

**DICTAMEN PERICIAL**  
**SOBRE**  
**ACCIDENTE LABORAL**  
**SUFRIDO POR EL TRABAJADOR**

**D.**

**XX**

**XX**

**EN LA EMPRESA**  
**ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXXXX S.A.**  
**EL XXXXXXXXXXXXXXXX DE 2007**

**EMITIDO POR:**

- JOSE M<sup>a</sup> LUENGO MONTES
- FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO

Badajoz 15 de Mayo de 2008



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

## **INDICE:**

- I. IDENTIFICACIÓN DE LOS PERITOS
- II. IDENTIFICACIÓN DE LA PARTE SOLICITANTE
- III. OBJETIVO DEL PERITAJE
- IV. ANTECEDENTES
- V. METODOLOGÍA SEGUIDA
- VI. CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS ELEMENTOS INTERVINIENTES.
- VII. HIPOTESIS DE TRABAJO.
- VIII. DEFINICION DE CONCEPTOS.
- IX. RESULTADOS OBTENIDOS.
- X. CONCLUSIONES.
- XI. DECLARACIÓN DE OBJETIVIDAD.
- XII. ANEXOS.



**JOSE MARIA LUENGO MONTES**  
**FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO**  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

## **I. IDENTIFICACIÓN DE LOS PERITOS**

El presente dictamen ha sido elaborado en gabinete por:

- D. José M<sup>a</sup> Luengo Montes con DNI: 8843192Z, y domicilio en C/ Castillo Puebla de Alcocer N<sup>o</sup> 38 1<sup>o</sup> D de Badajoz, Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Extremadura N<sup>o</sup> colegiado: 842 Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales en las especialidades de Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial y Ergonomía y Psicosociología. Coordinador de la especialidad de Ergonomía y Psicosociología en la Comunidad Autónoma de Extremadura del Servicio de Prevención Ajeno Sociedad de Prevención de FREMAP S.L. Ver currículum detallado en el anexo I de este dictamen.
- El presente dictamen ha sido elaborado por D. Fidel Fernández de Tejada Castaño con DNI: 8.8659.915J, y domicilio en Adv. José M<sup>a</sup> Alcaraz y Alenda N<sup>o</sup>18 8<sup>a</sup> de Badajoz, Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Extremadura N<sup>o</sup> colegiado: 1707. Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales en las especialidades de Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial y Ergonomía y Psicosociología. Coordinador de la especialidad de Seguridad en el Trabajo en la Comunidad Autónoma de Extremadura del Servicio de Prevención Ajeno Sociedad de Prevención de FREMAP S.L. Ver currículum detallado en el anexo I de este dictamen.

## **II. IDENTIFICACIÓN DE LA PARTE SOLICITANTE**

Este dictamen pericial ha sido requerido por D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX y D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX como socios de la empresa ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXX S.L. con CIF XXXXXXXXXXXX y domicilio social en XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Madrid). Esta empresa se dedica principalmente a la ejecución de estructuras de hormigón.

## **III. OBJETIVO DEL PERITAJE**

El objetivo de este dictamen pericial es determinar las posibles causas que provocaron el accidente laboral sufrido por los trabajadores D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX de la empresa Estructuras XXXXXXXXXXXX S.L. (de aquí en adelante JAFO) y D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L. (de aquí en adelante JGN) el XXXXXXXXXXXX de 2007 en la obra de construcción de edificio destinado a un Laboratorio sito en XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Madrid), para que sea tenido en cuenta en el proceso laboral que se sigue por parte de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social contra la empresa ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXX S.L.



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

#### IV. ANTECEDENTES

A continuación se indican la secuencia de acontecimientos de que tienen constancia estos peritos y en base a la cual se elabora este dictamen:

- Según notas de encargo XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX. que es la promotora de la obra de construcción de un edificio para Laboratorios en el Parque Tecnológico de Leganés (Madrid) encarga con fecha Junio de 2006 la dirección de obra a la arquitecto D<sup>a</sup>. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, la dirección de ejecución de la obra a D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX y el Estudio de Seguridad y Salud y la Coordinación de Seguridad y Salud en fase de ejecución a D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.
- El 19 de Abril de 2007 el Coordinador de Seguridad y Salud de la obra en fase de ejecución aprueba el Plan de Seguridad y Salud de la obra elaborado por XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L.
- El 25 de abril de 2007, según acta de replanteo, da comienzo la obra.
- Según los contratos de trabajo del personal el 14 de Mayo de 2007 ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXS S.L comienza los trabajos en la obra.
- El 14 de Mayo el trabajador JAFO comienza a trabajar en la obra de referencia para ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXS S.L con un contrato por obra o servicio determinado como oficial de 2<sup>a</sup>.
- Mediante contrato de fecha 25 de Mayo de 2007 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L. subcontrata a ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXS S.L. los trabajos de estructura de la obra.
- El **XXXXXXXXXXXXX de 2007** sobre las 09:00 h los trabajadores JAFO y JGN **sufren un accidente laboral mortal al desplomarse sobre ellos el pilar número 54 de la planta baja que se encontraban hormigonando.**
- El XXXXXXXXXXXXXXX de 2007 sobre las 11:30 h se efectúa visita a la obra por parte de la Inspección de Trabajo y de un técnico del Instituto Regional de Seguridad y Salud de la Comunidad de Madrid. Al finalizar la visita el Inspector de Trabajo ordena la paralización de los trabajos en el forjado hasta que no se subsanen las deficiencias advertidas.
- El 20 de Agosto de 2007 el servicio de prevención ajeno de la empresa ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXS S.L (XXXXXXXXXXXXX) se persona en la obra para efectuar la investigación del accidente.
- El 21 de Agosto de 2007 se realiza por parte de la Inspección de Trabajo actuación de comprobación en la que comparecen los socios de la empresa ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXS S.L así como los trabajadores de esta empresa testigos del accidente. Así mismo por parte de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L comparecen el director financiero, el responsable de prevención y la asesora legal de la misma. También se entrevista al Coordinación de Seguridad y Salud en fase de ejecución.



