

08-015

APPLICATION OF THE THEORY OF “AFFORDANCES” AND THE VIRTUAL REALITY TO THE ANALYSIS OF THE SIGNALING OF THE EVACUATION ROUTES

De Lama Burgos, Carlos ⁽¹⁾; González Gaya, Cristina ⁽²⁾

⁽¹⁾ ETSII UNED, ⁽²⁾ UNED

The signage of a building for evacuation in case of emergency is vital to achieve two objectives. The main objective is the clear and constant information along the evacuation routes and secondly, the fluidity movement of people to the safety zone. Therefore, the visual stimulus that signaling must offer must fulfill vitally important objectives.

The theory of affordances has been applied to many areas, among them has been applied to the design of the signaling of evacuation routes and emergency exits, explaining why there are designs that are not efficient.

The objective of this article is, taking into account the theory of "affordances" and the obtaining of information through the behavior records carried out by virtual reality, to know how the signaling conditions the human behavior during the evacuation in case of emergency in a building that is within the scope of the current building codes.

Keywords: *Evacuation; human behaviour; signaling*

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE “AFFORDANCES” Y LA REALIDAD VIRTUAL AL ANÁLISIS DE LA SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

La señalización de un edificio para su evacuación en caso de emergencia es vital para conseguir dos objetivos. El principal objetivo es la información clara y constante a lo largo de los recorridos de evacuación y en segundo lugar que el movimiento de personas tenga una fluidez hasta la zona de seguridad.

Por ello, el estímulo visual que debe ofrecer la señalización debe cumplir objetivos de vital importancia.

La teoría de affordances se ha aplicado a numerosos ámbitos, entre ellos se ha aplicado al diseño de la señalización de los recorridos de evacuación y salidas de emergencia, explicando por qué hay diseños que no son eficientes.

El objetivo del presente artículo es, teniendo en cuenta la teoría de “affordances” y la obtención de información a través de los registros de comportamiento llevados a cabo mediante realidad virtual, conocer cómo condiciona la señalización el comportamiento humano durante la evacuación en caso de emergencia en un edificio que está dentro del ámbito de los actuales códigos de edificación.

Palabras clave: *Evacuación; comportamiento humano; señalización*

Correspondencia: Cristina Gonzalez Gaya cgonzalez@ind.uned.es

Acknowledgements/Agradecimientos: IFC01-19



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Un incendio es un fuego no controlado que pone en peligro las vidas y los bienes que hay en un edificio.

Con el objetivo de que las personas que hay en el interior del edificio puedan acceder a una zona segura durante la emergencia, el edificio debe disponer de unos recorridos de evacuación adecuados, es decir, que cumplan con unos requisitos de accesibilidad, longitud, anchura, así como la obligatoriedad de disponer de información que facilite la toma de decisiones.

Por tanto, para hacer una correcta planificación de la evacuación deben tenerse en cuenta las condiciones de diseño del edificio y sus instalaciones de protección contra incendios, la dinámica del incendio realizando una previsión del movimiento del humo y las llamas y, finalmente, el comportamiento de las personas y la toma de decisiones dependiendo de las condiciones anteriores.

El comportamiento humano en caso de incendio parte del estudio de la toma de decisiones, en el que están involucradas variables tan complejas como las características físicas de la persona, las experiencias previas en emergencias, la personalidad, el rol que desempeña en el edificio afectado, la distinta actitud en caso de estar solo o acompañado, la motivación social o la percepción del riesgo.

Todas estas variables que son difíciles de cuantificar, se relacionan entre sí afectando unas a otras y pueden variar a lo largo del tiempo que dura la emergencia.

El estudio del comportamiento humano en caso de incendio tal como planteaba Proulx (2001) tiene como objetivo analizar y mejorar las medidas adecuadas de alarma y evacuación para evitar que los ocupantes de un edificio sufran daños producidos por el propio incendio y aunque puede estar inmerso en un ámbito multidisciplinar en el que participan la informática, la psicología o la sociología, la finalidad afecta a la arquitectura y, sobre todo, a la ingeniería.

Entre las medidas que el técnico competente debe incorporar para la correcta planificación de la evacuación de las personas, está la información que se ofrece al usuario, todo ello con tres objetivos. El primer objetivo es el de notificar acerca de la emergencia que esté sucediendo, el segundo es indicar qué debe hacer para ponerse a salvo, que puede consistir en hacer una evacuación inmediata o bien, no realizar ningún desplazamiento y esperar la ayuda de los equipos de intervención. En el caso de que los usuarios deban evacuar hasta una zona segura, el tercer objetivo sería informar de cuál es el recorrido que deben realizar hasta la zona de seguridad.

