



Documentación

NTP 436: Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación

Calcul de référence de voies et temps d'évacuation
Evaluation of evacuation safe paths and times

Redactor:

Adolfo Pérez Guerrero
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

El plan de emergencia de cualquier centro de trabajo plantea el doble objetivo de proteger a las personas y a las instalaciones ante situaciones críticas, minimizando sus consecuencias. La mejor salvaguarda para los ocupantes ante una emergencia es que puedan trasladarse a un lugar seguro, a través de un itinerario protegido y en un tiempo adecuado, esto es, realizar una evacuación eficiente. La presente Nota Técnica pretende exponer los parámetros a considerar para conseguir con éxito una evacuación. Para ello se ha considerado la **Norma Básica de la Edificación CPI/96** y otras informaciones diversas de tipo práctico.

Mediante un ejemplo de aplicación práctica se muestra como estimar las dimensiones de las vías de evacuación y los tiempos.

Definiciones

Si se plantea un itinerario cualquiera de evacuación, antes del estudio de optimización se debería poner atención en los siguientes conceptos generales extractados de la **Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96**.

Origen de evacuación: Cualquier punto ocupable. Excepción de los recintos de densidad de ocupación baja y superficie menor de 50 m², cuyo origen de evacuación es su puerta.

Recorridos de evacuación: Longitud real sobre el eje de pasillos, escaleras y rampas.

Altura de evacuación: Diferencia de cotas de evacuación entre la del origen y la de salida del edificio. Para evacuación no se consideran las escaleras mecánicas, rampas móviles y aparatos elevadores, excepto las rampas móviles con dispositivo de parada automática por sistema de detección y alarma.

Rampas: Son consideradas como los pasillos con una pendiente que no deberá ser mayor que el 12% cuando su longitud sea menor que 3 m., que el 10% cuando su longitud sea menor que 10 m. o que el 8% en el resto de los casos.

Recinto: Espacio cerrado y formado por elementos constructivos separadores. Puede abarcar diversas plantas pero constituye un sector de incendio.

Establecimiento: Concesión de dominio sobre la utilización de un inmueble. Todo él dentro de un edificio será un sector de incendio diferenciado.

Espacio exterior seguro: Es el lugar de la vía pública dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de la salida de edificio de $0.1 P$ metros, siendo P el número de ocupantes. Si el espacio exterior no está comunicado con la red viaria o con otros espacios abiertos no será preciso computar la superficie necesaria dentro del radio de distancia antes citado pero habrá que excluir una franja de quince metros desde la fachada. Este espacio se determina a razón de $0,5 \text{ m}^2$ / persona como mínimo. Ver también salida de edificio.

Salida de recinto: Es una puerta o un paso que conducen directamente o no a la salida de planta y del edificio. Un recinto puede disponer de una única salida, si su ocupación es menor de 100 personas, no existen recorridos para más de 50 personas que precisen salvar en sentido ascendente una altura de evacuación de más de dos metros y ningún recorrido hasta la salida debe ser mayor de 25 m. en general. Una planta puede disponer de una única salida si además de cumplir las condiciones anteriores, su altura de evacuación no es mayor que 28 m.

Si un recinto o planta deben tener varias salidas se verifica que: Desde cualquier origen hasta alguna salida el recorrido es menor de 50 m. y desde todo origen de evacuación hasta algún punto con al menos dos recorridos alternativos no tenga más de 25 m.

Salida de planta: Puede ser el arranque de una escalera que conduce a una planta de salida del edificio, siempre que ésta no tenga un ojo o hueco central con un área en planta mayor que 1.3 m^2 y no comunique con otras inferiores a través de huecos verticales además de las normales de las escaleras.

Es también una puerta de acceso a una escalera o a su vestíbulo previo, a un pasillo protegido, siempre que cumpla con la normativa específica y que conduzcan a una salida de edificio.

