

TITULO. CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LAS
PROVINCIAS SUR-ORIENTALES.

PONENTES. ING. ESTEBAN FERRER COUTIN.
ING. GRACILIA PEREZ FERNANDEZ.
ING. LUIS LASSERRA PORTUONDO.

EMPRESA DE PROYECTOS No.15 MICONS

SANTIAGO DE CUBA
1995

INTRODUCCION.

Las lecciones aprendidas de sismos recientes (Armenia 1988, Loma Prieta 1989, Northridge 1994 y Kobe 1995), demuestran que algunos de los sistemas constructivos utilizados en nuestra región no reúnen todos los requisitos necesarios para presentar un buen comportamiento ante un sismo de gran intensidad. En sismo de Armenia, considerado uno de los mayores desastres del siglo XX, se demostró que las fallas y problemas se debieron al empleo de sistemas constructivos desarrollados para zonas no sísmicas, los cuales pese a las modificaciones realizadas no tuvieron un buen comportamiento, esto se debe, a que el diseño sismoresistente implica mucho más que una simple consideración de un conjunto de cargas estáticas que se aplican a la estructura, requiere además, y principalmente, la selección de un sistema estructural idóneo y eficiente para absorber los efectos sísmicos y de un cuidado especial en la observancia de los requisitos de dimensionamiento y detallado de los elementos estructurales y no estructurales, así como los detalles de unión de estos a la estructura portante; requiere también de la definición de la acción o intensidad sísmica que se define en los reglamentos, en el caso de obras de especial importancia se hace necesario realizar estudios específicos teniendo en cuenta las características del suelo y el riesgo sísmico de la zona; se requiere también del cálculo de la respuesta estructural de los diferentes sistemas independientemente del método que se emplee en su análisis cuantitativo (estático o dinámico).

OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo la caracterización de los sistemas constructivos más utilizados en las zonas de alto riesgo sísmico situadas en la parte sur-oriental de Cuba, proponiéndose recomendaciones que garantizan un mejor comportamiento de las estructuras en lo que se refiere a su respuesta frente acciones sísmicas de alta intensidad.

DESARROLLO.

En códigos, reglamentos para el diseño en zonas de alto riesgo sísmico, se plantea que no es económico diseñar para que las construcciones resistan sin daño alguno las grandes sollicitaciones que produce un sismo de gran intensidad en caso de que el período de recurrencia sea muy grande, de ahí, que los criterios de diseño sismoresistente tienen por objetivos limitar la probabilidad de colapso ante sismos intensos, aún cuando se produzcan grandes daños en las edificaciones y sólo se plantea que para sismos moderados la edificación debe permanecer sin daños.

Estos objetivos no se logran diseñando las estructuras para resistir un conjunto de fuerzas, sino que hay que tener en cuenta

una serie de precauciones que permiten crear sistemas que tengan resistencia, rigidez y capacidad para disipar energía y que puedan deformarse dúctilmente, garantizándose de esta forma una adecuada respuesta frente a la acción sísmica.

Una vez analizados los criterios fundamentales a tener en cuenta en el diseño de estructuras sismoresistentes estamos en condiciones de caracterizar los sistemas constructivos más empleados en las zonas sísmicas de la parte sur-oriental de Cuba, proponiendo las recomendaciones que a nuestro juicio son fundamentales para garantizar un mejor comportamiento y respuesta sísmica de futuras construcciones, que están acordes con los reglamentos vigentes en las zonas sísmicas.

SISTEMA IMS.

El sistema IMS variante PVYC (Planta de Viviendas Yugoslava en Cuba) se introdujo en Santiago de Cuba a finales de la década del 70, destinándose a la producción de elementos que conforman edificios de viviendas de 5, 8, 12, y 18 plantas a construir en las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS GRAVITACIONALES.

La estructura portante está compuesta por un sistema de esqueleto, formado por columnas y losas casetonadas postensionadas, las vigas se crean cuando se hormigonan las juntas entre los elementos horizontales (losa-losa, losa-viga de borde) que conforman el diafragma horizontal y son las encargadas de resistir las fuerzas gravitacionales transmitiéndolas a los elementos verticales y estos a su vez a la cimentación.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS HORIZONTALES.

Con el fin de reducir las deformaciones horizontales producto de la acción de cargas horizontales (sismo), se disponen tímpanos o diafragmas en determinados módulos de la retícula aporticada, lo más simétricos posibles para evitar excentricidades por torsión, estos tienen continuidad vertical desde la cimentación hasta el último nivel y se disponen en la planta en igual cantidad en los dos sentidos de la edificación.

