

Resistencia sísmica y el surgimiento del Edificio Chileno en la década de 1920

Seismic resistance and the emergence of the Chilean Building in the 1920s



Fotografía actual del Ministerio de Hacienda. Fuente: Archivo **ao**.

Marco Barrientos
Pontificia Universidad
Católica de Chile
mbarriem@uc.cl

Resumen

El trabajo establece una aproximación al concepto de *Edificio Chileno* a partir del reconocimiento de sus alcances en el campo teórico y práctico de la ingeniería y cálculo estructural en Chile, su relación con la disciplina y práctica de la arquitectura y el fenómeno sísmico. Se plantea como hipótesis, que el Ministerio de Hacienda -ubicado en Santiago y construido entre 1929 y 1933-constituye la primera obra de arquitectura moderna en altura en el país que de manera temprana anticipó parte importantes de los preceptos del *Edificio Chileno*, conjugando demandas arquitectónicas, estructurales y de resistencia sísmica. El trabajo examina la estrategia de diseño arquitectónico de sus plantas libres desplegadas en todos los niveles de la obra, en función de los principios de estructuración basados en resistencia sísmica por rigidez, monolitismo y prevalencia de muros de corte.

Palabras clave: Edificio Chileno; Ministerio de Hacienda; resistencia sísmica; hormigón armado.

Abstract

The paper aims to analyze the Chilean Building as a concept and practice in the structural engineering field in Chile, its relationship with the architectural discipline and its practice, and the seismic phenomena. The hypothesis suggests that the Ministry of Treasury building, located in Santiago de Chile and built between 1929 and 1933, represents an earlier and advanced exponent of the Chilean Building as it crystallized some of its main issues with architectural, structural and seismic resistant requirements. The opened-plan architectural design criterion is examined under the structural seismic-resistant principles based on rigidity, monolithic and shear walls' huge presence on each story.

Keywords: Chilean Building, Treasury Ministry, seismic resistant performance, reinforced concrete.

Recibido: 19/04/2022
Aceptado: 10/06/2022

Irrupción del Edificio Chileno. Indicios históricos y conceptuales

El *Edificio Chileno* es un concepto con raíces en la rama de ingeniería estructural, que alude fundamentalmente a la eficiente capacidad de respuesta ante exigentes solicitaciones sísmicas. No es claro cuándo surge como noción y práctica. Sin embargo, Flores (1993) esboza sus inicios en torno a la década de 1940, asociado a la construcción de edificios en altura de hormigón armado conformados por muros rígidos¹. En un trabajo reciente, Barrientos (2020) recoge un conjunto de alusiones parciales y dispersas planteadas por algunos ingenieros nacionales (Arias, 1993; Bonelli, 1993; Riddell *et al.*, 1993; Flores, 1993; Monge, Moroni, García, 1986). En términos generales, corresponde a edificios en altura, estructurados en base a muros de corte y rígidos y monolíticos, en que sus partes soportantes actúan como sistema. Se caracteriza además por la alta presencia de muros en todas sus plantas -incluidas las de subsuelo y primer nivel-, ortogonalmente dispuestos y perpendiculares entre sí. Si bien propende como principio la disposición simétrica de los muros, los hay también con disposición asimétrica y distribuidos de manera tal, que logren oponer resistencia suficiente ante tensiones y deformaciones como esfuerzos de corte o rotación en planta. Adicionalmente, prioriza la transmisión axial, continua y alineada de las cargas gravitacionales, desde el piso superior del edificio hasta sus fundaciones a través de elementos portantes "con espesores y armaduras decrecientes según su altura." (Flores, 1993, p. 169). Por tanto, se trata de un criterio de estructuración que no remite a una única solución morfológica ni a un modelo estructural inamovible, sino más bien a una estrategia de diseño que se apoya en el muro -y su derivado, como el machón- en tanto elemento fundamental de soporte. Pero, junto con su consideración teórica, se entiende también como "una práctica que se ha ido asimilando de manera paulatina en el medio (...) local" y cuyos "criterios de estructuración (...) han sido validados y aceptados por la práctica y la experiencia sísmica." (Barrientos, 2020, p. 47). Reconociendo la componente empírica que cruza el desarrollo de los avances en ingeniería estructural, y a partir de

la asimilación de los altos estándares alcanzados de resistencia sísmica en la edificación en Chile, se ha avanzado hacia vías que permiten cuantificar y caracterizar los niveles de resistencia sísmica en terremotos anteriores al de 1985 (Hench, 2007), para lo cual se diseñó el Perfil Bío-Sísmico (1997). Se trata de un método que permite evaluar el comportamiento y capacidad de edificios monolíticos y en altura (30 pisos) (Hench, 2007), mediante la evaluación de Indicadores (...) con el fin de detectar deficiencias de la estructura resistente, definir correcciones (...) [y eventualmente] recomendar estudios complementarios de mayor rigor analítico (Guendelman *et al.*, 2010).

