

# ***GESTIÓN DE CASOS DE URGENCIA Y DE SITUACIONES DE CRISIS EN TÚNELES***



Aurelio Rojo  
Secretario General de ALAMYS  
Director de Operación de Metro de Madrid

Metro de Madrid, S.A.



## *INTRODUCCIÓN*

**La presentación de una situación de emergencia puede evolucionar rápidamente hacia un estado de crisis o incluso, catastrófico.**

**Estas situaciones presentan unas características singulares y negativas en los Ferrocarriles Metropolitanos Subterráneos que agravan y complican su gestión y resolución.**

# CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS SITUACIONES DE CRISIS

Las verdaderas capacidades de una organización son realmente puestas a prueba en términos de respuesta en una situación de crisis.

## Definición de Crisis:

**Cambio brusco que se produce a partir de una situación de normalidad y que puede derivar en catástrofe afectando a las personas, viajeros y empleados, instalaciones, patrimonio, servicio prestado e imagen de la Organización.**



# CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS SITUACIONES DE CRISIS

## Características

- **Información inicial escasa y fragmentada.**
- **Dificultad intrínseca de control de la situación.**
- **Limitación de tiempo para la toma de decisiones.**
- **Cambios veloces en las situaciones.**
- **Previsión sobre los actuantes.**



# CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS SITUACIONES DE CRISIS

**La dirección y conducción acertada de la crisis se apoya en la existencia de Planes de Emergencia previstos con anterioridad con el objeto de:**

- **Minimizar los efectos.**
- **Controlar la evolución.**
- **Disminuir los daños y afecciones al servicio.**
- **Volver lo antes posible a la normalidad.**



**y la existencia de Estrategias de comunicación:**

- **Internas (a la propia empresa)**
- **y Externas (autoridades, medios, familiares de afectados, etc.)**

### Estructura de los planes

- Modos de conocimiento de la Emergencia
- Fijación de niveles de alarma
- Condiciones de evacuación

Caminos

Iluminación

Ventilación

Comunicaciones

- Métodos de coordinación y entrenamiento

Sistemas Informáticos de Gestión de Emergencia

Planes de Formación y Entrenamiento.  
Realización de simulacros

Planes de comunicación

# CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS EN CUANTO A SU TIPOLOGÍA

*¿Qué tipo de siniestros se pueden dar?*

*Todos los escenarios posibles se pueden reducir a un modelo de tres tipos de siniestros:*

## DE EVOLUCIÓN

*Son aquellos que tanto sus consecuencias y daños pueden evolucionar en función del tiempo.*

*Incendio.  
Inundación.*

*Derrames de hidrocarburos.  
Emisiones de gases, etc.*



# CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS EN CUANTO A SU TIPOLOGÍA

*¿Qué tipo de siniestros se pueden dar?*

*Todos los escenarios posibles se pueden reducir a un modelo de tres tipos de siniestros:*

## DE EVOLUCIÓN DE CAUSA - EFECTO

*Son aquellos en los cuales no se producen nuevos daños como consecuencia de la causa que inicialmente lo ha generado.*

*Alcances.*

*Descarrilos.*

*Caída de catenaria.  
Arrollamientos, etc.*



# CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS EN CUANTO A SU TIPOLOGÍA

*¿Qué tipo de siniestros se pueden dar?*

*Todos los escenarios posibles se pueden reducir a un modelo de tres tipos de siniestros:*

**DE EVOLUCIÓN  
DE CAUSA - EFECTO  
DE EXPLOTACIÓN**

*Son aquellos en los cuales se pueden producir daños por causas inferidas por factores ajenos sin que estos hayan desencadenado algún siniestro.*



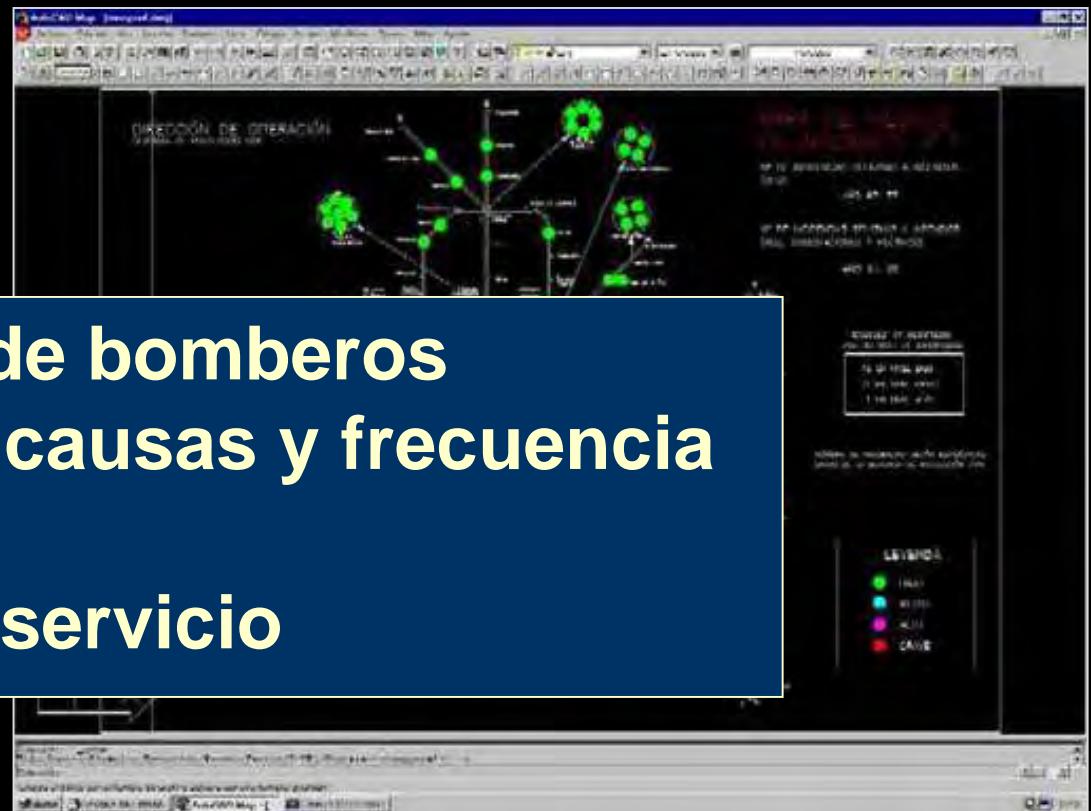
# *IDENTIFICACIÓN DE CIRCUNSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR SITUACIÓN DE CRISIS*

**Los riesgos más frecuentes son el INCENDIO o el HUMO**



# *IDENTIFICACIÓN DE CIRCUNSTANCIAS QUE PUEDEN PRODUCIR SITUACIÓN DE CRISIS*

## *Elaboración de mapas de riesgos*



- Actuaciones de bomberos
- Localización, causas y frecuencia
- Gravedad
- Afectación al servicio

# PLANES DE EMERGENCIA



## *Activación del Plan de Emergencia*



## *Medios de Detección o Conocimiento de la Incidencia*

### **Información directa a través del personal de servicio en estaciones y trenes.**

#### **Utilización de dispositivos:**

- **Pulsadores de alarmas:**
  - Intercomunicadores con Jefe Estación o P.C.C.
  - Intercomunicadores para pasajeros en el interior del tren o bien mediante la utilización de sistemas o equipos.
- **Detección automática en el caso de incendio o humo.**
- **Observación directa a través de T.V.C.C.**

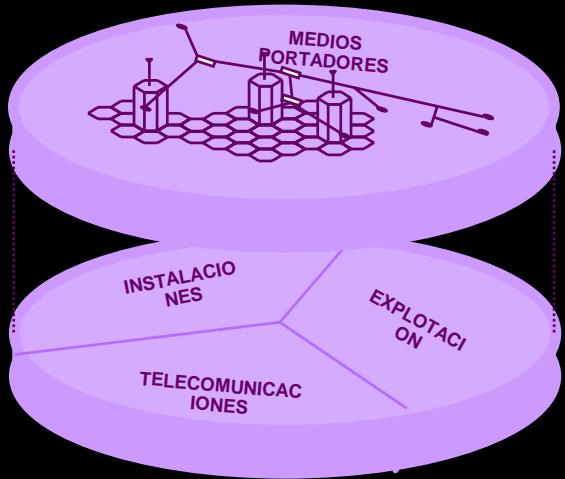


## *Medios de Detección o Conocimiento de la Incidencia*

**La importancia de una detección temprana de la incidencia es vital para atajar los riesgos en las primeras fases de su desarrollo donde son mas fácilmente controlables**

**Establecido que la velocidad de respuesta en la emergencia es una de las variables fundamentales en la minimización del riesgo, ésta va a estar condicionada por la calidad de la información, es decir, por la fiabilidad de esa información, tanto como por la capacidad de análisis por parte de quien la recibe.**





## Comunicaciones

Para la correcta gestión de la incidencia es muy importante la existencia de unas comunicaciones eficaces que permitan:

**Conocer la evolución del incidente**

**Transmitir ÓRDENES**

**COORDINAR ACTUACIONES** con los responsables de los servicios externos de asistencia .



## Elementos que faciliten y permitan la evacuación



Apertura en superficie



Acceso salidas

## *Elementos que faciliten y permitan la evacuación*

### *ALUMBRADO*

*Normal*

*Emergencia ( 1 luminaria de cada siete )*

*Socorro*

*Socorro centralizada*



**ALAMYS**

Metrode Madrid, S.A.