La fuerza sísmica es resistida por los elementos que conforman los entrepisos y cubiertas transmitiéndola a los elementos verticales, absorbiendo los tímpanos el 83 % de esta sollicitación y los pórticos sólo absorben el 17 %.

JUNTAS.

Las juntas entre columnas se realizan por empalme de barras de aceros salientes de las columnas inferiores en conductos de las

columnas del nivel superior, siendo inyectadas posteriormente con una pasta de cemento de $R'_{bk}=35$ MPa, garantizando de esta forma el empotramiento de las mismas.

Las juntas entre losas y vigas de borde se realiza hormigonando después de efectuado el postensado de los cables conformandose las vigas del sistema.

Las juntas entre tímpanos se realiza por solape de las barras hormigonando posteriormente los conductos.

CIMENTACION

Se realiza de forma aislada utilizando cimientos prefabricados para las columnas de los edificios de 5 plantas, en las zonas de los tímpanos se realizan cimientos combinados fundidos en el lugar.

En las edificaciones de 8 y 12 plantas la cimentación se realiza fundida en el lugar y en forma de balsa calada. Para los edificios de 18 plantas se diseñaron como balsas macizas con vigas y balsas macizas con capiteles.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA.

- Columnas. 30 x 30 cm. Para edificios de 5 plantas.
34 x 34 cm. Para edificios de 8 y 12 plantas.
38 x 38 cm. Para edificios de 18 plantas.
- Tímpanos. 15 cm de espesor. Edificios de 5 plantas.
20 cm de espesor. Edificios de 8, 12 y 18 plantas.
- Vigas de borde.
- Losas casetonadas de 20 cm de peralte.

OTROS ELEMENTOS.

- Losas de escalera.
- Paneles se fachada (altos y bajos).
- Paneles divisorios.
- Cabinas sanitarias.

INCONVENIENTES DEL SISTEMA.

- 1.- Las columnas se diseñan para resistir solamente carga axial, no se dotan de reserva para absorber la sollicitación producida por el sismo.
- 2.- El empalme de las columnas se realiza en las zonas de mayor momento.

3.- El detallado de los aceros no cumple con los requisitos de las zonas de alto riesgo sísmico (ver figura 1a).

RECOMENDACIONES.

- 1.- En el diseño debe garantizarse que los tímpanos absorban el 75% de la fuerza sísmica y los pórticos el 25%, para dotar a las columnas de reserva en el comportamiento que puedan tener frente a la acción sísmica.
- 2.- Debe detallarse el acero de las columnas en cada uno de los tramos (ver figura 1b).

SISTEMA E - 14.

El sistema E - 14 fue concebido en la zona occidental de Cuba y adaptado para zonas sísmicas, se concibió de forma semiprefabricada, los elementos a prefabricar son las losas de entrepisos y cubiertas y se realizan a pié de obra. Se construyen en las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS GRAVITACIONALES.

La estructura portante está constituida por un sistema de esqueleto formado por vigas y columnas fundidas en el lugar, los entrepisos y cubiertas están formados por losas que se apoyan en los pórticos transversales y en el pórtico central del sentido longitudinal, transmitiendo las cargas gravitacionales a las vigas y estas a las columnas hasta llegar a la cimentación.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS HORIZONTALES.

Con el fin de rigidizar la estructura y disminuir los desplazamientos horizontales, se concibe la estructura portante como un sistema dúal, se disponen pórticos en el sentido transversal rigidizados con muros de bloques de 20 cm de espesor que trabajan a compresión diagonal (mampostería confinada). En el sentido longitudinal la estructura está rigidizada por pórticos flexibles capaces de absorber la fuerza sísmica.

JUNTAS.

Las juntas entre columnas se realizan por solapes de los aceros longitudinales garantizandose el empotramiento con la fundición de la columna del nivel superior. Las losas se unen por los aceros de los ganchos de izaje, formandose juntas dentadas que son hormigonadas posteriormente.

CIMENTACION.

Se realizan corridas existiendo dos tipos:

- a) Tacón de hormigón ciclópeo donde se anclan los aceros de las columnas, sobre el cual se construye una viga de hormigón armado corrida.
- b) Balsa calada usada para suelos blandos.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

- Columnas fundidas in situ 20 x 30 cm y 20 x 20 cm
- Vigas fundidas in situ 20 x 38 cm y 20 x 50 cm.
- Losas prefabricadas de 12 cm de espesor .

INCONVENIENTES DEL SISTEMA.

