

LOS REGLAMENTOS ESTRUCTURALES*

Ing. Arturo J. BIGNOLI
Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería

Al tratar el tema de los reglamentos estructurales del título aparece una aparente contradicción. Respetarlos es obligatorio, mientras no implique actuar con falta de diligencia, como pide el Código Civil. Es decir, mientras no contengan errores o conceptos equivocados, cosa que ocurre con cierta frecuencia cuando no son actualizados, incorporando nuevos avances tecnológicos.

Por ello, si se aplican cuando tienen errores o conceptos equivocados, es delito hacerlo. Resulta entonces que no cumplir un reglamento no implica la falla estructural. La historia de los reglamentos es rica en ejemplos.

La Academia Nacional de Ingeniería ha declarado públicamente que las construcciones precarias en villas o asentamientos son de gran riesgo y ha sugerido la intervención de la autoridad competente, porque éstas y otras construcciones similares implican un riesgo de falla con daño a las personas y sus bienes. Hemos dicho que no es obligatorio respetar los reglamentos y que no hacerlo no es un delito. Entonces, el gran riesgo resulta simplemente de la evaluación visual de ingenieros expertos que perciben de este modo que no son respetadas las buenas prácticas constructivas, independientemente del cumplimiento de los reglamentos.

¿Qué dicen respecto del cumplimiento de los Reglamentos estructurales los abogados?

He buscado la opinión de un civilista y de un penalista. El civilista es el Dr. Rodolfo Barra y el penalista el Dr. Lucas Lennon.

* Conferencia pronunciada en la Sesión Plenaria Ordinaria del 7 de julio de 2008.

Por lo que se refiere al *Derecho Civil*, parafraseando al Dr. Rodolfo C. Barra podemos mencionar que respecto de las responsabilidades civiles existe un principio general establecido por el art. 902 del Código Civil: “Cuanto mayor sea el deber de obrar con prudencia y pleno conocimiento de las cosas mayor será la obligación que resulte de las consecuencias posibles de los hechos.” Es decir, a mayor deber de diligencia, mayor responsabilidad.



Figura 1

La culpa es el concepto determinante de todo el sistema de responsabilidad que estructura el Código Civil (art. 1109): “Todo el que ejecuta un hecho que por su culpa o negligencia ocasiona un daño a otro está obligado a la reparación del perjuicio...”.

El Dr. Ing. D. I. Blockley, nuestro académico correspondiente en Inglaterra, expresa:

¿Qué derecho tiene la comunidad a esperar que los ingenieros le provean y qué obligación tienen éstos de proveerlo? ¿La comunidad puede esperar tra-

bajos sin fallas? A veces sí, y las fallas no son muy frecuentes, pero a veces son catastróficas. Pero dice Blockley:

“El asumir una responsabilidad no implica haber adquirido el deber de no equivocarse, sino que uno ha tomado todas las precauciones que es dable esperar que se tomen, para no equivocarse. Del ingeniero responsable no se espera que no se equivoque nunca, pero sí que nunca cometa errores propios de un profano o un descuidado”.

Cosas que a veces vemos que ocurren, sobre todo en las construcciones que mencioné al inicio de la charla.

“La responsabilidad es el deber de trabajar con cuidado y diligencia”.

Y el Dr. Jorge A. Mazzinghi:

“La seguridad es un resultado que proviene de la obra bien hecha”.

Por lo que se refiere al *Derecho Penal*, parafraseando al Dr. Lucas Lennon,

“La conducta arreglada a lo dispuesto por el reglamento, o el cumplimiento del deber del cargo, no exoneran de culpa cuando las circunstancias hacen exigible mayor cuidado”.

Es decir, que el que aplica el reglamento cuidadosamente, si tiene el problema de una falla, en una estructura, no por decir yo cumplí el reglamento está exonerado de culpa, si el reglamento no cubre situaciones previsibles conducentes a dicha falla.

A la inversa, el quebrantamiento de una disposición reglamentaria no conlleva necesariamente el reproche penal, en tanto esa transgresión no haya sido, en el caso concreto, determinante del resultado (la falla).

La búsqueda del confín entre los comportamientos diligentes o negligentes —modalidades estas que resumen las enumeradas por la ley penal— remite, en definitiva, al reconocimiento de una conducta respetuosa o lesiva de los deberes de cuidado que surgen del caso concreto y sus circunstancias específicas...”.