Los trabajos que han examinado el *Edificio Chileno* desde una mirada estructural, han contribuido a la definición de conceptos y criterios clave, caracterización de sus principales rasgos y sus proyecciones en el medio especializado. En el ámbito de la arquitectura, en tanto, los -aún escasos- estudios locales han abordado el tópico con apertura hacia la diversidad de problemáticas que de éste nacen: diseño, programa, espacialidad, flexibilidad, expresión plástica, forma y configuración geométrica. De suerte que ambas aproximaciones -estructural y arquitectónica- han corrido por sendas más bien distantes entre sí, aun cuando se desenvuelven en un campo común. Esta situación se explica, en parte, por la complejidad propia del problema sísmico y los requerimientos que exige, a menudo percibidos como "obstáculo para el proceso de diseño, considerándolos restrictivos y difíciles de integrar con otros aspectos que caracterizan un proyecto de arquitectura." (Moroni *et al.*, 2018:1). Visto de modo inverso, bien podría ser una instancia que permita potenciar tales desafíos como parte del proceso de diseño arquitectónico y estructural, donde los fundamentos y "criterios sismorresistentes [sean integrados en el proyecto] arquitectónico, no como una serie de reglas, sino como una herramienta de diseño" (Moroni, 2014:74).

En este sentido, la eficiencia sismorresistente con que se ha ponderado el llamado Edificio Chileno, antes que un freno al proyecto arquitectónico abre precisamente una serie de posibilidades

en la medida que ofrece grados de flexibilidad capaces de arribar al desarrollo de proyectos programática y espacialmente complejos en que la estructura forma parte de la expresión plástica de la obra (Barrientos, 2020). Más aún, una revisión crítica permitiría reevaluar y replantear conceptos contemporáneos como flexibilidad y transparencia (Moroni, 2014), tanto a nivel de programa y soluciones espaciales, como en la forma de tratamiento de fachadas, donde ésta puede adquirir un rol estructural en base a sistemas de arriostamiento, que no obstante actúan a modo de muros rígidos (García, 2020). Esta integración disciplinar mediada por el problema sísmico en el país, puede ser conducida a través de la forma y configuración -arquitectónica y estructural- donde la geometría ofrece un medio de interacción común y vinculante (Moroni *et al.*, 2018).

De hecho, las soluciones estructurales y espaciales que ofrece el *Edificio Chileno* son múltiples, heterogéneas y versátiles. Los rasgos se complementan también con algunas características más bien formales y no excluyentes, tales como volumetrías que tienden a la robustez y en ocasiones compuestas por elementos de escasa esbeltez; luces entre apoyos y voladizos de acotada extensión; y en ocasiones con empleo de "machones" estructurantes (esto es muro de reducida sección) que contribuyen a la rigidez del plano de manera análoga al muro de corte.

Reconociendo entonces parte de las principales características que distinguen al *Edificio Chileno*, por un lado, y la situación cronológica aproximada de sus inicios, por otro, el trabajo propone como hipótesis, que la obra arquitectónica que inauguró tempranamente parte de sus fundamentos estructurales y arquitectónicos en Chile fue el edificio del Ministerio de Hacienda, proyectado por los arquitectos Smith Miller & Smith Solar, y construido entre 1929 y 1933. En él se plasmaron de manera adelantada parte importante de los preceptos que distinguen al *Edificio Chileno*. Entre otros, la altura, estructuración monolítica, transmisión de cargas gravitacionales continuas, articulación del espacio con sistemas combinados de muros, pórticos y diafragmas, y la inclusión del principio de reducción progresiva de masa de los

elementos portantes en sentido ascendente. Se trata, por tanto, de la primera obra que cristalizó buena parte de los fundamentos que lo caracterizan.