## *Elementos que faciliten y permitan la evacuación*





*Evacuación en trenes*



Escaleras Semiautomáticas de Evacuación

Metro de Madrid, S.A.





Caso 1:  $v=0 \text{ m/s}$   $P=0,5 \text{ MW}$

Evacuación Retrasada (10 min)

CASO

CASO

CASO

Caso 3:  $v=0,16 \text{ m/s}$   $P=0,5 \text{ MW}$

Evacuación Temprana (3 min)

Peor Caso

Mejor Caso

Tiempo de Evacuación [min]

## TIEMPO DE EVACUACIÓN

Salida 3

Salida 4

Salida 5

Salida 6

25 min.

50 min.

500

DISTANCIA DE LA SALIDA DE EMERGENCIA [m]



METRO DE MADRID

ocultar

ocultar

ocultar

ocultar

ocultar

Caso 7. V=0 m/s P=0,5 MW

Caso 4. V=1 a 0 m/s P=2 MW

Caso 6. V=0 a 1,6 m/s P=0,5 MW

Caso 2. V=1 m/s P=0,5 MW

Caso 5. V=1,6 m/s P=0,5 MW

Evacuación Retrasada (10 min.)

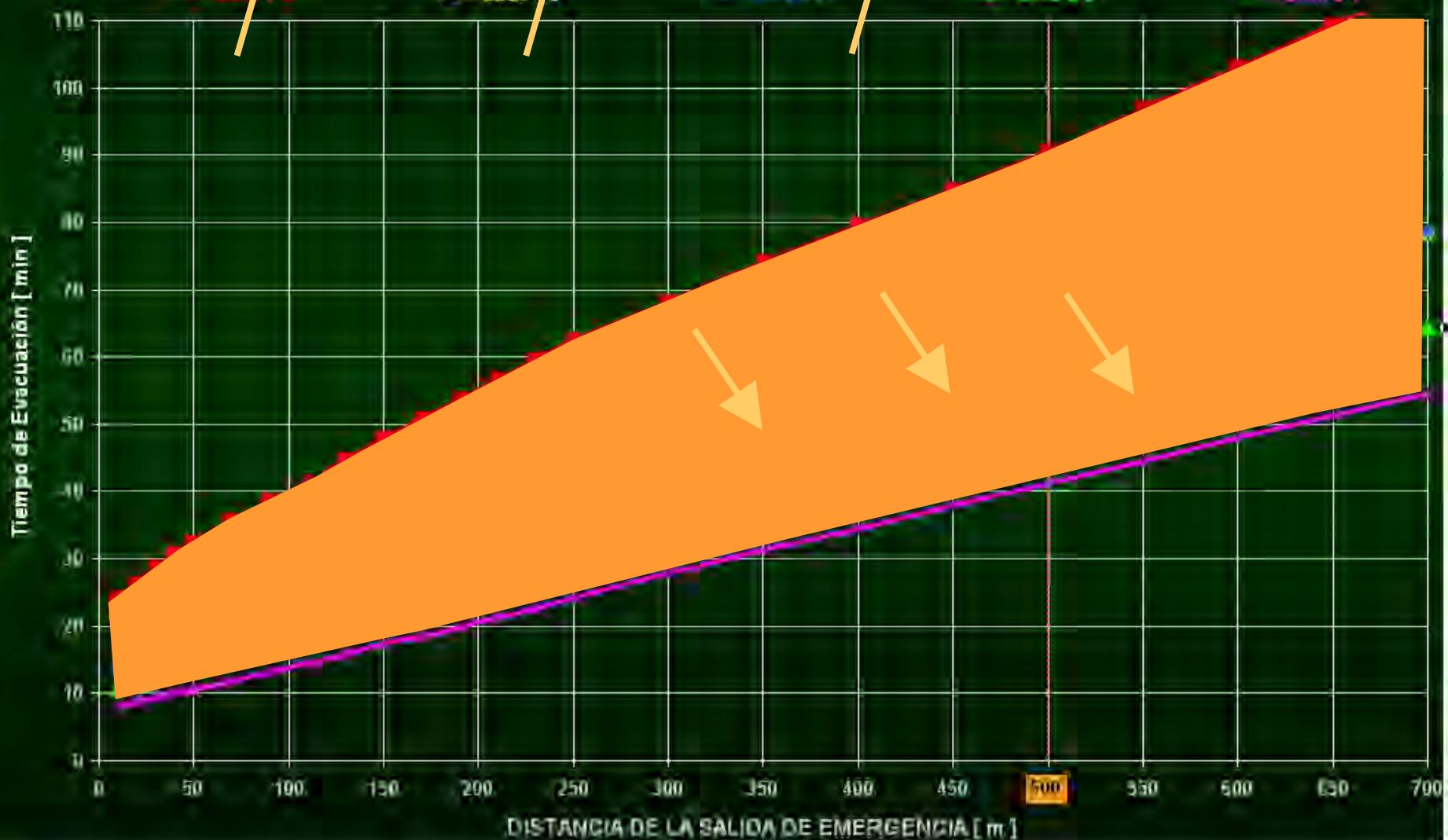
Evacuación Retrasada (10 min.)

Evacuación Normal (6 min.)

Evacuación Normal (6 min.)

Evacuación Temprana (3 min.)

## TIEMPO DE EVACUACIÓN



*Importancia de la ventilación y la operación de la misma en casos de emergencia por incendio*



1 Caso\_12 V= 1 m/s P= 4 Mw

5 Caso\_5 V= 1 m/s P= 2 Mw

2 Caso\_2 V= 1 m/s P= 0,5 Mw

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

Temperatura

21 min

M1 on

M1 off

M2 on

M2 off

M3 on

M3 off

## REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL

**CASO 2 VELOCIDAD AIRE DE 1 m/seg  
CON DIFERENTE POTENCIA  
( 0,5 Mw, 2 Mw y 4 Mw )**

**Control completo del incendio a sotavento 4 Mw**

**Control completo del incendio a sotavento 2 Mw**

**Control completo del incendio a sotavento 0,5 Mw**



01\_Caso\_01 V=0

m/s P=4 Mw

13\_Caso\_13 V=1 m/s P=4 Mw

12\_Caso\_12 V=1 m/s P=4 Mw

velocidad constante 0 m/s

velocidad constante 1,0 m/s

velocidad constante 1 m/s

Temperatura

22 min

M1 on

M1 off

M2 on

M2 off

M3 on

M3 off

## REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL

**CASO 3 MAXIMA POTENCIA DE FUEGO 4MW CON DIFERENTE REGIMENES DE VENTILACION**  
 (0m/seg, 1m/seg, 1-1,6m/seg)  
**t=22 min.**



MODEL 14

MODEL 0 13

MODEL 0 12

Parametro

Temperatura

Tramo

1

Sección

0 m

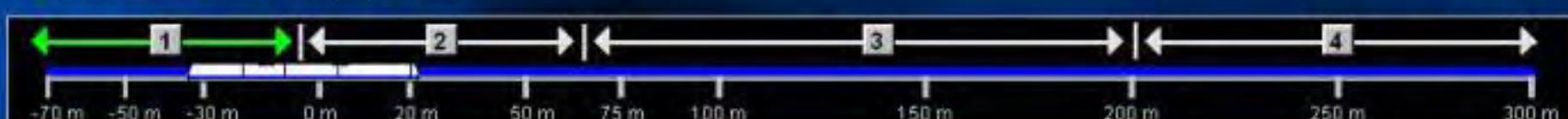
RUN



METRO DE MADRID S. A.

DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES

MODELO 1



MODELO 2



MODELO 3



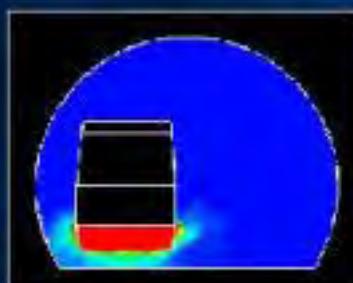
SECCIONES TRANSVERSALES

TEMPERATURA (°C)



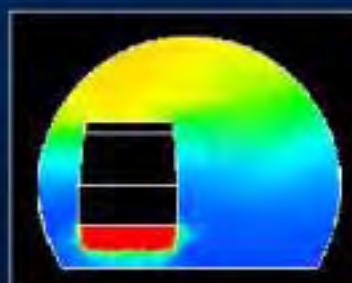
MODELO 1

Caso 14  
T 21 min  
V<sub>av</sub> 0 m/s  
Pot. fuego 4 Mw



MODELO 2

Caso 13  
T 21 min  
V<sub>av</sub> 1 a 1,6 m/s  
Pot. fuego 4 Mw



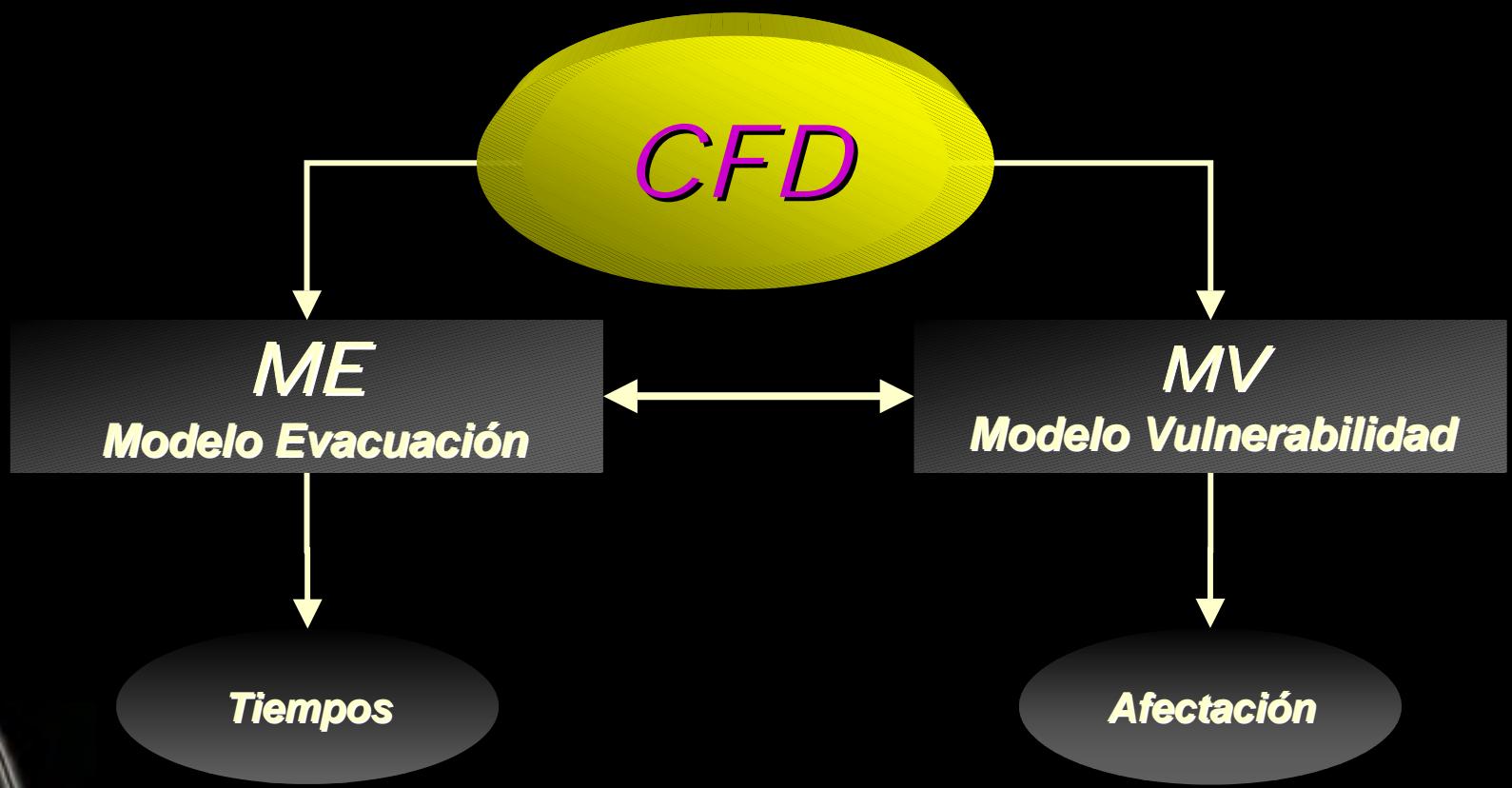
MODELO 3

Caso 12  
T 21 min  
V<sub>av</sub> 1 m/s  
Pot. fuego 4 Mw



**En función de la  
rapidez del inicio de  
la evacuación y de la  
distancia a la salida.**

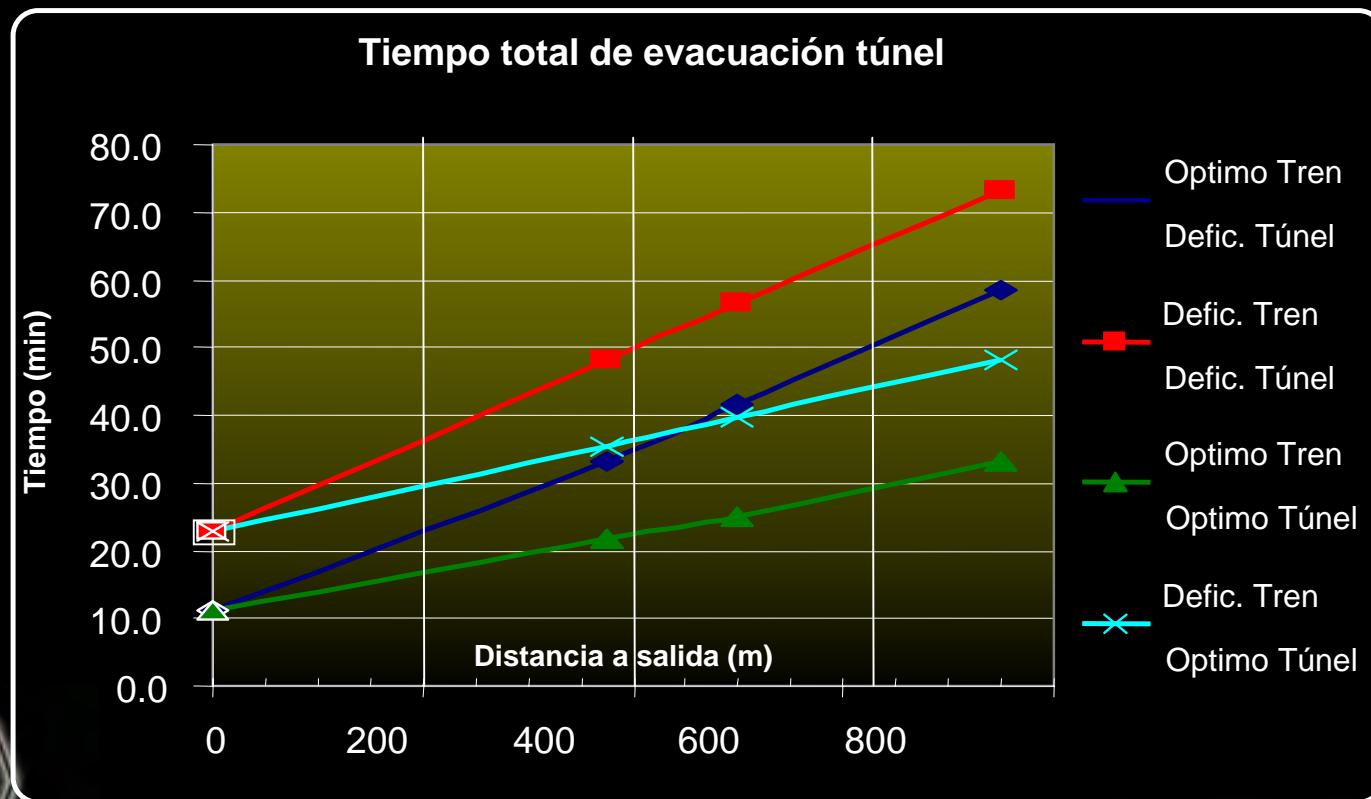
## *Descripción metodología*



## Estudios preliminares

TIEMPO DE EVACUACION TOTAL  $t_{t\text{Evac.}} = t_{\text{premv.}} + t_{\text{mov.}} = t_{\text{rec.}} + t_{\text{res.}} + t_{\text{mov}}$   
EN FUNCION DE LA DISTANCIA

*Tren de 6 coches, 1200 pers sin escaleras*



# RESULTADOS

<i>Objetivo:</i>	<i>Mostrar la importancia del inicio de la evacuación.</i>		
<i>Potencia del incendio:</i>	<i>Constante a 0,5 Mw.</i>		
<i>Ventilación:</i>	<i>V = 0 m/s</i>	<i>V = 1 m/s</i>	
<i>Ocupación:</i>	<i>300 personas / tren</i>		
<i>Inicio de la evacuación.</i>	<i>T<sub>1</sub> = 3 min.</i>	<i>T<sub>2</sub> = 6 min.</i>	<i>T<sub>3</sub> = 10 min.</i>
<i>Observaciones:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <i>Para V= 1 m/s, el nivel de afectación no depende de la distancia de la salida de emergencia</i></li><li>✓ <i>Para V= 0 m/s, el nivel de afectación no depende de la distancia de la salida de emergencia</i></li><li>✓ <i>En el peor de los casos (V = 0 m/s y T<sub>3</sub> = 10 min. ), el nivel de afectación es Cte. a partir de los 400 m.</i></li></ul>		

Caso 7 V=0 m/s P=0,5 Mw

Ocupación Media (300 p.)