Esta información se puede ofrecer mediante la señalización de seguridad en los recorridos de evacuación.

La selección de la información acerca del comportamiento frente a la señalización es sin duda de interés y complementa la ya recopilada por Gwynne (2010), en el uso de datos de rendimiento humano.

La palabra "affordance", acuñada por primera vez por James J. Gibson (1977), no tiene una traducción directa al español. Este concepto puede traducirse como asequibilidad, ofrecimiento, habilitación o accesibilidad.

Dentro del ámbito de la señalización de evacuación, puede considerarse como el estímulo que ofrece la señal de emergencia de manera visual al usuario que está evacuando. Por tanto, de una manera más genérica puede decirse que affordances son los atributos, capacidades o las funciones que ofrece un objeto al usuario al interactuar con él.

De esta manera, la teoría de affordances puede ayudar no sólo a diseñar de manera eficiente el propio pictograma o señal de emergencia, sino también a ubicarla en los lugares más adecuados.

Así como esta teoría puede ayudar a mejorar el flujo de los usuarios durante la evacuación, también puede ayudar a evitar que la señalización confunda al usuario y condicione de manera negativa su recorrido hasta la salida.

Dado que las condiciones que se viven durante un incendio son muy particulares, la utilización de la Realidad Virtual puede ayudar a analizar si las señales de emergencia para la evacuación y la ubicación de las mismas son las adecuadas, evitando así que los usuarios puedan interpretar de manera errónea la información que se desea transmitir.

2. Objetivos

El objetivo de este documento es plantear un protocolo que, utilizando un dispositivo de Realidad Virtual, capte y registre datos de comportamiento, para de esta manera validar las señales de evacuación de emergencia de un edificio apoyándose en la teoría de affordances.

Esta validación puede plantearse de manera individual, es decir, señal por señal o bien la señalización de un edificio en su conjunto.

La validación viene dada por la eficacia de las señales para ser visualizadas, comprendidas y cumplir su funcionalidad, es decir, que las decisiones que se tomen sean las que conduzcan a un espacio seguro.

3. Metodología

3.1 Antecedentes y Normativa de Aplicación

James J. Gibson dio forma a la teoría de affordances. La idea era tratar de explicar cómo las personas perciben los objetos que ven y qué estímulos propone dicho objeto. Por ejemplo, una lata de refresco no se visualiza tan solo como un cilindro metálico, sino como un medio para saciar la sed.

Por ello tiene una trascendencia especial en una situación de emergencia. Las señales de evacuación en este caso deben ser percibidas por el usuario como el medio para, en una hipotética situación de emergencia en la que influyen factores como la baja visibilidad o el incremento de nivel de ansiedad estado, se tomen las decisiones correctas durante la evacuación hasta una zona segura.

Esta teoría ha sido utilizada en otros campos. Como ejemplo, Boschker, Bakker y Michaels (2001) exponían cómo la visualización de un muro de escalada ofrecía distinta información al escalador experto que se centraba más en aspectos funcionales, y al no experto, al que le ofrecía más información en aspectos estructurales.

Hartson (2003) a su vez, analizó mediante esta teoría el diseño de interacción entre hombre y ordenador. Argumenta que la información que proporciona un objeto, como sería el caso de una salida de emergencia, se puede dividir en diferentes categorías dependiendo de cómo ayuden o apoyen las decisiones del usuario durante la evacuación. La traducción literal del concepto utilizado por Hartson puede ser ofrecimiento o capacidad. En este artículo se utilizará la palabra capacidad.

- Capacidad sensorial
- Capacidad cognitiva
- Capacidad física
- Capacidad funcional

Los estímulos que percibe una persona pueden ser registrados mediante un dispositivo de Realidad Virtual. Conociendo cuales son los parámetros que va a registrar, es posible validar la señalización de emergencia de un edificio.

Un incendio es un evento poco frecuente, imprevisible y no reproducible. El hecho de que sea poco frecuente e imprevisible, complica el acceso a la información del comportamiento de los usuarios.

Y el hecho de que el incendio no sea reproducible, obliga al investigador a utilizar métodos lo más parecidos posibles, tales como los simulacros de incendios.

Los simulacros pueden ser advertidos previamente o no. En el caso de que el usuario haya sido advertido previamente, los resultados se alejan de lo que puede ser un incidente real, debido a que las variables del comportamiento están condicionadas por la información recibida. Este tipo de simulacros con advertencia previa tienen como finalidad el entrenamiento y la automatización de las decisiones que se tomarían en un incendio real.

El simulacro con advertencia previa también es utilizado para realizar evacuaciones parciales y controladas en edificios con usuarios de colectivos vulnerables, como pueden ser tanto un centro de día para personas con discapacidad, como un edificio de uso residencial público para personas con movilidad reducida tipo un centro de mayores.