Es decir que el que cumple el reglamento, y la estructura tiene una falla es responsable de esta falla, y el que no cumple el reglamento, si con ello evita una falla, es diligente y no se le puede achacar no haber cumplido el reglamento.

Excluidos los hechos tecnológicos nuevos. El asunto está entonces en ser diligente o negligente. Ser diligente es estar más allá de lo que dice el reglamento y ser negligente es aferrarse al reglamento, sabiendo que puede conducir a generar un incremento de la propensión a fallar. Todos sabemos que hay reglamentos que contienen errores. Nosotros estuvimos utilizando reglamentos que contenían errores, durante más de treinta años. El reglamento técnico de la ciudad de Buenos Aires del año 1935, era una norma DIN 1045 de 1932, que permitía columnas de 18 por 18 cm. Antes de 1935 salió un estudio de la

Comisión Alemana, que daba una columna mínima de 20 por 20 con una mayor armadura, porque la reglamentaria no era segura. Nosotros la ignoramos y seguimos en 18 cm. de lado. Fuimos negligentes por haber sido indiferentes al aviso de que las columnas de 18 cm. de lado eran inseguras.

Si releemos lo que dijo Blockley, y reproducimos antes, quedará claro el criterio de Lennon. Negligente es el que hace chapuzas. Diligente es el que trabaja con cuidado, lo que no lo hace infalible. Es decir que aunque sea diligente, puede ocurrir una falla en su tarea.

Pero ahora nos referimos a construcciones en las que la tradición constructiva tiene gran importancia, es decir, las que podríamos llamar comunes. Por ejemplo, las viviendas, aun de varios pisos, se construyen en forma muy tradicional desde hace mucho tiempo

¿Deberíamos entonces, de acuerdo con lo anterior, suprimir los reglamentos estructurales para las construcciones tradicionales?

Parecería que SÍ, pero, dejar librado a la voluntad de los profesionales, matriculados y habilitados, el proyecto y la ejecución de las estructuras, genera una dificultad práctica que tiene dos componentes principales, que son:

a) Hay obras con diferentes compromisos estructurales.

Esto resulta principalmente de la importancia de la **tradición** en las tareas de proyecto y de construcción de las estructuras. Por ejemplo, el caso de una vivienda unifamiliar, en que, desde el punto de vista de las estructuras, hoy procedemos como hace un siglo o más, salvo el uso de algún material nuevo. Tiene un peso importante la tradición.

En cambio, en los estadios deportivos, si se cubren con telas post - tesadas, dada la novedad de su empleo estructural en grandes luces, aún no existe una tradición. Su proyecto y construcción son realizados por pequeños grupos de profesionales, especializados en esa tarea.

El riesgo de una falla es elevado y debe exigirse el cumplimiento de severas condiciones mínimas, especialmente a los profesionales.

Las construcciones en que tiene una incidencia importante la tradición en el proyecto estructural, son las que, en cuanto a la inversión de nuestro país, pública o privada, de cada año suman la mayor parte, tal vez más de las tres cuartas partes del total. Es decir, que las construcciones en las que se procede de acuerdo a la tradición, aunque son la mayor parte de las que se ejecutan no tienen mayor compromiso estructural.

b) Hay ingenieros estructurales matriculados y habilitados, con grados de experiencia y de diligencia muy dispares, debido a la habilitación automática, con la sola presentación del diploma que otorga la universidad

Lo mas lógico es pensar que, tomándolo en su integridad, cada ingeniero es un caso particular, pues cada ser humano lo es y esto no puede cambiarse cursando una carrera universitaria.

Sin embargo, nos atrevemos a hacer nueve “tipos” diferentes en los que cada ingeniero estructural podría ubicarse. Con nueve diagramas de Venn construidos con un círculo para (S) “saber” y otro para (H) “hacer”, quedan claras las características de cada uno.