Es la puerta de acceso a otro sector, con las condiciones de que el primer sector tenga otra salida de planta o una puerta de acceso a un tercer sector y finalmente a una salida de edificio. Las dos salidas del primer sector no conducirán a un sector común para los dos recorridos optativos. Los espacios a los que se accede, dentro de 30 m de recorrido de evacuación desde la puerta considerada disponen como mínimo de $0,5 \text{ m}^2$ por persona asignada a dicho recorrido.

Salida de edificio: Puerta o hueco utilizable como paso a un espacio exterior seguro. Si el espacio exterior seguro no tiene capacidad para todos los ocupantes se podrá buscar otro espacio adicional capaz con la condición que el recorrido sea menor que 50 m y cumpla con la normativa específica.

Tiempos de evacuación

En el desalojo por incendio o emergencia en un local o edificio se pueden considerar cuatro tiempos diferenciados de la evacuación, el tiempo de detección t_D , el de alarma t_A , el de retardo t_R y el tiempo propio de evacuación t_{PE} , según se indica en la figura 1.

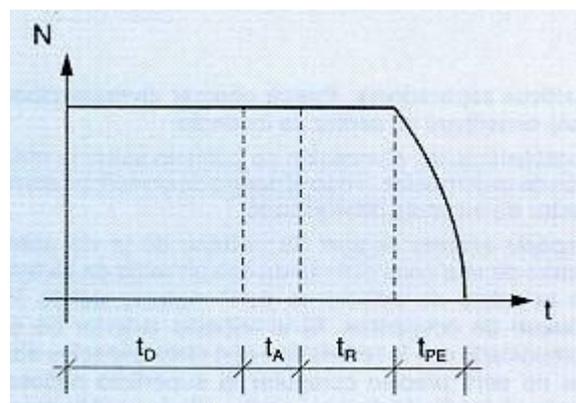


Fig.1 : Relación entre el número de personas evacuadas y el tiempo de evacuación

La suma de todos es el tiempo de evacuación. Este y sus diferentes componentes está en función del grado de implantación del plan de emergencia.

$$t_E = t_D + t_A + t_B + t_{PE}$$

Para la optimización del tiempo total de evacuación se puede considerar la forma de hacer mínimos cada uno de los tiempos sumandos. El tiempo de detección comprende desde el inicio del fuego o emergencia hasta que la persona responsable inicia la alarma. Si se desglosa a su vez t_D se puede apreciar el tiempo de detección automática o humana, el de comprobación de la emergencia y el de aviso para iniciar la alarma. Hay centrales de alarma que son capaces de recibir la señal de un detector activado y analizar en menos de un segundo si es verdadera o falsa y también el nivel de gravedad de la emergencia. La detección humana no es tan rápida, pero se puede optimizar con la ayuda de unos buenos medios de comunicación (megafonía, teléfonos portátiles, ordenadores periféricos o portátiles, etc.).

En el caso de detección automática, la central de alarma puede estar programada para activar la alarma correspondiente, iniciando la evacuación. En el caso de detección por una persona transcurrirá un tiempo hasta que se verifique la gravedad del suceso y se notifique la necesidad de activar la alarma correspondiente.

El tiempo de alarma es el propio de emisión de (los mensajes correspondientes) por los medios de megafonía, luces o sonidos codificados. Este tiempo depende de la bondad técnica y de comunicación colectiva de los mencionados mensajes.

El tiempo de retardo es el asignado para que el colectivo de personas a evacuar asimilen los mensajes de alarma e inicien el movimiento hacia los itinerarios correspondientes de salida. Influye de una manera importante en la disminución de t_R la eficacia de comunicación de los mensajes y la buena organización del personal de ayuda para la evacuación.

El tiempo propio de evacuación se inicia en el momento que las primeras personas usan las vías de evacuación con intención de salir al lugar seguro preindicado. Se puede contar aproximadamente desde la salida del primer evacuado.

