

## EL ERROR DE DISEÑO EN LA CONSTRUCCION

JOSÉ MARÍA NAVAS BORREGO\*

*Una de las actividades más apasionantes del ingeniero, o del técnico en general, es la de diseñar. Muchos y variados son los problemas que sobre ella gravitan, muchas y diversas las dificultades que hay que superar.*

*En ese sentido, al hilo argumental de este artículo, después de clasificar los riesgos y tipos de obras, el autor analiza los problemas de diseño y las consecuencias de los errores, exponiéndose varios ejemplos reales. La estadística de siniestralidad en la edificación que se menciona induce a una reflexión interesante, para terminar con unas consideraciones sobre las posibilidades de asegurar el error de diseño en las pólizas de seguro Todo Riesgo Construcción.*

*La importancia de la existencia de un control de calidad del proyecto y de la obra queda puesta de manifiesto.*

Si el desarrollo de cualquier actividad humana acarrea, inevitablemente, la presencia de ciertos riesgos, y de muy variados tipos, la construcción de una obra supone una de las situaciones más peligrosas.

Varios son los factores que contribuyen a esta agravación; entre otros, citemos:

- En primer lugar, se trata de crear algo, que resulta más o menos desconocido para los participantes en el proceso.
- Cada obra se asienta en un lugar diferente, que, por muy estudiado que esté, puede ofrecer sorpresas.
- El estado de la obra cambia día a día, según se va avanzando en su ejecución, por lo que no cabe familiarizarse con la misma.
- Abundan las instalaciones provisionales, que no suelen cuidarse debidamente, bajo pretexto de su fugacidad.
- Concurren personas de diferentes oficios y empresas que, lejos de formar un equipo, actúan por separado, siguiendo intereses particulares que, a veces, entran en conflicto.
- Los responsables del diseño y de la ejecución son, salvo excepciones, personas distintas, entre las que, lamentablemente, suele faltar la debida coordinación.
- Los documentos definitivos de la obra a realizar rara vez se encuentran tan completos como debieran, de modo que:

\* Ingeniero de Caminos. Profesor de la Escuela T.S. de I. de Caminos y Consejero del Colegio Nacional de I. de Caminos. Director del Departamento de Facultativo de SCOR Ibérica.

- Quedan aspectos sin estudiar.
- Se limitan a esbozar algunos otros, sin profundizar en ellos lo debido.
- Aparecen, incluso, contradicciones.

El lector habrá observado una gran causa de fondo que se manifiesta o se deja traslucir, más o menos, en todos los puntos enumerados: el proyectista no llega al grado profundo de definición y seguimiento de la obra que sería de desear. Muchas circunstancias pueden concurrir para ello:

- La Propiedad aún no decidió completamente el alcance de la obra, pero necesita (quizá por requerimientos burocráticos) disponer de un proyecto.
- El tiempo de que se dispone es insuficiente.
- Un estudio completo del terreno resulta demasiado caro.
- Se considera que las instalaciones auxiliares y los métodos constructivos son responsabilidad exclusiva del contratista.
- Si el Proyectista es también el director de obra, esta faceta suele ser marginada (la redacción de otro proyecto está quizá esperando...).
- Si el Director es otra persona, resulta excepcional que exista comunicación entre ambos.

En resumen: el Proyectista es requerido para que describa (más que defina) «qué» se va a hacer, sin entrar apenas en «cómo» va a hacerse. Las improvisaciones resultan obligadas. Nos encontramos con el primer, más elemental y más repetido error de diseño: no diseñar. Pero no adelantemos acontecimientos.

---

## CLASIFICACION DE RIESGOS

Para nuestros fines, podemos clasificar los riesgos que amenazan una obra de la forma siguiente:

### Originados por acontecimientos

- Ajenos a los participantes (vg.: fuerza mayor).
- Propios de los participantes, por actividades:

- Físicas:
  - en la propia obra (vg.: manipulación).
  - fuera de la obra (vg.: prefabricación).
- Intelectuales (vg.: estudios de diseño).

En general, el seguro de Todo Riesgo Construcción se limita a los dos primeros tipos de riesgos (acontecimientos ajenos y actividades en la propia obra), quedando los dos últimos para una cobertura particular o para ser asegurados por otras pólizas, como analizaremos más adelante.