**JOSE MARIA LUENGO MONTES**  
**FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO**  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

- El 22 de Agosto de 2007 el técnico del Instituto Regional de Seguridad y Salud de la Comunidad de Madrid realiza una nueva visita a la obra para desarmar el encofrado y picar el hormigón.
- El 23 de Agosto de 2007 el Coordinación de Seguridad y Salud en fase de ejecución remite un escrito acompañado de material grafico donde explica que la razón del desplome del encofrado es debido a un golpe del cubilote con el encofrado del pilar.
- El 28 de agosto de 2007 se entrevista en las oficinas de la Inspección de trabajo a D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX director de ejecución de la obra que aporta anotaciones realizadas en el Libro de Ordenes y Asistencias. También se entrevista a D. José Ángel López Ramos gerente de la empresa promotora XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.
- El 29 de Agosto de 2007 el Inspector de Trabajo realiza visita a las oficinas de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXX en la c/ XXXXXXXXXXXXXXXX en el que se solicita datos del conductor del camión hormigonera que sirvió el hormigón a la obra el día del accidente y copias de los albaranes de entrega de los suministros efectuados el día del accidente.
- El 3 de Septiembre el Inspector de Trabajo visita la planta de hormigón de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXX en Villaverde para entrevistar a D. XXXXXXXXXXXXXXXX que era el conductor del camión hormigonera que servía el hormigón a la obra en el momento del accidente.
- El 13 de Septiembre XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L notificó al inspector la subsanación de las deficiencias.
- El 22 de Octubre el Inspector de Trabajo entrevista a D. XXXXXXXXXXXXXXXX en calidad de asesor externo y relaciones públicas de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX S.L

## V. METODOLOGÍA SEGUIDA

Para realizar el trabajo encomendado y en aras de recopilar la mayor información posible que nos permita elaborar este dictamen con la mayor objetividad de juicio posible se ha procedido a realizar las siguientes actuaciones:

1. El día 12 de Diciembre de 2007 el perito Fidel Fernández de Tejada Castaño se entrevista con los socios de la empresa ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXXXXX S.L y con su asesor legal D. XXXXXXXXXXXXXXXX.
2. Como la obra en la que se produjo el accidente ya había continuado su proceso constructivo y por lo tanto no tendría ningún sentido visitarla, se procede a visitar una obra en la que se está hormigonando pilares de las mismas características y con el mismo método de llenado de los cofres.
3. Se consulta y se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:
  - a. Ley 31/95 de prevención de Riesgos Laborales, modificada por la Ley 54/2003.
  - b. R.D. 1627/97 de 24 de octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción así como su



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

- correspondiente Guía técnica elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- c. R.D. 171/04, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/95, en materia de coordinación de actividades empresariales
  4. Se ha consultado y analizado la documentación oficial que ha sido facilitada sobre el accidente, entre las que cabe destacar:
    - a. Acta de infracción de la Inspección Provincial de Trabajo de la Comunidad de Madrid.
    - b. Investigación del accidente por parte del Servicio de Prevención Ajeno.
    - c. Proyecto de ejecución de la obra.
    - d. Plan de Seguridad y Salud de la obra elaborado por la contrata principal.
    - e. Albarán de suministro de hormigón por parte de la empresa XXXXXXXXXXXXXXXX el día del accidente.
  5. Se procede al estudio y análisis del manual técnico del Cubo de Hormigón y del certificado del andamio que nos facilita ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXXXXX S.L.
  6. Se analiza el manual de productos ALSINA y en concreto el modelo alispilar, que es el modelo de encofrado que se estaba utilizando.