El Ministerio de Hacienda en Santiago de Chile, la planta libre y la resistencia sísmica en altura

En una revista internacional publicada en torno a la década de 1920 o 1930 (Eliash, Moreno, 1989), se difundía el boom de la -aún incipiente- construcción en altura en el país ilustrado con una perspectiva del proyecto del Ministerio de Hacienda (Figura 1). Estos primeros "rascacielos" se comenzaron a levantar a finales de la década de 1920, principalmente en torno al actual Barrio Cívico. Forman parte también de este elenco, entre otros, el ex Diario La Nación, de nueve pisos (Pérez de Arce, 2011) y proyectado por el arquitecto Roberto Barceló (Masuero, 2002); la Compañía Sudamericana, de diez pisos; la Caja de Empleados Públicos, de siete pisos (Pérez de Arce, 2011) y el ex Hotel Carrera, proyectado de manera conjunta con Hacienda (de trece pisos y más tarde ampliado a catorce) con alturas y volumetrías similares (Figura 2).

Aunque el Ministerio de Hacienda fue cronológicamente antecedido por la construcción de la sede del Banco Central o el ex Diario La Nación (1928-30), (Masuero, 2002; Gurovich, 2003), se distingue de todos ellos por haber desarrollado un programa de oficinas en altura y planta libre, con lo cual colocó a sus autores "a la cabeza de la innovación, como arquitecto del edificio más alto de Chile y (...) el más moderno" (Pérez de Arce, 2011:195). Pero también por su concepción como unidad monolítica diseñada bajo reglas elementales del cálculo estructural lo que, para el período, supuso un adelanto cualitativo y no exento de riesgo considerando las demandas sísmicas del país. Hacienda representa así una obra moderna inaugural y de avanzada que aplicó tempranamente parte de los principios fundamentales de resistencia sísmica y que sólo en décadas recientes decantaron en el *Edificio Chileno*. De hecho, el proyecto y su construcción precedieron también la puesta en marcha oficial de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, recién en 1936. Así, a pocos meses de su conclusión en 1933, la presencia de un nuevo tipo edificatorio en el perfil urbano de

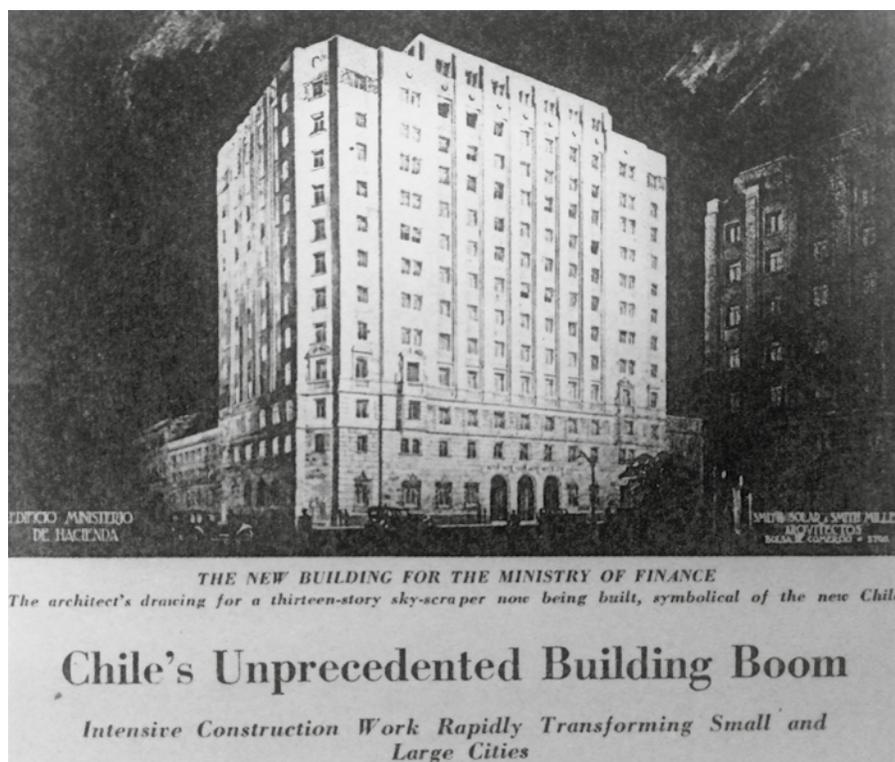


Figura 1. Perspectiva del proyecto del Ministerio de Hacienda de Smtih Solar & Smith Miller arquitectos, s/f, publicado antes de 1930c. Fuente: En: Humberto Eliash y Manuel Moreno. *Arquitectura y Modernidad en Chile. 1925-1965*.