- 1.- Estas edificaciones se caracterizan por tener una diferencia de rigidez de un sentido con respecto al otro superior al 25%.
- 2.- Los pórticos longitudinales de fachadas sólo resisten el efecto sísmico.
- 3.- El empalme de las columnas se realiza en la zona de mayor momento.
- 4.- El detallado de los aceros de las columnas y vigas no cumple con los requerimientos establecidos para zonas de alto riesgo sísmico.(ver figura 2a).

SISTEMA DE GRANDES PANELES.

En las zonas sur-orientales se construyen edificios de viviendas de 4 y 5 plantas, con los sistemas constructivos siguientes:

- Gran Panel IV (Guantánamo)
- Gran Panel VI (Palma)
- Gran Panel Polaco (Palma , Contramaestre)
- Gran Panel Soviético (Provincia Santiago de Cuba)

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS GRAVITACIONALES.

La estructura portante de estos sistemas está compuesto por muros de cargas en los dos sentidos de la edificación ,sobre los mismos descansan las losas de entrepiso y cubierta que le transmiten las cargas gravitacionales hasta llegar al cimiento.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS HORIZONTALES.

Con el fin de dotar a estas estructuras de resistencia frente a la acción sísmica, los muros de carga son unidos mediante juntas rígidas capaces de absorber los efectos del cortante producidos por esta acción, se dota a la estructura de continuidad vertical ya que se colocan los paneles desde el cimiento hasta la cubierta y en planta no se permiten discontinuidades, en las zonas de las terrazas se colocan paneles de pórticos. Los entrepisos y cubiertas se unen mediante juntas a los paneles formando un disco rígido capaz de resistir el cortante sísmico, transmitiéndolo a los elementos de rigidización vertical.

JUNTAS.

G.P.P . Las juntas entre paneles se resuelven mediante soldadura en la parte superior y la adición de una barra de acero en forma de U, que garantiza la continuidad vertical de la edificación, posteriormente se realiza el hormigonado.

Las juntas entre losas se resuelven mediante soldaduras.

G.P IV y G.P VI. Las juntas son dentandas con acero los cuales se unen a las barras adicionales mediante cordones de soldadura, hormigonandose posteriormente. Se garantiza la continuidad vertical con las juntas que se realizan entre paneles.

Las juntas entre losas se realizan de igual forma.

G.P.S. Las juntas entre paneles son dentadas, los aceros salientes de las mismas se unen a las barras adicionales mediante cordones de soldaduras, el sistema garantiza la continuidad vertical desde la cimentación hasta el último nivel a través de la unión de los paneles y de barras de acero que se colocan y se van soldando por niveles.

Las juntas entre losas se realizan con el mismo principio.

CIMENTACION.

Se realiza de forma corrida hormigonandola en el lugar, sobre la misma se colocan paneles zócalos, que le aportan gran rigidez a este tipo de edificaciones, permitiendo cimentar a distintas profundidades.

El espesor de los muros de carga y losas son:

Elementos estructurales	Sistema			
	G.P.P	G.P. VI	G.P. IV	G.P.S.
Muros de carga-Interiores	12 cm	12 cm	10 cm	12 cm
Exteriores	12 cm	12 cm	10 cm	25 y 30 cm
Losas de entrepiso y cubierta	12 cm	10 cm	9 cm	12 cm

OTROS ELEMENTOS.

- Losas de escaleras y descansos.
- Paneles divisorios.
- Cabinas sanitarias.

INCONVENIENTES.

- 1.- En los sistemas G.P.IV y G.P.VI no se garantiza una perfecta continuidad vertical.
- 2.- Las uniones se realizan mediante soldaduras de barras adicionales (ver figura 3a).
- 3.- En el G.P.P las juntas son lisas ,no se vinculan los paneles con las losas.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Colocar barras de acero vertical desde la cimentación hasta el último nivel, que estarán en función del cálculo estructural, en las intersecciones de los ejes para los sistemas G.P.IV y G.P.VI.
- 2.- En el sistema G.P.P. proponemos realizar las juntas dentadas entre paneles, debe realizarse juntas que garanticen la unión entre losas y paneles .
- 3.- Proponemos que se revise la solución de los balcones, en los cuales se usa un elemento de pórtico con losa cajón para entrepiso y cubierta.