## VI. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS INTERVINIENTES

Las características técnicas más relevantes de los elementos intervinientes en el accidente que se han tenido en cuenta a la hora del análisis del mismo son:

COFRE (MODELO ALISPILAR)	
ALTURA TOTAL DEL COFRE	4,60 m
ALTURA DEL 1º MODULO	3 m
ANCHURA DEL 1º MODULO	0,5 m
ALTURA DEL 2º Y 3º MODULO	0,80 m
ANCHURA DEL 2º Y 3º MODULO	0,68 m
PESO DEL COFRE	30 Kg/m <sup>2</sup>
ESPESOR DEL COFRE	12 mm
PILAR	
DIMENSIONES DEL PILAR (P54)	30x30 cm
HORMIGON	
ALTURA DEL COFRE LLENO DE HORMIGÓN*	3,22 m
TIPO DE HORMIGON	HA-25/B/20/IIa-0
DENSIDAD DEL HORMIGON	2350 Kg/m <sup>3</sup>
FERRALLA	
Nº DE BARRAS	4
DIAMETRO	12 mm
DENSIDAD DEL ACERO	0,89 Kg/m
CUBA	



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

PESO DE LA CUBA VACIA	75 Kg
PESO DE CARGA TRANSPORTADO	500 litros de hormigón
DIÁMETRO DE LLENADO	0,94 m
DIÁMETRO DE VACIADO	0,3 m
ALTURA HASTA LA BOCA DE LLENADO	1,130 m
ALTURA HASTA LA BOCA DE VACIADO	0,3 m
VARIOS	
ALTURA QUE SOBREPASAN LAS ESPERAS DEL COFRE (según proyecto)	0,5 m

\* se toma el dato de lo indicado en la página 4 del acta de infracción de la Inspección Provincial de Trabajo de la Comunidad de Madrid donde indica que el cofre se encontraba al 70% en el momento de producirse el accidente.

## VII. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Del estudio detallado del accidente y de toda la documentación aportada a estos peritos, nos planteamos como causa mas probable del derrumbe del pilar el que el cofre de esté fuera golpeado por la cuba que transportaba el hormigón desde el camión hormigonera hasta el pilar.

## VIII. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Debido a la necesidad de utilizar conceptos técnicos con los que destinatarios de este dictamen pueden no estar muy familiarizados vamos a definir los siguientes conceptos que consideramos importantes para la correcta comprensión de este peritaje:

- Centro de Gravedad (c.d.g.): Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas materiales de un cuerpo. En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo.
- Momento de Inercia o inercia rotacional: Es una magnitud que da cuenta de cómo es la distribución de masas de un cuerpo o un sistema de partículas alrededor de uno de sus puntos. En el movimiento de rotación, este concepto desempeña un papel análogo al de la masa inercial en el caso del movimiento rectilíneo y uniforme. Representa la inercia de un cuerpo a rotar.

$$I \stackrel{\text{def}}{=} mr^2$$

donde:

$m$  es la masa del punto, y

$r$  es la distancia mínima entre ella y el eje de rotación.

Dado un eje arbitrario, para un sistema de partículas se define como la suma de los productos entre las masas de las partículas que componen un sistema, y el cuadrado de la distancia  $r$  de cada partícula al eje escogido.



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

### IX. RESULTADOS OBTENIDOS

Para poder probar nuestra hipótesis de trabajo vamos a realizar los siguientes cálculos:

- Ángulos de inclinación mínimos del pilar para que vuelque.
- Velocidad Mínima de impacto de la cuba con el cofre para que el pilar vuelque y la cuba quede parada.

#### ANGULOS DE INCLINACIÓN MINIMOS PARA QUE EL PILAR VUELQUE

Para ello debemos calcular en primer lugar los centros de gravedad en las dos situaciones que vamos a estudiar.

#### CALCULO DE LOS CENTROS DE GRAVEDAD DEL PILAR

Dado la simetría que tienen tanto el cofre como el bloque de hormigón el centro de gravedad de ambos va a estar en el eje de simetría. Por lo tanto el centro de gravedad vendrá dada por la formula:

$$Y_{c.d.g.} = \frac{(M_H \times H_H) + (M_C \times H_C)}{(M_H + M_C)}$$

siendo:

- Y<sub>c.d.g.</sub> = Centro de gravedad del pilar
- M<sub>H</sub> = Masa del hormigón
- H<sub>H</sub> = Centro de gravedad del hormigón
- M<sub>C</sub> = Masa del cofre
- H<sub>C</sub> = Centro de gravedad del cofre

Vamos a calcular el centro de gravedad del pilar en dos casos:

1º Caso: Si todo el cofre hubiera estado construido por placas de 0,5 m de ancho.

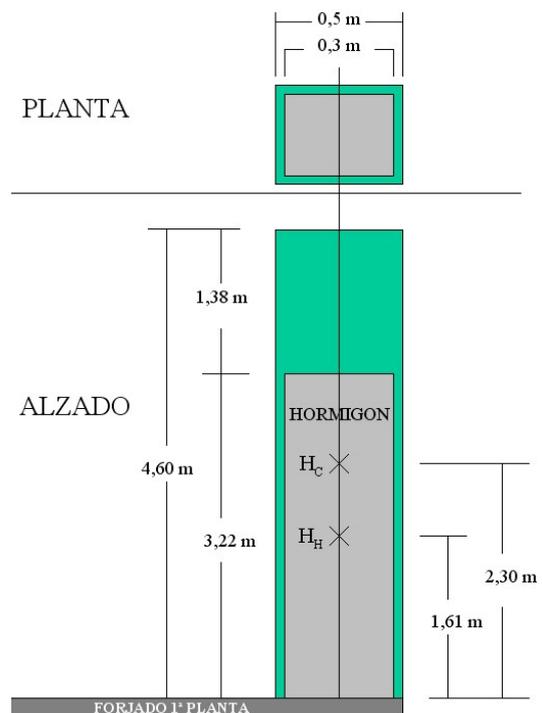
En este caso:

$$M_H = \text{Volumen} \times \text{Densidad} = 0,3^2 \times 3,22 \times 2350 = 681 \text{ Kg.}$$

$$H_H = 1,61 \text{ m}$$

$$M_C = \text{Volumen} \times \text{Densidad} = 4 (4,60 \times 0,5 \times 30) = 276 \text{ Kg.}$$

$$H_C = 2,30 \text{ m}$$





JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

Por lo tanto aplicando la formula del centro de gravedad indicada anteriormente:

$$Y_{c.d.g.} = \frac{(681 \times 1,61) + (276 \times 2,30)}{(681 + 276)}$$

Fig. 1

**Y<sub>c.d.g.</sub> 1º caso = 1,81 m**

2º Caso: Situación real del accidente. Es decir el cofre estaba formado un módulo de 0,5 m de ancho hasta los 3 m de altura y por dos módulos de 0,68 m de ancho por 0,80 m de altura cada uno.

Por lo tanto en este caso la formula del c.d.g del pilar pasara a ser:

$$Y_{c.d.g.} = \frac{(M_H \times H_H) + (M_{C1} \times H_{C1}) + (M_{C2} \times H_{C2}) + (M_{C3} \times H_{C3})}{(M_H + M_{C1} + M_{C2} + M_{C3})}$$

donde:

$M_H = 681 \text{ Kg.}$

$H_H = 1,61 \text{ m}$

$M_{C1} = 4 (3 \times 0,5 \times 30) = 180 \text{ Kg.}$

$H_{C1} = 1,5 \text{ m}$

$M_{C2} = 4 (0,68 \times 0,8 \times 30) = 65,28 \text{ Kg.}$

$H_{C2} = 3,4 \text{ m}$

$M_{C3} = 4 (0,68 \times 0,8 \times 30) = 65,28 \text{ Kg.}$

$H_{C3} = 4,2 \text{ m}$

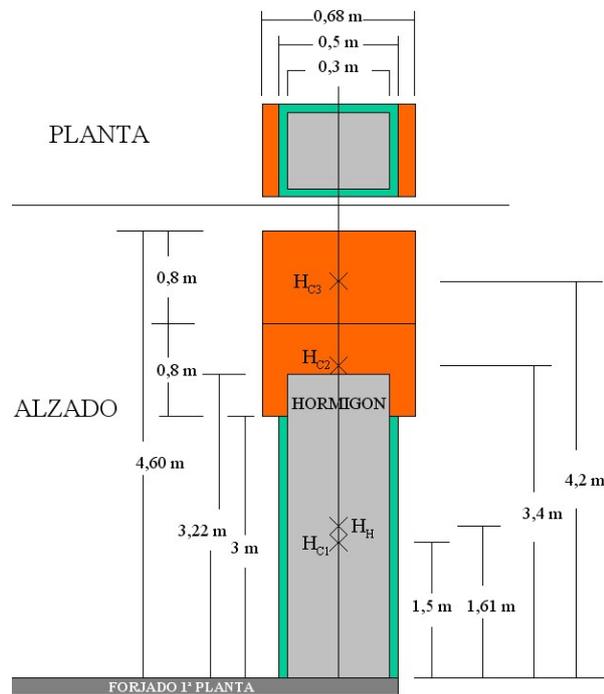


Fig. 2

por lo tanto:

$$Y_{c.d.g.} = \frac{(681 \times 1,61) + (180 \times 1,5) + (65,28 \times 3,4) + (65,28 \times 4,2)}{(681 + 180 + 65,28 + 65,28)}$$

**Y<sub>c.d.g.</sub> 2º caso = 1,88 m**



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

Estos resultados nos van a servir para calcular la inclinación mínima que necesita alcanzar el pilar para volcar. Teniendo en cuenta que el pilar volcara cuando el c.d.g. del mismo se sitúe en el limite exterior del pilar en situación de reposo vamos a calcular el ángulo mínimo de inclinación para que se produzca el vuelco en ambos casos:

1º Caso: Aplicando el teorema de Pitágoras, que estable que un triangulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos, obtenemos que:

$$D_1 = \sqrt{(0,15^2 + 1,81^2)}$$

$$D_1 = 1,82 \text{ m}$$

Así mismo calculamos el ángulo  $\alpha_1$ :

$$\text{tag } \alpha_1 = \frac{0,15}{1,81}$$

$$\alpha_1 = \text{arctag } \frac{0,15}{1,81}$$

$$\alpha_1 = 4,74^\circ$$

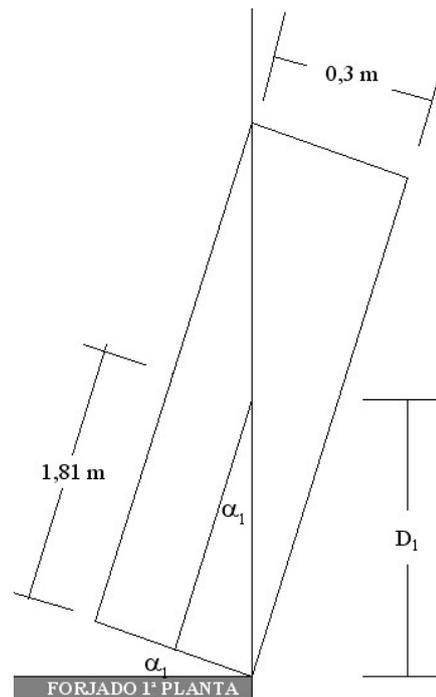


Fig. 3

Es decir en este caso el cofre vuelca cuando este alcanza una inclinación de  $4,74^\circ$  con respecto al suelo.

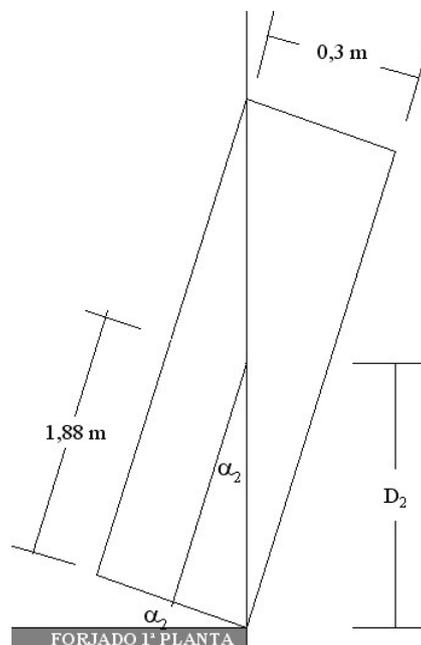
2º Caso: Operando de la misma manera obtenemos que:

$$D_2 = \sqrt{(0,15^2 + 1,88^2)}$$

$$D_2 = 1,89 \text{ m}$$

Así mismo calculamos el ángulo  $\alpha_2$ :

$$0,15$$





JOSE MARIA LUENGO MONTES  
 FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
 Ingenieros Técnicos Industriales  
 Peritos Judiciales

$$\text{tag } \alpha_2 = \frac{\quad}{1,88}$$

Es decir en  $\alpha_2 = 4,56^\circ$  este caso Fig. 4  
 (situación real) el cofre  
volcó cuando alcanzó una inclinación de 4,56° con respecto al suelo.

Por lo tanto si comparamos ambas situaciones obtenemos que:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = 4,74^\circ - 4,56^\circ = 0,18^\circ$$

Es decir la configuración dada al cofre en la situación del accidente (formada una placa de 0,5 m de ancha y dos de 0,68 m) hace que esta vuelque únicamente 0,18° antes que la formada por un cofre constituida todas por placas de 0,5 m. Diferencia que es prácticamente despreciable.

Así mismo que el cofre necesitará un ángulo de inclinación de 4,56° para volcar nos permite afirmar que es muy difícil que el cofre estuviera mal nivelado inicialmente ya que una inclinación de estas dimensiones hubiera sido fácilmente percibida por los operarios además de que el hormigón se hubiera salido de manera notoria por el lado contrario al del vuelco.

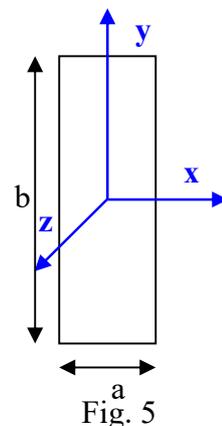
**CALCULO DE LA VELOCIDAD MINIMA DE IMPACTO DE LA CUBA CON EL COFRE PARA QUE EL PILAR VUELQUE Y LA CUBA QUEDE PARADA**

Basándonos en la declaración del conductor del camión hormigonera D. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX que afirmó ante el Inspector de Trabajo que instantes después del accidente “observó el cubilote suspendido del tiro de la grúa comprobando que estaba a una altura superior a 4 m y que no tenía balanceo” vamos a calcular la velocidad mínima de impacto de la cuba con la parte superior del cofre para que produjera la caída del pilar y que la cuba se quedara parada después del golpe.

Para ello en primer lugar vamos a calcular el Momento de Inercia del pilar con la configuración del accidente:

**CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DEL PILAR**

Vamos a calcular el momento de inercia de un pilar de dimensiones a x b, y de densidad superficial  $\rho$ , respecto a los ejes X, Y, Z indicados en la figura.





