SISTEMA DE EVACUACIÓN DE PERSONAS EN EDIFICIOS Y TÚNELES ANTE INUNDACIONES IMPREVISTAS

TECNOLOGÍA PATENTADA

DATOS DE CONTACTO:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
http://innoua.ua.es

RESUMEN

Investigadores de la Universidad de Alicante han desarrollado un novedoso sistema de evacuación frente a inundaciones que transforma el techo de edificios y túneles en una vía segura de escape mediante cavidades cóncavas que retienen aire gracias a la presión del agua. Las cavidades permiten respirar sin necesidad de equipos activos, y están conectadas por una línea de vida rígida y texturizada que guía a los ocupantes hasta la salida, aun en condiciones de visibilidad nula.

El sistema se complementa con válvulas de presión para equilibrar el agua entre espacios, compuertas accesibles desde el techo, balizas de telecomunicaciones para informar a los equipos de rescate y dispositivos de señalización e iluminación. El diseño, modular y escalable, es aplicable tanto en obra nueva como en rehabilitación, garantizando una evacuación rápida y fiable ante inundaciones.



INTRODUCCIÓN

El sector de la ingeniería civil y la arquitectura de seguridad se enfrenta a un reto crítico cuando una edificación o una infraestructura subterránea se inunda rápidamente. Los sistemas de evacuación existentes están diseñados principalmente para incendios donde el aire limpio permanece "a ras del suelo", o para rescates en aguas abiertas, y ninguno de ellos está optimizado para espacios confinados que se llenan de agua hasta el techo. Entre los sistemas actuales, cabe destacar los siguientes:

- **Campanas de buceo**: emplean la presión hidrostática para retener un volumen de aire, pero su construcción pesada y su configuración móvil las hacen impracticables como elemento estructural permanente dentro de una vivienda o un túnel.
- **Recintos herméticos**: utilizados en minería, pueden aislar a los ocupantes de atmósferas tóxicas, pero dependen de sistemas químicos o mecánicos de regeneración del aire; si fallan, la asfixia es inevitable y no ofrecen salida alguna cuando el rescate se retrasa.
- **Dispositivos de flotación personal** ("chalecos salvavidas"): están diseñados para mantener las vías respiratorias fuera del agua, pero resultan contraproducentes en un recinto inundado: su flotabilidad positiva empuja a los usuarios contra el techo, limitando la movilidad y dificultando la búsqueda de salidas situadas en cotas inferiores.

Las líneas de vida flexibles o cables presentan riesgos de enredo con mobiliario y objetos arrastrados por la corriente. Además, cuando son lisas, pierden fricción si están cubiertas de lodo o aceite, impidiendo que el usuario pueda ejercer la fuerza necesaria para avanzar contra corriente o mantenerse posicionado bajo una bolsa de aire. La falta de indicaciones táctiles también dificulta

la orientación en condiciones de visibilidad nula.

En conjunto, estos sistemas carecen de un mecanismo pasivo y fiable que garantice la disponibilidad inmediata de aire respirable y de una ruta segura hacia la salida cuando el agua sube hasta el techo. La presente tecnología propone precisamente eso: cavidades con forma cóncava invertida instaladas en el techo que retienen el aire mediante presión hidrostática y están conectadas a la salida por una línea de vida rígida con textura antideslizante y elementos guiadores táctiles y luminosos. Esta solución elimina la dependencia de energía externa, reduce los riesgos de asfixia y proporciona una vía de evacuación predeterminada y accesible, incluso en ambientes totalmente oscuros o turbios.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

La gestión de emergencias por inundaciones en espacios confinados, como túneles, estacionamientos subterráneos o edificios con sótanos, ha sido históricamente un reto técnico. Los sistemas habituales, tales como campanas de buceo, cámaras herméticas o dispositivos flotantes individuales (chalecos salvavidas) están diseñados para contextos muy distintos: aguas abiertas, minería o incendios en superficie. Cuando el agua invade una estructura cerrada, la falta de aire respirable y la dificultad de desplazarse bajo la corriente hacen que las víctimas queden atrapadas sin posibilidad de evacuación rápida.

Esta novedosa tecnología propone un enfoque radicalmente distinto: **convertir el techo del recinto inundado en una vía de escape "a ras de techo" mediante cavidades cóncavas invertidas y una línea de vida rígida** (*véase Figura 1*). El principio físico que lo sustenta es la retención hidrostática pasiva. Cuando el agua sube, comprime el aire atrapado en el interior de cada cavidad y crea un volumen respirable permanente sin necesidad de sistemas mecánicos ni energía externa, así se elimina el riesgo de fallo mecánico o energético.