---

## CLASIFICACION DE OBRAS

Atendiendo de nuevo a nuestro objetivo, vamos a clasificar las distintas obras como sigue:

- Industriales:
  - Infraestructura, estructura y cerramiento.
  - Accesos.
  - Montaje de máquinas e instalaciones.
- Civiles:
  - Obras públicas:
    - Marítimas:
      - diques
      - muelles
      - plataformas «off-shore».
    - Hidráulicas:
      - presas
      - canales
      - pozos y galerías
      - tuberías forzadas
    - Transportes y distribución:
      - redes viarias
      - ferrocarriles
      - aeropuertos
      - líneas eléctricas
      - «pipe-lines»
  - Obras de fábrica:
    - De paso:
      - puentes

- acueductos
- sifones
- Subterráneas:
  - túneles
  - salas enterradas
- Almacenamiento:
  - silos
  - depósitos
- Elevadas:
  - chimeneas
  - torres
- Edificios:
  - Estructura:
    - baja y media altura
    - gran altura (más de 15 pisos)
  - Aislamiento:
    - impermeabilización
    - insonorización

En el siguiente apartado, veremos los diferentes problemas que presenta cada clase de obra, a la hora de diseñarlas.

## LOS PROBLEMAS DEL DISEÑO

Entendemos por diseño el conjunto de operaciones intelectuales que, en función del objetivo perseguido, conducen a la definición:

- Del conjunto y de las partes de la obra que responden a este objetivo, así como de las obras auxiliares o provisionales necesarias para su realización.
- De los métodos de ejecución de las obras.

Veamos ahora cuáles son los mecanismos de diseño de las distintas clases de obra.

### El diseño de instalaciones industriales

Por regla general, el diseño de una instalación industrial lo realiza una Ingeniería, con la eventual

colaboración de oficinas de estudios especializadas en algunas materias específicas. Entre las responsabilidades de esta Ingeniería destacan:

- Escoger y definir el método de fabricación, entre las diferentes posibilidades que la tecnología nos ofrece para la obtención del producto deseado. Si exceptuamos los períodos experimentales, se trata de procedimientos suficientemente probados, que con frecuencia pueden ser calificados de clásicos.
 

Una vez que el método ha sido definido, suelen pasarse pedidos a varios suministradores especializados, que se encargan de diseñar las partes que les corresponden.
- Elegir, basándose en criterios técnicos y financieros, la mejor implantación y dimensionar los elementos auxiliares, como pueden ser: accesos, acometidas y distribución de agua, energía, etc.; talleres, laboratorios, oficinas, etc.
- Diseñar los detalles que permiten la realización de la obra, como macizos de cimentación de maquinaria, trazado de tuberías, conexiones eléctricas, etc.

### El diseño de obras civiles

Es frecuente que, para obras de ingeniería civil, se encargue el diseño de conjunto a una Oficina de Proyectos especializada, que sigue criterios técnicos, financieros, estéticos, etc., mientras que el diseño de detalle se confía al contratista, que tendrá en cuenta los medios materiales y humanos que piensa poner en juego.

Las obras civiles poseen varias características que hacen que su diseño tropiece con algunos problemas específicos. Los más importantes son:

#### — *Los agentes atmosféricos*

La inmensa mayoría de las obras civiles se construyen al descubierto, bajo la acción directa de la nieve, hielo, viento, sol, lluvia, etc. que pueden, además, actuar alternativamente, con los correspondientes efectos nocivos, especialmente antes del final de obra, cuando puede que aún no estén colocadas las partes protectoras previstas.

El proyectista deberá contar con este proceso y tomar las medidas adecuadas, adaptando, ante

el carácter aleatorio de estos fenómenos, los necesarios coeficientes de seguridad (¿o mejor de incertidumbre?), que deberán ser tanto más elevados cuanto menos datos estadísticos estén disponibles.

— *El terreno*

Toda obra se apoya sobre un medio que, salvo excepciones, es heterogéneo y anisótropo, por lo que resulta indispensable un estudio del terreno que va a servir de sustentación. Por desgracia, las disciplinas a las que recurrimos (mecánica del suelo, mecánica de rocas) sólo pueden ser calificadas de «ciencias» si le añadimos inmediatamente el adjetivo «empíricas». Son aún numerosos los factores aleatorios y la consiguiente incertidumbre que gravita sobre los cálculos.

Además, los estudios resultan frecuentemente costosos y largos, sobre todo en las obras de transporte y distribución, con sus largos recorridos.