El objetivo de los simulacros sin advertencia es comprobar que los protocolos de actuación en caso de emergencia se cumplen y se realizan en los tiempos previstos.

En este caso es posible obtener información del comportamiento mediante distintos métodos como son las cámaras ubicadas en puntos estratégicos, o la introducción de observadores como parte del colectivo de usuarios que participan en el simulacro.

Si el número de falsas alarmas en un edificio alto, bien por un mal funcionamiento del sistema de detección o bien por reiteración de los simulacros de evacuación es elevado, el tiempo destinado a tomar la decisión de iniciar la evacuación en caso real se incrementará, y será poco probable que los ocupantes del edificio busquen información en la señalización para una evacuación más eficiente.

En este punto cabe reseñar que los datos en referencia al comportamiento humano que se pueden obtener mediante observación o a través de encuestas en un simulacro, tanto con aviso previo como sin aviso previo, son de escasa fiabilidad.

Tal como se hacía referencia anteriormente, los incendios no pueden reproducirse y, por tanto, se puede asegurar que la realidad virtual es la única metodología ideal para simular de forma hiperrealista un escenario en el que un usuario tiene una sensación inmersiva sin riesgo alguno.

La Realidad Virtual se ha utilizado en otros ámbitos como la psicología con el objetivo de estudiar el comportamiento humano con éxito por autores como Rothbaum (1995)

En el caso de la evacuación, investigadores como Aizhu Ren, Chi Chen, Jianyong Shi y Liang Zou (2006) han desarrollado programas informáticos que simulan un entorno virtual concreto para la evacuación de personas, comprobando la validez del sistema.

En este artículo se propone, en base a los cuatro puntos de la teoría de affordances, comprobar el impacto informativo de las señales de evacuación de emergencias en los usuarios que están envueltos en una emergencia virtual.

Con objeto de validar la señalización de emergencia para la evacuación de un edificio, se pretende utilizar un dispositivo de Realidad Virtual.

La señalización de emergencia debe cumplir con dos tipos de normativas. Por un lado, la normativa que expone la forma, los pictogramas y los colores de las señales, y por otro, la normativa que hace referencia a la ubicación que deben tener dependiendo del uso de edificio.

La norma que regula los símbolos destinados a la información de los usuarios para la evacuación es la UNE 23033. Esta norma sigue vigente en sus distintas versiones desde su publicación en 1981, el mismo año en el que se publicó la primera referencia acerca de dónde ubicar dichas señales, siendo los códigos o normas de construcción son los encargados de regular la señalización para la evacuación.

Las normas técnicas que regulaban el sector de la edificación comenzaron a publicarse en 1957. Estas normas se incluían en diferentes capítulos como los de cimentaciones, fachadas o estructuras. Dentro del capítulo que recogía las normas de las instalaciones, se incluía la que regulaba, mediante la NTE-IPF, las condiciones de protección contra incendios en los edificios. Entre las soluciones que planteaba la NTE-IPF en el marco de la protección contra incendios no se incluía la señalización de la evacuación.

No sería hasta la publicación del Real Decreto 2059/1981, de 10 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación sobre las condiciones de protección contra incendios en los edificios, cuando se hace referencia a la señalización. En el artículo 6.7.1 de esta norma se mencionan las condiciones generales de señalización, que son muy básicas y remiten a la norma UNE 23033-81 que actualmente sigue vigente.

Posteriormente la Norma Básica de Edificación NBE CPI-91, recogida en el Real Decreto 279/1991, expone de manera más concisa dónde ubicar las señales de evacuación. Se hace referencia en esta norma a la no necesidad de instalar las señales de evacuación según la familiaridad del usuario con el edificio y otras condiciones concretas.

La NBE-CPI 96 es una norma posterior que apenas hace cambios significativos, y, posteriormente, se publicará el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, donde se aprueba el Código Técnico de la Edificación, actualmente vigente, y en el que destaca como novedad más importante la inclusión de la señalización teniendo en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad.

3.2. Aportación de la teoría de affordances

La teoría de affordances puede utilizarse como una herramienta para el diseño de objetos y, en este caso, para el diseño tanto del pictograma de la señal como para el diseño de la ubicación de las señales en un recorrido de evacuación, pero también puede utilizarse para saber cómo influye el objeto en el comportamiento del usuario en una situación específica como es un caso de incendio.

Hartson basaba esta teoría en cuatro *capacidades* del objeto por parte del usuario.

