



Entrevista al ingeniero Tomás Guendelman Bedrack, (TG) realizada el día 25 de noviembre de 2021 en su oficina en la comuna de Ñuñoa, por Ricardo Martínez y Aldo Hidalgo (AO).

En la edición 202 del año 2012 de la Revista INGENIEROS, Elías Arce Cyr retrata de modo preciso la personalidad de Tomás Guendelman. Destaca su gran sensibilidad y calidad humana, su valioso aporte a las numerosas generaciones a las cuales formó siendo profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Chile y su admirable contribución a la disciplina ingenieril. Escribe Elías Arce:

“Tomás Guendelman supo tempranamente combinar sus habilidades para resolver problemas importantes para el país, y me refiero particularmente a los terremotos, con las nuevas tendencias en el mundo relacionadas con las Tecnologías de la Información. Cuando no existían los computadores personales, él se transformó en un especialista en la unión de ambas áreas; enseñó, innovó, creó empresa y cambió para siempre la forma de diseñar edificios en Chile. El Instituto de Ingenieros, que hoy preside, reconoció este aporte otorgándole la Medalla de Oro 2009”.

Por nuestra parte, queremos resaltar el galardón decisivo que corona sus años de labor; el Premio Nacional Colegio de Ingenieros de Chile, 2015. No obstante, otras decenas de reconocimientos y medallas han acompañado su vasta actividad cotidiana, sean éstas desarrolladas en el plano de la docencia universitaria, en el de su oficina particular, en el de la dirigencia gremial o como socio de diversas instituciones nacionales. En todas ellas el profesor Guendelman se ha destacado, realizando una gran contribución intelectual apoyada en su visión humana. En efecto, sus estudios científicos (69), sus libros (5) y sus excelentes columnas en la revista INGENIEROS (79), dan cuenta no solo de su inagotable inventiva, sino también de su carisma sensible y generoso.

AO: Estimado Tomás, gracias por aceptar esta entrevista. Nos gustaría saber cómo nace su interés en la ingeniería sísmica.

TG: Sin entrar en mayores detalles de carácter autobiográfico, quiero señalar que, en 1960 cuando cursaba cuarto año de ingeniería, se desencadenó el mayor terremoto que registra la historia del planeta: el mal llamado “terremoto de Valdivia”, debiendo más bien conocerse como “el gran terremoto de Chile”. Dicho evento provocó una “explosión antisísmica” entre los estudiantes de ingeniería de la época en el país, y uno de los problemas más serios derivados de este terremoto fue la denominada “Epopeya del Riñihue”, que dio origen a la “Gesta del Riñihue”, misión destinada a evitar que la presa natural en la desembocadura de ese lago pudiera ceder, causando una tragedia de proporciones en pueblos y ciudades situados aguas abajo.

La tarea fue liderada por el ingeniero Raúl Sáez, quien sugirió que se invitara a colaborar a los estudiantes de los cursos superiores de las facultades de ingeniería de las universidades de Chile y Católica. Me inscribí como voluntario, pero no tuve cupo debido al excesivo número de inscritos, casi todos ingenieros que, naturalmente, contaban con mayor preparación para cooperar en lo que fuera necesario. Sin embargo, la mecha quedó encendida, y cuatro años más tarde, ya titulado y con dos años de experiencia, hice realidad mis inquietudes e inicié mis estudios de postgrado en la Universidad de California, en Berkeley.

AO: ¿Cuéntenos cómo fueron sus primeros pasos en la disciplina?

TG: En julio de 1967, cuando recién me estaba acomodando en mi nueva posición laboral, en el Departamento de Obras

Civiles (hoy de Ingeniería Estructural y Geodésica) de la Universidad de Chile, ocurrió que mientras se construía el Puente Huasco se derrumbó la estructura, debido a un andamio defectuoso. A pesar de que no hubo víctimas, el ingeniero que había calculado el puente estaba siendo procesado por responsabilidades civiles y penales. En ese momento, desde el punto de vista estructural, se trataba de un problema complejo; por tanto, el ingeniero Santiago Arias, quien estuvo a cargo de la defensa del ingeniero estructural acusado, se contactó con especialistas con conocimientos actualizados sobre ingeniería estructural e informática. Este desafío fue asumido por el grupo que formábamos algunos ingenieros egresados de la Universidad de Chile: René Luft, Jorge y Rafael Guendelman y yo. Este incidente dio origen a I.E.C (Ingeniería Estructuras Consultoría).