JOSE MARIA LUENGO MONTES  
 FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
 Ingenieros Técnicos Industriales  
 Peritos Judiciales

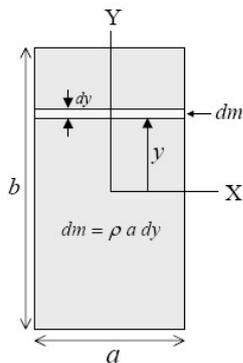


Fig. 6

Momento de inercia respecto al eje X

$$I_{xx} = \int_{-b/2}^{+b/2} (y^2 + \cancel{x^2}) dm = \int_{-b/2}^{+b/2} y^2 dm$$

$$I_{xx} = \rho a \int_{-b/2}^{+b/2} y^2 dy = \frac{1}{3} \rho a y^3 \Big|_{-b/2}^{+b/2} \quad I_{xx} = \frac{1}{3} \rho a \left[ \frac{b^3}{8} - \frac{-b^3}{8} \right] = \frac{1}{12} \rho a b^3 = \frac{1}{12} M b^2$$

En función de la masa M

Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_{yy} = \int_{-a/2}^{+a/2} (x^2 + \cancel{y^2}) dm = \int_{-a/2}^{+a/2} x^2 dm = \rho b \int_{-a/2}^{+a/2} x^2 dx = \frac{1}{3} \rho b x^3 \Big|_{-a/2}^{+a/2} = \frac{1}{3} \rho b \left[ \frac{a^3}{8} - \frac{-a^3}{8} \right] = \frac{1}{12} \rho b a^3 = \frac{1}{12} M a^2$$

Momento de inercia respecto al eje Z.

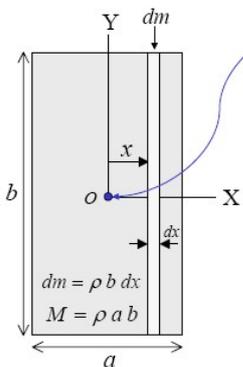


Fig. 7

Primero consideraremos el momento de inercia respecto al eje O.

$$I_O = \int (x^2 + y^2 + \cancel{z^2}) dm = \int (x^2 + y^2) dm = I_{xx} + I_{yy}$$

Además para cualquier sólido se verifica que:  $I_{xx} + I_{yy} + I_{zz} = 2I_O$

Por lo tanto para una figura plana  $I_{xx} + I_{yy} + I_{zz} = 2(I_{yy} + I_{zz})$

$$I_{zz} = I_{xx} + I_{yy}$$

Usando los resultados anteriores

$$I_{zz} = \frac{1}{12} M (a^2 + b^2)$$

$$I_X = \frac{1}{12} m b^2 \quad I_Y = \frac{1}{12} m a^2 \quad I_Z = \frac{1}{12} m (a^2 + b^2)$$

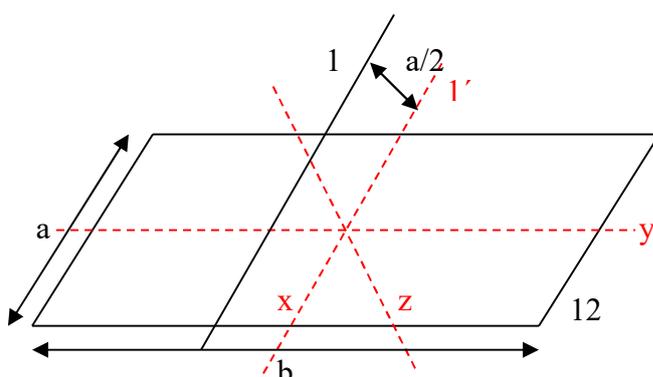


Fig. 8

Aplicando el teorema de Steiner, podemos calcular el momento de inercia del sólido con respecto a un eje 1 (ver fig. 8) cuando se conoce el momento de inercia de un eje 1', paralelo, que pase por el CM (el eje

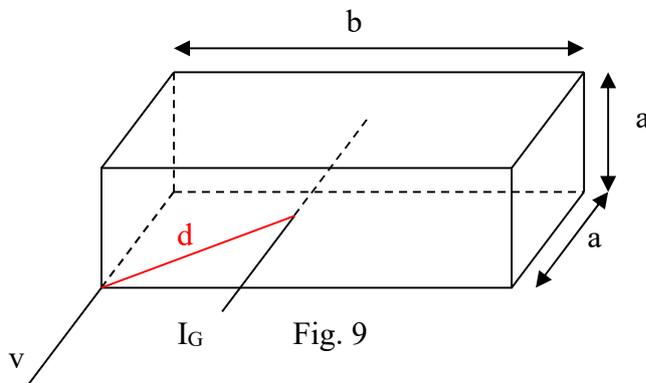


JOSE MARIA LUENGO MONTES  
 FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
 Ingenieros Técnicos Industriales  
 Peritos Judiciales

X coincide con el eje 1') y la distancia a/2 entre ambos.

$$I_1 = I_X + m (a/2)^2$$

$$I_1 = \frac{1}{12} m b^2 + m \left[ \frac{a}{2} \right]^2 = \frac{1}{12} m b^2 + \frac{1}{4} m a^2 = \frac{1}{12} m (b^2 + 3a^2)$$



A continuación vamos a calcular el momento de inercia de un paralelepípedo de masa m y dimensiones a (anchura y profundidad) y b (altura), ver figura 9.