3.2.1. Capacidad sensorial

Es evidente que para que una señal de evacuación sea efectiva, debe ser fácilmente visible. Con la capacidad sensorial, los objetos deben proporcionar la información al usuario de manera visible. Los objetos camuflados en su entorno no pueden percibirse y, por tanto, no pueden ofrecer información.

Las señales de evacuación en algunas ocasiones se ubican en puntos donde son ocultadas detrás de otro objeto o en lugares no intuitivos, por lo que es complicado localizarlas.

En el caso de las puertas que son salida de emergencia en los recorridos de evacuación, esta percepción sensorial puede quedar muy limitada en el supuesto de que la puerta y la pared que la contiene tengan colores similares o el mismo color.

En un estudio realizado por Sixsmith (1988), se demostraba que las puertas de emergencia pintadas de colores similares a las paredes que las contenían como se muestra en la imagen 1, eran más difíciles de percibir por el usuario que en las puertas que tenían un color que pudiera contrastar con el fondo que lo contenía como se muestra en la imagen 2.

Imagen 1: Puerta blanca

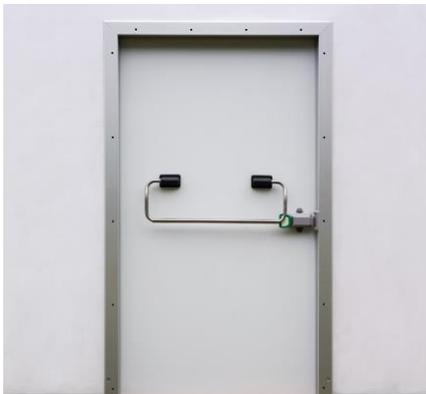


Imagen 2: Puerta roja



Un usuario que no tenga familiaridad con el edificio, al evacuar en caso de incendio en condiciones de baja visibilidad por humo, tendrá dificultades para distinguir la ubicación de la puerta de salida de emergencia.

Por tanto, el diseño de pared y puerta puede tener una componente estética válida, pero esta estética está en contra del propósito de la puerta.

Otro ejemplo de limitación sensorial está en la ubicación de la puerta de salida de emergencia cuando esta puerta y su señalización están dispuestas de forma paralela al recorrido de evacuación. La visualización siempre mejora si la puerta y su señalización están ubicadas de manera perpendicular al recorrido de evacuación.

3.2.2. Capacidad cognitiva

La capacidad cognitiva permite comprender el objeto observado, tanto en lo referente al uso que debe darse como al método para poderlo utilizar.

En el caso de las señales de evacuación en caso de emergencia, es necesario que el usuario establezca de manera inmediata la relación entre la señal y la tarea que debe realizar.

Un rótulo con la palabra "salida" sobre una puerta es un ejemplo sencillo de información, donde se puede esperar que la gran mayoría de los usuarios estén familiarizados con este tipo de tipografías.

Aún así, podemos tener rótulos de distintos colores, formas y ubicaciones, lo que puede llevar a confusión por parte de los usuarios. En el caso de los símbolos de color verde,

este color está vinculado a permitir la marcha y el color rojo, sin embargo, está vinculado de una manera instintiva a la precaución, peligro o detección de la marcha.

Si la salida está señalizada con un rótulo rojo o con el texto en color rojo tal como se muestra en la imagen 3, podría crear confusión entre los usuarios. Sin embargo, el color verde como se muestra en la imagen 4 puede ser interpretado de manera más sencilla.

Imagen 3: Señalización salida rojo

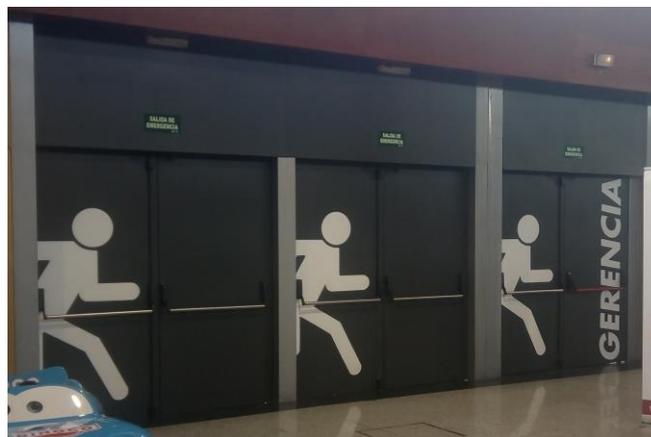


Imagen 4: Señalización salida verde



En las puertas de salida de emergencia también puede darse el caso en el que se añadan otros símbolos o información no relacionada con la emergencia tal como se muestra en la imagen 5 y que, en el momento de la evacuación, pueden generar confusión.

