

APPLICATION FOR DECISION MAKING IN PROJECTS FOR INSTALLING AIR-CONDITIONING IN HOSPITALS

Cavas-Martínez, F.¹; Gallardo, J.A.²; Abellán, R.¹; Fernández-Pacheco, D.G.¹;
Conesa, J.¹

¹ Universidad Politécnica de Cartagena, ² Servicio Murciano de Salud

Hospital buildings are subjected to important technical, biological and hygienic requirements in reference to the presence of contaminant elements in the air. For this reason, a certain environmental quality with an adequate air flow must be ensured. This can be obtained by defining correctly the project for installing air-conditioning in hospitals during the design, execution, start-up and maintenance phases. In order to facilitate the drafting of this kind of projects, the present paper proposes a document verification system that performs a check-list based on UNE 100713:2005 and UNE 171340:2012 standards, which are oriented towards achieving a good environmental quality. The presented system permits to obtain a dossier with a totally homogenous and simplified structure, reducing the time spent on the planning, drafting and verification of the information. This tool has been evaluated by its application on the Northwest Regional Hospital of Murcia (IV Area – Murcian Health Service).

Keywords: *Project; Air installation; Environmental quality; UNE*

HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES APLICADA A LOS PROYECTOS DE INSTALACIONES DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN HOSPITALES

Los edificios de los hospitales están sometidos a importantes exigencias técnicas, biológicas e higiénicas en lo que se refiere a la presencia de elementos contaminantes en el aire. Por esta razón, es necesario asegurar una cierta calidad ambiental con un flujo de aire adecuado. Esto se consigue mediante una correcta definición del proyecto de instalación de acondicionamiento de aire en los hospitales durante su fase de diseño, ejecución, puesta en marcha y mantenimiento posterior. A fin de facilitar la redacción de este tipo de proyectos, se ha diseñado un sistema de verificación de la documentación mediante Check-list basado en las normas UNE 100713:2005 Y UNE 171340:2012, las cuales están dirigidas a la obtención de una buena calidad ambiental. Con este diseño confeccionamos un dossier con una estructura totalmente homogénea y simplificadora, reduciendo de forma significativa el tiempo dedicado a la planificación de estos proyectos, tanto en los aspectos de redacción como en los de comprobación de documentación. Esta herramienta ha sido testeada mediante su aplicación en el Hospital Comarcal del Noroeste de la Región de Murcia (Área IV-SMS).

Palabras clave: *Proyecto; Instalación de aire; Calidad ambiental; UNE*

Correspondencia: Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Expresión Gráfica, Campus Muralla del Mar. C/ Doctor Fleming, s/n. C.P. 30202. Cartagema, Murcia, España.

1. Introducción

El confort climático de un centro hospitalario durante las 24 horas al día y los 365 días del año afronta numerosos retos para satisfacer en sus espacios interiores unas demandas térmicas muy variadas y singulares (Fenercom, 2010), necesarias para conseguir, una calidad asistencial acorde con las exigencias de bienestar físico y psicológico de sus usuarios (Dirección General de Ordenación e Inspección, 2010).

La calidad del aire ambiental junto con el control bacteriano presentan un tema de gran actualidad a causa de las concentraciones de organismos patógenos que se encuentran fundamentalmente en los conductos de aire acondicionado (Romero, 2004). El problema no reside en la modificación de ciertos parámetros de clima ambiental (Temperatura, Humedad Relativa, etc.), sino en el control de la concentración de dicha contaminación bacteriana (microorganismos, polvo, etc.).

En este escenario, las instalaciones de acondicionamiento de aire de los centros hospitalarios de España deben de cumplir la norma UNE 100713.

Esta norma es compleja y extensa, donde se requiere el manejo de un importante volumen de información respecto a las instalaciones de acondicionamiento de aire de los centros para conseguir un bienestar térmico óptimo.

Para ello, la norma obliga a un doble grado de exigencia:

- Exigencias Fisiológicas e Higiénicas:

Bienestar Térmico: depende de la actividad corporal y de la vestimenta, de la temperatura seca y radiante [22° - 26°], de la humedad relativa [45 % - 55 %], de la velocidad y del grado de turbulencia [$10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ - $30 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$], todos estos parámetros están en función del espacio o clase de local.