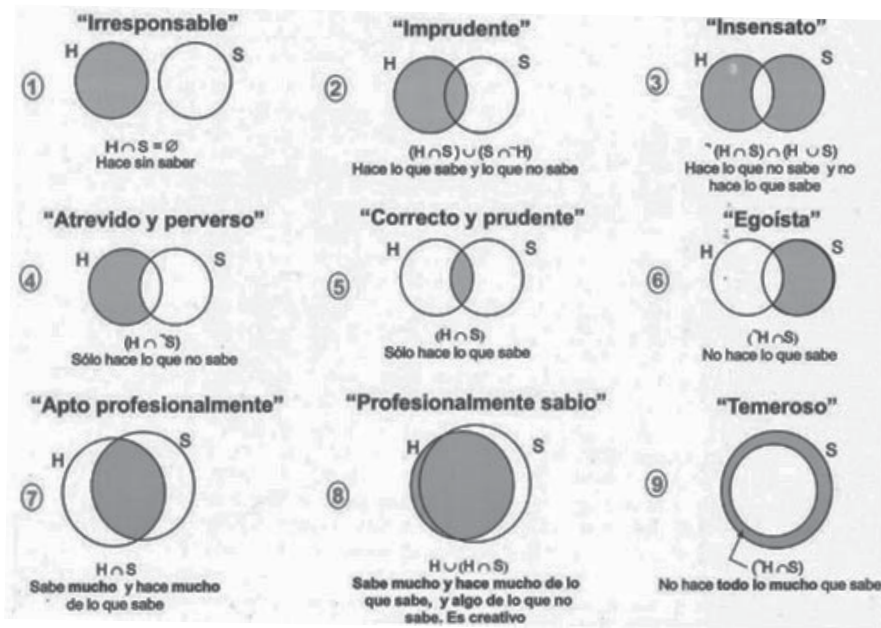


Figura 2

Solamente deberían matricularse los de la figura 8; los menores de 40 años de la figura 7, con limitaciones para “hacer” y los menores de 25 años de la figura 5 con limitaciones, aún mayores, para “hacer”.

Proponemos una solución que no es fácil de implementar para este problema complejo, que consiste en:

- A) Calificar a las construcciones por su compromiso estructural en dos categorías, que podrían ser tres o cuatro:
- I) De bajo compromiso estructural.
 - II) De elevado compromiso estructural.
- B) Calificar a los profesionales por su aptitud para afrontar construcciones de los tipos I o II, o sea cualquier tipo, o solamente las del tipo I
- Profesionales 1: obras tipo I o II.
Profesionales 2: obras tipo I.
- C) Redactar dos reglamentos:
- Obras Tipo I: Reglamento conceptual, no prescriptivo.
Obras Tipo II: Reglamento prescriptivo, conservativo, detallista.

Contribuye a aumentar la dificultad de crear este doble reglamento el que sea para ingenieros argentinos que deben ser calificados en tipo 1 o tipo 2, lo que implica pertenecer al grupo de “los mejores” o al de “los otros”, que no son los mejores. Todos queremos ser mejores porque sí, porque somos mejores y basta (piensen como pensamos los argentinos respecto del fútbol, rugby, etc.). Nos caracteriza nuestra indiferencia ante los peligros que inevitablemente implica el ejercicio de nuestra profesión de ingenieros, parecería que padecemos de “mantenimiento-fobia” y de “auditoría-fobia”.

Todas las estructuras, en mayor o menor grado son **propensas a fallar**, y no hacemos mantenimientos ni auditorias para evitar o prevenir, realizando las provisiones adecuadas, que esa propensión no crezca transformando el peligro en riesgo y baste una acción, aun poco importante, para que se produzca una falla.

Veamos en un gráfico como puede variar la “Propensión a no fallar” [P-(F)] con el transcurso del tiempo y de nuestras acciones sobre la estructura.

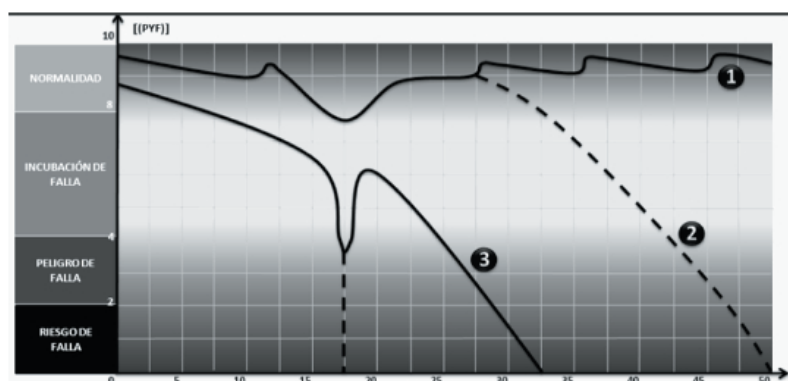


Figura 3

En el caso de la curva superior, puede haber algo que hace bajar la propensión a no fallar pero nosotros podemos, con reparaciones y mantenimientos sucesivos, hacer que el diagrama se mantenga dentro de la zona de normalidad.