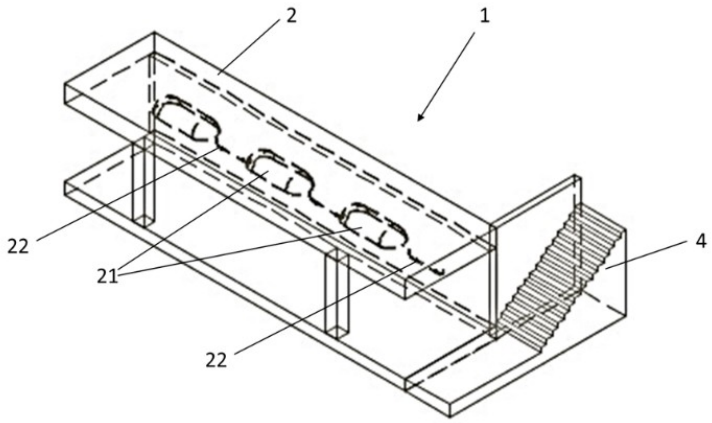


Figura 1: Vista en perspectiva isométrica de una sección de infraestructura subterránea (tipo túnel o aparcamiento) equipada con el sistema de la invención, apreciándose su disposición en el techo y la ubicación de la línea de vida.

Las cavidades, que pueden adoptar diferentes formas (prismáticas, semiesféricas, cilíndricas u otro tipo de forma más compleja, por ejemplo, tronco cónica con extremos redondeados) están incrustadas en el techo y están diseñadas para capturar un volumen de aire entre 0,34 -1,70 m^3. El diseño alargado favorece la alineación con la línea de vida y facilita el paso de personas que se desplazan bajo el agua. En el dibujo (*véase Figura¿2*) se aprecia cómo la geometría evita concentraciones de tensión y reduce la posibilidad de colapso estructural cuando el techo está sometido a la carga hidrostática.

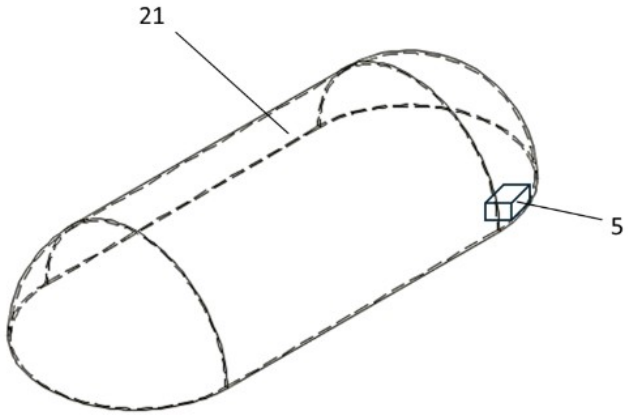


Figura 2: Vista en perspectiva de un ejemplo de cavidad.

Importancia de la interconexión de las cavidades: la patente propone una línea de vida rígida (*véase Figura 3*), formada por un tubo o barra metálica con elementos de guiado táctil, que se instala paralelamente al techo y cuya superficie está texturizada para mantener un adecuado coeficiente de fricción.

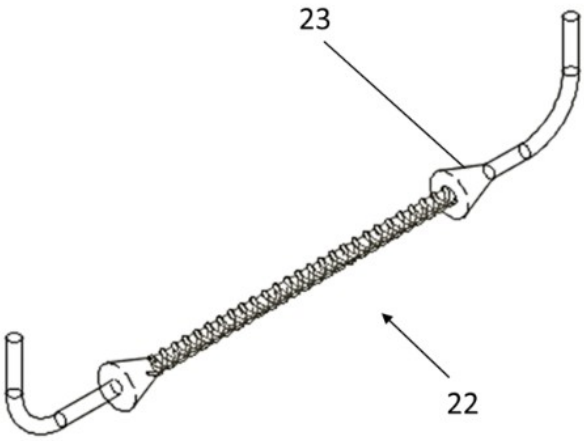


Figura 3: Vista en detalle de un tramo de la línea de vida en la que se aprecia la textura superficial de alta fricción (corrugado/moleteado) y los elementos de guiado táctil.

En los espacios donde las puertas tradicionales quedan bloqueadas por el agua, se instalan **compuertas alineadas con la línea de vida** (*véase Figura 4*). Estas escotillas permiten a los ocupantes pasar sin tener que abrir una puerta empujada por la presión del agua. Bajo cada compuerta se colocan válvulas de ecualización de presión que se abren automáticamente cuando la diferencia de presión supera un umbral predefinido, así el flujo entre los compartimentos se regula sin intervención humana, ni energía eléctrica.

