

1. 9300311

1112 AK--001

GARANTIA DE CALIDAD Y EL FACTOR HUMANO
EN LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

R. BERTERO - R. LOPEZ - M. SARRATE

E.N.A.C.E. S.A.

Trabajo presentado en la
19. Reunión Anual y 1. Jornadas sobre Radioisótopos y
Radiaciones de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear
4-8 de Noviembre de 1991 Buenos Aires -Argentina-

1115-AR--004

Quality Assurance and Human Error Effects
on the Structural Safety

by

Bertero, R.; Lopez, R. and Sarrate, M.

E.N.A.C.E. SA

Statistical surveys show that the frequency of failure of structures is much larger than that expected by the codes. Evidence exists that human errors (especially during the design process) is the main cause for the difference between the failure probability admitted by codes and the reality.

In this paper the attenuation of human error effects using tools of Quality Assurance is analyzed. In particular, the importance of the independent design review is highlighted, and different approaches are discussed. The experience in the Atucha II project, as well as the USA and German practice on independent design review are summarized.

1

24
102

GARANTIA DE CALIDAD Y EL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

R. Bertero, R. López, M. Sarrate
ENACE S.A.

La razón por la cual existe marcado interés en los últimos tiempos por analizar la posibilidad de fallas en grandes estructuras (diques, puentes), centrales eléctricas, etc., es que potencialmente la liberación - no intencionada - de grandes cantidades de energía es ahora mucho más elevada que antes.

La mayor potencia de las instalaciones, la introducción de nuevos materiales, la posibilidad de afectar en gran extensión vidas humanas y bienes, han contribuido a generar una preocupación sobre los efectos de la tecnología en el medio ambiente, preocupación que se ha manifestado políticamente en el movimiento "verde".

Estadísticamente se han determinado tasas de falla de 10^{-2} para puentes en Australia y Estados Unidos (1), y valores similares para presas de tierra (2).

Sin embargo, la tasa de falla esperada por los reglamentos de diseño utilizados es entre cien y mil veces menor.

Aún para centrales nucleares, teniendo en cuenta que se las diseña para una probabilidad de falla menor que 10^{-6} y ya que se han producido fallas mayores entre las cuatro centenas en funcionamiento, resulta claro que la tasa de falla real puede ser superior a la admitida en las hipótesis de diseño.

Para determinar las causas de esta discrepancia entre la probabilidad de falla de diseño y la real, deben analizarse las hipótesis bajo las cuales los reglamentos determinan las acciones y coeficientes de seguridad a ser utilizados en el diseño. Los códigos de diseño consideran que la falla se produce como consecuencia de la combinación, con valores simultáneamente desfavorables, de las variables aleatorias previstas en el diseño. Sin embargo, hay dos fuentes adicionales de causas de falla el error humano, y la acción de cargas catastróficas no previstas en el diseño. Existe una clara evidencia que la causa principal estriba en la importancia superlativa del error humano.

En realidad, se ha demostrado que más del 80% de todos los desastres que estamos analizando son causados por errores humanos de algún tipo (3).

La ingeniería trata no sólo de decidir qué es lo que ha de hacerse, el producto, si también debe decidir cómo debe hacerse, construirlo y dar directivas sobre su uso. Estos procesos involucran a gente. Es así que en la ingeniería hay dos aspectos: el técnico y el humano. Sin embargo, la ingeniería está casi totalmente identificada con el aspecto técnico. La preocupación por el resultado, el producto, ha hecho

se olvide que el sistema que lo diseña, lo produce y lo usa es humano, y por lo tanto complejo y vulnerable. Y es así que en este sistema la gente comete errores. Se ha planteado un modelo de desarrollo de accidentes (4) basado en la observación que la mayoría de las fallas importantes no son causadas por un factor único, y que las condiciones para la falla no se desarrollan instantáneamente. Por el contrario, se acumulan múltiples factores, a menudo no percibidos o no entendidos por completo, sobre un período de tiempo, período que se ha denominado "período de incubación de la falla".

Los especialistas en ingeniería estructural han comenzado a encontrar en la Garantía de Calidad una disciplina que les permita manejar y conducir la actividad humana en la dirección de aumentar la confianza en la seguridad de sus diseños (3).

Se ha propuesto la realización de auditorías (en algunos casos denominadas "auditorías de riesgo") como forma de identificar las condiciones que reflejan el estado de un proyecto. Estas auditorías deberían considerar tanto los factores técnicos como los factores humanos, y en particular examinar cuidadosamente su interacción.

Su propósito final es identificar los síntomas que, dentro del período de incubación de la falla, pueden ser controlados para combatir su desarrollo.

En varios países se realizan ya estas verificaciones independientes del diseño de estructuras, si bien con un fuerte énfasis en los aspectos técnicos.

En Estados Unidos, estas actividades se conocen con el nombre de "peer review", que se define como una revisión estructurada e independiente de una organización o proyecto por un equipo de expertos externos al aspecto bajo revisión (5). Hay varios tipos de "peer review": la "Organizational peer review" referida a las políticas globales y prácticas de la organización de diseño, y la "Project peer review" que trata con la calidad de diseño de un proyecto dado. Cada Estado ha implementado estas formas de revisión de distintas maneras, aunque en general existe acuerdo en que:

- a) Un profesional independiente debería revisar el diseño de todas las estructuras por encima de un cierto umbral. El nivel de este umbral variará de acuerdo con la ocupación, importancia e innovación tecnológica.
- b) El revisor debería verificar el concepto, el modelo analítico y los criterios de diseño.

En Alemania, los "Proof Engineers" han practicado una forma de verificación independiente del diseño por más de 50 años. Su responsabilidad es asegurar que el diseño

cumple con todas las regulaciones, incluyendo una verificación detallada de cálculos y planos.

Con diferentes modalidades, también se realizan verificaciones independientes del diseño estructural en Bélgica y Francia.

CONCLUSIONES

Como lo demuestran las estadísticas, la tasa de falla de grandes estructuras resulta superior a la prevista por los reglamentos. Existe una clara evidencia que un factor básico para que ello ocurra es el error humano, especialmente en la etapa de diseño. La consideración de este factor implica considerar al diseño no sólo como un problema técnico a solucionar, sino también como un problema humano/social.

Se ha propuesto la realización de verificaciones independientes del diseño estructural (auditorías) que deberían considerar tanto los factores técnicos como los factores humanos que puedan incidir en la seguridad estructural.

La práctica internacional está incorporando la realización de estas verificaciones, si bien con un fuerte énfasis sólo en los aspectos técnicos.

REFERENCIAS

- (1) The concept of Engineering. Inglés, O. y Saunders, J. Proc. 2nd Int. Conf. Appl. Stat. and Prob. in Soil and Struct. Engrg., Aachen, Alemania, 1975.
- (2) Human factors and errors in civil engineering, Proc. ICASP-3, Sydney, Australia, 1979.
- (3) Recent developments in the assessment of structural safety, Blockley, D. Academia Nacional de Ingeniería, 1991.
- (4) Man made disasters; Turner B.A. Wykeham Press, London, 1978.
- (5) Project Peer Review: Results of the Structural Failures II Conference; Bell, G., Kan, F., y Wright, D., Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, 3 (4), 1