$$I_G = 2I_z + 2I_1$$

$$I_G = 2 \left[ \frac{1}{12} m (a^2 + b^2) \right] + 2 \left[ \frac{1}{12} m (b^2 + 3a^2) \right] =$$

$$I_G = \frac{1}{6} m (a^2 + b^2) + \frac{1}{6} m (b^2 + 3a^2) = \frac{1}{3} m (b^2 + 2a^2)$$

Para calcular el momento de vuelco diremos que:  $I_v = I_G + 4 m d^2$

Siendo  $d^2 = (a/2)^2 + (b/2)^2$

$$I_v = I_G + 4 m \left\{ \left[ \frac{a}{2} \right]^2 + \left[ \frac{b}{2} \right]^2 \right\} = \frac{1}{3} m (b^2 + 2a^2) + m (b^2 + a^2)$$

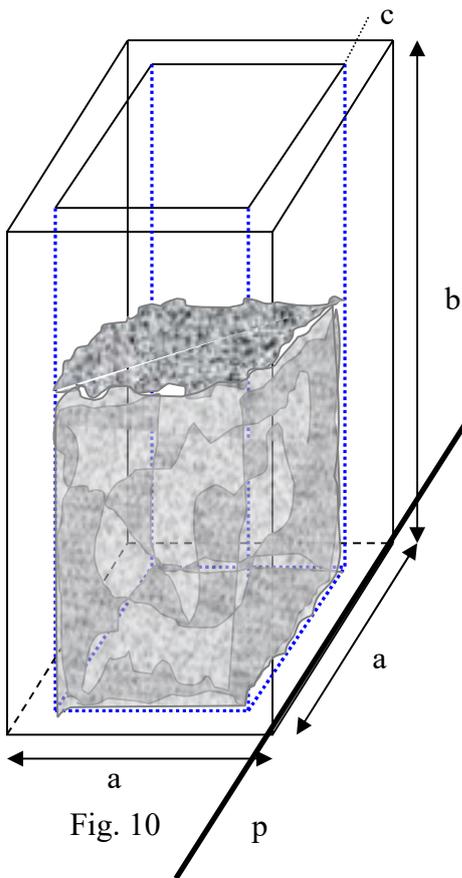
$$I_v = \frac{1}{3} m (5 a^2 + 4 b^2)$$



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
 FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
 Ingenieros Técnicos Industriales  
 Peritos Judiciales

Vamos a calcular el momento de inercia del pilar con respecto al eje de giro ( $I_p$ ). El momento de inercia del pilar va a ser:

$$I_p = I_{\text{hormigón}} + I_{\text{cofre}}$$



Teniendo en cuenta que  $c \ll b$  y  $c \ll a$ , podemos considerar que el pilar está formado por un prisma de hormigón con una altura  $h$  y un ancho  $e$  y una copa prismática de dimensiones  $b$  de altura y  $e/c$  de ancho, considerando el espesor (12mm) despreciable.

$$I_p = \frac{1}{3} m_H (a_h^2 + b_H^2) + \frac{1}{3} m_c (5a_c^2 + 4h^2)$$

donde:

$m_H$  = masa hormigón =  $0,3^2 \text{ m}^2 \times 3,22 \text{ m} \times 2350 \text{ kg/m}^3 = 681 \text{ kg}$ .

$a_h = 0,3\text{m}$  (ancho del pilar)

$b_H = 3,22\text{m}$  (alto pilar hormigón)

$m_c$  = masa de una plancha de una distancia de  $4,60 \times 0,5 \text{ m} = (180 + 130)/4 = 78 \text{ kg}$

$a_c = 0,5$  o  $0,68$ , nosotros vamos a calcular todo con  $a_c = 0,5$ , considerando despreciable la diferencia.

$h =$  altura del cofre =  $4,60 \text{ m}$

Por lo tanto:

$$I_p = \frac{1}{3} 681 (0,3^2 + 3,22^2) + \frac{1}{3} 78 \left\{ (5 \times 0,5^2) + (4 \times 4,6^2) \right\} = 4.607 \text{ kg m}^2$$



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

Una vez calculado el Momento de Inercia retomamos el cálculo de la velocidad mínima de impacto. Para que se de la circunstancia descrita se deberá cumplir que la energía cinética en la situación A sea igual a la potencial en la situación B:

$$E_{CA} = E_{PB}$$

$$\frac{1}{2} \times I \times w^2 = m_{pilar} \times g \times h$$

$$\frac{1}{2} \times 4607 \times w^2 = (681 + 180 + 131) \times 9,8 \times (1,89 - 1,88)$$