El cálculo y las herramientas disponibles en ese momento eran muy básicos, pero IEC tenía todo lo que se necesitaba para construir un modelo estructural de alta precisión.

Luego de realizar el análisis del problema, se liberó de responsabilidad al ingeniero estructural, pues se comprobó que la caída del puente se debió a una superposición de efectos simultáneos que no podían ser previstos y que no estaban contemplados en ninguna norma de diseño estructural. El informe de IEC fue aprobado por las autoridades locales y ayudó al acusado para lograr su absolución. A partir de ese momento, IEC comenzó a operar, enfocándose exclusivamente en cálculo sísmico.

En 1968, la nueva empresa llevó a cabo análisis estructurales y sísmicos de 21 de los 22 edificios del proyecto Torres San Borja. El trabajo se asignó a IEC porque los ingenieros de la empresa tenían la competencia necesaria para el correcto uso de herramientas informáticas modernas de escaso dominio en el país en esos tiempos.

Los resultados de estos análisis sísmicos se compararon con un ejemplo publicado en un libro escrito por Hurty y Rubinstein, relacionado con el análisis vibratorio de un edificio de 19 pisos, desarrollado por Rubinstein en su tesis doctoral.

Los resultados de IEC y de Rubinstein fueron idénticos, lo que derivó en la emisión de un certificado de la I. Municipalidad de Santiago, que señalaba que los procedimientos que realizara la empresa, utilizando su propio software, quedaban formalmente aceptados y aprobados por el gobierno de la ciudad.

Hoy, 55 años después del incidente del puente Huasco, IEC ha participado en la ingeniería de más de 15.000 proyectos habitacionales, industriales y de servicios públicos en todo Chile y el exterior; en Argentina, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

AO: ¿Podría describir la realidad sísmica actual del país?

TG: Los terremotos destructivos asolan con frecuencia a los países situados en el borde del Océano Pacífico. Esta frecuencia es alta, del orden de un evento severo cada 5 a 10 años, de modo que, si



Figura 1. Hospital Militar. Aislador Basal. Fuente: Daniel Stagno.

no consideramos ello como una situación reiterada e indefinida, estaremos actuando de manera irresponsable e irracional.

En Chile se ha logrado comprender esta realidad. Luego del devastador terremoto de Chillán en 1939, que causó la muerte a un elevado número de habitantes de esa ciudad (sobre 20.000), no fue necesario especular mucho y la realidad dio lugar a una preocupación por la adecuación de normas y rigor en los procesos de diseño y construcción. Los frutos de este nuevo paradigma se han podido comprobar con el tiempo, en virtud de que cada nuevo terremoto en Chile provoca cifra de víctimas y de costos considerablemente más bajos que en el resto del mundo.

AO: ¿Qué lecciones ha dejado el terremoto de 2010?

TG: Hasta el 2010, la filosofía de diseño vigente en Chile (Norma NCh433.Of 96-modif.2009) se orientaba hacia la protección de la vida y, entre otras cosas, a lograr estructuras que resistan sin daños los movimientos sísmicos de intensidad moderada, con daños limitados en elementos no estructurales

durante sismos de mediana intensidad y que, aunque presenten daños, eviten el colapso durante el evento sísmico de intensidad excepcionalmente severa. Señalaba, además, que la conformidad con sus disposiciones no aseguraba en todos los casos el cumplimiento de los objetivos antes mencionados.

Desde el punto de vista del diseño sísmico, debe modificarse la filosofía utilizada en la mayoría de las normas sísmicas, en las que hasta ahora se privilegia la protección de la vida y se considera que un diseño es exitoso si las estructuras no colapsan en sismos severos.