Si después de la reparación seguimos con la curva dos, va a empezar a bajar más rápidamente aun, por la sola acción del tiempo.

Y si es una obra mal proyectada, mal pensada, que empieza en el límite inferior de la normalidad, después este mismo accidente produce ese tipo de efecto, y no se la repara, se acorta su vida útil, que termina antes, como se ve en la curva tres.

Conclusiones

No es obligatorio aplicar los reglamentos, luego no coartan la libertad de proyectar o construir, se puede ser diligente, sin trabas reglamentarias.

Los reglamentos son sólo una ayuda para el proyectista y el constructor, el cumplimiento de cuyas reglas no garantiza la seguridad de la construcción.

El esquema propuesto de dos reglamentos hace posible un mayor y mejor acceso de los profesionales a las tareas de proyecto y construcción, de acuerdo a la experiencia que hayan adquirido.

La responsabilidad, que resulta de ser suficientemente diligentes, es lo único que limita nuestra libertad para proyectar y construir.

UN CASO PERSONAL: obra proyectada y ejecutada por mí, aproximadamente en 1965, en la que no fueron respetados los reglamentos

En el año 1945 yo era un ingeniero, diríamos joven. Creo que era inteligente en esa época, y manejaba muy bien la técnica del premoldeo. Un día me llamaron para que hiciera un presupuesto para cubrir una planta de 9.000 metros cuadrados con una cubierta que querían fuese de fibrocemento ondulado. Yo hice un presupuesto y cuando lo llevé me dijeron no; aquí tenemos otro más bajo que el suyo, era una construcción hecha con varillas de sección circular, soldadas sin ningún control, y yo les dije: fíjense que tiene menos acero que mi propuesta y además no tiene hormigón. Bueno, piénselo, Ud. lo va a poder hacer. Yo me fui de allí con la convicción de que tenía que hacerla sin estructura. Lo cual no es un principio exótico, porque las cáscaras autoportantes son estructura y cubierta a la vez.

Que fue lo que yo hice:
La estructura era ésta:



Figura 4

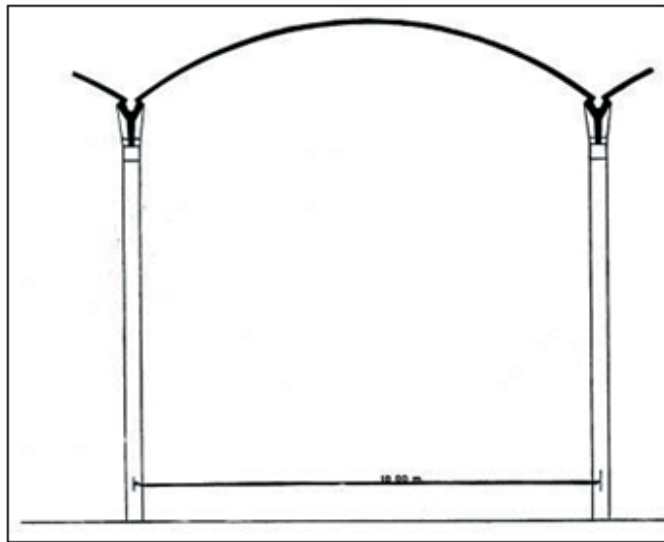


Figura 5

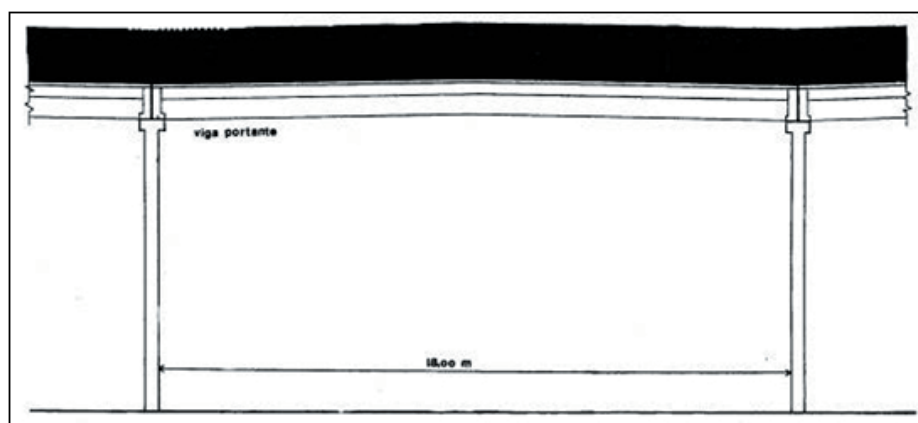


Figura 6

Veamos en las figuras siguientes como se armaba la estructura.

