

## Ejemplo práctico: Ingeniería de seguridad ante incendio del estadio de fútbol cubierto, Finlandia

*Utilizando los principios de ingeniería de seguridad ante incendio se evaluó la estructura de un estadio de fútbol cubierto de 70 m de luz construida utilizando arcos tubulares de acero y se logró una significativa reducción en los costes de protección ante incendios, sin comprometer la seguridad. También se logró que la evacuación fuese segura.*



Vista exterior del estadio de fútbol cubierto

### Índice

1.	El logro	2
2.	Introducción	2
3.	Estructura	2
4.	Concepto de seguridad ante incendio	3
5.	Información general	5
6.	Referencias	5

## 1. El logro

Los beneficios de la evaluación de ingeniería de seguridad ante incendio fueron los siguientes:

- Ahorros en la protección ante incendio en el 75% de la estructura.
- Construcción rápida de la nueva estructura en sólo 6 meses
- Se investigaron escenarios de seguridad ante incendio y se introdujeron medidas de evacuación seguras.
- Consenso con las organizaciones de seguridad ante incendio como base adecuada para el diseño.
- Estructura de arco tubular para reemplazar a la existente de madera.

## 2. Introducción

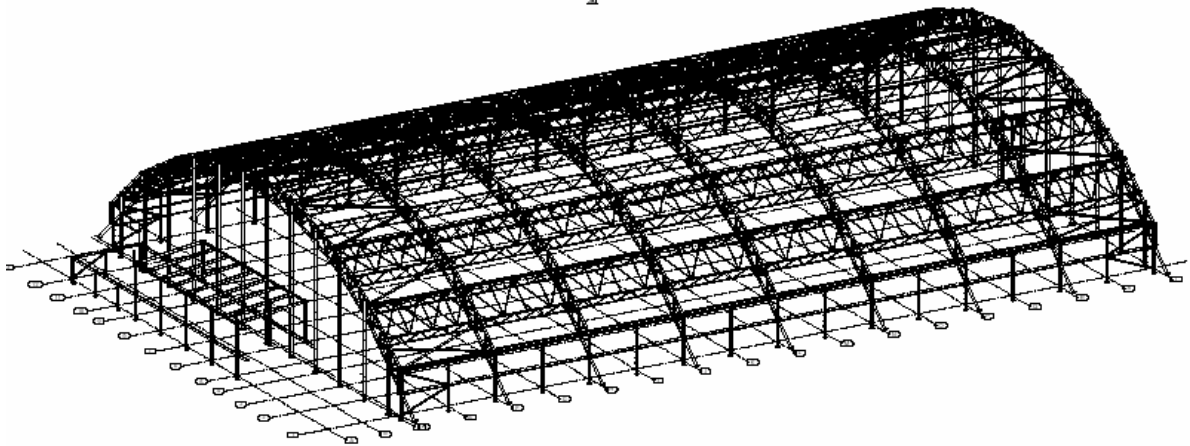
La estructura de madera del estadio de fútbol cubierto en Rauma fue destruida por el fuego por lo que debía construirse un nuevo estadio con estructuras de acero y con una programación de obra muy ajustada. El período de construcción del estadio fue alrededor de seis meses. La estructura del antiguo estadio era un arco de tres puntos, anclado en el lecho de rocas con zapatas de hormigón armado. Durante el diseño del nuevo estadio, surgieron varias preguntas: ¿deberían utilizarse las estructuras existentes? ¿Cómo se podría verificar la capacidad portante de las zapatas después del fuego? ¿Era correcto el espaciamiento de los soportes en el antiguo estadio? ¿Cuál debería ser la mejor solución estructural que permitiese realizar el diseño y la construcción del estadio dentro del periodo disponible en el otoño? La altura del estadio es uno de los factores más importantes en los estadios de este tipo y especialmente la altura de la pared externa en la zona que se une con el techo, es importante con relación al uso que tenga el estadio.

## 3. Estructura

Se demolieron las antiguas alas de apoyo de hormigón y se reemplazaron por nuevos apoyos de acero en forma de secciones triangulares. El espaciamiento de los pórticos en el antiguo estadio era de 9,6 m mientras que en el nuevo es de 13,5 m. La luz principal del antiguo estadio era aproximadamente de 70 m, mientras que en el nuevo es de 71,2 m. Los arcos principales y las cerchas secundarias fueron hechos con miembros tubulares. La altura del arco principal y de las cerchas secundarias es aproximadamente 2,3 m y la distancia desde la parte inferior del arco hasta el nivel del suelo del estadio es aproximadamente 18,7 m. El espaciamiento de centro a centro de las cerchas secundarias es aproximadamente 5 m. La estructura del nuevo edificio se muestra en la Figura 3.1.