4.- Proponemos que las juntas se realicen de la siguiente forma :

- a) En caso de que fueran soldadas se debe analizar la solución de unión de elementos en forma de planchas, ya que de esta forma se garantiza un mejor trabajo de la junta .
- b) Lo más recomendable es sustituir las barras salientes por ganchos en forma de U que se pueden unir por solape sin necesidad del uso de la soldadura, colocando las barras de acero necesarias para garantizar la continuidad vertical. (ver figura 3b).

SISTEMA GIRON

Se construcción fundamentalmente se ha destinado a satisfacer las necesidades de obras sociales como son la educación y la salud, diseñándose edificaciones de hasta 5 niveles, los cuales pueden ser con nivel estructural o apoyadas en el terreno.

COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS GRAVITACIONALES.

La estructura portante está constituida por un sistema de esqueleto formado por las columnas y vigas que reciben las cargas del piso, que está compuesto por losas nervadas.

El tramo inferior de columna (pedestal o columnas KL) transmite las cargas al cimiento a través del vaso donde están empotradas.

Aprovechando las ventajas de la distribución de momentos y teniendo en cuenta las propiedades elásticas de la estructura, se supone que las vigas no transmiten momentos de cargas gravitatorias a las columnas. Cuando la viga tiene varias luces se considera que trabaja como viga continua y para que eso se cumpla es necesario colocar un refuerzo en la junta viga-losas que complementa la sección .

COMPORTAMIENTO ANTE ACCIONES HORIZONTALES.

Las acciones horizontales que actúan en dirección paralela a las vigas se considera que son resistidas por la acción conjunta de las columnas y vigas. En la dirección normal a éstas es resistida por la acción conjunta de las columnas con determinadas zonas de las losas de piso.

En este sistema se colocan tímpanos cuando la capacidad de las columnas para resistir la fuerza sísmica es excedida en algunas de las direcciones.

Cuando se coloquen tímpanos para resistir la fuerza horizontal, el aporte de la columna se desprejará, ya que su rigidez es muy pequeña comparada con la de los tímpanos.

Los tímpanos hacen prácticamente indeformable la porción del pórtico donde se colocan. El sistema permite que los tímpanos de un nivel no tengan necesariamente que coincidir en posición con los del nivel inferior, lo cual es posible por la acción conjunta del piso que actuando como viga horizontal transmite a los elementos resistentes del nivel inferior, las cargas que recibe de los niveles superiores.

JUNTAS.

Las juntas entre columnas y vigas se realiza mediante soldaduras de barras de acero y el posterior hormigonado.

Los tímpanos se unen a las columnas soldando los insertos que tienen dichos elementos, los cuales están en función de la tipología a usar, luego se completa con mortero.

CIMENTACION.

Se realiza con platos de cimentación aislados y vasos prefabricados o fundidos in situ, los cuales se rigidizan con vigas zapatas, que a su vez sirven de apoyo a los muros de cierre, esto es válido para la solución de edificaciones apoyadas en el terreno.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

- Columnas.
- Pedestales.
- Losas nervadas.
- Vigas de borde.
- Tímpanos.

OTROS ELEMENTOS.

- Vigas para escaleras , incluyendo los descansos.
- Paneles de fachadas y divisorios.

INCONVENIENTES DEL SISTEMA.

- 1.- En este sistema los tímpanos carecen de contunuidad vertical, por lo que se forman mecanismos de un nivel con respecto al otro.
- 2.- El empalme de las columnas se realiza en las zonas de máximo momento.
- 3.- El detallado de los aceros en columnas y vigas no cumple con los requerimientos de las zonas sísmicas de alto riesgo (ver figura 4a).

RECOMENDACIONES.

- 1.- Analizar la posibilidad de garantizar la continuidad vertical de los tímpanos, para un mejor comportamiento de la estructura frente a la acción de un sismo de gran importancia. También proponemos que se revise si las columnas son capaces de absorber el 25 % de la fuerza sísmica, válido para los casos de edificios donde se necesite colocar tímpanos.
- 2.- Deben detallarse los aceros de las columnas y vigas según los requerimientos establecidos para zonas sísmicas (ver figura

CONCLUSION.

En general hasta el momento las edificaciones construidas con los diferentes sistemas estructurales, han demostrado buen comportamiento ante acciones sísmicas ocurridas en los últimos años, no obstante, planteamos que deben llevarse a efecto las recomendaciones realizadas en cada sistema estructural con el fin de garantizar un mejor comportamiento en las edificaciones futuras, disminuyendo de esta forma la probabilidad de ocurrencia de daños graves en caso de que se produzca un evento sísmico de gran magnitud.

BIBIOGRAFIA.