Una de las consecuencias de este terremoto se materializó en la modificación y actualización de la norma NCh433. La cual considera la preservación de la capacidad operativa de muchas viviendas e industrias, hecho que da un impulso a la confección de una norma específica para los elementos no estructurales los que, si bien estaban considerados en la Norma antes mencionada, en el proyecto estructural no se aborda con rigor el diseño, ni se realizan labores de revisión y control de la materialización de estos elementos.

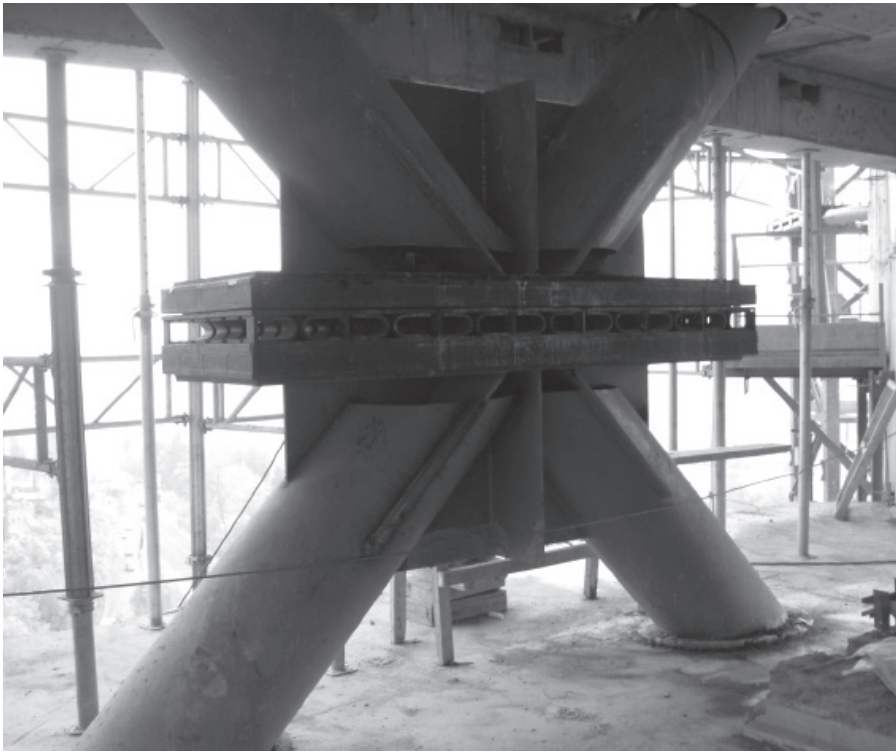


Figura 2. Edificio Titanium. Disipador de Energía. Fuente: Alfonso Larrain.

Los mayores efectos del sismo del 27F se observaron en los elementos no estructurales, con daños directos e indirectos de gran consideración. Se estimó que en los elementos no estructurales los daños representaron el 70% del total. Si pensamos que en edificaciones no habitacionales, tales como industrias o aeropuertos, la falla del equipamiento técnico puede dejar fuera de operación a la industria o al aeropuerto, esto agregaría al costo directo el lucro cesante, lo que puede superar en varios órdenes de magnitud al directo.

AO: ¿Han habido cambios en la normativa para proteger estos elementos no estructurales?

TG: Como lo he señalado antes, se tomó conciencia de la necesidad de que ante sismos severos se deba mantener el carácter de habitabilidad de la vivienda. La norma NCh433 fue actualizada en varias oportunidades, con cambios muy importantes relacionados con los espectros de diseño y la caracterización del suelo, fundamentales para evaluar la demanda sísmica. Sin embargo, son los elementos no estructurales los que dan vida y soporte

operacional a la estructura en la que se encuentran emplazados.

Los principales daños observados en este sismo, relacionados con elementos no estructurales, se manifestaron en ascensores, ventanas, tabiques, cielos falsos, equipos acondicionadores de aire, redes de incendio, suministros de agua, gas, electricidad, y un gran etcétera. Todos ellos pueden no ser necesarios para la seguridad de la estructura, pero su falla deja carencias significativas, especialmente cuando hablamos de ciudades densamente pobladas, en las que la magnitud de los daños en elementos no estructurales es muy significativa con relación al total de daños.