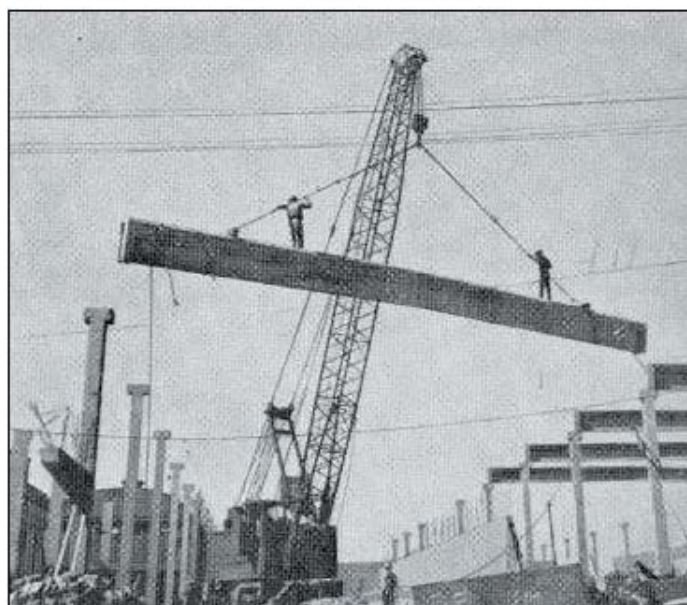


Figura 7

Acá vemos como se construía la cubierta de fibrocemento:

Era una estructura que tenía ruedas. Se ponía esa estructura ahí donde se ponían todas las correas, tenían cuatro chapas de 2.44 metros y una de 1.22 en la clave de los arcos de chapas. Entonces se abulonaban todas la uniones entre las chapas y después se corría sobre la rueditas el andamio, se iban las correas, se iba la estructura y quedaban las chapas autoportantes. Era muy difícil calcular esa unión entre chapas. Yo tenía mis dudas por la duración de la galvanización y por la fragilidad del fibrocemento. Usé bulones galvanizados, de los que iban 10 en cada unión. Realicé ensayos de flexión simple y de compresión, con menos bulones que los proyectados (hasta con 4 de los 10) y además construí un modelo en escala natural. Podía caminar sobre él sin que se registraran problemas.

Me atreví así a hacer una primera aplicación, cubriendo 9.000 mc.

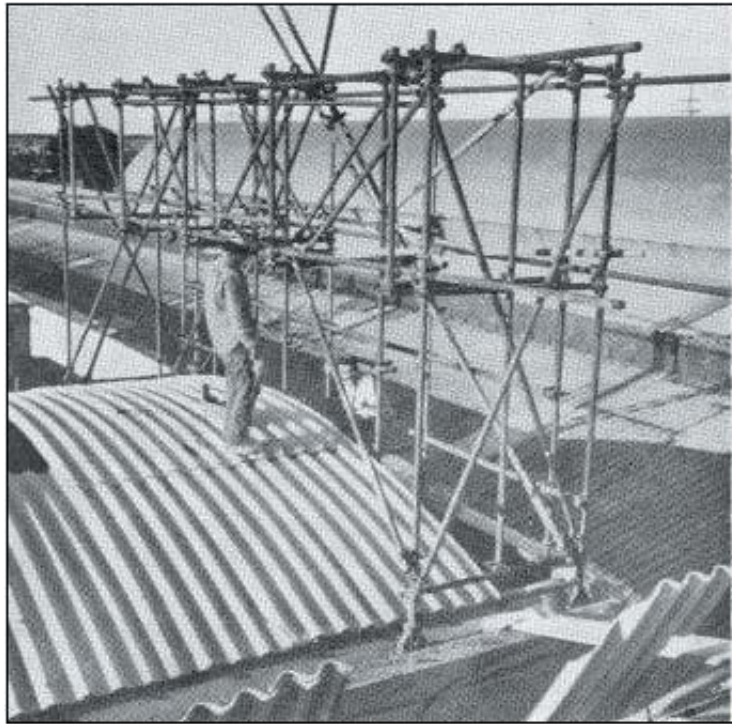
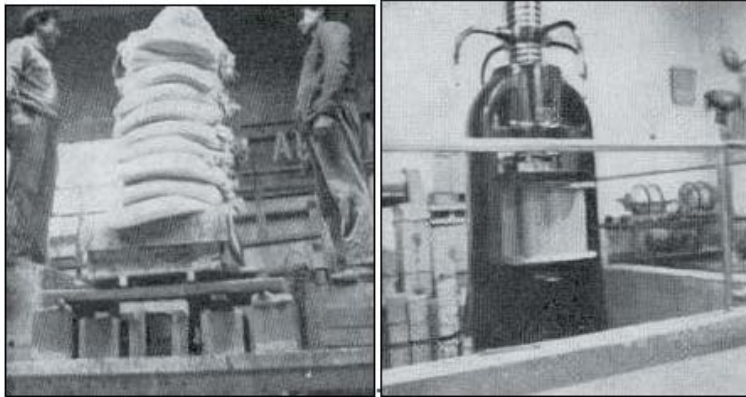