- 1.- R.Meli Piralla. Diseño estructural. Capítulo 6. Primera edición cubana. 1986.
- 2.- N.Navarro Campos. Recopilación de documentos técnicos como base de estudios complementarios para el curso de postgrado "Diseño y Construcción de edificios con el sistema IMS", editado en Enero 1989.
- 3.- Folleto. Caracterización de los sistemas constructivos de viviendas. Comité Estatal de la Construcción.
- 4.- Sistema Constructivo Girón. Instrucciones para el proyecto.
- 5.- Apuntes sobre Sistemas de Grandes Paneles.
- 6.- Proyectos de los elementos estructurales que componen los diferentes sistemas constructivos.

ANEXOS.

- Figura 1a) Detallado actual de los aceros de las columnas del sistema IMS.
- Figura 1b) Detallado recomendado de los aceros para las columnas del sistema IMS.
- Figura 2a) Detallado actual de los aceros de las columnas y vigas del sistema E-14.
- Figura 2b) Detallado recomendado de los aceros para las columnas y vigas del sistema E-14.
- Figura 3a) Detallado actual de las juntas dentadas de los sistemas de Grandes Paneles.
- Figura 3b) Detallado recomendado para las juntas dentadas de los sistemas de Grandes Paneles.
- Figura 4a) Detallado actual de los aceros de las columnas del sistema Girón.
- Figura 4b) Detallado recomendado de los aceros de las columnas del sistema Girón.

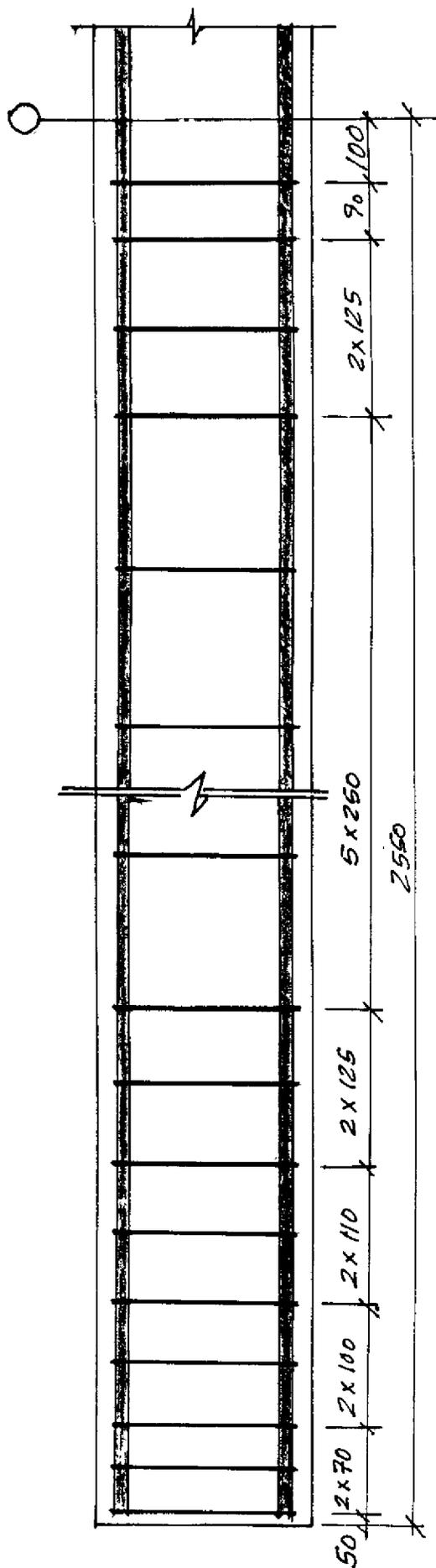


FIG. 1a) DETALLADO ACTUAL DE LOS ACEROS DE LAS COLUMNAS DEL SISTEMA I.M.S.