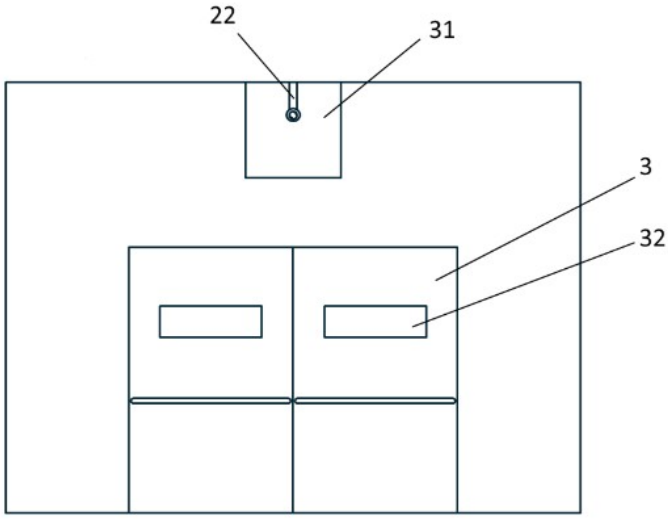


Figura 4: Vista esquemática frontal de un acceso de emergencia detallando la presencia de dos válvulas y de una compuerta.

Para complementar la seguridad pasiva, la patente incluye **balizas autónomas** que incorporan **sensores** de oxígeno, dióxido de carbono y presión absoluta, además de un **módulo de comunicación**. Cuando el sensor detecta condiciones críticas, emite una señal que guía a los equipos de rescate hasta la cavidad afectada.

La **versatilidad del sistema** se ve reflejada en su capacidad de ser instalado tanto en **obra nueva** como en **rehabilitación**. En construcciones nuevas, las cavidades pueden formar parte del encofrado permanente, mientras que en los edificios existentes se fijan mediante anclajes mecánicos o químicos que soportan la carga de flotabilidad.

En resumen, el sistema propuesto transforma el techo de un recinto inundable en una ruta de evacuación segura y autónoma al aprovechar la presión hidrostática para mantener aire respirable, proporcionar una vía de escape con agarre seguro y ofrecer telemetría activa. La combinación de cavidades cóncavas, la línea de vida rígida con guía táctil, las compuertas y las balizas de comunicación convierten cualquier edificio o infraestructura subterránea en un entorno más seguro ante la amenaza de una inundación inesperada.

Esta tecnología ofrece una solución integral que **supera las limitaciones** de los dispositivos tradicionales, entre ellas:

- La falta de rutas de escape en inundaciones, ya que los sistemas tradicionales (evacuación a “ras del suelo” o escaleras) se vuelven inaccesibles cuando el agua cubre las salidas.
- La dependencia de energía y mantenimiento de las cámaras herméticas o de los dispositivos de flotación, que requieren suministro eléctrico, baterías, regeneradores de aire o intervención manual que pueden fallar bajo condiciones extremas.
- La desorientación en ambientes con turbidez, escasez de iluminación u oscuridad, ya que la ausencia de luz y la presencia de corrientes dificultan la orientación de los ocupantes.

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA

Combinando principios físicos de mecánica de fluidos con un diseño robusto y orientado al usuario, esta novedosa tecnología proporciona una forma práctica y fiable de proteger a las personas ante inundaciones repentinas. Su implementación puede reducir significativamente los riesgos de asfixia y desorientación, mejorar la respuesta de las emergencias y cumplir con normativas cada vez más exigentes en materia de seguridad estructural.

Las principales **ventajas** de esta tecnología son:

1. **Garantiza la respiración** durante las inundaciones gracias a las cámaras de aire que se generan por presión hidrostática, sin necesidad de utilizar energía, ni sistemas mecánicos.

2. Permite la **evacuación "a ras del techo"** mediante una línea de vida rígida con indicaciones táctiles y luminosas, operando incluso en completa oscuridad.

3. La superficie texturizada de la línea de vida ofrece un agarre seguro, aunque esté mojada o sucia, facilitando la **supervivencia contra corriente y bajo lodo o aceite**.

4. Elimina la necesidad de abrir puertas obstaculizadas o usar chalecos salvavidas, **reduciendo el riesgo de atrapamiento** y facilitando el paso a través de espacios inundados.

5. Las válvulas de igualación de presión entre estancias equilibran el flujo de agua sin requerir energía externa, **evitando corrientes peligrosas y facilitando la apertura de compuertas**.

6. Las balizas estancas con telecomunicación transmiten la **ubicación** y la **calidad del aire** a los equipos de rescate.

7. La **modularidad** permite su instalación, tanto en obra nueva como en rehabilitación, **reduciendo costes y tiempos de intervención** sin alterar la estructura de la edificación.