Calidad del Aire: presentan distintos grados de exigencia [muy elevado para la clase de local I, habitual para la clase de local II], con respecto a la presencia de gérmenes en el aire impulsado y en el ambiente. También, la presencia de determinadas impurezas sólidas o líquidas, requieren varios niveles de filtración [dos niveles para clase II, tres niveles para clase I] en función del espacio a proteger. Además la demanda de caudal de aire exterior impulsado debe de contener un caudal de aire mínimo [$10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ - $30 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$] en función de la naturaleza del espacio o clase de local. La recirculación de aire dependerá de reservas de carácter higiénico-toxicológicas debido a su posible mezcla con gases tóxicos, dicha recirculación se va a permitir entre locales o espacios cuando se realiza desde locales con un grado de exigencia de calidad ambiental superior [quirófanos, paritorios, etc.] hacia locales con inferior exigencia ambiental [pasillos, sala de espera de urgencias, etc.].

Nivel sonoro: se deben evitar niveles de presión sonora [35 dB(A) – 40 dB(A)] según espacio o clase de local mediante las medidas correctoras adecuadas.

- Exigencias Técnicas e Higiénicas:

Estas hacen hincapié en las tomas de aire exterior y salidas de aire de expulsión, en los conductos de aire, en las compuertas de aire, en los conductos de extracción de humos y compuertas corta fuegos, y en general, en los componentes de las instalaciones de acondicionamiento de aire de los hospitales y muy en particular de los quirófanos.

La toma de decisiones en el contexto de una instalación industrial, ya sea en cualquiera de sus fases (diseño, ejecución, etc.), es compleja (Marques et al, 2010).

La complejidad, puede aparecer en diferentes formas y surge de diversidad de fuentes con distintos niveles de intensidad (variaciones temporales) (Collyer et al, 2009)) en función de la instalación (ente dinámico sujeto diversas operaciones), es un punto de referencia cuando tratamos de entender el grado de exigencia de una instalación industrial para que esta alcance su correcto funcionamiento.

Por otro lado, el director de un proyecto recibe una gran cantidad de compleja información con poco tiempo para procesarla y pocos recursos para afrontarla (Papke-Shields et al, 2010). Estos condicionantes se unen a la necesidad de que la instalación cumpla con los objetivos marcados de funcionamiento y calidad para los que ha sido diseñada.

Bajo este contexto, los errores existen y se producen (Reason, 1990), estos se pueden abordar desde dos puntos de vista:

- Fallos activos: en la interfase entre el humano y el sistema donde trabaja. Recae toda la culpa sobre el individuo, y generalmente, tienen una duración de tiempo muy breve, pueden ser lapsus cognitivos, error basado en la habilidad, funcionamiento automodo, etc.
- Condiciones latentes: son los problemas presentes en el sistema (a veces ocultos), propios del diseño y/o funcionamiento.

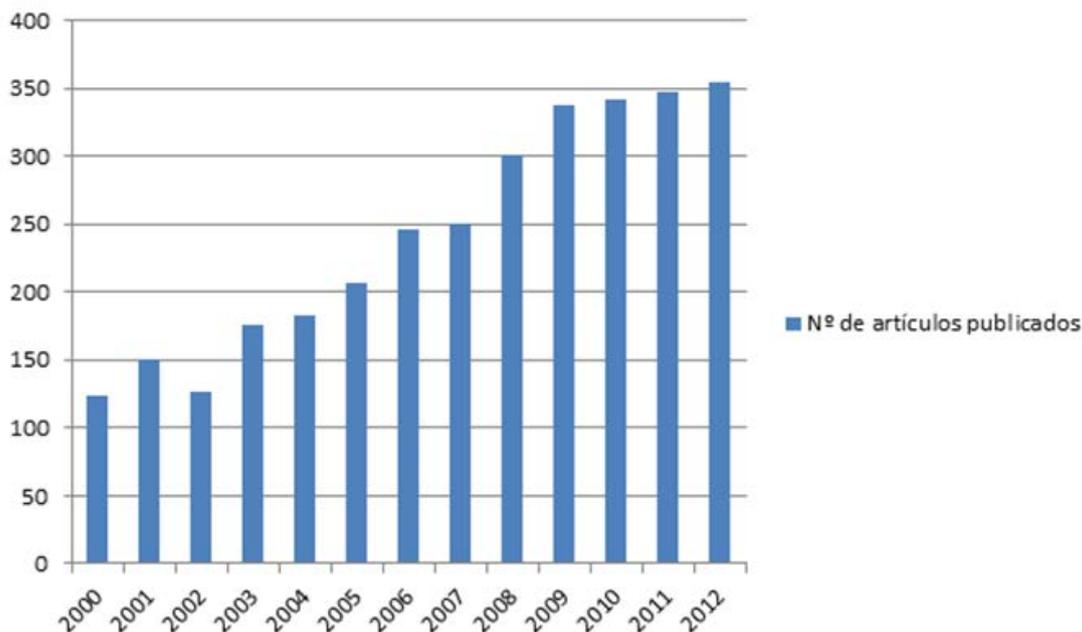
Para disminuir el grado de error en la toma de decisiones de un proyecto de acondicionamiento de aire en los centros hospitalarios respecto al manejo de documentación se propone el manejo de un checklist o lista de verificación (Figura 1) de documentación (Weiser et al, 2010) que nos servirá de ayuda visual u oral para superar ciertas limitaciones de memoria, ayudando a la reducción los posibles errores que se presenten por omisión, facilitará condensar la extensa información de la norma y la realización de acciones propuestas para verificar el cumplimiento de esta.