Para el tiempo total de evacuación se puede considerar, que tendría que ser obviamente inferior al menor de los tiempos de resistencia de los materiales que limitan los itinerarios de evacuación, y contando también con que dichas vías de evacuación cumplen con las condiciones mínimas de protección contra humos y sustancias tóxicas inhalables,

tomándose como medida preventiva aminorar en la medida de lo posible el tiempo total de exposición de las personas evacuadas. En caso necesario se pueden suministrar mascarillas faciales de protección de ojos y vías respiratorias, teniendo en cuenta que su uso debe quedar restringido a exposiciones cortas y concentraciones ambientales de humos y gases muy bajas.

Este tiempo total de evacuación depende del número de salidas del edificio o recinto a evacuar. Se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo máximo de 2.5 minutos.

Cálculo de vías de evacuación. Aplicación práctica

En el planteamiento inicial se puede considerar que cada persona a evacuar podrá disponer como mínimo de una vía principal de evacuación y otra optativa.

En la figura 2, a título de ejemplo, se puede ver la representación de un edificio de oficinas constituido por cuatro plantas y un sótano. Se observa la distribución de cada planta con los huecos de los patios interiores, dos escaleras de incendios laterales que terminan en la planta baja y a la que cada planta tiene acceso a través de puertas cortafuego realizadas en la pared de protección que aísla cada una de las escaleras del resto de edificio. Cada planta constituye un sector independiente de incendio. Existe una escalera principal protegida que va desde la planta 4 a la planta baja. Desde el sótano suben dos escaleras hasta la planta baja. En esta planta se indica una salida principal de edificio y tres secundarias.

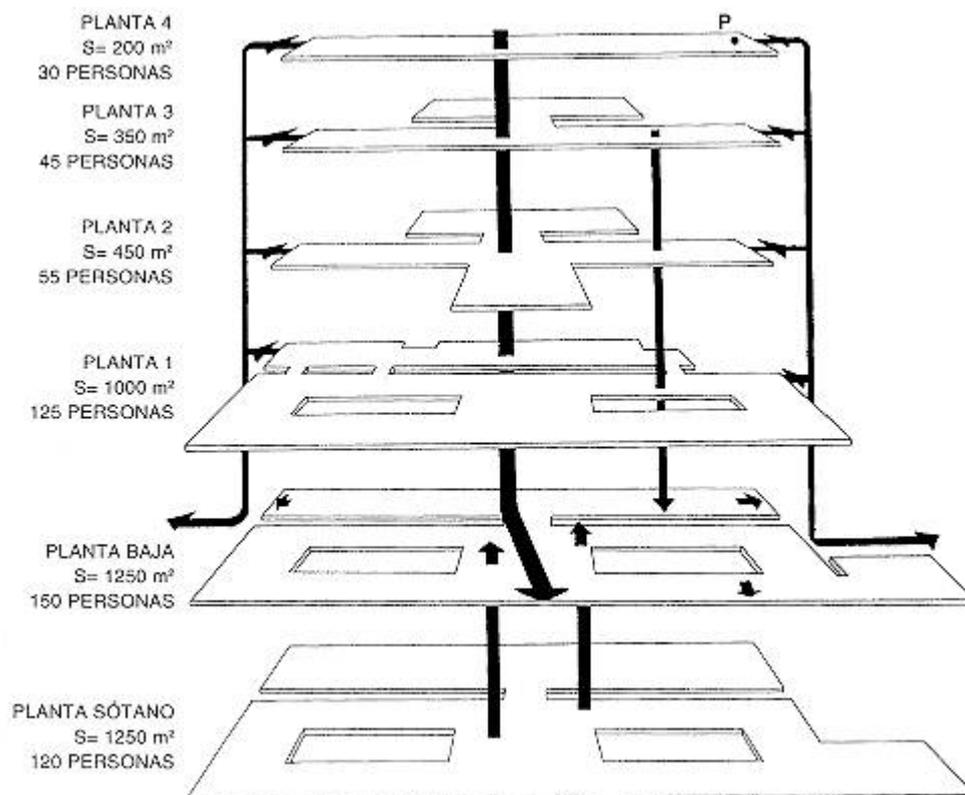


Fig. 2: Vías de evacuación en un edificio de oficinas

Para el cálculo de las vías de evacuación se puede considerar en primer lugar que las 525 personas que trabajan en el edificio están distribuidas por plantas como se indica en la figura 2. Se observa que la ocupación mínima para oficinas es de 1 persona/10 m² por lo