A partir de 2011 se inicia la tarea de creación de una norma para elementos no estructurales. En primera instancia, se creó la norma NTM (Norma Técnica Minvu) específica para el diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales, preparada por un comité convocado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dentro de las principales novedades de esta normativa, destaca el requisito de certificación de la integridad de las componentes y sistemas no estructurales, de sus anclajes y fijaciones.

Lo anterior se fundamenta en el hecho que, tal como lo indiqué anteriormente, cerca del 70% de los daños registrados correspondía a componentes no estructurales, quedando algunos edificios inoperativos por esta causa. Además, se establece el concepto de daño consecuencial, que obliga a que el daño de una componente no cause daño o falla a otra.

Superada la emergencia, en el 2015 el Instituto Nacional de Normalización oficializó la norma NCh3357, que establece los criterios mínimos de diseño sísmico para componentes y sistemas no estructurales, sus soportes y fijaciones a los edificios en que se encuentran instalados, criterios que deben aplicarse en conjunto con las Normas Chilenas de diseño sísmico estructural.

AO: ¿Cuáles deberían ser los nuevos desafíos en la construcción ante catástrofes provocadas por los terremotos?

TG: Desde el punto de vista del diseño sísmico, debe modificarse la filosofía utilizada en la mayoría de las normas sísmicas, en las que hasta ahora se privilegia la protección de la vida y se considera que un diseño es exitoso si las estructuras no colapsan en sismos severos.

Los nuevos conceptos apuntan a la incorporación de criterios orientados a la protección de los contenidos. En relación con esto último, y en particular para las viviendas, tal concepto significa que, ante sismos severos, se debe mantener la habitabilidad de la vivienda.

En los procesos de diseño y de construcción, resulta indispensable que se cuente con la participación de un revisor estructural, de comprobada competencia, capaz de dar una "segunda mirada" al diseño. Muchas veces el resultado de este ejercicio es menor, pero bastará con que se originen algunos hallazgos para que este mayor esfuerzo tenga muy ventajosas recompensas. Del mismo modo, y para garantizar la calidad de la construcción, debería incorporarse en la legislación, la obligatoriedad de contar con la participación de un Inspector Técnico de Obra (ITO).

AO: ¿Cómo debe ser la actitud de los países de alta exposición frente a sismos y a otros eventos naturales?



Figura 3. Edificio Telefónica. Fuente: René Lagos.



Figura 4. Edificio Telefónica. Fuente: René Lagos.

TG: Debemos admitir que, en los países de la costa del Pacífico, la vida debe contemplar la frecuente visita de diversos eventos naturales (mal llamados desastres naturales) que, en ausencia de mecanismos de protección, derivarán en desastres. Desde esa perspectiva, la vida cultural de estos países no debe ignorar la protección y propiciar la resiliencia.

Estimo que lo señalado es suficientemente importante como para pensar que Ecuador, Perú, Colombia y Venezuela, entre otros, deben vigilar con frecuencia sus normas generales y, dentro de

ellas, las disposiciones de diseño y sujeción de elementos no estructurales, al tiempo de establecer las exigencias de la materialización de los proyectos.

AO: Se escucha hablar del “Edificio Chileno” y perfil Bio-Sísmico. ¿A qué se refieren estos conceptos?

TG: La edificación en nuestro país salvó con éxito las demandas de los severos sismos de 1985 y de 2010. En especial, después del sismo de 1985, la comunidad internacional elogió sin reservas el comportamiento de

los edificios construidos en nuestro país, llegando a la exagerada denominación -con nombre propio- de “Edificio Chileno”.