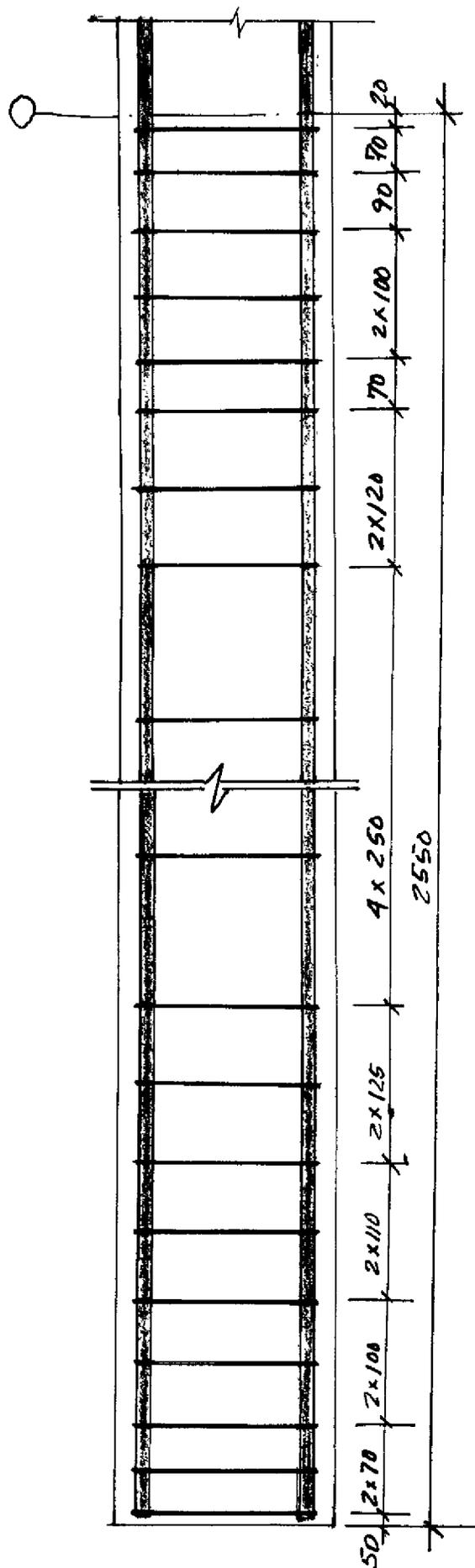


FIG 1b) DETALLADO DE LOS ACEROS REVISADOS PARA LAS COLUMNAS DEL SISTEMA I.M.S.