Figura 8. La estructura corrediza

**Figura 9****Figura 10****Ensayos de flexión y de compresión**

Las figuras 8, 9, 10 y 11 dan idea de lo hecho.

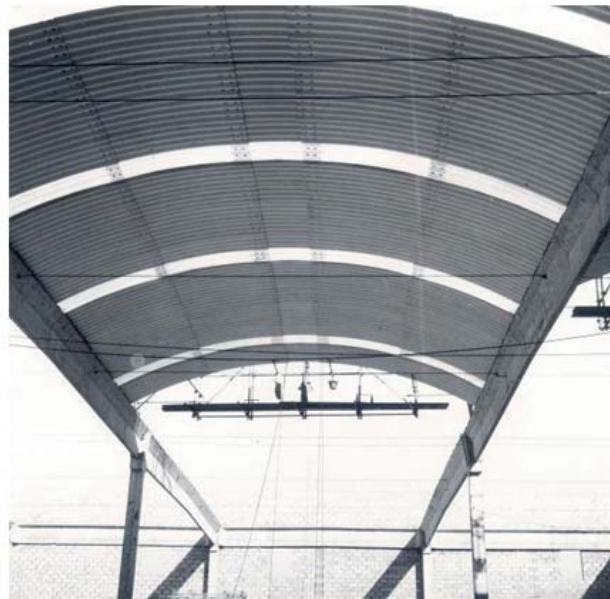


Figura 11. Vista inferior del montaje. El andamio cuelga de la estructura que se ve en fig. 8

En un depósito hice un arquito de 10 metros y un día me llamó por teléfono mi capataz, informándome que ya lo había hecho, el hombre caminaba por arriba, el material se deformaba pero no se rompía. Luego hice algunos ensayos.

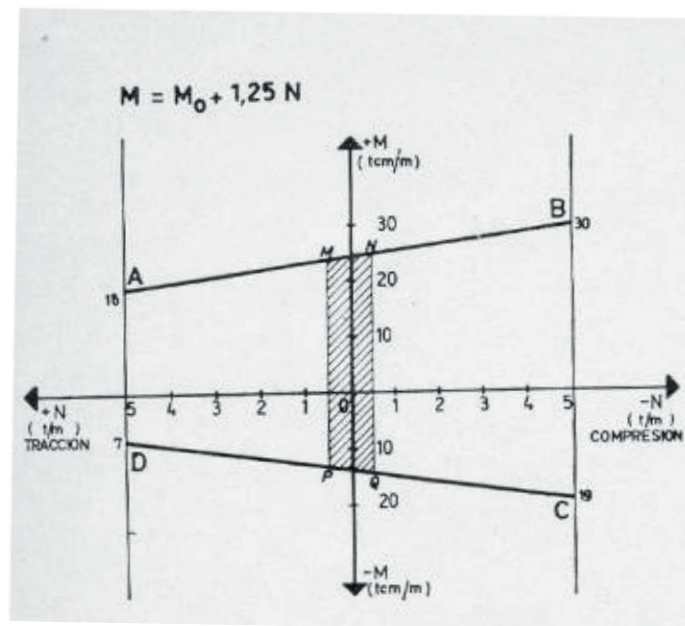


Figura 12

Hice ensayos de compresión y de flexión, construyendo con sus resultados un diagrama de interacción, como indica la figura 12 en que se destaca con rayado la zona correspondiente a la estructura.