— *El agua*

Son muchas las obras civiles que se realizan en las proximidades o, incluso, en el interior de las masas de agua existentes en la naturaleza (mares, ríos, etc.), por lo que se encuentran expuestas a la acción de las mismas: tempestades, mareas, inundaciones, etc.

Es imprescindible que el proyectista conozca e interprete diversos datos, como régimen de oleaje, avenidas, etc., que, frecuentemente, son escasos e incompletos, a veces inexistentes, ayudándose de técnicas empíricas, extrapolaciones, estimaciones más o menos intuitivas, ensayos en modelo reducido, etc. El margen de incertidumbre suele ser grande y hay que conciliar los obligados coeficientes de seguridad con el costo de la obra.

Por otra parte, es frecuente que necesariamente deban ejecutarse obras provisionales importantes, para proteger el lugar de trabajo (como ocurre con las ataguías para la construcción de presas), cuyo diseño puede ser tan importante como el de la obra principal.

— *El carácter de prototipo de la obra*

La conjunción de los tres elementos que acabamos de analizar (agentes atmosféricos, terreno, agua) hace que cada obra se convierta en un ca-

so particular, con características difícilmente repetibles, por lo que podemos considerarla como un auténtico prototipo.

Las obras de edificación son las que suelen ver suavizados estos problemas. Sólo en la cimentación y en los sótanos pueden surgir dificultades, pero resulta comparablemente poco costoso el hacer un buen estudio del terreno, ya que éste tiene una extensión reducida. Las estructuras entran fácilmente en lo rutinario.

**Resumen comparativo**

Es fácil concluir que existen diferencias sustanciales entre el diseño de instalaciones industriales (si exceptuamos las experimentales, que son las menos) y el de obras civiles (salvando los edificios, que suelen ser menos problemáticos, aunque no tanto como se piensa).

Los procedimientos utilizados en la industria responden frecuentemente a sistemas «standard». El emplazamiento se escoge a propósito para que no resulte conflictivo. Los detalles también siguen esquemas repetitivos. Los factores aleatorios, en definitiva, se reducen al máximo y el proyectista trabaja con un margen de incertidumbre reducido: si domina bien la técnica, no es fácil que se vea sorprendido.

Por el contrario, el diseño de obras civiles resulta un problema específico, porque cada obra es única; el proyectista no puede dominar numerosos elementos naturales aleatorios y, finalmente, depende de la interpretación atinada de datos raramente completos, hecha a la luz de ciencias empíricas, que aún se encuentran lejos de haber llegado a resultados concluyentes. El aspecto aleatorio es, pues, importante y el margen de incertidumbre grande. El proyectista, no sólo se encuentra expuesto a no encontrar la buena solución, sino que, además, resulta difícil enjuiciar previamente su labor.

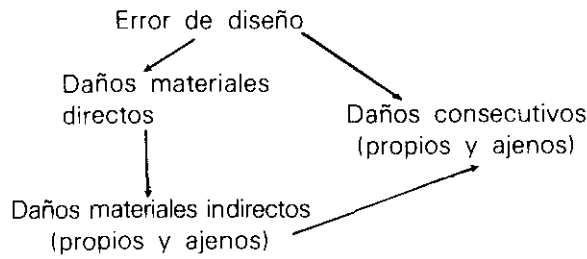
---

**CONSECUENCIAS QUE PUEDEN DERIVARSE DE UN ERROR DE DISEÑO**

Un error de diseño puede ocasionar daños muy

---

diversos que, para su análisis, vamos a esquematizar como sigue:



Entendemos por «daño material» la destrucción (total o parcial) o la deterioración de bienes, que pueden formar parte del contrato objeto del diseño (daños propios) o no (daños ajenos). Llamamos «directo» al daño material sufrido por la propia parte erróneamente diseñada, e «indirecto» al sufrido por otros bienes como resultado de un daño directo.