Evacuación Temprana (3 min.)

EJECUTAR

SALIDA DE EMERGENCIA A:

350 m

AFFECTACIÓN 1

%

AFFECTACIÓN 2

%

AFFECTACIÓN 3

35,7 %

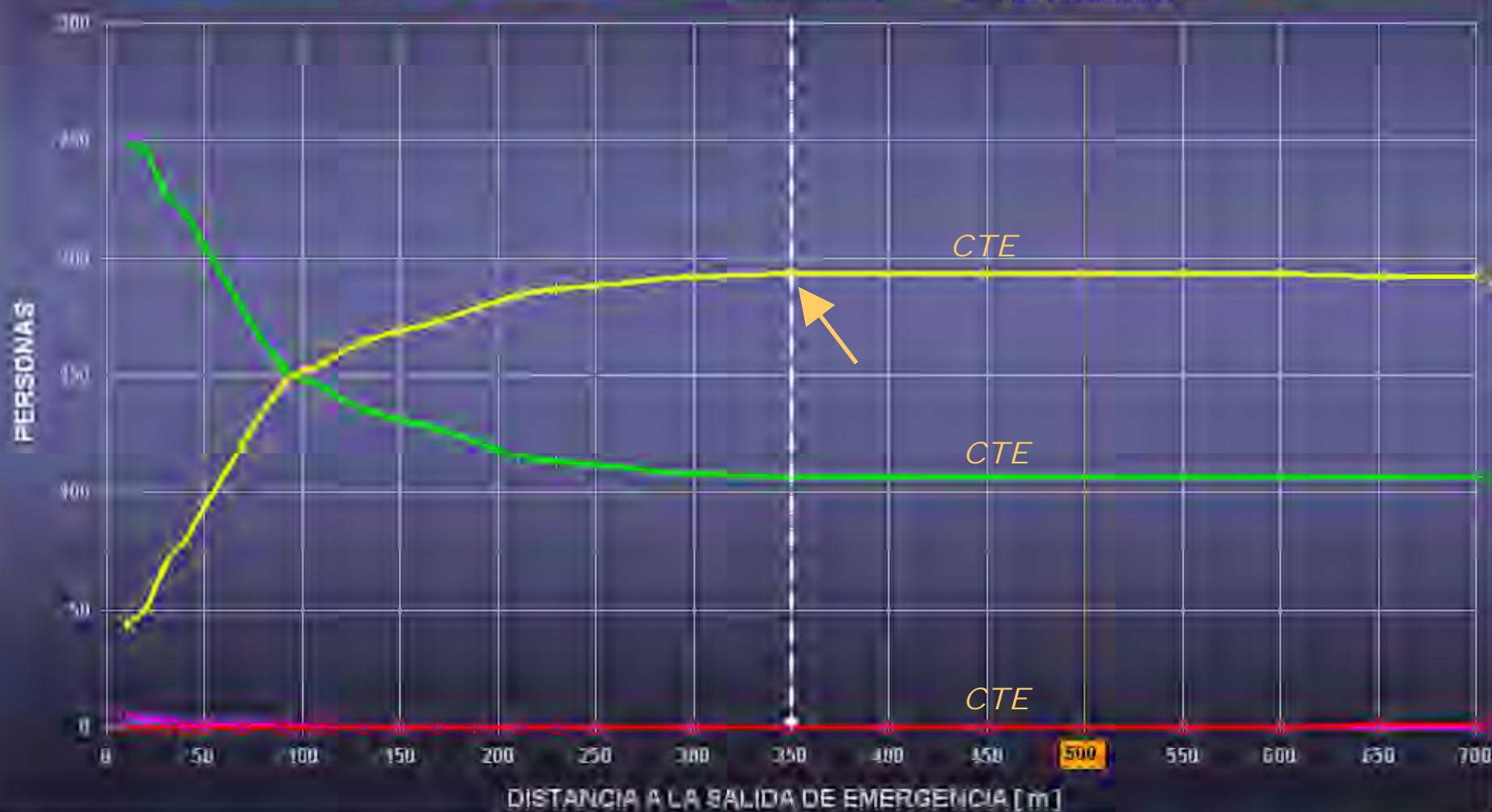
AFFECTACIÓN 4

64,3 %

AFFECTACIÓN 5

%

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA



Caso 7 V=0 m/s P=0,5 Mw

METRO DE MADRID

Ocupación Media (300 p.)

Evacuación Normal (6 min.)

CERRAR

Caso 7 V=0 m/s P=0,5 Mw

EJECUTAR

SALIDA DE EMERGENCIA A:

400 m

AFFECTACIÓN 1

0,0 %

AFFECTACIÓN 2

0,0 %

AFFECTACIÓN 3

10,3 %

AFFECTACIÓN 4

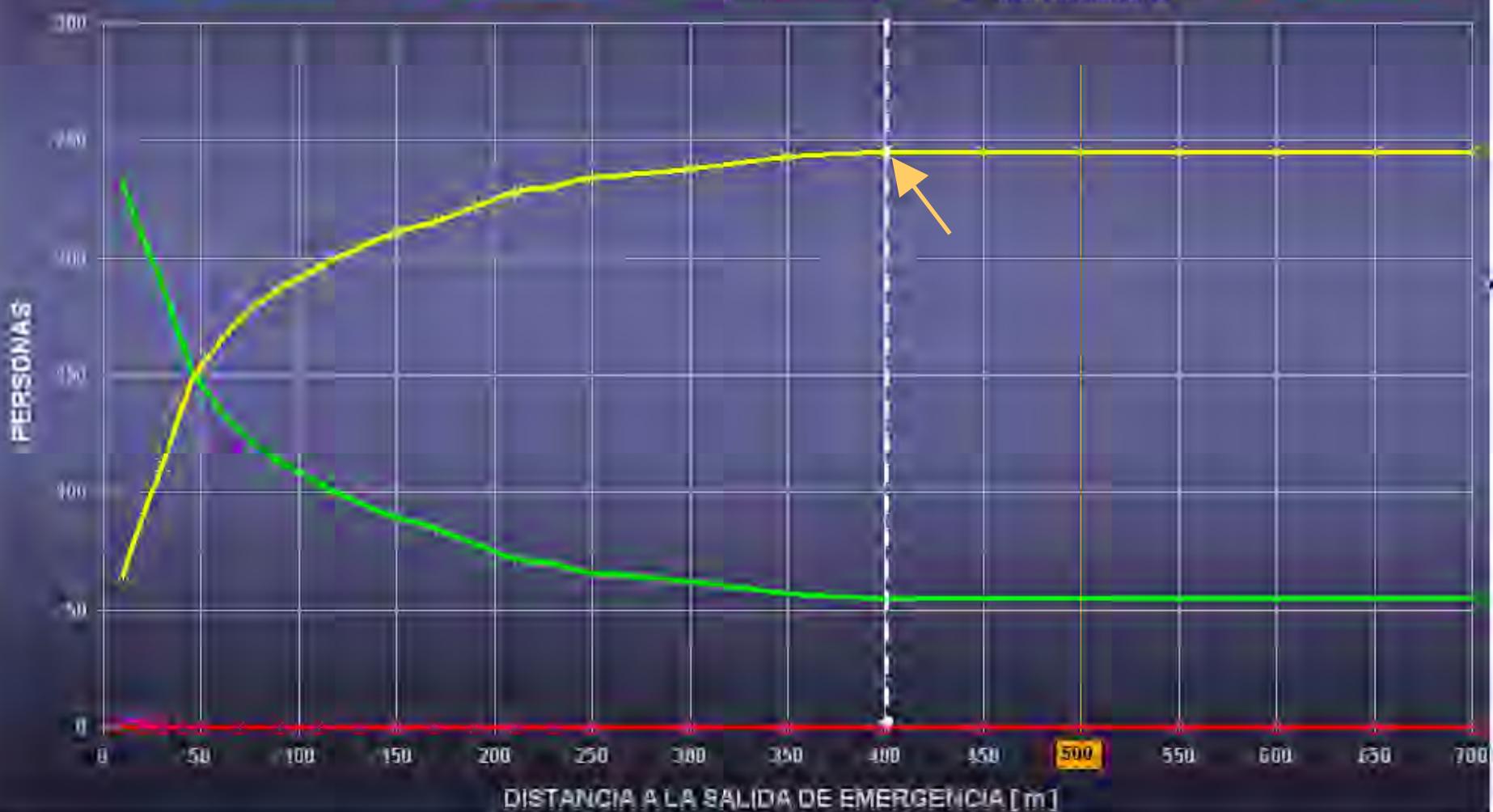
81,7 %

AFFECTACIÓN 5

100 %

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA

■ Nivel Afectación 1 ■ Nivel Afectación 2 ■ Nivel Afectación 3 ■ Nivel Afectación 4 ■ Nivel Afectación 5





Caso 7 V=0 m/s P=0,5 MW

Ocupación Media (300 p.)