Las figuras 13 y 14 corresponden a algunos de los ensayos realizados y muestran sus resultados.

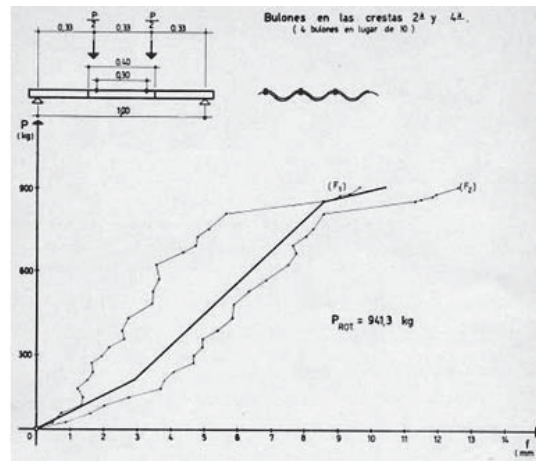


Figura 13

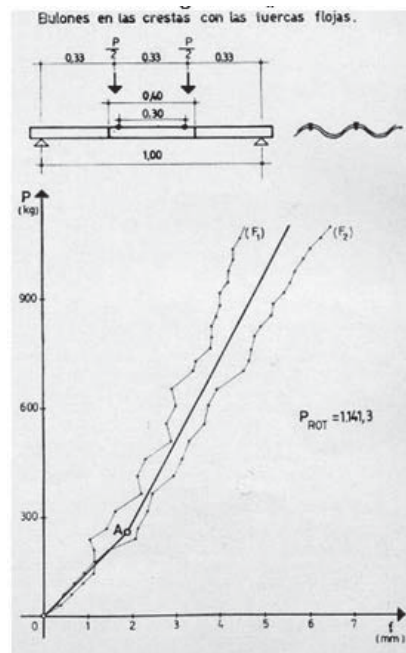


Figura 14

¿Cómo se encuentra la estructura hoy, en julio de 2008, es decir, habiendo pasado el medio siglo de existencia?

Yo la fui a visitar cuando tenía treinta años y la encontré bien, muy sucia. Tuve que conversar con un policía porque la firma había quebrado, la iban a vender.

Se me ocurrió confesarles que yo había hecho una estructura fuera de toda norma reglamentaria. Claro que no sé si está permitido utilizar chapas de cubierta como estructuras resistentes.

Cuando cumplió treinta años, yo recibía la revista *Arquitector* y fui a ver al editor, contándole que se habían superado los 10 años de responsabilidad civil de una estructura de treinta años, antirreglamentaria. La publicó como estructura nueva. No me comprendió la intención.

La comparación de la figura 15 con la 11 muestra que está igual después de más de 50 años, ¡aunque mucho más sucia!

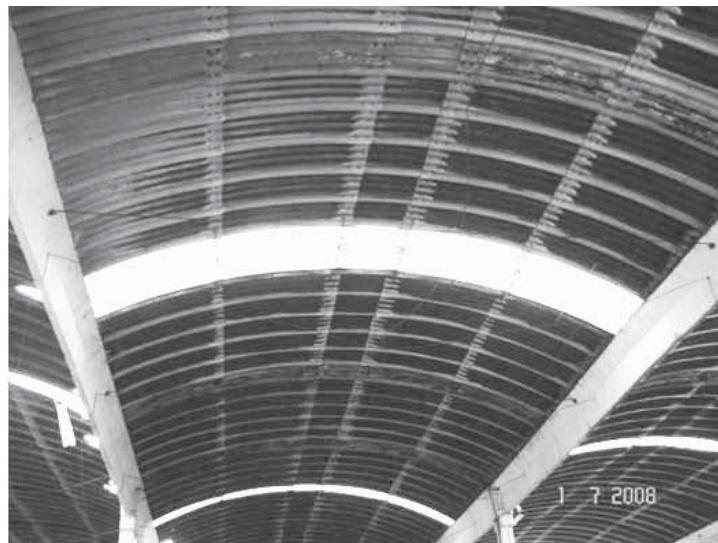


Figura 15

La bóvedas están allí tal cual. También las chapas plásticas transparentes, para dar iluminación. Yo se las había sugerido al cliente, sin cargo, porque en aquella época faltaba cemento argentino. Se importaba cemento. Me habían dicho en el Instituto del Cemento Portland que ese cemento, creo que era checoes-

lovaco, daba unos módulos de elasticidad muy bajos para las mismas resistencias de los cementos argentinos. Le di una cierta contraflecha a las vigas. Total que las vigas estaban contraflechadas y como estas chapas se apoyaban sobre las vigas, cuando llegábamos al centro de la luz de las vigas, había una pendiente para un lado y una pendiente para el otro y no se podían hacer coincidir las chapas, las abulonábamos también longitudinalmente para que se ayudaran, entonces yo les ofrecí poner chapas de plástico, porque quedaba muy oscuro.