Santiago (Masuero, 2002) marcaba un hito con la instauración de la tipología de edificio en altura -aislado o de fachada continua-, monolítica, en su mayoría de oficinas de reparticiones públicas o privadas, que de manera progresiva derivó en la consolidación de un proceso de sustitución de construcciones de uno o dos pisos y de corte colonial por otras en altura y modernas (Figuras 2 y 3).

Ahora bien, es importante señalar que la planta libre como elemento ordenador del espacio, la volumetría en altura y el uso extendido de hormigón armado en toda la estructura, no cubren por sí solos los principios que definen el concepto y la práctica del *Edificio Chileno*. Surgen así incógnitas como: ¿en qué medida puede efectivamente el Ministerio de Hacienda ser considerado como la primera obra que incorporó en su diseño arquitectónico y estructural los fundamentos estructurales que posteriormente han definido al *Edificio Chileno*?; o, ¿qué grado de coherencia conceptual tiene el caso de estudio con tales principios? Un análisis crítico de la obra que considere las dimensiones arquitectónicas,

estructurales y constructivo-material a la luz de los preceptos previamente descritos, permitirá verificar la hipótesis aquí planteada.

Arquitectónica y estructuralmente, el Ministerio de Hacienda (Figuras 4 y 5) corresponde a una unidad edilicia conformado por un sistema portante de muros, marcos rígidos, diafragmas o losas- y planos de fachadas fenestrados. Interiormente, cada una de las plantas, salvo pequeñas variaciones, se ordena en torno a dos núcleos rígidos principales ubicados en torno al centro relativo de la planta, cada uno de los cuales integrado por muros en forma de caja. Éstos a su vez se desagregan en unidades que alojan servicios, instalaciones, escaleras y elevadores. Cabe destacar que, si bien la planta presenta un esquema relativamente regular, su geometría dista de una composición simétrica, evidente en la irregularidad perimetral, en las divisiones interiores de la planta del primer nivel, y en la ubicación excéntrica de una caja de escalera ubicada en la esquina surponiente (Figura 6).



Figura 2. Vista aérea Barrio Cívico en construcción. A la izquierda ex Hotel Carrera en construcción, a la derecha edificio ex Diario La Nación (1936-52c) © Enrique Mora Farraz. Fuente: Cultura Digital Universidad Diego Portales.



Figura 3. Fachada principal del Ministerio de Hacienda recién concluido. Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Arquitectura, Archivo fotográfico.

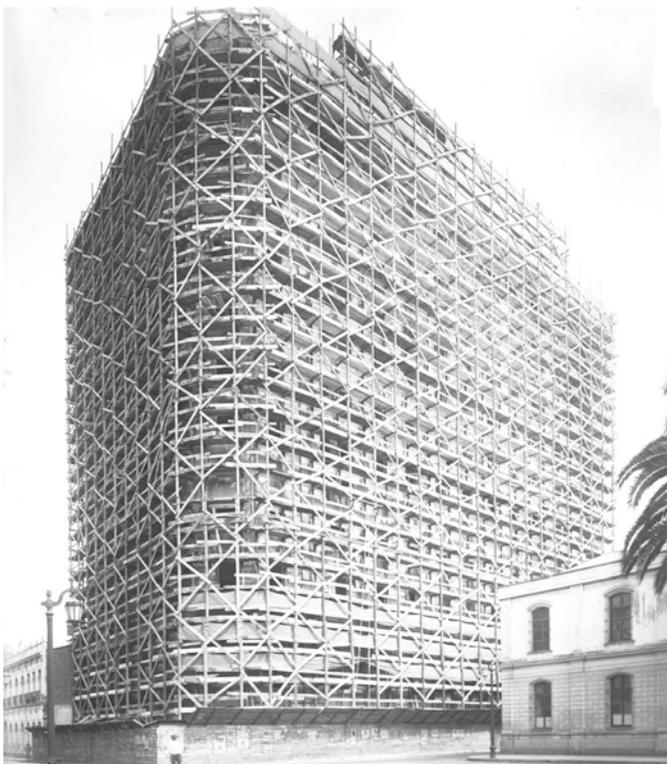


Figura 4. Edificio Ministerio de Hacienda hacia 1929. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.