Evacuación Retrasada (10 min.)

EJECUTAR

SALIDA DE EMERGENCIA A:

400 m

AFFECTACIÓN 1

0 %

AFFECTACIÓN 2

0 %

AFFECTACIÓN 3

10 %

AFFECTACIÓN 4

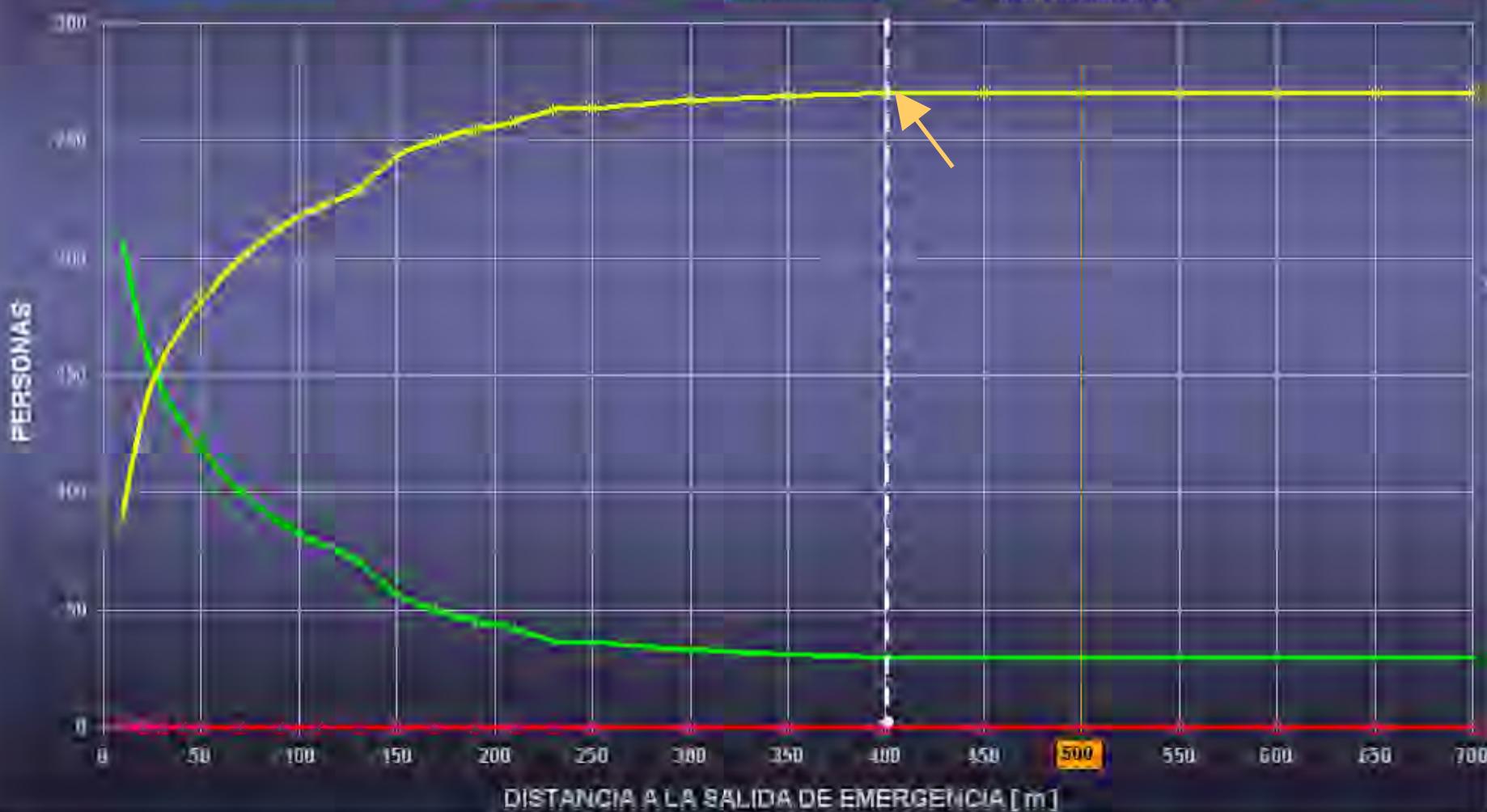
90 %

AFFECTACIÓN 5

100 %

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA

— Nivel Afectación 1 — Nivel Afectación 2 — Nivel Afectación 3 — Nivel Afectación 4 — Nivel Afectación 5



Caso 2. V=1 m/s P=0,5 Mw

Ocupación Media (300 p.)

Evacuación Temprana (3 min.)

EJECUTAR

SALIDA DE EMERGENCIA A:

250 m

AFFECTACIÓN 1

100 %

AFFECTACIÓN 2

100 %

AFFECTACIÓN 3

12 %

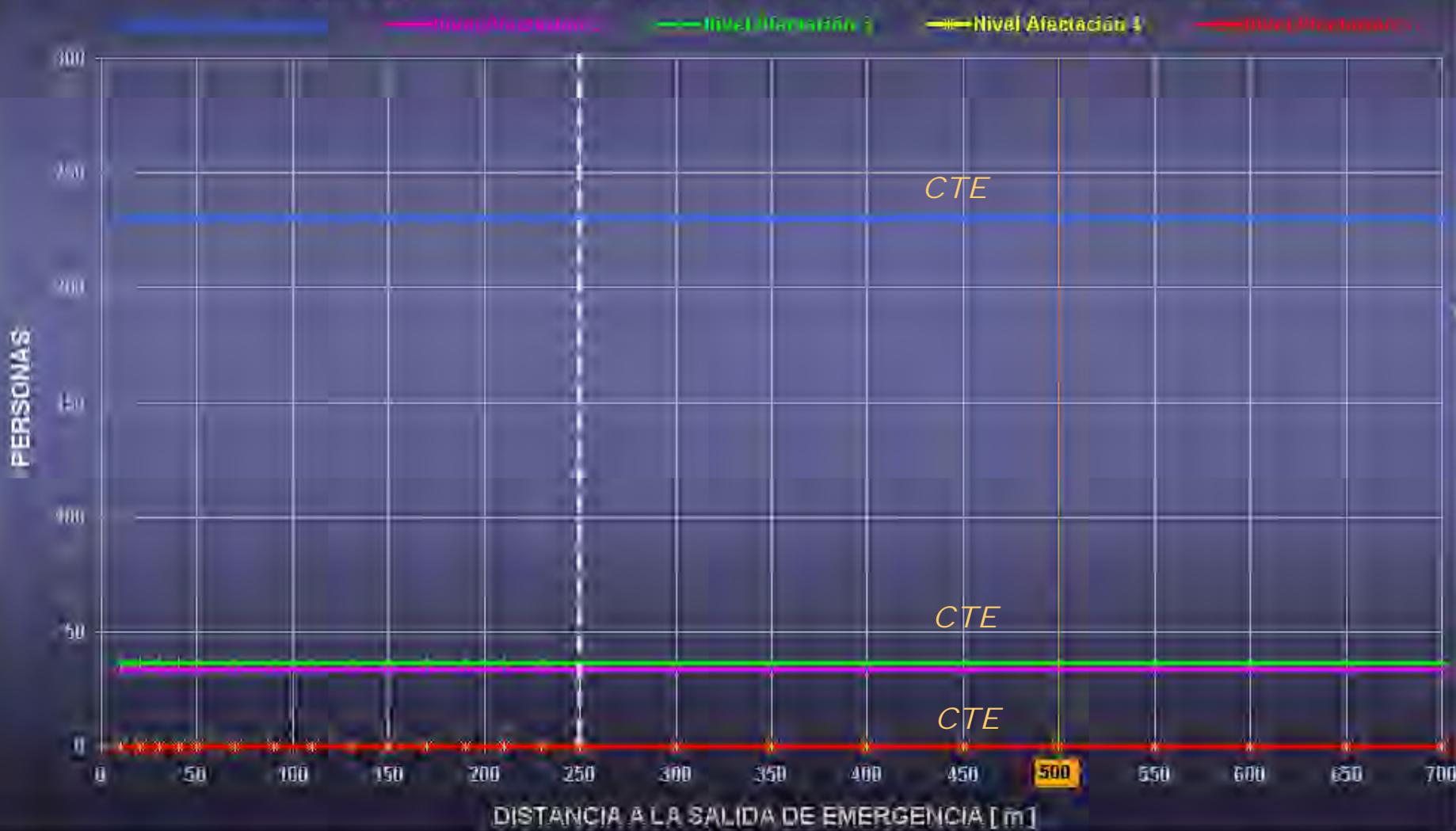
AFFECTACIÓN 4

0 %

AFFECTACIÓN 5

0 %

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA





SALIDA DE EMERGENCIA A:

250 m

AFFECTACIÓN 1

100 %

AFFECTACIÓN 2

0 %

AFFECTACIÓN

16,3 %

AFFECTACIÓN 4

0 %

AFFECTACIÓN 5

0 %

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA





SALIDA DE EMERGENCIA A:

250 m

AFFECTACIÓN 1

100 %

AFFECTACIÓN 2

9,7 %

AFFECTACIÓN 3

16,3 %

AFFECTACIÓN 4

0 %

AFFECTACIÓN 5

0 %

## AFFECTACIÓN ESPERADA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LA SALIDA DE EMERGENCIA

— Nivel Afectación 1  
 — Nivel Afectación 2  
 — Nivel Afectación 3  
 — Nivel Afectación 4




METRO DE MADRID

ocultar

ocultar

ocultar

ocultar

Caso 7:  $v=0$  m/s;  $P=0,5$  MWCasos 1, 4 y 5:  $v=0$  m/s;  $P=0,5$  MWCasos 6:  $v=0$  a 1,6 m/s;  $P=0,5$  MWCasos 2, 3 y 8:  $v=1$  m/s;  $P=0,5$  MWCasos 9 y 10:  $v=1$  m/s;  $P=0,5$  MW

Evacuación Temprana (3 min.)

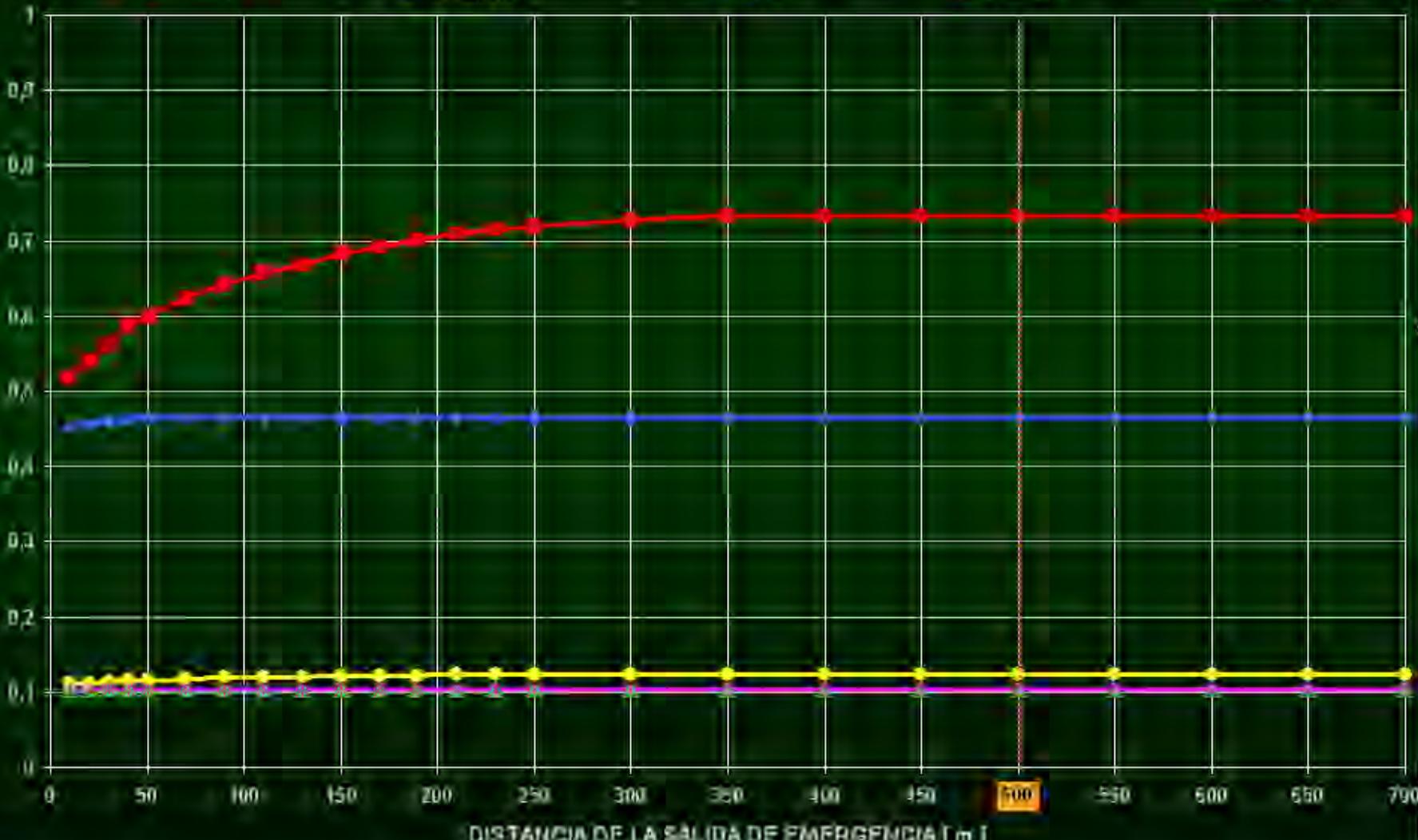
## PROMEDIO DE AFECTACIÓN

Caso 1-1

Caso 2-1

Caso 3-1

Promedio de Afectación



DISTANCIA DE LA SALIDA DE EMERGENCIA [m]

METRO DE MADRID

ocultar

ocultar

ocultar

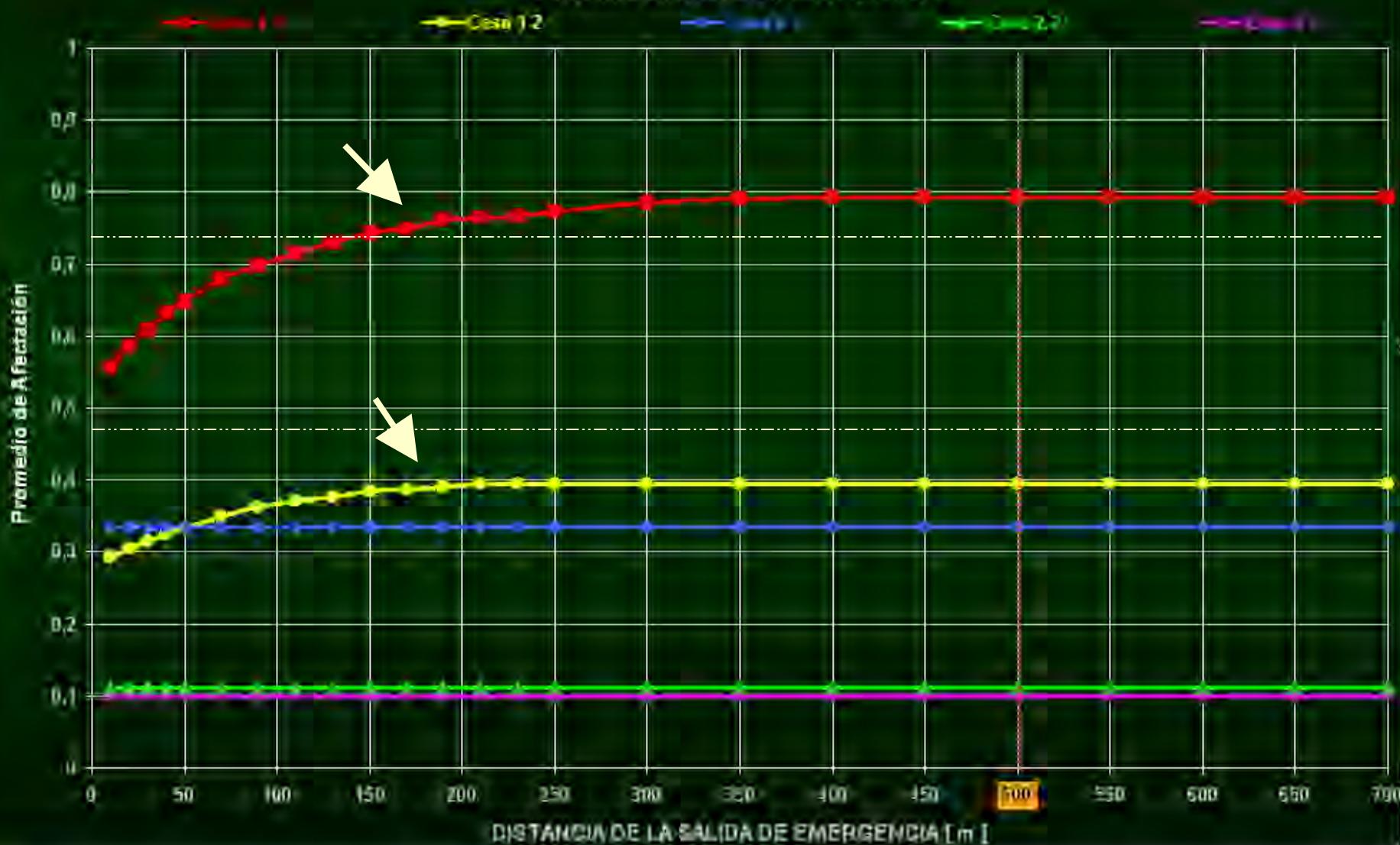
ocultar

ocultar

Caso 1:  $v=0$  m/s,  $P=0,5$  MWCasos 1:  $v=1$  a  $0$  m/s,  $P=0,5$  MWCasos 6:  $v=0$  a  $1,6$  m/s,  $P=0,5$  MWCasos 1:  $v=1$  m/s,  $P=0,5$  MWCasos 3:  $v=1$  m/s,  $P=0,5$  MW

Evacuación Normal (6 min.)