Figura 16. Año 1965



Figura 17. Año 2008

Algunas fotos más para sacar conclusiones

Se ven algunas cosas interesantes. La parte de la superposición de las chapas quedó limpia. Una onda quedó limpia, la otra sucia, las de plástico aparecen. ¿A qué se deben todas estas cosas? La estructura está muy sucia. ¿Por qué una parte está sucia y la otra limpia? ¿Qué son estas ondas que se ven blancas?

Un día se me ocurrió pensar qué pasa si sopla un viento, y provoca una succión; de acuerdo con los reglamentos de viento, el techo se iba a volar. Entonces puse dentro de cada una de las ondas una barra de acero, y se llenaba con mortero de cemento para tapar la barra. Nunca se la llevó el viento. Pero por ello la diferencia de color en la estructura.



Figura 18

Aquí se ve la unión de los 10 bulones. Esto ya es la estructura sucia.

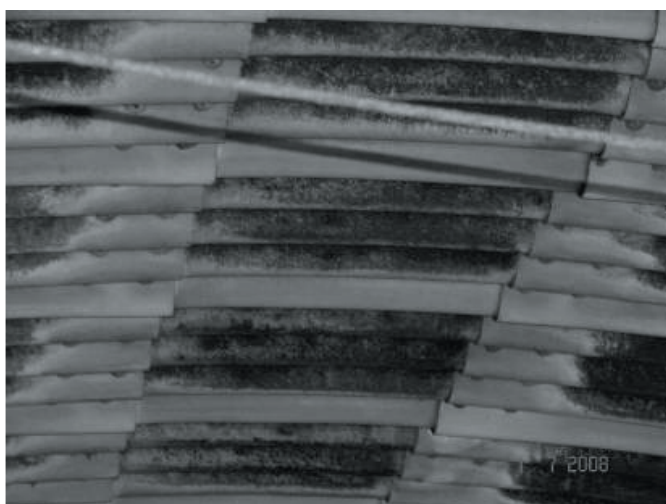


Figura 19

Aquí en las chapas se ve la suciedad, en detalle. Las ondas que están

limpias son las que están rellenas con mortero, para proteger los zunchos “anti-succión.

Esta estructura está llegando al fin de su vida, porque el supermercado fue expropiado, quedando a cargo del dueño realizar la demolición.

Y los habitantes de una villa lindera fueron apropiándose de las chapas, no sin antes haber roto unas cuantas arrojando elementos pesados sobre la cubierta. Son los que están construyendo la Nueva Argentina, la de la tercera centuria.

Quien fue a sacar las fotos, a Wilde, el profesor ingeniero Eduardo Juárez Allen, ex alumno mío en la U.B.A., me dijo que observó que los bulones estaban muy oxidados y que al patear las chapas se rompen muy fácilmente, que están muy frágiles (ver fig. 20).

Figura 20





Figura 21. Todavía queda un 50% sin destrucción antrópica

Ustedes pueden pensar que con la diligencia y la prudencia, si la cubierta hubiese fallado, hoy estaría preso. El final es que se llevan las chapas y la estructura sigue sin fallar, soportando sin mantenimiento todas las acciones, salvo las antrópicas mal intencionadas. El fibrocemento es un material que tiene sus ventajas, aunque ahora no está permitido su uso, porque el asbesto que se manipula durante su fabricación daña los pulmones.

Si ustedes hoy me preguntaran si yo repetiría hoy este proyecto y construcción yo les diría que no, ¡seguro que no!

En primer lugar, porque no podría usar chapas de fibrocemento, pero principalmente, porque no tengo 45 años sino casi 88 y por lo tanto no soy un ingeniero joven, sino un “senior” y además porque ya no soy un ingeniero inteligente ni tengo el coraje que tenía entonces.