Figura 5. Edificio Ministerio de Hacienda hacia 1929. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.

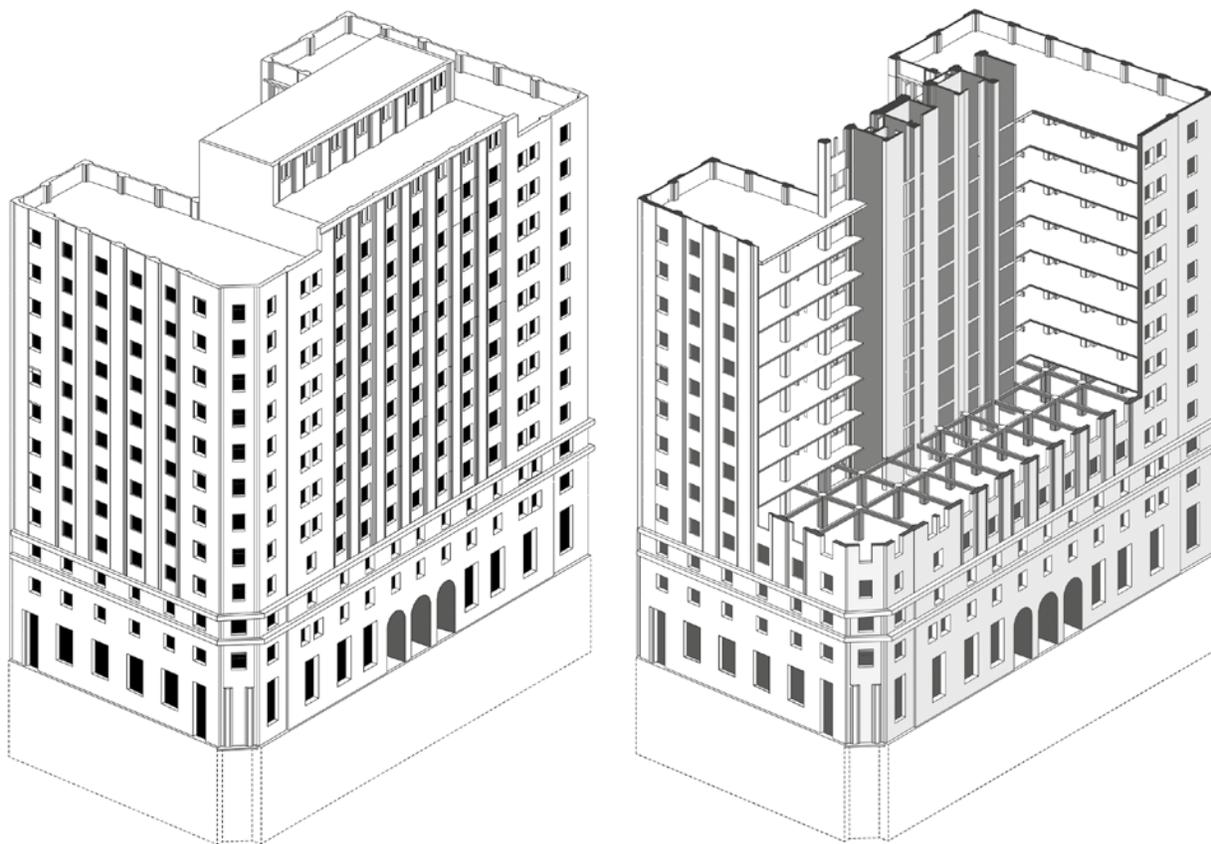


Figura 7. Izquierda: Axonométrica Ministerio de Hacienda, fachadas sur y oriente. En línea segmentada parte inferior del dibujo se esquematizan los tres pisos subterráneos. Reconstrucción modelo del autor. Modelado: Nicole Henríquez. Derecha: Axonométrica parcial cortada. Se observa la estructura monolítica compuesta por muros, marcos rígidos, diafragmas y muros de fachada. Reconstrucción modelo del autor. Modelado: Nicole Henríquez.