8. Al ser un sistema pasivo, no depende de suministro eléctrico externo ni incorpora mecanismos electromecánicos, reduciendo fallos y **garantizando su funcionamiento continuo durante las emergencias**.

9. **No requiere energía eléctrica** para el suministro de aire, lo que disminuye los costes operativos y la huella ambiental del edificio.

10. **Facilita la evacuación autónoma** de los ocupantes sin entrenamiento especializado, mejorando la seguridad comunitaria y la confianza en la gestión de los desastres.

ASPECTOS INNOVADORES

El sistema **transforma el techo de edificaciones susceptibles a inundaciones en una ruta segura** para evacuar sin necesidad de entrenamiento previo. Al instalar **cavidades cóncavas invertidas**, la presión del agua comprime y mantiene aire respirable dentro de ellas, creando refugios estáticos que no requieren energía, ni mantenimiento activo.

Una **línea de vida rígida**, con superficie texturizada y marcadores táctiles, guía a los ocupantes hacia la salida, incluso en condiciones de poca visibilidad.

Compuertas y válvulas de presión controlan el flujo de agua entre espacios y permiten el tránsito de personas, y **balizas con telecomunicación** alertan a los equipos de emergencias sobre la presencia y la calidad del aire.

Este enfoque pasivo supera las limitaciones de las cámaras herméticas, las campanas sumergibles y los chalecos salvavidas, ofreciendo mayor fiabilidad y autonomía.

ESTADO ACTUAL

El sistema de evacuación frente a inundaciones descrito constituye una solución innovadora que combina cavidades cóncavas invertidas en el techo con líneas de vida rígidas y guiadas, compuertas y válvulas de ecualización. La propuesta se basa en el principio de retención hidrostática pasiva para crear zonas de aire respirable sin requerir suministro eléctrico externo, complementada por dispositivos de telemetría autónoma y telecomunicación.

Hasta la fecha, el desarrollo tecnológico ha completado el diseño del sistema y se han construido prototipos a escala con los que se han realizado experimentos de laboratorio que confirman la respuesta de las cavidades y su capacidad para retener aire respirable. Por lo tanto, el nivel de madurez tecnológica (*Technology Readiness Level*) se sitúa en un **TRL=4**, es decir, en la fase de **validación de componentes en laboratorio** con la necesidad de avanzar hacia pruebas piloto a una escala mayor para confirmar la viabilidad estructural, la eficacia de la retención de aire y la operatividad de los sistemas de comunicación bajo inundaciones reales.

APLICACIONES DE LA OFERTA

Tipos de empresas:

1. **Constructoras especializadas** en obra nueva y rehabilitación de:

   - Infraestructuras subterráneas: túneles, estaciones de metro y tren, estacionamientos, carreteras subterráneas, plantas industriales y centros comerciales con espacios subterráneos.

   - Edificios residenciales, comerciales e industriales: sótanos, áticos y estructuras con riesgo de inundación por

tormentas o fallos hidráulicos.

• Instalaciones críticas: hospitales, laboratorios, centros de datos donde la continuidad operativa es esencial.

• Proyectos de rehabilitación: se puede instalar como complemento en edificios existentes sin alterar su estructura principal.

2. **Proveedores de soluciones de seguridad** para instalaciones críticas (baterías, plantas de tratamiento, centrales eléctricas, etc.).

3. **Administraciones públicas** y organismos de gestión de riesgos naturales.

COLABORACIÓN BUSCADA

Se buscan empresas interesadas en adquirir esta tecnología para su explotación comercial mediante **acuerdos de licencia de la patente**, así como organizaciones interesadas en avanzar en el desarrollo de la tecnología que dispongan de recursos económicos y/o instalaciones adecuadas para diseñar pruebas piloto a escala real o colaborar en alguna de las áreas que requiere el proyecto.

Perfil de empresa buscado:

Empresas con capacidad técnica para integrar soluciones de seguridad y evacuación que tengan experiencia en proyectos de infraestructuras críticas o de construcción que estén dispuestas a colaborar en la adaptación e implementación del sistema en diferentes modalidades (obra nueva y rehabilitación).

La organización debe contar con recursos financieros y operativos para gestionar licencias, colaborar en ensayos piloto y desplegar la tecnología a gran escala, así como demostrar un historial comprobado de cumplimiento normativo en materia de protección civil y seguridad industrial.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

La presente invención se encuentra protegida mediante **solicitud de patente**:

- *Título de la patente: "Sistema de emergencia y evacuación frente a inundaciones".*
- *Número de solicitud: P202630926.*
- *Fecha de solicitud: 26 de junio de 2026.*

SECTORES DE APLICACIÓN (1)

Construcción y Arquitectura