Denominaremos «daño consecutivo»\* a cualquier perjuicio pecuniario resultante, entre otras causas, de:

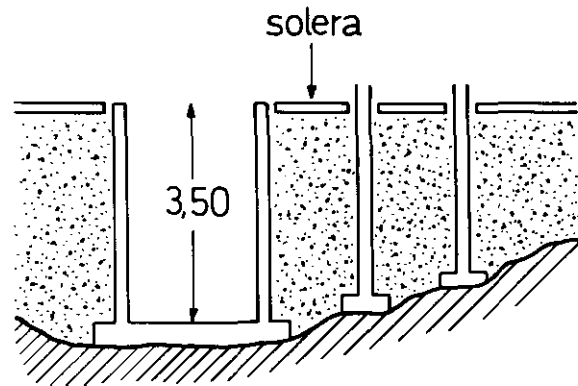
- Cuando, como consecuencia directa de daños materiales, se produce:
  - La privación de la titularidad de un derecho.
  - La interrupción de un servicio prestado por una persona o por una cosa.
  - La pérdida de un beneficio.
- La rectificación de un error descubierto por un siniestro acaecido en una obra o instalación análoga.
- Un error que no ha originado daños materiales, porque:
  - Se ha descubierto antes de que se produzcan.
  - No es generador potencial de daños materiales, pero imposibilita un proceso o disminuye el rendimiento.

\* Los ingleses lo denominan «consequential loss»; los franceses, «dommage inmatériel».

Unos ejemplos (tomados de casos reales) servirán para aclarar los diferentes casos.

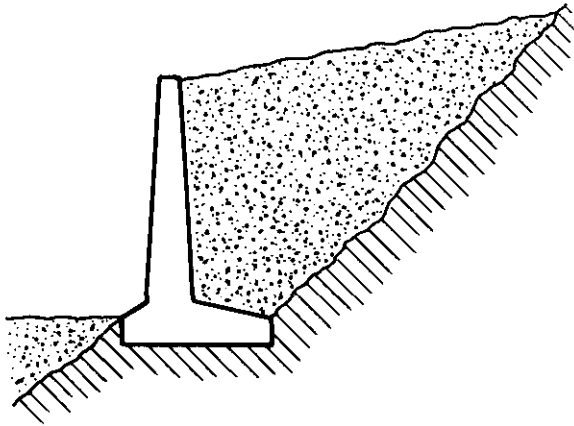
**Daños materiales directos, indirectos propios y consecutivos propios**

Un molino de trigo dispone de un foso de 3,50 m. de profundidad, durante cuya excavación se formó un amplio «cráter», debido a la naturaleza del terreno. Se rellena y se dispone una solera sobre el relleno, cuyo espesor varía de 0 a 3,80 m. La solera sufre los correspondientes asentamientos diferenciales, que la agrietan (daño directo), dañan a elementos auxiliares de la maquinaria (indirecto propio) y retrasa el funcionamiento del molino (consecutivo propio, pérdida de beneficio).



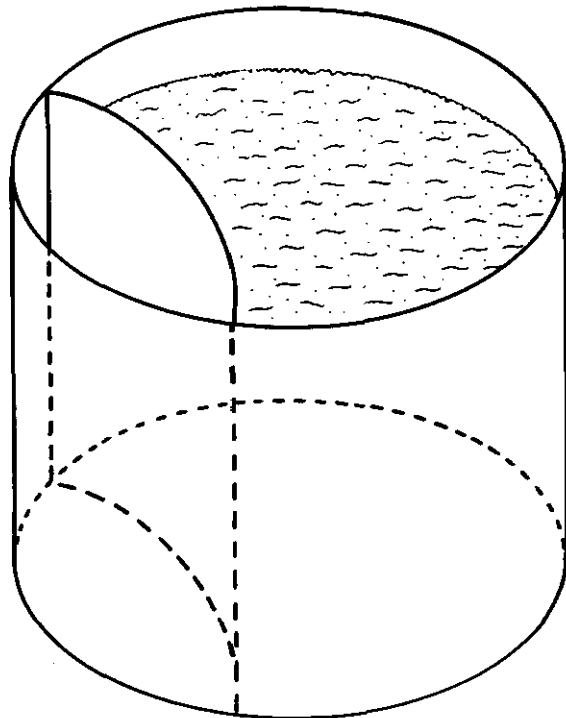
**Daños materiales directos, indirectos ajenos y consecutivos ajenos**

En una zona montañosa de vacaciones, se desmonta la ladera para crear una plataforma donde construir un chalet. El relleno del trasdós del muro, ni reúne las características deseadas (ángulo de rozamiento inferior al supuesto) ni dispone de drenaje. Después de las primeras lluvias, se produce un empuje excesivo sobre el muro, que bascula (daño directo), se produce una fisuración del terreno ladera arriba que daña otro chalet (indirecto ajeno) que resulta inhabitable, privando a su propietario de su uso (consecutivo ajeno, privación de un derecho).