## PROMEDIO DE AFECTACIÓN





METRO DE MADRID

ocultar

ocultar

ocultar

ocultar

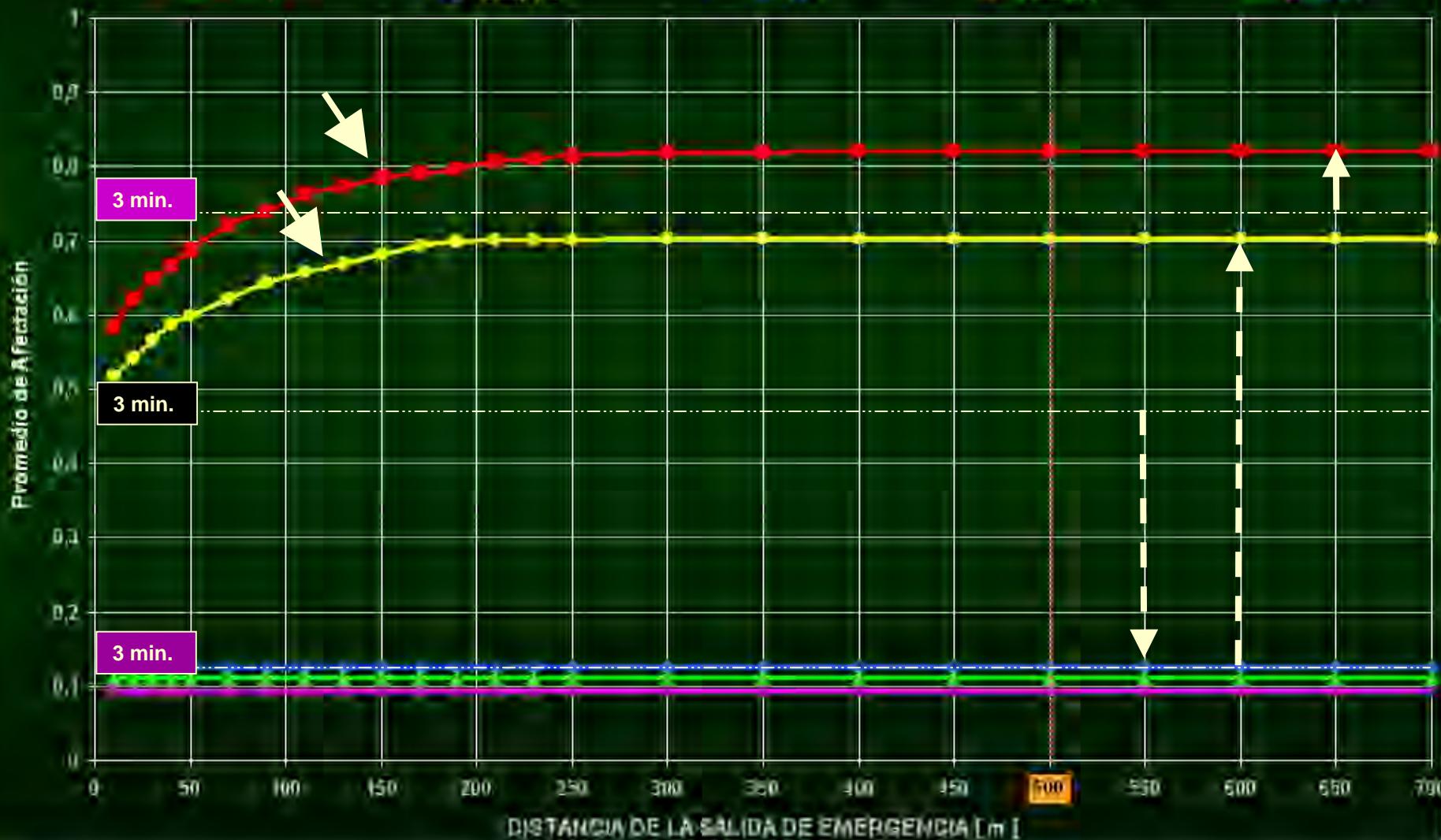
ocultar

Caso 7.  $V=0$  m/s.  $P=0,5$  MWCasos 1.  $V=1$  a  $0$  m/s.  $P=0,5$  MWCasos 6.  $V=0$  a  $1,6$  m/s.  $P=0,5$  MWCasos 4.  $V=1$  m/s.  $P=0,5$  MWCasos 3.  $V=1,6$  m/s.  $P=0,5$  MW

Evacuación Retrasada (10 min)

## PROMEDIO DE AFECTACIÓN

Caso 1.3



## *RECURSOS HUMANOS PARA LA COORDINACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS*



**Responsable principal del Plan de Emergencia  
normalmente ubicado en el Puesto de Control Central.**

**Responsable Local de la Emergencia.**

**Personal Directivo.**

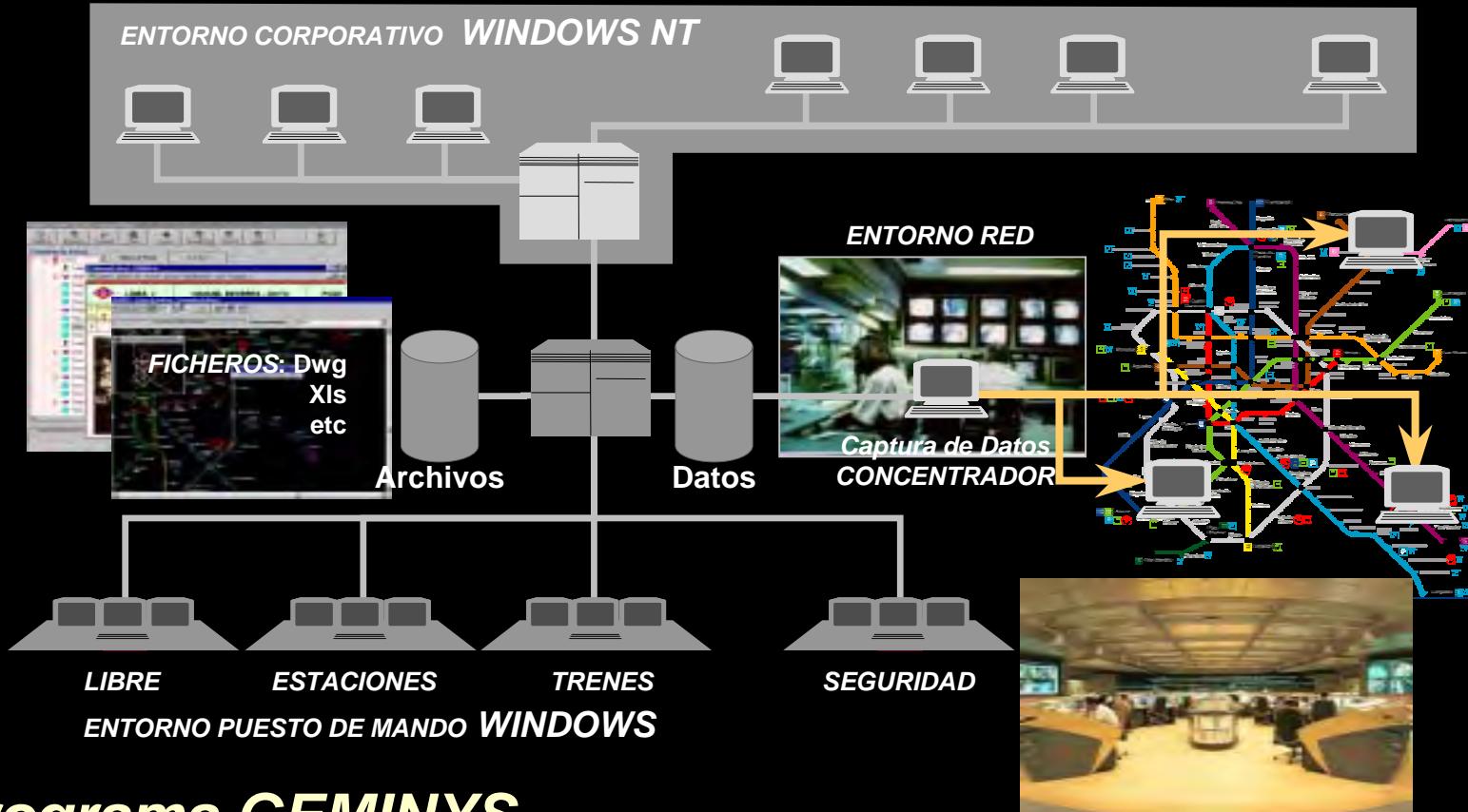
**Responsables de los medios de Asistencia Externos,  
según los casos.**