El profesor Rodrigo Flores expresó que esto era el resultado lógico de concepciones estructurales sanas, a base de una alta densidad de muros de rigidez (Área de muros/Área planta) en todos los pisos, simetría resistente y reducida respuesta torsional. No obstante, junto con destacar estos aspectos positivos, manifestaba su preocupación por el paulatino alejamiento que observaba de las sanas prácticas que habían conducido al reconocido éxito de



Figuras 5. Panorámica de diversos edificios altos en Santiago. Fuente: René Lagos.



Figuras 6. Edificios Costanera Center. En construcción. Fuente: René Lagos.

nuestras construcciones, especialmente, cuando prevalecían consideraciones comerciales por sobre las de carácter técnico.

La afirmación del profesor Flores nos estimuló, a Jorge Lindenberg, a mi hermano Mario y a mí, a indagar en el tema y nos enfocamos en buscar indicadores que pudieran ser denominadores comunes del diseño de edificios de comprobado buen desempeño en sismos severos en el país. En una primera etapa, analizamos cerca de 600 edificios y dedujimos cuáles eran esos indicadores y entre qué rangos se movían. Estábamos identificando el ADN del Edificio Chileno.

Los resultados de ese primer estudio los publicamos en las Séptimas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, La Serena, 1997, con el nombre de “Perfil Bío Sísmico de Edificios” que, a través de trece indicadores cuyos valores representan una estadística amplia de los edificios construidos en el país, permite ver si un determinado proyecto se ajusta a la métrica de los edificios chilenos. Es necesario advertir que el Perfil Bío Sísmico no es una norma y no excluye a otros procedimientos alternativos cuyo mérito no merece cuestionamiento. Los valores de los indicadores son relativos a los usos y costumbres del diseño histórico de nuestros edificios.

El sismo de 2010 puso de manifiesto muchas de las deficiencias advertidas por el profesor Flores, lo que se tradujo en importantes modificaciones en las normas de diseño en hormigón armado y sismorresistente (Decretos Supremos 116, 117, 60 y 61). El balance global, sin embargo, mostró que, a pesar de todo, el comportamiento sísmico de los edificios construidos en el país mostraba resultados globales muy satisfactorios, medidos en cuantía del daño patrimonial y número de pérdidas humanas.

El Perfil Bío Sísmico tuvo en los últimos años dos nuevas versiones, extendiendo la base estadística a edificios de más de 40 pisos, los que no existían en el país en la década de los ‘80. La última versión, 3.0, extendió su base de datos a cerca de 8000 edificios y ratificó, en forma casi completa, los rangos de valores definidos para los indicadores en la versión original.

AO: Para terminar esta entrevista y apelando a su modo espontáneo de entreverar la seriedad y la simpatía, ¿nos puede contar alguna anécdota personal que haya vivido como ingeniero?

TG: Sí, a mediados de 1965, terminados mis estudios en Berkeley, fui contratado por la empresa T.Y.Lin y Asociados, para su oficina de Los Ángeles. Me sentía muy

importante y pensaba que me recibirían con “alfombra roja”, pero ocurrió todo lo contrario. Me pusieron a cargo del jefe de dibujo de la compañía, Larry Martin, quien me dijo: “Joven. Su asignación para hoy consiste en aprender a escribir las letras del alfabeto. Partiremos con la letra a minúscula”. Gastó media hora en pedirme que la escribiera, corregirme, volver a comprobar si correspondía al patrón tipográfico de la compañía, hasta que se sintió satisfecho. Acto seguido, me encomendó llenar unas diez páginas de cuaderno con la “maldita” letra, que en ese momento pasó a ocupar el primer lugar entre las cosas que aborrecía.

El resto de la semana lo dediqué a escribir todas las letras del abecedario, en minúsculas y mayúsculas, seguidas de los diez dígitos numéricos. Así, hasta llegar al viernes a mediodía, en que “me gradué”. La ceremonia era muy formal, y en ella se me explicó que, independientemente de quien realizaba el trabajo, la empresa tenía un sello de presentación uniforme, en el que la caligrafía jugaba un rol muy importante. Al término de la ceremonia, mi adiestrador me dijo, con mucha humildad, “de ahora en adelante tu eres el jefe y yo tu colaborador”.

AO: Muchas gracias, profesor Guendelman.