Imagen 5: Señalización puerta gerencia



Un diseño puede hacer que un objeto no pueda ser utilizado por los usuarios debido a la complejidad para entender su funcionamiento, por lo que la señalización de las salidas de emergencia debe ser simple y fácilmente entendible por todo tipo de usuario.

3.2.3. Capacidad física

Con la capacidad física, se establecen las condiciones de fuerza o destreza que debe reunir el objeto para que pueda ser manipulado.

En el caso de la señalización, no hay un contacto físico entre el usuario y el objeto, por lo que esta capacidad física no tiene relevancia.

Sí la tiene en objetos asociados a la evacuación, como pueden ser las puertas de salida. Estas puertas deben cumplir con la normativa correspondiente que satisfaga los requisitos de fuerza necesaria para abrirlas.

3.2.4. Capacidad funcional

Este último punto hace referencia a las prestaciones que ofrece el objeto para lograr el objetivo. En el caso de la evacuación en caso de incendio, el objeto debe ayudar a que los usuarios puedan llegar a un espacio seguro lo antes posible.

En el caso de la señalización de la evacuación, el objeto debe ofrecer garantías al usuario que lo utiliza. Si una puerta tiene el rótulo de “Salida de emergencia” no hay duda que el usuario podrá ver, comprender y, por tanto, utilizar dicho objeto para su objetivo final que es escapar fuera del edificio a una zona exterior segura. Pero puede darse el caso de que la evacuación al exterior del edificio no sea viable y, por tanto, el objetivo de quien ha planificado la evacuación no sea llegar a un espacio exterior, sino a un sector alternativo o bien a una zona de refugio. La superficie de las zonas de refugio debe estar señalizada mediante diferente color en el pavimento y el rótulo “Zona de refugio”, acompañado del símbolo internacional de accesibilidad.

El objetivo final de las dos señales indicadas, “Salida de emergencia” y “Zona de refugio”, es el mismo, pero pueden no tener el mismo efecto en el usuario que en el primer caso, accede a un espacio exterior seguro, y en el segundo caso, debe esperar en un espacio interior del edificio.

3.3. Desarrollo del proceso de validación

El objetivo de este documento es plantear un proceso de validación que, utilizando un dispositivo de Realidad Virtual, capte y registre datos de comportamiento, con el objetivo de validar las señales de evacuación de emergencia de un edificio apoyándose en la teoría de affordances.

Este proceso que se expone a continuación pretende ser una descripción ordenada y sistemática para la captación y registro de datos en relación a la señalización para la evacuación de personas de un edificio que permita determinar, tras un análisis, la validez de un determinado diseño.

Se tendrá en cuenta la teoría de affordances expuesta anteriormente, así como las capacidades de las que dispone un dispositivo de Realidad Virtual, y permitiendo a otros investigadores poder registrar datos de un caso concreto de diseño.

Se procurará que este proceso tenga una redacción lo más precisa posible en cada uno de sus apartados, con el objetivo de que cualquier investigador, sea cual sea su área de conocimiento, comprenda las implicaciones, tiempos y datos que se van a registrar en este caso. En la figura 1 se muestra este proceso.

3.3.1 Identificación de objetivos

En primer lugar, el investigador debe identificar su objetivo. El objetivo, tal como está planteado en el presente protocolo, es la validez de la ubicación de las señales dentro de un edificio cumpliendo la normativa UNE 23033-81.

En el caso de que el investigador quiera dar validez a una tipografía o colores determinados, el protocolo sería diferente.

Las hipótesis que se establezcan serán la canalización para analizar los datos registrados y deben ser la consecuencia de un marco teórico bien establecido por el investigador.

En este protocolo en el que se analizan las señales de evacuación según se muestra en la figura 1, las hipótesis estarán condicionadas por las relaciones de causa-efecto entre señales y comportamiento del usuario según unas determinadas circunstancias de entorno establecidas por el investigador.

Para ello, la experiencia virtual debe ser lo más parecida posible al desplazamiento del usuario dentro del edificio a considerar, con las señales de emergencia dispuestas en los recorridos de evacuación que se deseen analizar.

El usuario no debe conocer previamente que durante la experiencia virtual se producirá un incendio, por lo que sus tomas de decisiones serán más próximas a la realidad.

Para considerar la población de estudio o diana, debe analizarse qué tipo de población de referencia va a acceder a la actividad o al edificio que se va a estudiar.

Si el edificio que se va a analizar es un edificio de uso administrativo o industrial, la población que debe tomarse es la de personas en edad laboral.

Por el contrario, si el edificio es de uso residencial público, como un centro para mayores, la población de estudio deben ser personas mayores.

Los criterios de inclusión y exclusión se especificarán en las características que deben cumplir los usuarios que formen parte del estudio, de tal manera que la selección se haga de la forma más homogénea posible y evitando sesgos.