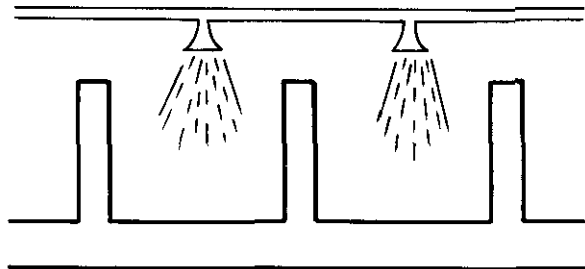
**Daños relativos directos y consecutivos propios y ajenos**

Un depósito de agua, cilíndrico, dispone de una pared interior para dejar sitio a una sala de bombas. Por un cálculo defectuoso, el empuje de esa pared interior sobre la pared exterior del cilindro, no es suficientemente absorbido por ésta, produciéndose su deformación y fisuración (daño directo), con lo que el depósito resulta inadecuado para su uso (consecutivo propio, interrupción de servicio); no suministrando agua a los usuarios (consecutivo ajeno, privación de un derecho).



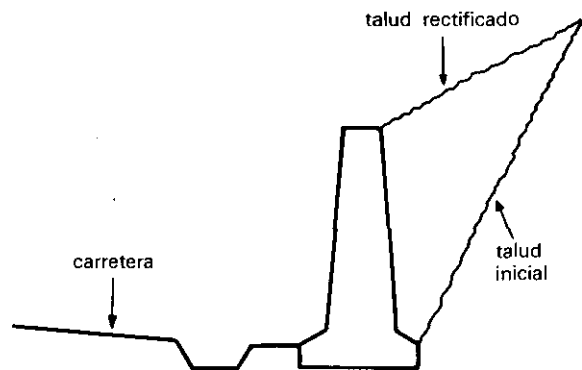
**Daños materiales directos y consecutivos propios**

En una sala de duchas de un hospital, no se ha impermeabilizado debidamente el suelo y, además, los azulejos de los tabiques se han recibido con yeso. La acción del agua (aumentada por la condensación) acaba originando goteras en el piso inferior y desprendiendo los azulejos (daños directos) con lo que la sala queda fuera de servicio (consecutivo propio, interrupción de un servicio).



**Daños consecutivos por rectificación**

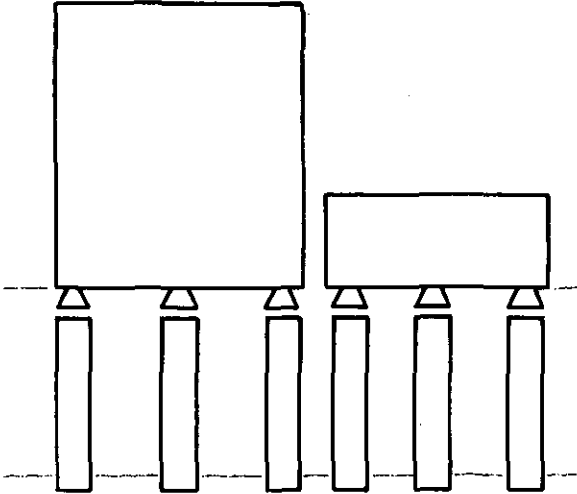
En la carretera de acceso a un túnel se produce el deslizamiento de algunos taludes, que ponen de manifiesto un error en el cálculo, común a todos los desmontes. Se procede a mejorar la estabilidad, en previsión de nuevos deslizamientos, a base de cargar las bases de los desmontes, disminuyendo la pendiente y disponiendo un muro de sostenimiento.



**Daños consecutivos por descubrir un error antes de que produzca daños materiales**

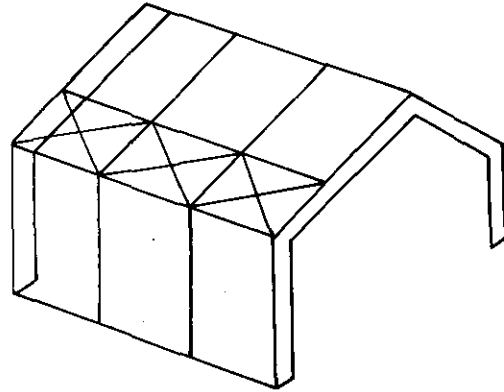
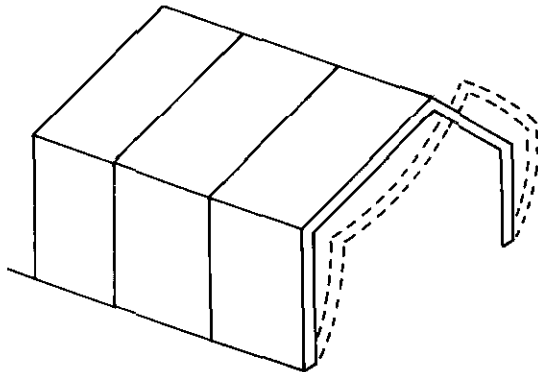
Se proyecta un complejo hotelero que consta de dos edificios adosados: el hotel (tres alturas) y