Por último, la robustez de la estructura de los niveles subterráneos y fundaciones, van en línea con el mismo criterio, especialmente evidente en las masivas fundaciones que reciben las cargas acumuladas desde la coronación. Robustez que se aprecia en la fisonomía del edificio, ya sea en las proporciones del volumen, antes que esbelto más bien compacto y algo achatado, y contenido por fachadas regulares que actúan como muros con perforaciones que corresponden a los vanos.

Conclusiones

El trabajo aquí abordado recoge dos puntos centrales. Por un lado, la aproximación a una definición del *Edificio Chileno* en su dimensión teórica y práctica. Y por otro, el análisis de la obra del Ministerio de Hacienda de los arquitectos Smith Solar&Smith Miller, bajo la hipótesis que, por sus cualidades arquitectónicas, espaciales y estructurales, representa la primera construcción en altura que sentó bases importantes para lo que, a

la postre, decantó y cristalizó en los principios estructurales del *Edificio Chileno*.

El primer punto refiere al edificio en altura con estructura de hormigón armado, con presencia importante de muros de corte perpendiculares y coplanares a los ejes ortogonales en planta (planos x/y), continuidad en la transmisión de cargas de los pisos superiores hasta las fundaciones, y la disminución progresiva de las secciones de la estructura inversamente proporcional con su altura.

El edificio del Ministerio de Hacienda representa la primera obra que aquilató parte importante de los fundamentos en torno a la idea de *Edificio Chileno*, haciendo de ésta una obra singular en el contexto local que tempranamente salvó los desafíos y exigencias impuestas por la sismicidad del país. Además de ser uno de los primeros edificios en altura, aislado, de planta libre y monolítico, representa sobre todo una obra que asimiló un conjunto de principios estructurales adelantados para su época

y que han demostrado un desempeño sismorresistente eficiente por cerca de 90 años. Ello se expresa en la conjugación de muros de corte al interior, muros perimetrales en las fachadas, marcos rígidos y diafragmas en cada nivel, todos ellos consolidados en una única pieza arquitectónica monolítica. Junto con la transmisión directa de las cargas gravitacionales a eje en cada elemento portante, la disminución progresiva de las secciones -especialmente de las secciones de los pilares que liberan las plantas-, expresan ante todo una estrategia de diseño coherente y eficiente, en que prevalece la noción de resistencia sísmica por rigidez y momento de inercia. El conjunto de estos recursos tuvo por fin último, la viabilidad de concretar la idea moderna de planta libre aplicado a un edificio en altura que, a pesar de los precarios e incipientes recursos con que se contaba, ha logrado oponer efectiva resistencia desde su construcción hasta el presente. Sentó así también, las bases de diseño arquitectónico y estructural