El tamaño muestral debe decidirse dependiendo del número de usuarios del edificio. Para tener una estimación del número de usuarios del edificio, se puede utilizar la tabla 2.1 "Densidades de ocupación" del Documento Básico de Seguridad contra Incendio con la que se puede estimar la ocupación de cada una de las zonas en las que se pueden identificar distintos tipos de actividad.

En el caso de las variables independientes del estudio, será el investigador el que especifique las que sean de interés para, posteriormente, comprobar sus efectos.

En relación a la señalización de la evacuación, una vez designado el entorno, las variables independientes pueden ser muy diversas. A continuación se presentan algunas posibilidades.

VARIABLES DE SEÑALIZACIÓN:

- Tipografía
- Color
- Tamaño
- Ubicación
- Distancia entre señales
- Altura de instalación

VARIABLES DE CONDICIONES DE ENTORNO:

- Dinámica del incendio
- Visibilidad
- Coeficiente de extinción
- Iluminación
- Momento del día
- Dinámica del incendio
- Densidad de ocupación

- Familiaridad con la edificación

Variables del perfil de usuario:

- Edad
- Sexo
- Formación académica
- Profesión (Relación con emergencias)
- Experiencia previa del usuario en la actividad
- Experiencia previa en un incendio real

Las variables dependientes son aquellas que están vinculadas al comportamiento del usuario.

- Tiempo de pre evacuación
- Tiempo de evacuación
- Velocidad
- Visualización de señal (Sí / No)
- Toma de decisiones

Las variables, tanto dependientes como independientes, que puedan ser consideradas como categóricas, deben completarse con las posibles categorías. Para las variables numéricas deben considerarse escalas y unidades de medida.

La captación y registro de datos de cada usuario se realizará por dos métodos diferentes. Por un lado, se recogerán los datos del perfil del usuario a través de un cuestionario y, por otro, se recogerán los datos de comportamiento a través del dispositivo de Realidad Virtual.

El programa informático que soporte el dispositivo debe proporcionar los datos estructurados solicitados por el investigador.

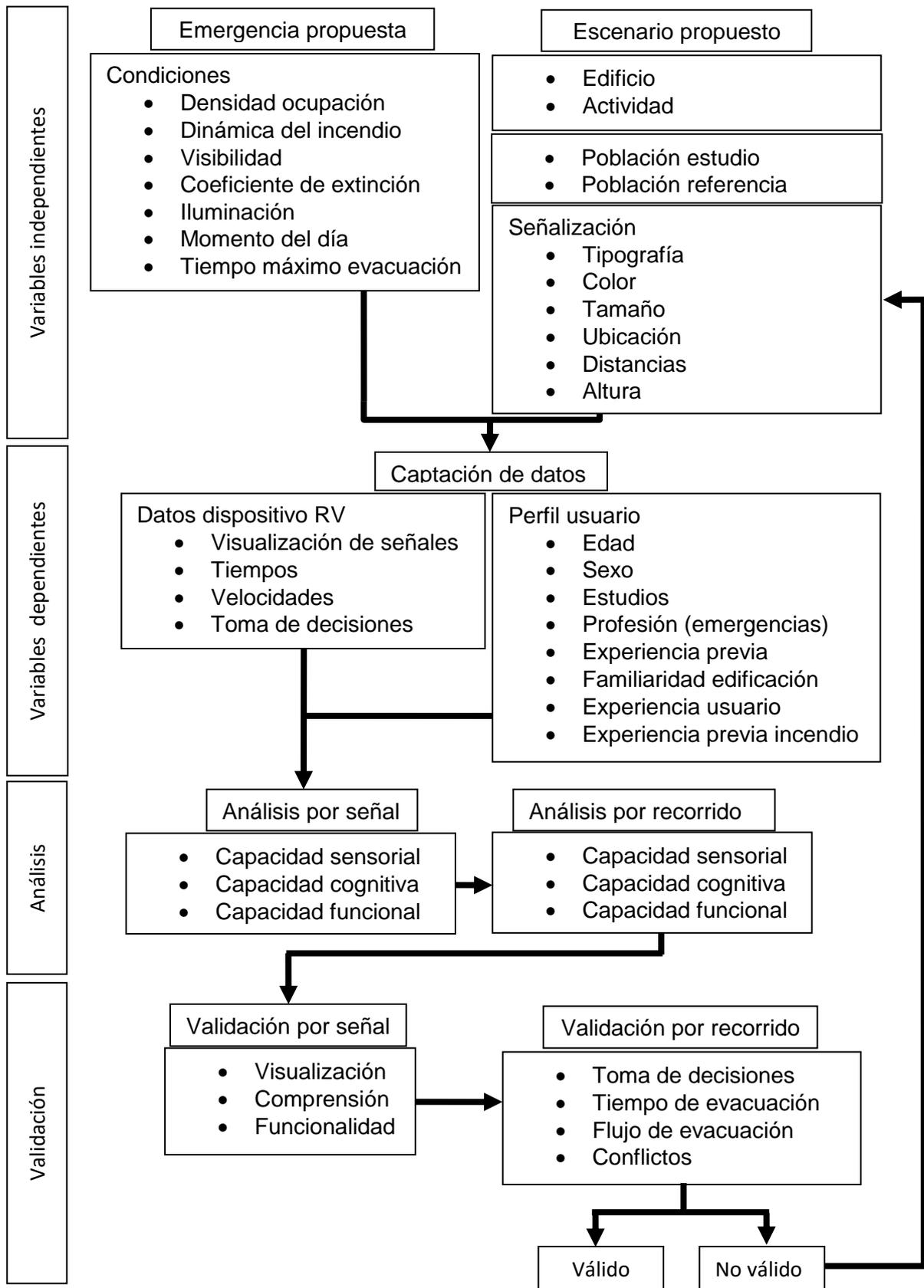
El análisis debe estar claramente descrito, ya que se conocen de antemano las variables contenidas en el estudio y su escala de medición; en este apartado es aconsejable incluir una parte descriptiva, un análisis básico de los datos y otros análisis más complejos.