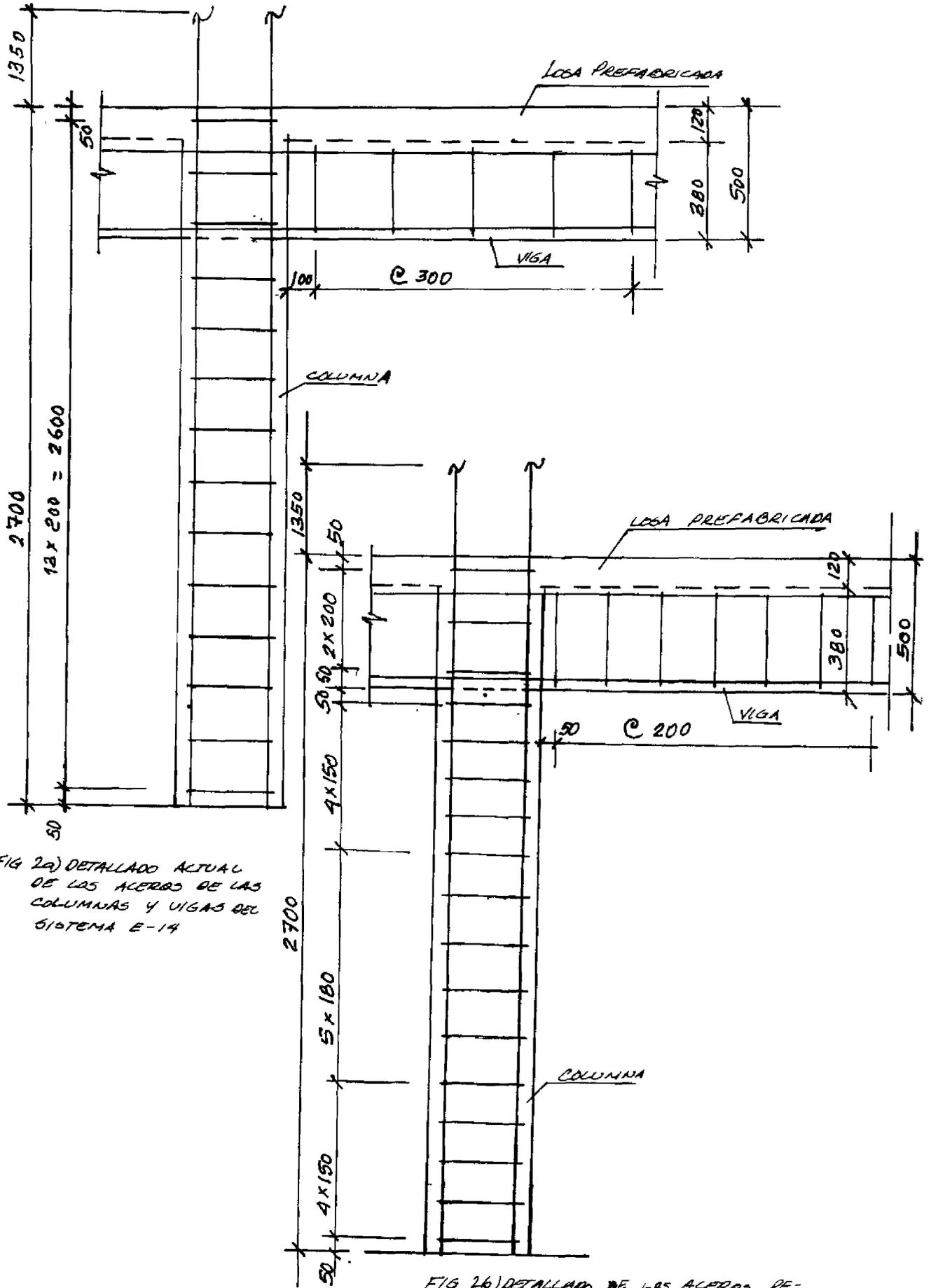


FIG 2a) DETALLADO ACTUAL DE LOS ACEROS DE LAS COLUMNAS Y VIGAS DEL SISTEMA E-14

FIG 2b) DETALLADO DE LOS ACEROS RECOMENDADO PARA LAS COLUMNAS Y VIGAS DEL SISTEMA E-14

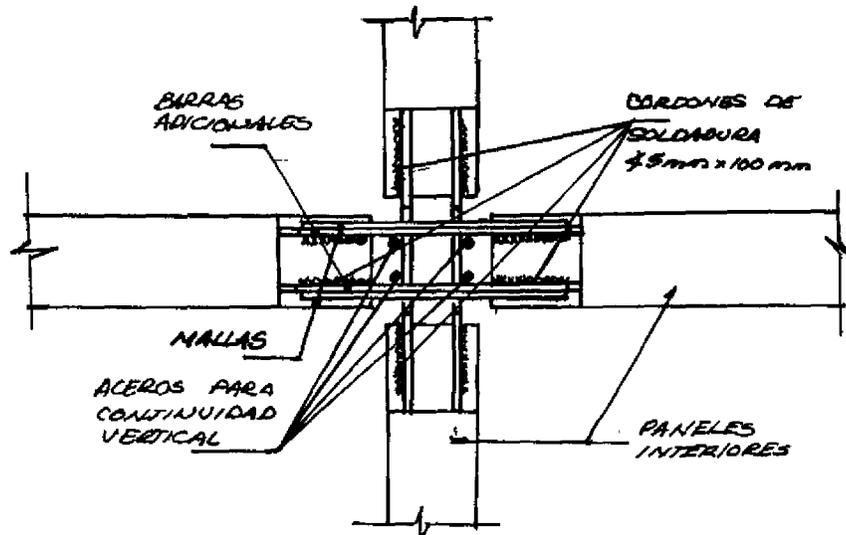


FIGURA 35) DETALLADO ACTUAL DE LOS ACEROS DE LAS JUNTAS DENTADAS DE LOS SISTEMAS DE GRANDES PANELES.