Figura 1. Pictograma de checklist (lawpracticematters)



La utilización de checklist en el ámbito de la ciencia y/o ingeniería hospitalaria no es nuevo (Figura 2), existe un importante número de publicaciones de listas de verificación utilizadas en los hospitales (US National Library of Medicine).

Figura 2. Número de artículos publicados “checklist” and “hospital”



2. Objetivo

La presente comunicación surge de la necesidad de verificar las instalaciones de acondicionamiento de aire en un hospital ya construido, aunque es válida para un proyecto de estas características en sus diferentes fases (diseño, ejecución, etc.).

La presente comunicación tiene por objetivo la definición de una lista de verificación o checklist de todos los aspectos técnicos de la instalación de acondicionamiento de aire en base a la norma UNE 100713 a fin de identificar, planificar, comparar y verificar los componentes de la instalación (equipos, etc.). La herramienta ha sido validada en el Hospital Comarcal del Noroeste de la Región de Murcia (Área IV-SMS).

3. Metodología

La metodología propuesta para la presente comunicación ha sido la realización de una planimetría de todo el hospital, definición y clasificación del hospital según su uso y exigencias de confort ambiental, realización de una lista de verificación o checklist en base a la norma UNE 100713.

3.1. Planimetría del Hospital y de las instalaciones de Acondicionamiento de Aire

El Hospital Comarcal del Noroeste fue inaugurado en 1986, encontrándose ubicado en el centro urbano de Caravaca de la Cruz (Figura 3).

El centro ha tenido varias remodelaciones importantes desde el 2001 hasta el 2004, afectando al sistema constructivo, envolvente y climatización (en el año 2004 se amplió el edificio original en 4.869 m²). El número total de ocupantes del centro es de 871 con 8760 horas de utilización del centro.

Figura 3: Hospital Comarcal del Noroeste (foto aérea)