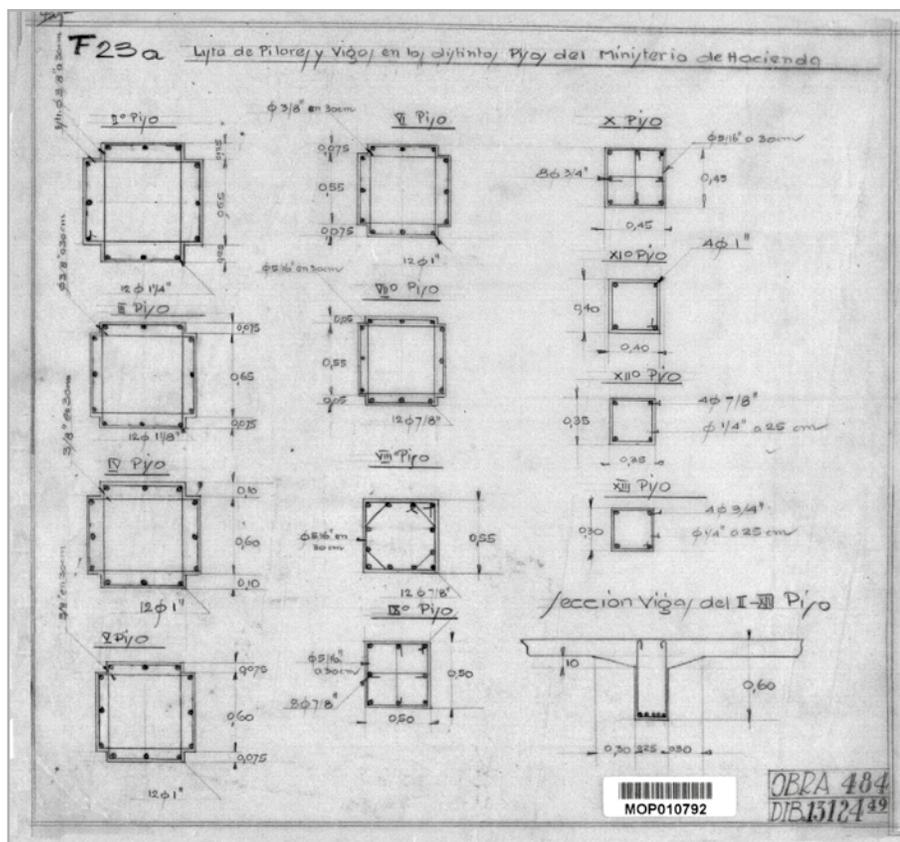


Figura 8. Plano de cálculo estructural, proyecto Ministerio de Hacienda. Detalle secciones pilares y vigas, s/f. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.

que en las décadas siguientes fueron progresivamente asimiladas y diseminadas en una amplia diversidad de variantes que han reportado estándares de resistencia sísmica notables, al punto que se le ha designado en el medio local e internacional, como Edificio Chileno.

Los principios elementales arquitectónicos y estructurales en lo que se sustentó el proyecto y construcción del Ministerio de Hacienda, así como la resistencia sísmica que ha mostrado tras cada terremoto significativo por casi un siglo de existencia, permiten constatar la integración entre los mundos disciplinares de la arquitectura y la ingeniería estructural, a través de una obra que marcó un hito clave en la historia de la construcción en el país. Es evidencia también, del hecho que las exigencias que impone el fenómeno y la acción sísmica en la edificación, pueden ser abordadas de manera tal, que permitan superar y traspasar los límites disciplinares y técnicos con que tradicionalmente se enfrenta.

Referencias Bibliográficas

Arias, A. (1993). Comportamiento de edificios en hormigón armado con muros sísmicos. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 173-184). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

Barrientos, M. (2020). *El Edificio Chileno y la Convención Sismorresistente*. *Materia Arquitectura*, 19 (pp.44 - 53). Recuperado en: <<http://www.materiaarquitectura.com/index.php/MA/article/view/423>>

Bonelli, P. (1993). Evaluación del comportamiento sísmico de edificios chilenos. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 233-272). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

Flores A., R. (1993). Normas y prácticas de la ingeniería sismorresistente en Chile. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 163-184). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

García, J. (2020). *Arquitectura de muro oculto. Fachada sismo resistente en la arquitectura chilena contemporánea*. Tesis para optar al

grado de Magíster en Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Guendelman, T, et al., (2010). Instrumento de calificación sísmica. Perfil Bio-Sísmico de edificios. *BIT*, N°72, pp.44-50.

Gurovic, A. (2003). La estrella solitaria: En torno a la realización del Barrio Cívico de Santiago de Chile, 1846-1946. *Revista de Urbanismo*, 7 (pp. 1-28). Doi: 10.5354/0717-5051.2010.6214

Masuelo, A. (2002). Plaza de la Constitución: Proyecto urbano y debate arquitectónico. (Tesis Magister en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile).

Monge, J. et al., (1986). Edificios de hormigón armado. En VV AA, *El sismo del 3 de marzo 1985, Chile* (pp. 111-136). Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Moroni, G. (2014). La resistencia sísmica en el diseño contemporáneo. Reflexión sobre la influencia de las condiciones sísmicas en la arquitectura. *Arquitectura y Cultura*, N°5, pp. 62-75.

Moroni, G.; Martin, R.; Cea, A. (11 al 13 de diciembre de 2018). Experimentación geométrica para el comportamiento sísmico de estructuras. Intersecciones. III Congreso de Investigación Interdisciplinaria en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio, Santiago, Chile. Pérez de Arce, M. (2011). *Smith Solar & Smith Miller Arquitectos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Finis Terrae.

Riddell, R., Wood, SH., & de la Llera, J. C. (1993). Características estructurales y estadística de daños del inventario de edificios de Viña del Mar durante el sismo de marzo de 1985. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 205-232). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

Notas

¹ Es probable que la denominación provenga del medio académico y de investigación a instancias de reuniones científicas internacionales, como el Congreso Internacional de Ingeniería Sísmica, principalmente World Conference of Earthquake Engineering (WCEE), cuya primera conferencia fue inaugurada en 1946, California, Estados Unidos.