el comedor (una altura). La cimentación prevista es superficial, sobre un terreno compresible que no ha sido estudiado por el proyectista. La intervención de una Oficina de Control, conocedora del terreno por haber actuado en una obra próxima, pone de manifiesto que se producirían asientos importantes, absolutos y diferenciales entre los dos edificios, que originarían fisuras y pondría en peligro de ruina la construcción. Se procede, en consecuencia, a una cimentación por pilotes que encarece la obra y retarda la inauguración.



**Daños consecutivos a un error que no produce daños materiales pero imposibilita el montaje**

La estructura de una nave está constituida por pórticos metálicos de 14 m. de altura. Al calcular las deformaciones se comete un error, estimando en 1,1 cm. lo que en realidad llega a 11 cm. No es posible colocar correctamente las placas de la cubierta ni garantizar su impermeabilidad. Para no desechar la estructura, se procede a reforzar un pórtico de cada tres y a disponer una viga riostra situada en el plano de la cubierta.

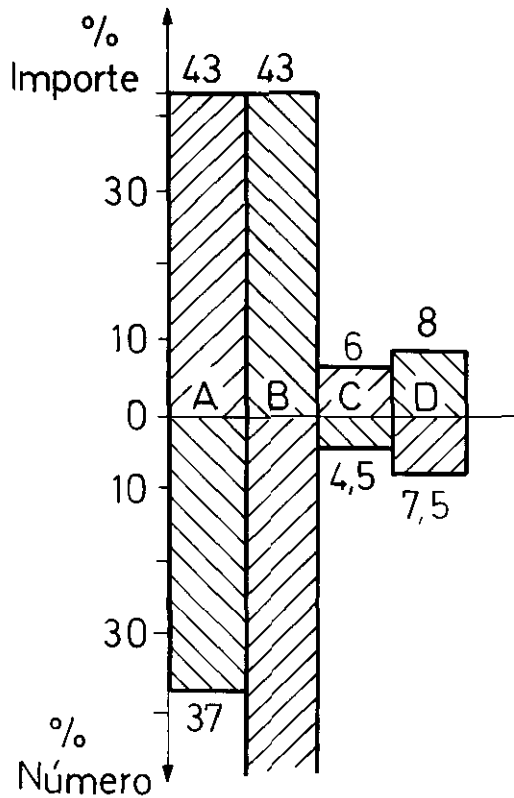


**Daños consecutivos a un error que no produce daños materiales pero disminuye el rendimiento**

En un almacén se disponen unas grandes estanterías de estructura metálica para almacenar pallets. El acero utilizado tiene un límite elástico bajo (24 kg/mm<sup>2</sup> en lugar de 36; que sería lo correcto), que no permite almacenar toda la carga prevista, so pena de deformaciones permanentes excesivas, por lo que la capacidad de almacenamiento disminuye.