que en cada planta, la ocupación sobrepasa a este mínimo excepto en la planta sótano. Por lo que para los cálculos de evacuación se tomará la ocupación real de cada planta excepto en el sótano que será la mínima según norma de 125 personas.

Se considera a continuación la altura total del edificio que en el caso que nos ocupa es de $h = 18.5$ metros de los cuales son 4 m para cada una de las plantas baja y primera, a las otras plantas segunda, tercera y cuarta les corresponde 3.5 m a cada una, el sótano tiene también una altura de 4 m. Como es mayor que 15 m las escaleras tienen que ser protegidas. La anchura en metros A tiene que cumplir con la condición de norma por la cual $P \leq 3 S + 160 A$, siendo P el número de ocupantes asignados a la escalera en el conjunto de las plantas a las que sirve. En el caso del ejemplo $P = 255$, que es la suma de las ocupaciones de las plantas 1, 2, 3 y 4. El valor S es la superficie útil del recinto de la escalera en el conjunto de las plantas en m^2 , incluida la correspondiente a los tramos, rellanos y mesetas intermedias. En el caso que estudiamos es, teniendo en cuenta que un tramo tipo de escalera de 1 m de anchura y correspondiente a un piso de altura de techo 3 m tiene una superficie útil estimable en $11 m^2$, a los 4 tramos de los 4 pisos de 15 m de altura total de techos le corresponderá una escalera de anchura A metros y superficie $S = 15 \times 11/3 \times A = 55 A$. Por lo que: $P \leq 3 S + 160 A$ que sustituyendo, $255 \leq 3 \times 55 A + 160 A$; $A \geq 0.39$; se toma el valor mínimo de A que cumple con lo anterior: $A = 1$ metro. En el ejemplo considerado se tiene una escalera principal protegida de 1.4 m de ancho, como vía principal de evacuación y otra escalera secundaria protegida de 1 m de ancho como vía opcional de evacuación, superándose así sobradamente el valor mínimo de norma que quedaría cubierto con una única escalera protegida de 1 m de anchura.

Las dos escaleras de incendio complementan las salidas de las plantas mejorando las posibilidades de evacuación. En otros casos distintos al del ejemplo se podrían considerar tales escaleras también como vías de evacuación, siempre y cuando que el edificio ya construido, no admita la inclusión de una escalera protegida y su uso sea distinto al hospitalario. En estos casos se calcularía como una escalera no protegida con una anchura mínima de 80 cm.

En el ejemplo que nos ocupa las salidas normales de planta serán las puertas de acceso a las dos escaleras protegidas que resultan, como se ha visto, suficientes, aunque adicionalmente están las dos puertas de acceso a las escaleras de incendio.

Como la ocupación de la Planta 1 es mayor de 100 personas se necesitan dos salidas de planta que serán las de acceso a las dos escaleras protegidas. Aunque en las Plantas 2 y 3 sería suficiente una única salida de planta se mantienen también como mejora los dos accesos a las escaleras protegidas. La Planta 4 tiene suficiente con un único acceso a la escalera principal protegida, E1 en la figura 3.