La cara inferior del revestimiento consiste en chapas laminadas de acero con 50% de perforaciones acústicas, que se ubicó en la parte superior de las cerchas secundarias. El área perforada se extiende sobre la parte inferior del arco, lo cual asegura que se pueda utilizar un volumen de voz normal dentro del estadio. La rigidización longitudinal del estadio se logró mediante celosías hechas con miembros tubulares.

El estadio completo se muestra en la Figura 3.2.



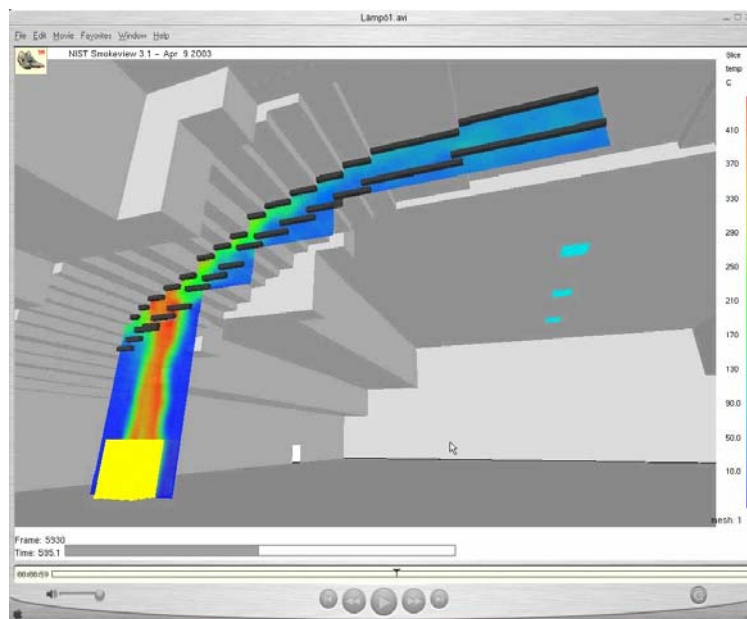
*Figura 3.1 Modelo estructural del edificio*



*Figura 3.2 Vista interior del estadio de arena cubierto*

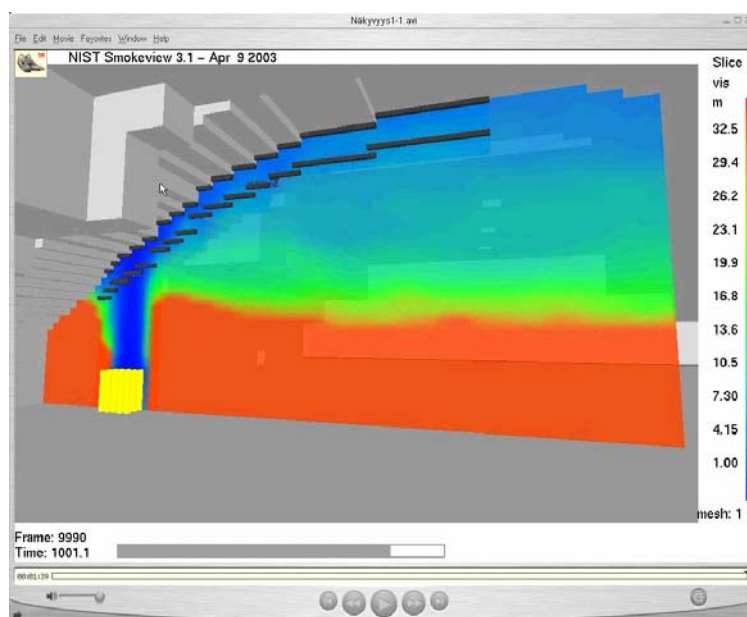
## **4. Concepto de seguridad ante incendio**

La clasificación ante incendio del estadio, fue acordada mediante negociaciones, con el departamento de rescate local. Para la seguridad ante incendio del estadio, éste mantenerse estable durante el tiempo necesario para la evacuación, operaciones de rescate y contención del fuego. Este tiempo se fijó en 60 minutos. Las cargas de diseño de la estructura pueden basarse ya sea en la clase definida por las curvas estándar temperatura-tiempo, o en los esfuerzos que actúan en la estructura sometida a un incendio.