## INCIDENCIA DE LOS ERRORES DE DISEÑO EN LA SINIESTRALIDAD

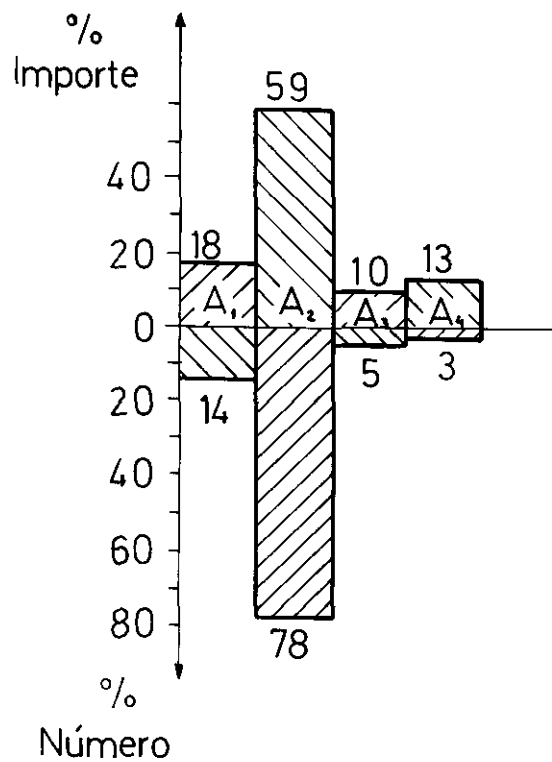
Cabe preguntarse si el objeto de nuestro análisis tiene en la práctica una incidencia tan grande como puede suponerse por las consideraciones, más bien pesimistas, que hemos efectuado. Para contestar, sólo disponemos de estadísticas fiables en el campo de la edificación, uno de los más simples para el proyectista, según vimos. Se trata de un estudio realizado por BUREAU SECURITAS y SOCOTEC sobre una población de 10.000 siniestros ocurridos en Francia entre los años 1968 y 1978. Por lo que se refiere a nuestro tema, los resultados son concluyentes: al distribuir los siniestros según sus causas, en los cuatro clásicos grupos (diseño, ejecución, materiales y mantenimiento o uso indebido) se obtuvo el reparto indicado en el siguiente gráfico, en el que se recoge, tanto la frecuencia del siniestro (parte inferior), como el costo de las reparaciones (parte superior).



A=error de diseño  
 B=error de ejecución  
 C=materiales defectuosos  
 D=mantenimiento o uso indebido

La importancia de los errores de diseño, en un dominio en el que no parecían ser preocupantes, está clara. ¿Qué porcentajes se obtendrían en obras públicas? Fácil es suponer que serían aún más elevados, y que si en la edificación algo más de la tercera parte de los siniestros (37 por 100) ocasiona casi la mitad del importe de los daños (43 por 100), en las obras públicas y de fábrica, se rebasaría holgadamente el 50 por 100 en ambos conceptos.

El citado estudio, facilita también el desglose de los siniestros debidos a error de diseño en cuatro apartados:



A<sub>1</sub>=diseño general  
 A<sub>2</sub>=diseño de detalle (mal concebido o dejado a la iniciativa del contratista)  
 A<sub>3</sub>=material inadecuado  
 A<sub>4</sub>=error de cálculo

Vemos que el «popular» error de cálculo no tiene mayor preponderancia, mientras que resulta arrolladora la importancia de los «despreciables» detalles; que se diseñan mal o simplemente no se diseñan, confiando en que el contratista no encontrará dificultad alguna en ejecutarlos.

### EL SEGURO DEL ERROR DE DISEÑO

Hemos visto cómo el proyectista de obras se encuentra amenazado por diversos riesgos, algunos de los cuales no son controlables en la práctica.



Las consecuencias de un error pueden ser graves, incluso catastróficas, y el proyectista debe responder legalmente de ellas.

Nos encontramos aquí con un enorme desequilibrio entre los honorarios, e incluso el patrimonio, del proyectista y el importe de los daños de los que pueda ser responsable. ¿Quién se hará cargo de las reparaciones? ¿Pueden o deben soportarlas las otras dos partes más directamente implicadas, el propietario o el contratista?

La solución se busca, como en tantas otras situaciones parecidas, en el Seguro. Analicemos a continuación los problemas que plantea el seguro del error de diseño, centrándonos en su posible inclusión en las pólizas Todo Riesgo Construcción (TRC).

### Problemas que se plantean en las pólizas TRC

Ya indicamos que las pólizas TRC no cubren, en general, estos riesgos de diseño. Varias son las razones que lo justifican:

- El asegurado de las pólizas TRC suele ser el contratista que, en general, no se encarga del diseño, por lo que considera que no tiene por qué pagar una prima que cubre a todo (el proyectista) contra el que, en el peor de los casos, puede entablar un recurso.
- El proyectista suele (o al menos debería) estar cubierto por una póliza de Responsabilidad Civil Profesional, aunque el límite de ésta resulta con frecuencia insuficiente para atender un siniestro importante.
- El asegurador tiene motivos para dudar del carácter aleatorio del riesgo derivado del error de diseño, porque un buen seguro puede llevar a exponerse (aunque se haga subconscientemente) a riesgos inadmisibles, como suprimir un estudio geotécnico por demasiado costoso y calcular una cimentación basándose en hipótesis inseguras. Si el carácter aleatorio se pierde, desaparece la asegurabilidad de un riesgo que se ha convertido en «calculado».
- Puede considerarse que, en ciertos aspectos, el error de diseño es un «riesgo de empresa» y que no es justo que el asegurador participe en él, por una prima que resulta ridícula comparada con los beneficios que el asegurado espera obtener. Habría que tratarlo como un riesgo tecnológico, con unas condiciones de tarifa radicalmente distintas a las de las pólizas TRC.