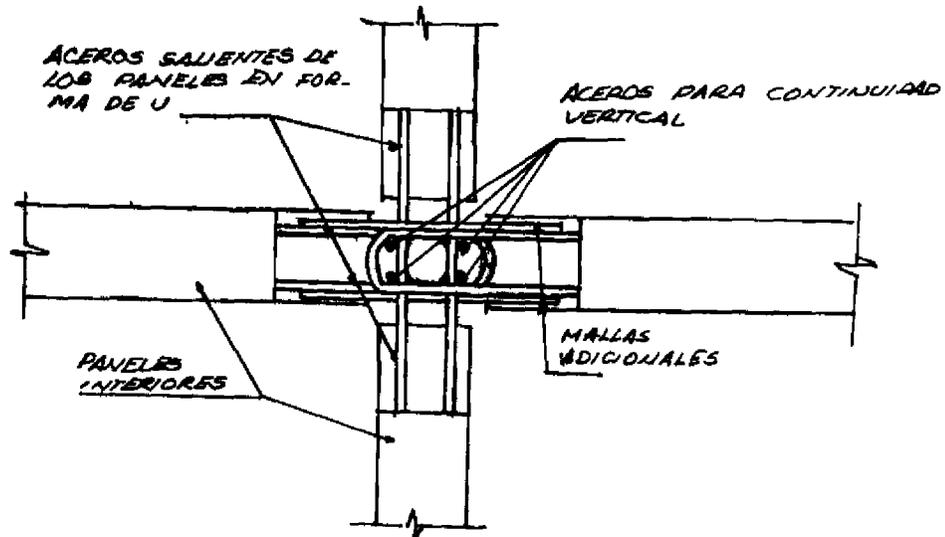


FIGURA 36) DETALLADO DE LOS ACEROS RECOMENDADO PARA LAS JUNTAS DENTADAS DE LOS SISTEMAS DE GRANDES PANELES.

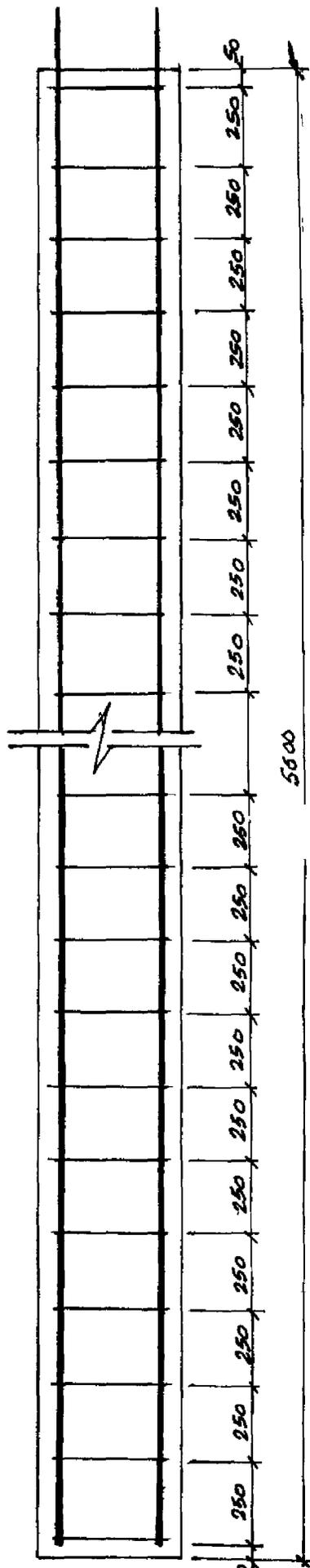


FIG. 4a) DETALLADO ACTUAL DE LOS ACEROS DE LAS COLUMNAS DEL SISTEMA GIRRO

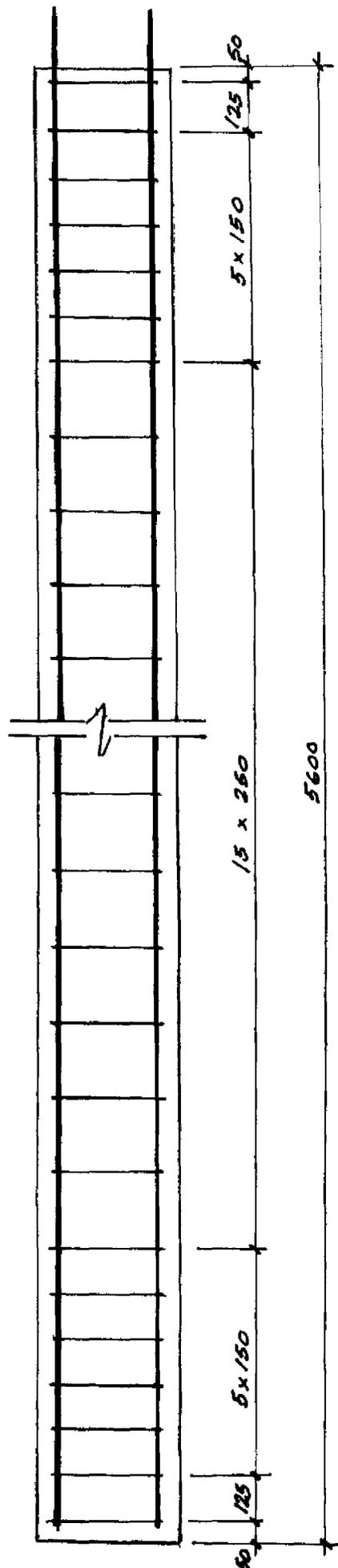


FIG. 4b) DETALLADO DE LOS ACEROS RECOMENDADOS PARA LAS COLUMNAS DEL SISTEMA