**Figura 4.1** Resultados de la simulación de incendio: Temperaturas de la estructura

Mediante una simulación de incendio llevada a cabo de conformidad con las reglas acordadas con las autoridades, así como mediante el cálculo de la temperatura para los tipos de acero seleccionados, se comprobó que la carga de la estructura del estadio reúne los requisitos funcionales de R60, cuando todas las partes de acero de las estructuras portantes, están protegidas desde el nivel del suelo hasta una altura de 10 m con material aislante diseñado para una resistencia al fuego de 30 minutos. Alrededor de una cuarta parte de las estructuras de acero fue protegida de acuerdo con esta medida, mientras que no se aplicó protección alguna a la parte restante (estructura por encima de los 10 m de altura). Esto permitió obtener ahorros significativos sin comprometer la seguridad ante incendio.



**Figura 4.2** Simulación con FDS, Visibilidad en fuego

Durante la simulación del incendio, las temperaturas en la parte superior del estadio alcanzaron los 80°C y a una altura de 2 m por encima del nivel del suelo, las máximas temperaturas variaron entre 20°C y 40°C. Estas temperaturas no afectan la evacuación segura del estadio.

El sistema seleccionado para la extracción de humo fue suficiente para garantizar condiciones seguras de evacuación dentro del estadio y hace posible identificar el origen del incendio desde su fase inicial. Cuando los bomberos abran los exutorios de extracción de humo y las puertas de reposición de aire 10 minutos después de que el fuego haya estallado, la gente que está evacuando el estadio tendrá siempre una zona libre de humo de por lo menos 4 m. por encima del nivel del suelo para evacuar con seguridad. Los bomberos también podrán identificar el foco del fuego en buenas condiciones de visibilidad. En cualquier caso, con el fin de evitar rutas de evacuación excesivamente largas, se agregó otra puerta de evacuación a lo largo del estadio.

## 5. Información general

- Cliente: Ciudad de Arruma , Finlandia
- Arquitecto: Optiplan Ltd, Finlandia
- Planeamiento del esquema estructural: SS Teracon Ltd, Finlandia
- Constructora: NCC Construction Ltd ; PPTH-Norden Ltd
- Experto en protección ante incendios: Markku Kauriala Ltd, Finlandia
- Tiempo de ejecución: 2002-2004
- Altura total: 21 m
- Luz principal de las cerchas: 71,20 m
- Área total en planta: 7 600 m<sup>2</sup>

## 6. Referencias

- The National Building Code of Finland: Structural Fire Safety (Part E1, 2002)
- Paloposki, Tuomas Steel structures in sports halls, VTT, Report RTE3425/00, 2000.
- Reima, M., Vester, J., Korpela, K., Witting, K., Fire simulation of the new football arena. Stell Construction Magazine No 2/2004. ([www.terasrakenneyhdistys.fi](http://www.terasrakenneyhdistys.fi))

## Registro de Calidad

<b>TÍTULO DEL RECURSO</b>	Ejemplo práctico: Ingeniería de seguridad ante incendio del estadio de fútbol cubierto, Finlandia		
<b>Referencias(s)</b>			
<b>DOCUMENTO ORIGINAL</b>			
	<b>Nombre</b>	<b>Compañía</b>	<b>Fecha</b>
<b>Creado por</b>	Kesti J.	RUUKKI	2003
<b>Contenido técnico revisado por</b>	Haller M	PARE	08/11/05
<b>Contenido editorial revisado por</b>	Brasseur M.	PARE	08/11/05
<b>Contenido técnico respaldado por los siguientes socios de STEEL:</b>			
<b>1. Reino Unido</b>	G W Owens	SCI	20/1/06
<b>2. Francia</b>	A Bureau	CTICM	20/1/06
<b>3. Suecia</b>	A Olsson	SBI	20/1/06
<b>4. Alemania</b>	C Müller	RWTH	20/1/06
<b>5. España</b>	J Chica	Labein	20/1/06
<b>6. Luxemburgo</b>	M Haller	PARE	20/1/06
<b>Recurso aprobado por el Coordinador técnico</b>	G W Owens	SCI	13/5/06
<b>DOCUMENTO TRADUCIDO</b>			
<b>Traducción realizada y revisada por:</b>		eTeams International Ltd.	21/2/06
<b>Recurso de traducción aprobado por:</b>		Labein	24/3/06