$$w = \sqrt{\frac{2 \times (992 \times 9,8 \times 0,01)}{4607}}$$

$$w = 0,21 \text{ rad/seg}$$

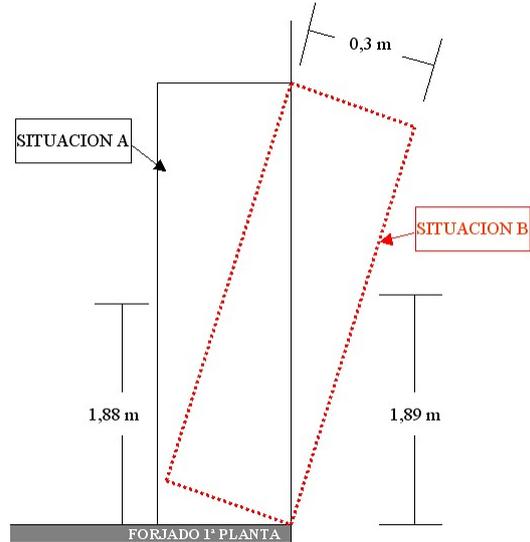


Fig. 11

Suponiendo que el choque se produce con una cuba llena de hormigón de 500 litros (0,5 m<sup>3</sup>), ya que esta venia de ser llenada, que el peso de la cuba en vacío es de 75 Kg y que esta quedo en reposo tras el impacto tal como declara el testigo y aplicando la conservación del momento angular obtenemos que:

$$h \times m_{cuba} \times v_{cuba} = I \times w$$

$$4,60 \times (75 + (0,5 \times 2350)) \times v_{cuba} = 4607 \times 0,21$$

$$v_{cuba} = \frac{4607 \times 0,21}{1250 \times 4,60}$$

$$v_{cuba} = 0,17 \text{ m/s} = 36 \text{ m/min}$$

$$v_{cuba} = 0,6 \text{ Km/h}$$

Es decir cualquier velocidad de impacto de la cuba con el cofre igual o superior a 0,6 Km/h provocaría que el pilar volcara. Este resultado nos indica que la velocidad a la que debía moverse la cuba para tirar el pilar es muy pequeña y por lo tanto cualquier pequeña maniobra de la botonera de mando de la grúa torre que controlaba el



JOSE MARIA LUENGO MONTES  
FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

movimiento de la cuba pudo provocar el impacto sin que el operario tuviera conocimiento de ello.

Además según los datos obtenidos de diversos manuales de grúas torres la velocidad de desplazamiento del carro de transporte puede ir de 0 a 100 m/min., con lo cual estaría dentro del rango necesario para provocar el vuelco del pilar.

	U/min 0 ↔ 0,8 sl./min tr./min	1 x 7,5 kW FU
	0 ↔ 100,0 m/min	5,5 kW FU
	25,0 m/min	2 x 4,0 kW (120 HC) 2 x 7,5 kW (256 HC) 2 x 5,5 kW (185 HC, 170 HC)
 <b>kVA</b>		 30 kW FU    37 kW FU 42,0            47,0

Fig. 12

Así mismo del estudio y análisis de la fotografía que efectuó ESTRUCTURAS XXXXXXXXXXXXXX S.L. a la cuba de transporte del hormigón momentos después del accidente deducimos que:

- Las marcas que presenta la cuba en la parte central son recientes ya que no presentan ninguna evidencia de oxidación que pudieran dar a entender que se habrían producido con anterioridad.
- La cuba golpea con el cofre del pilar ya que la forma que tienen estas marcas, sentido longitudinal (de derecha a izquierda) nos indican que han sido producidas al golpear la cuba, que tiene una forma cilíndrica en su parte central, con el cofre de superficie plana lo que provoca que la cuba gire inmediatamente después de producirse



Fig. 13 Foto hecha a la cuba instantes después del accidente



**JOSE MARIA LUENGO MONTES**  
**FIDEL FERNÁNDEZ DE TEJADA CASTAÑO**  
Ingenieros Técnicos Industriales  
Peritos Judiciales

el golpe lo que explica que las marcas sean de tipo longitudinal. Si el golpe se hubiera producido con las esperas de ferralla estas se hubieran doblado inmediatamente después del golpe, debido a su escaso diámetro, y el tipo de marcas que hubieran producido en la cuba sería transversales (de arriba a bajo). Además partiendo de que las esperas de ferralla sobresalían 0,5 m del cofre (dato que figura en el proyecto) y que la altura a la que están las marcas en la cuba supera esta distancia, se hace imposible que estas se produjeran con las esperas de ferralla.

## **IX. CONCLUSIONES**

De todo cuanto acontece se desprende que:

**1º.- Descartamos como hipótesis del vuelco del pilar una mala nivelación de las placas de encofrado, debido a que los cálculos obtenidos indican que el pilar no volcaría hasta que el ángulo de la base del pilar con el suelo superase los 4,56°.**

**2º.- La causa más probable de la caída del pilar es que esta se produjera como consecuencia de un golpe de la cuba hormigonera con la parte superior de un lateral del cofre.**

## **X. DECLARACIÓN DE OBJETIVIDAD**

Los técnicos que suscriben el presente informe prometen haber dicho la verdad y haber actuado con objetividad en la obtención y estudio de la información en la que se basa el presente informe de acuerdo con lo establecido en el art. 335 de la Ley de Enjuiciamiento Civil.

En Badajoz a 15 de Mayo de 2008

D. José María Luengo Montes

D. Fidel Fernández de Tejada Castaño