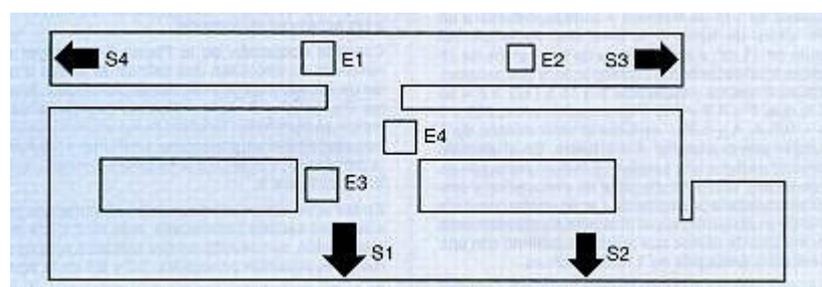


Fig. 3: Salida de edificio en planta baja

En la Planta Sótano como más de 50 personas precisan salvar, en sentido ascendente,

más de 2 m de altura de evacuación, se necesitarán dos salidas a sendas escaleras de evacuación protegidas, E3 y E4 en la figura 3.

En la Planta baja las salidas de edificio corresponden a puertas que dan acceso a un espacio exterior con una superficie de $0,5 \text{ m}^2$ por persona, de forma tal que ninguno de sus puntos se encuentre situado a una distancia de la salida, en metros, mayor que $0.1 P$, siendo P el número de ocupantes. Los cálculos serían:

$$S = 0.5 \times 525 = 262.5 \text{ m}^2;$$

$$D = 0.1 P = 52.5 \text{ m}.$$

donde

S: Superficie espacio seguro.

D: Distancia máxima entre el punto más alejado del espacio seguro y una puerta de salida de edificio.

Si se considera el número de salidas de edificio ubicadas en la Planta Baja, se observa que a dicha planta confluyen dos escaleras descendentes E1, E2 y otras dos ascendentes, E3, E4 según la figura 3. Se asigna a la escalera descendente de 1 m de anchura un número de ocupantes de $160 \times 1 = 160$ personas. La otra escalera descendente será capaz para $160 \times 1.4 = 224$ personas. La anchura mínima de las escaleras ascendentes tendría que ser: $A = P / (160 - 10 h) = 125 / (160 - 10 \times 4) = 1.04 \text{ m}$. Como hay dos escaleras ascendentes, de 1 m de ancho cada una se cumple sobradamente con lo anterior. Por lo que se asignan 160 personas a cada una de las escaleras ascendentes.

Para el cálculo de las salidas del edificio en la Planta Baja se considera (ver la figura 3) para el arranque de la escalera descendente E1 una asignación de ocupantes de 224 personas. Para los arranques de escaleras E2, E3 y E4 la asignación de ocupantes será de 160 personas para cada una. Los ocupantes propios de esta planta son 150 personas, por lo que el ancho total de las puertas de salida del edificio, teniendo en cuenta 1 m de ancho por cada 200 personas, sería: $A = (224 + 3 \times 160 + 150) / 200 = 4.27 \text{ m}$, como mínimo. En el caso que nos ocupa se dispone de una puerta principal S1 de 2 m de anchura y tres puertas secundarias S2, S3 y S4 de 1 m de anchura, tal como se indica en la figura 3.

En las plantas primera, segunda y tercera se dispone de dos salidas de planta porque se ha estimado que la longitud de algunos recorridos de evacuación hasta una hipotética única salida serían mayores que 25 m.

La planta cuarta al ser la más reducida en dimensiones puede disponer de una única salida de planta porque se ha considerado que cumple con los requisitos de que su ocupación es menor de 100 personas, la longitud de ningún recorrido de evacuación hasta la salida de planta es mayor de 25 m y su altura de evacuación es menor de 28 m.

En las plantas de dos o más salidas se ha previsto que la longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta alguna salida de planta es menor que 50 m. Se cumple también que la longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta algún punto desde el que partan al menos dos recorridos alternativos hacia sendas salidas, no es mayor que 25 m.

Si se considera el recorrido de evacuación más desfavorable, se podría partir del punto P de la planta cuarta más alejado del acceso a la escalera principal, según se representa en la figura 2, y para medir toda la longitud del recorrido se consideran 22 m de longitud de pasillos a recorrer en la propia planta cuarta hasta la salida de la misma por la escalera principal, sumando también las longitudes correspondientes a los tramos de mesetas y de escalera correspondientes a la escalera principal hasta desembocar en la planta baja y finalmente añadiendo la longitud del recorrido desde el pie de escalera hasta la salida principal del edificio que es de 18 m.

