,5	9,5	2	426	33,33
	5	852	9,5	9,5	2	852	9,5	9,5	2	0	0,00
Interior (32)	1	8184	19,1	15,9	6	6398	15,9	12,7	7	1786	21,82
	2	8184	19,1	15,9	6	6398	15,9	12,7	7	1786	21,82
	3	6820	19,1	15,9	5	4570	15,9	12,7	5	2250	32,99
	4	4092	19,1	15,9	3	3656	15,9	12,7	4	436	10,65
	5	4092	19,1	15,9	3	2742	15,9	12,7	3	1350	32,99

CONCLUSIONES

- 1) Las valoraciones económicas relacionadas con el diseño sismorresistente deben sustentarse en los detalles constructivos que jerarquizan el diseño, al ser un diseño conceptual, y no en valoraciones prematuras y simplistas relacionadas con la respuesta estructural y áreas de acero de cálculo.
- 2) Se demuestra que una reducción de las cargas muertas no tiene la misma incidencia en las cuantías de acero transversal y longitudinal de vigas y columnas, lo que tiene mayor incidencia en la reducción del refuerzo longitudinal. Estas reducciones resultan insignificantes para el refuerzo transversal, donde predominan los criterios de espaciamientos máximos referidos en las normas sísmicas de referencia internacional.
- 3) Se comprueba que una moderada reducción de las cargas muertas permite la racionalización significativa el diseño estructural, al simplificar los detalles constructivos, especialmente las uniones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adahe, W. V. (2008). *Influencia de las Cargas Muertas en el Diseño Sismorresistente de Pórticos Dúctiles de Hormigón Armado* (Trabajo de Diploma). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Álvarez Deulofeu, E. R. (1994). *Erdbebensichere Konstruktion rahmen- und scheibenstabiler Hochhaeuser*. (Tesis doctoral). HAB–Weimar. Weimar, Alemania.

Álvarez Deulofeu, E. R. (2012). Libro Excel DISRESPLAS para el Diseño Sismorresistente de Pórticos Dúctiles de Hormigón Armado. En *IV Conferencia Internacional de Peligrosidad, Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica y de Desastres. SISMOS 2012*. Santiago de Cuba, Cuba.

Álvarez Deulofeu, E. R. y Adahe, W. V. (2012). Influencia de las Cargas Muertas en el Diseño Sismorresistente de Pórticos Dúctiles de Hormigón Armado. *En IV Conferencia Internacional de Peligrosidad, Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica y de Desastres. SISMOS 2012*. Santiago de Cuba, Cuba.

Álvarez Deulofeu, E. R. y Cleger S. Y. (2008). Influencia de las Cargas Muertas y el Tipo de Suelo en el Diseño de Cimentaciones Aisladas en Zonas Sísmicas. *En SISMOS 2008*. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

American Concrete Institute (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14) y Comentario (ACI 318SUSR-14)*. Recuperado de http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI%20318-14%20espan%C2%A6%C3%A2ol%20-%20Comentario%20a%20Requisitos%20de%20Reglamento%20para%20Concreto%20Estructural_MyCivil.ir.pdf

Aoyama, H. (1990). *Diseño Sísmico de Estructuras de Concreto Reforzado con el Criterio de la Resistencia Última*. Tokyo: Gihoudo.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (1997). NC 53–39: 1997. *Obras de Hormigón Armado. Principios Generales y Métodos de Cálculo*. La Habana, Cuba.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (1999). NC 46:1999. *Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción*. La Habana, Cuba.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2006). NC 450:2006. *Edificaciones. Factores de Cargas o Ponderación. Combinaciones*. La Habana, Cuba.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2017). NC 46:2017. *Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción*. La Habana, Cuba. Recuperado de <http://www.cenais.cu/NCSismo.pdf>

Frómeta Salas, Z. y Álvarez Deulofeu, E. R. (2002). *Diagramas de Interacción para el análisis de secciones rectangulares sometidas a solicitaciones normales* (Monografías de Excelencia). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Paulay, T. & Bachmann, H. (1990). *Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten*. Basel – Berlín – Boston: Birkhaeuser Verlag.

Paulay, T. & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*. New York: John Wiley & Sons.

Recibido: 11 de mayo de 2018

Aprobado: 19 de octubre de 2018