### Casos y condiciones en que puede otorgarse la cobertura

Veamos las posibilidades en los distintos tipos de obras.

#### — Obras industriales\*

Si se trata de una instalación clásica, suficientemente experimentada, ya vimos que no se plantean problemas especiales de diseño, por lo que no hay dificultad en otorgar la garantía, y su precio resulta admisible.

Si se trata de un diseño innovador, habrá de realizarse un análisis técnico detenido que permita calcular el riesgo y decidir si:

- No se otorgan las garantías pedidas.
- Se otorgan parcialmente, con exclusión de algunos equipos.
- Se otorgan, pero limitando el importe.
- Se otorgan totalmente.

#### — Edificios

La mayoría de las veces, se trata de obras clásicas en las que, como ya indicamos, es muy asequible resolver el principal problema teórico, que es el estudio del terreno. Por ello, bastará con vigilar el proyecto y la ejecución (¡no olvidemos los detalles dejados al criterio del contratista!) para poder otorgar la garantía, que suele, en consecuencia, quedar supeditada a la actuación de una Oficina de Control homologada, con lo cual el precio resulta admisible.

#### — Obras de fábrica, no subterráneas ni excepcionales

La situación puede, en bastantes casos, asimilarse a la de los edificios, si se trata de trabajos tradicionales que no utilizan ni materiales ni pro-

\* En este caso, las pólizas suelen llamarse Todo Riesgo Montaje.

cedimientos nuevos, ni alcanzan dimensiones considerables (vg.: chimeneas de gran altura, puentes colgantes). En la práctica, la garantía se suele otorgar con una franquicia relativamente elevada, acorde con la importancia de la obra.

— *Obras públicas y obras de fábrica subterráneas y excepcionales*

A los problemas de estas obras, ya analizados, se añade el coste elevado que supondría la actuación de una Oficina de Control. No resulta factible otorgar la garantía en una póliza TRC a un precio aceptable, y sólo llega a concederse en ciertas condiciones: puede realizarse un control adecuado del proyecto y de la ejecución; los proyectistas tienen su póliza de Responsabilidad Civil Profesional y la garantía de la TRC interviene en exceso de aquélla; el límite de garantía concedido lo es por el período total de trabajos; existe una franquicia porcentual con un mínimo apreciable. Aún así, la sobreprima supone una cantidad importante.

*Otras vías de seguro*

Hay que recurrir a las pólizas de RC Profesional, varias veces mencionadas, pero su análisis nos haría sobrepasar la extensión de este artículo. Por otra parte, entraríamos en otra problemática, que requiere su propio estudio.

---

## CONCLUSIONES

El diseño es una actividad intelectual de enormes consecuencias prácticas, que debe ser especialmente cuidada.

Los problemas que le afectan suelen ser más numerosos e importantes en las obras civiles que en las industriales.

La estadística pone de manifiesto que el diseño de detalles tiene un protagonismo marcado en la siniestralidad.

La actuación de una Oficina de Control supone una ayuda preciosa para el proyectista y para la calidad de la obra. Su intervención debería generalizarse, ya que el aumento aparente\* del precio de la construcción se compensa con creces por la disminución de incidentes y el más bajo costo de mantenimiento (aparte, su beneficiosa influencia a la hora de contratar un seguro).

El seguro del error de diseño plantea serios problemas dentro de las pólizas TRC, que deben ser resueltos en las de RC Profesional.

Para finalizar, deseo manifestar la deuda contraída con mis compañeros y amigos Claude Alle y R. Viarisio, a los que, desde aquí, agradezco sus enseñanzas. Debo también agradecer la ayuda recibida de S. Martínez, director de Secotec.

---

\* El autor está convencido de lo contrario: las obras resultan más baratas cuando están bien controladas (deshonestidades aparte, por supuesto).