La escalera principal esta constituida por tres tramos y dos mesetas entre cada dos plantas consecutivas. Cuando la altura entre plantas sea de 3.50 m, la parte de escalera entre estas plantas tiene dos tramos de escalera de siete escalones de 35 cm de huella y 16 cm de contrahuella más otro tramo de ocho escalones de iguales características. Además habrá que considerar dos mesetas de 1.4 m de longitud cada una, coincidiendo así esta longitud con la anchura de escalera.

Si la altura entre plantas es de 4 m, entonces la parte de escalera entre estas plantas tiene dos tramos de ocho escalones de 35 cm de huella y 16 cm de contrahuella más otro tramo de nueve escalones de iguales características. Además hay dos mesetas de 1.4 m de longitud cada una.

Para el cálculo de la longitud del recorrido de evacuación correspondiente a la escalera principal se considera que desde la planta cuarta hasta la planta segunda hay cuatro tramos de escalera de longitud 2.30 m cada uno y dos tramos de escalera de longitud 2.70 m cada uno. Además se consideran cuatro tramos de meseta de 1.40 m de longitud cada uno.

Desde la planta segunda hasta la planta baja hay cuatro tramos de escalera de longitud 2.70 m cada uno y dos tramos de escalera de longitud 3.08 m cada uno. Además se consideran cuatro tramos de meseta de 1.40 m de longitud cada uno.

Por lo que la longitud total del recorrido de evacuación correspondiente a la escalera será de:

$$4 \times 2.30 + 2 \times 2.70 + 4 \times 2.70 + 2 \times 3.08 = 31.56 \text{ m de tramos de escalera}$$

$$8 \times 1.40 = 11.20 \text{ m de tramos de mesetas de escalera.}$$

Cálculo de los tiempos de evacuación

En el caso de una persona adulta sin impedimentos físicos, la velocidad de desplazamiento horizontal se podría estimar a razón de un metro por segundo y en desplazamiento vertical (escaleras), podría ser de medio metro por segundo.

El tiempo propio de evacuación del itinerario que empieza en el punto P y termina a la salida principal del edificio sería:

$$t_{PE} = \text{espacio} / \text{velocidad} = 22 \text{ m} / 1 \text{ m/s} + 31.56 \text{ m} / 0.5 \text{ m/s} + 11.20 \text{ m} / 1 \text{ m/s} + 18 \text{ m} / 1 \text{ m/s} = 114 \text{ s, aproximadamente igual a 2 minutos.}$$

El tiempo de detección podría oscilar entre un máximo de 10 minutos en el caso de detección por el personal presente o de vigilancia y menos de 1 minuto para el caso de haber central de alarma automatizada. En el ejemplo se considera un tiempo de 5 minutos.

El tiempo de alarma es el propio de la emisión de los mensajes, luces o sonidos codificados y no debería ser superior a 1 minuto.

El tiempo de retardo en situaciones con personal adiestrado en el plan de emergencia no debería superar el minuto. En todo caso podría alcanzar hasta 5 minutos o más si no hay un plan de emergencia correctamente implantado. En el caso del ejemplo se ha considerado un tiempo de retardo de 2 minutos.

Con estos supuestos se podría considerar que el tiempo total de evacuación para el ejemplo estudiado sería de:

$$t_E = t_D + t_A + t_B + t_{PE} = 5 \text{ min.} + 1 \text{ min.} + 2 \text{ min.} + 2 \text{ min.} = 10 \text{ minutos.}$$

La norma UNE 23093 define una acción térmica convencional mediante una relación tiempo-temperatura que constituye una referencia que permite establecer las exigencias reglamentarias de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos, en términos de tiempo equivalente durante el cual el ensayo reproduce la peor condición posible en el lugar del incendio.