## Algunos Ejemplos



# PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE AYUDA A LA GESTIÓN DE INCIDENCIAS



## Programa GEMINYS

(Gestor de Emergencias, Información y Seguimiento)

- Propone niveles de Emergencia.
- Indica a cada persona su cometido y se lo recuerda si no lo efectúa.
- Da informaciones técnicas (planimétricas y de procedimientos).
- Actúa como Caja Negra registrando todas las actuaciones.



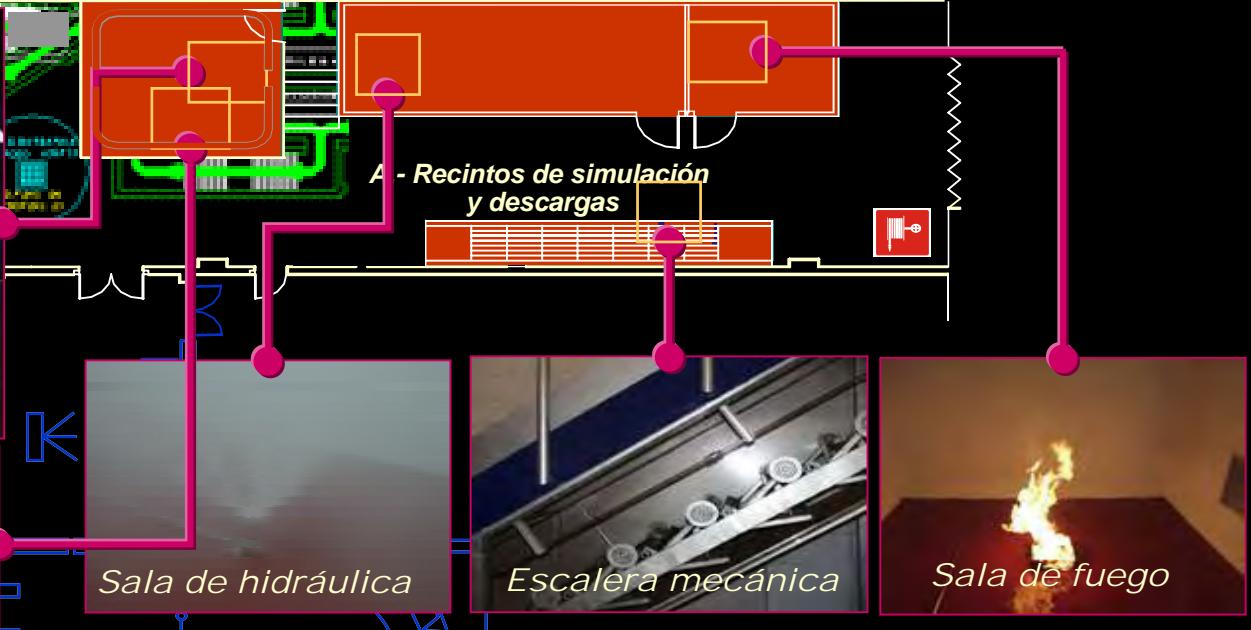
Metro de Madrid, S.A.



# FORMACIÓN, MANIOBRAS Y SIMULACROS



Lavado de humos



# *GESTIÓN DEL TERRITORIO EN LA ZONA DEL INCIDENTE*



**En el lugar donde ocurre el incidente se produce una aglomeración de personas de diferente tipología:**

- **Viajeros afectados**
- **Personal de servicio de la Empresa**
- **Miembros de los Servicios Externos de Emergencia**
- **Medios de comunicación**
- **Familiares de afectados**

# ***GESTIÓN DEL TERRITORIO EN LA ZONA DEL INCIDENTE***

## **Zona del Siniestro**

Esta zona comprende el lugar mismo donde se está produciendo la incidencia. Es la zona crítica de actuación de los Servicios de Emergencia Exteriores. En la medida de lo posible los Puestos Avanzados de Bomberos y de los Servicios Médicos se situarán lo más cerca posible de la zona, pero en el exterior de ella.

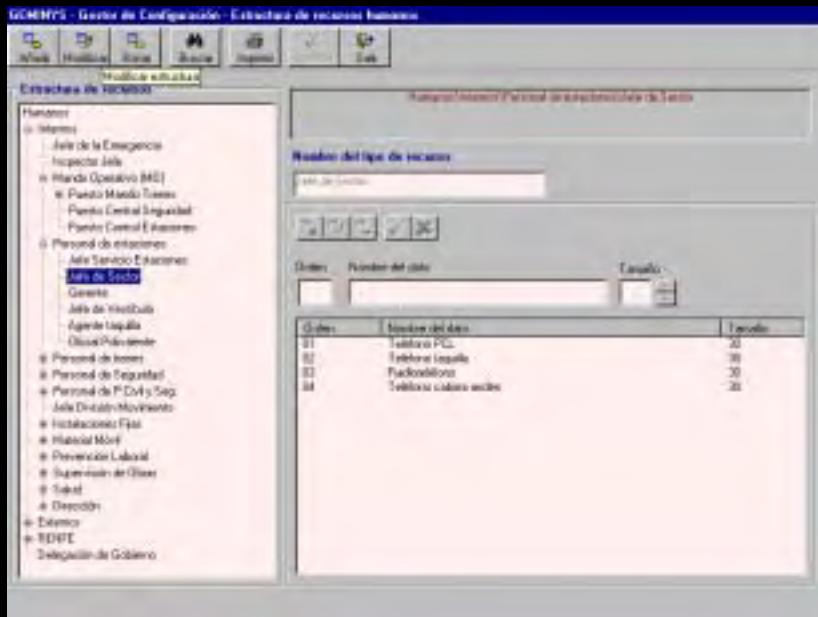
## **Perímetro de Aislamiento**

Este perímetro define una zona que comprende la zona del siniestro y el espacio necesario para la correcta organización de los servicios de socorro, impidiendo ser molestados por curiosos u otro personal que no tiene ninguna intervención en la solución del incidente. Este perímetro debe estar señalizado por bandas o elementos similares de señalización.

## **Perímetro de Disuasión**

Esta zona, más grande que la Zona de Aislamiento, alcanza incluso al exterior de las instalaciones de Metro. En ella se canaliza y filtran los vehículos y las personas que pueden intervenir en el incidente, reserva espacios de estacionamiento para ambulancias y vehículos de socorro. También en él se puede instalar si es necesario un Hospital de Campaña, así como puntos de acogida para familiares de posibles víctimas, zona de información a medios de comunicación, etc.

# PLAN DE COMUNICACIÓN



El que la imagen corporativa de las diferentes explotaciones no se resienta más de lo que se deriva de la propia existencia de un incidente grave, es uno de los aspectos de mayor relevancia en la gestión de este tipo de situación.

De acuerdo con ello, con diferente amplitud, hay que desarrollar planes de comunicación con el objeto de transmitir la información necesaria y específica a cada una de las partes implicadas, directa o indirectamente, en la situación de crisis.

## CONCLUSIONES

**La variedad de campos y la complejidad de todo lo relacionado con la gestión de situaciones de crisis en los Ferrocarriles Metropolitanos hace necesaria la estructuración de Planes y Procedimientos.**

**Es necesario tener esta maquinaria lo suficientemente “engrasada” por medio de la formación del personal, realización de simulacros y la actualización y mejora en los procedimientos en base a las incidencias reales.**

Es necesario dotar a las instalaciones de los elementos necesarios para:

- Detectar situaciones de riesgo.
- Extinguir en caso de incendio.
- Facilitar el tránsito y la evacuación.
- Mantener las Comunicaciones.

**EL COSTE NO CUENTA ANTE LA SEGURIDAD**

**El tiempo es un factor fundamental para minimizar los efectos y la afectación a las personas.**

**Es por tanto necesario afinar los procedimientos y utilizar herramientas que permitan una ordenada comunicación de órdenes y ejecución de actuaciones.**

**Gracias por su atención**