Las limitaciones en el estudio vienen dadas por la dificultad tanto del desplazamiento del dispositivo de Realidad Virtual como de atracción de los usuarios en el espacio donde pueda estar instalado.

Otra limitación puede ser la simulación realista de movimientos como la subida y bajada por un núcleo de escaleras y por tanto la fijación de la mirada en las señales que se encuentren en estas zonas por lo que deben tenerse en cuenta otros estudios como el propuesto por Levy (2012) sobre los movimientos de los ocupantes en las escaleras.

El tiempo es otra dificultad, dado que cada usuario necesita al menos 10 minutos para completar todo el proceso.

Figura 1: Proceso de validación de la señalización



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Actualmente el diseño de la señalización de los edificios se hace teniendo en cuenta la normativa y la experiencia previa del técnico competente, pero no suelen tenerse en cuenta los conflictos que puedan generarse.

Los conflictos durante la evacuación, tales como puntos de alta densidad de ocupación por un flujo inadecuado de usuarios, pueden aparecer posteriormente en los simulacros de incendios. Los simulacros de incendios tampoco son el medio más adecuado para comprobar la señalización en edificios donde el usuario tiene familiaridad con los recorridos de evacuación dado que no prestará una adecuada atención.

Una señalización incorrecta puede llevar a crear flujos de evacuación de alta densidad de ocupación o bien la elección de recorridos no adecuados cuando el usuario tiene un cierto desconocimiento del edificio. Esto se da en cualquier caso en el que el usuario ha accedido a un edificio con el que no tiene familiaridad y ha tomado el ascensor para acceder a otra planta distinta a la baja. Dado que la evacuación en caso de incendio no se puede realizar a través del ascensor, el usuario debe salir del edificio tomando una ruta alternativa distinta a la que conoce.

Este problema del usuario se intensifica en el caso de que la persona que accede es una persona con discapacidad motórica o movilidad reducida que le impide salir a través de unas escaleras, por lo que debería desplazarse hasta una zona segura dentro del propio edificio a la espera de la ayuda de los equipos de intervención.

Todos estos conflictos pueden resolverse a nivel de diseño dado que sería posible generar simulaciones computacionales con los resultados obtenidos, tal como menciona Gwynne (2012).

Los dispositivos con tecnología de Realidad Virtual son unidades que, con la programación informática adecuada, son capaces de captar en tiempo real el comportamiento de las personas que están viviendo una experiencia virtual en la que están inmersos en un entorno controlado.

Para registrar el comportamiento es necesario analizar qué parámetros son los más adecuados en cada caso. Aunque en todos los casos cualquier parámetro de comportamiento puede influir en la validación de la señal, debe analizarse el peso de esa influencia en cada caso.

Esta metodología puede servir tanto para el diseño como para comprobar la reacción de los ocupantes que ya conocen sus recorridos de evacuación y para los que la señalización es irrelevante tal como ya analizaba McClintock (2001) o en el estudio realizado por Nilsson (2008) acerca de influye la puerta de salida en la evacuación durante un incendio.