La escala de tiempos adoptada por la Norma Básica de la Edificación, **NBE-CPI 1996**, se corresponde con los siguientes valores de temperatura alcanzada por encima de la del ambiente:

Tiempo (minutos)	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura (°C)	718	821	882	925	986	1029	1090	1138

Aunque estos tiempos no están relacionados directamente con el tiempo total de evacuación, se deberían tener en cuenta para el diseño de la protección de las vías de evacuación usando los materiales adecuados con una resistencia al fuego (RF) y parallamas (PF) suficiente para su misión de proteger como mínimo, durante todo el tiempo transcurrido en la evacuación.

Se podría considerar como tiempo total máximo para una evacuación el de 15 a 20 minutos, siempre que el edificio esté debidamente protegido y la propagación del fuego controlada. En todo caso el tiempo máximo de evacuación estará en función de las garantías de control del siniestro. Evidentemente un incendio posiblemente requiera un tiempo de evacuación menor que una amenaza de bomba. En el caso de que alguno de los sumandos de este tiempo total fuesen mayores que los expuestos en el ejemplo de esta nota, se podría considerar la disminución de los otros sumandos para poder conseguir un total aceptable.

En el caso del ejemplo tratado se podría considerar la eventualidad de una de las escaleras descendentes bloqueadas lo que conduciría a efectuar la evacuación por la otra escalera descendente que está calculada para ser capaz para ello. Lo único que aumentaría sería las longitudes de los pasillos recorridos como vías de evacuación en cada planta y en el caso tratado se estimaría un aumento del tiempo propio de evacuación, desde el punto más desfavorable de la planta tercera hasta la escalera no bloqueada, de menos de 1 minuto por lo que el tiempo total de evacuación seguiría estando dentro de lo aceptable. En el caso de la última planta, por tener una única escalera descendente protegida se tendría que recurrir al uso de las escaleras de incendio.

Si el edificio del ejemplo lo consideráramos ubicado dentro de una planta industrial debería completarse el estudio de evacuación con otro en el que se incluiría el estudio de riesgo de la planta para poder escoger los itinerarios de evacuación más seguros que conduzcan, si

fuese necesario, fuera de la planta.

Inicialmente se podría considerar el espacio exterior seguro, ya definido anteriormente como uno de los puntos de reunión para el caso de evacuación parcial de la planta. Por supuesto que los puntos de reunión deberían elegirse como los lugares suficientemente seguros dentro del recinto de la planta y además cercanos a las puertas de salida hacia el exterior. En estos casos, al tiempo total de evacuación del edificio habría que sumarle el tiempo propio de evacuación correspondiente al recorrido del itinerario de evacuación a través de la planta, que, en el caso de evacuación parcial, terminará en el punto de reunión y en el caso de evacuación total termina en las puertas de salida del recinto de la planta.

Bibliografía

(1) MINISTERIO DEL INTERIOR

Orden de 29 de noviembre de 1984. Manual de Autoprotección. Guía para desarrollo del Plan de Emergencia contra incendios y de evacuación de locales y edificios.

BB. OO. 26 febrero 1985, rect. 14 junio.

(2) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

R.D. 2059/81, de 10 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-81: Condiciones de protección contra incendios en los edificios.

BB. OO. del 18 y 19 de septiembre de 1981.

(3) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

R.D. 279/1991, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación "NBE-CPI-91: Condiciones de protección contra incendios en los edificios".

B. O. E. nº 58 viernes 8 marzo 1991.

(4) MINISTERIO DE FOMENTO

R.D. 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación "NBE-CPI-96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios".

B. O. E. nº 261 martes 29 octubre 1996.

(5) MARÍA JESÚS DIOS VIÉTEZ

Norma de incendios NBE-CIP-91. Casos tipo en edificios de viviendas. Ediciones Universidad de Navarra, S.A. (EUNSA).

Barañáin-Pamplona 1993.