La tecnología de la Realidad Aumentada es una variante con el mismo proceso de validación, pero en el que el usuario puede recorrer los espacios reales que se pretenden analizar. Por tanto, para el diseñador de los edificios o de las medidas de emergencia, la Realidad Virtual es una herramienta a tener en cuenta durante el proceso de diseño y la Realidad Aumentada puede ser además eficaz para descubrir posibles conflictos o diseñar mejoras en un edificio existente.

Además, la Realidad Virtual puede captar y registrar el comportamiento incluyendo los niveles de ansiedad que pueden elaborarse con ayuda de estudios ya realizados como el propuesto por Hulse L. y Galea E. (2012) con los bomberos del Reino Unido.

La teoría de affordances es una herramienta que, en el caso de la señalización de emergencia, ayuda a comprobar la visualización, la comprensión y la funcionalidad.

Dado que se está analizando la señalización, la capacidad física no es necesaria que sea tenida en cuenta, aunque en el caso de utilizar la realidad aumentada es posible que el usuario tenga que manejar distintos dispositivos de apertura, así como aplicar fuerza a las puertas para desplazarlas teniendo en cuenta la normativa al respecto.

En este sentido, puede ser de ayuda tener en cuenta otros estudios ya realizados como el de Akihide (2012) donde se analiza el movimiento de los usuarios a través de las puertas.

La validación de la señalización tanto a nivel de diseño como de señalización existente a través de dispositivos de realidad virtual puede realizarse tanto a señales tomadas en consideración individualmente como el conjunto interior de un edificio para comprobar la eficacia de los recorridos de evacuación, incluyendo los itinerarios accesibles teniendo en cuenta la capacidad de dichas señales.

5. Referencias

- Akihide J. (2012). Analysis of Crowd Flow Through Doors Merged to a Crowded Corridor. *Proceedings of the 5th International Symposium, Human behavior in fire*, 2015, pp 121-130. London, UK. Interscience Communications Ltd.
- Boschker, M. S. J., Bakker, F. C., & Michaels, C. F. (2002). Memory for the functional characteristics of climbing walls: Perceiving affordances. *Journal of Motor Behavior*, 34(1), 25-36.
- España. Norma UNE 23033-1:1981 Seguridad contra incendios. Señalización.
- España. Norma UNE 23033-2:2018 Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Parte 2: Señalización e identificación de las instalaciones de protección contra incendios.
- España. Real Decreto 2059/1981, de 10 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación. *BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 1981, páginas 21707 a 21727*.
- España. Real Decreto 279/1991, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación. NBE-CPI/91. *BOE núm. 58, de 8 de marzo de 1991, páginas 7911 a 7952*
- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, donde se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006, páginas 11816 a 11831*.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 67–82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gwynne SMV (2010). Conventions in the collection and use of human performance data. *NIST GCR 10-928. National Institute of Standards and Technology*
- Gwynne SMV (2012) Translating behavioral theory of human response into modeling Practice. *NIST GCR – 12–972, National Institute of Standards and Technology*.
- Hartson, H. R. (2003). Cognitive, physical, sensory, and functional affordances in interaction design. *Behaviour & Information Technology*, 22(5), 315-338.
- Hulse L., & Galea E. (2012) The UK BESECU firefighter study: A study of UK firefighters' emotional, cognitive and behavioural reactions to emergencies. 5th International Symposium. *Human Behaviour in Fire 2012. Symposium Proceedings. London, UK. Interscience Communications Ltd*.

- Levy C. (2012). Investigation of Occupant Behaviours and Movement on Stairs. *Proceedings of the 5th International Symposium, Human behavior in fire, 2015, pp 109-120. London, UK. Interscience Communications Ltd.*
- McClintock T., Shields T., Reinhardt-Rutland A., & Leslie J. (2001). A Behavioural Solution to the Learned Irrelevance of Emergency Exit Signage, in *Proceedings of the Second International Conference of Human Behaviour in Fires, Boston, MA.*
- Nilsson D., Frantzich H., & Saunders W.L. (2008). Influencing Exit Choice in the Event of a Fire Evacuation, in *Proceedings of the Ninth International Symposium on Fire Safety Science , Karlsruhe, Alemania.*
- Proulx (2001). Occupant behavior and evacuation. *Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium, Munich, May 25-26, 2001, pp. 219-232. Munich. Alemania.*
- Ren, A., Chen, C., Shi, J., & Zou, L. (2006). Application of virtual reality technology to evacuation simulation in fire disaster. *Proceedings of the 2006 International Conference on Computer Graphics & Virtual Reality, 15-21.*
- Rothbaum B (1995). Virtual-Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia. *A Case Report, Behavior Therapy.*
- Sixsmith, A., Sixsmith, J., & Canter, D. (1988). When is a door not a door? A study of evacuation route identification in a large shopping mall.