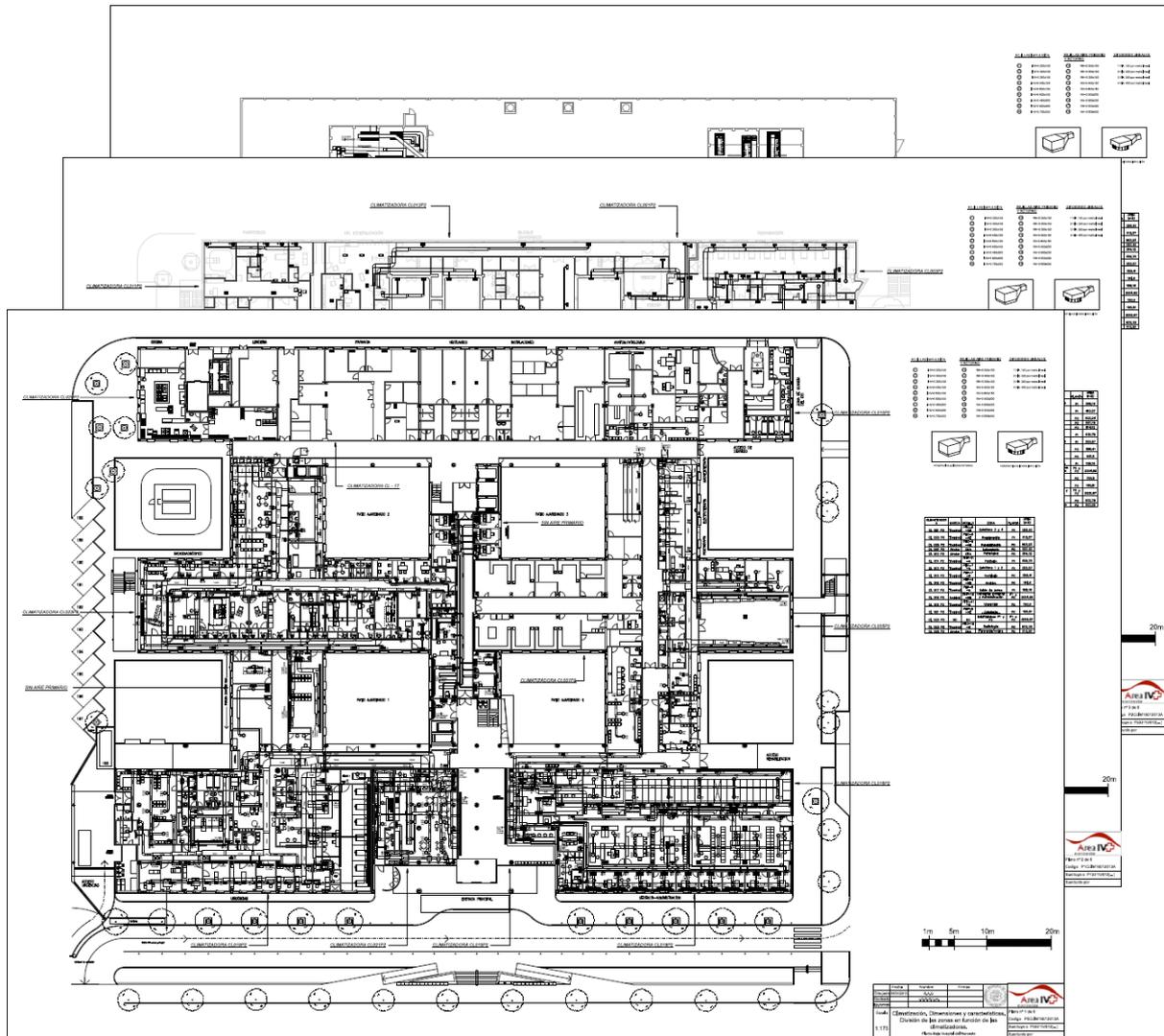
Tabla 1. Datos hospital

Edificio	Superficie Construida (m ²)	Plantas sobre rasante	Altura (m)	Uso principal	Horas anuales de actividad	Calefactado	Refrigerado
Hospital	14.448	3	3	Hospital	8.760	Sí	Sí

Debido a la ampliación del hospital, y en consecuencia, a actualización de equipos, se realiza una planimetría actualizada de todas las instalaciones de climatización. En ella se incluyen los siguientes datos:

- Distribución y dimensiones de los conductos de aire primario, impulsión y extracción. Ídem para los difusores.
- Delineación de las estancias hospitalarias y administrativas de nueva construcción.
- Localización y dimensiones de las climatizadoras, los filtros, las compuestas de fuego, las esclusas y los tabiques.
- Recopilación de datos acerca del tipo de uso, necesidades ambientales y horario de uso de las diversas estancias hospitalarias.

Figura 4. Planimetría actualizada del Hospital Comarcal del Noroeste (Planta 0, 1 y 2)



Con esta acción se facilita la localización de todas las instalaciones de acondicionamiento de aire con el fin de facilitar su identificación para toma de datos mediante la lista de verificación o checklist propuesta. Esta acción es necesaria para nuestro Hospital por carecer de una planimetría actualizada, en el caso de encontrarnos en una fase de proyecto de diseño, construcción y/o puesta en marcha no es necesario pues disponemos de ella.

3.2. Zonificación y clasificación de las estancias del hospital según uso y exigencias ambientales.

Basándose en la normativa UNE 100713, se realiza (sobre la planimetría actualizada del hospital) una división previa de dos grandes grupos de estancias en función de su uso: hospitalario y NO hospitalario. De esta manera reducimos el área de estudio a casi la mitad ya que dicha normativa se centra en las zonas de uso hospitalario (los requisitos de las zonas administrativas fueron extraídos del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE, Real Decreto 1027/2007). Posteriormente se realiza una clasificación de las estancias de uso hospitalario según las exigencias ambientales requeridas:

- Clase de local I: presentan una alta exigencia ambiental (quirófanos, etc.).
- Clase de local II: presentan unas exigencias ambientales habituales (fisioterapia, etc.).

Figura 5. Planimetría zonal del Hospital Comarcal del Noroeste (Planta 0, 1 y 2).



Dicha clasificación se realizó en base a la tabla 5 de la norma UNE 100713, que establece rangos de valores admisibles para temperatura, humedad relativa, ruido y caudal de aire impulsado.

La normativa UNE100713 no recoge todos los tipos de salas de uso hospitalario (por ejemplo salas de espera), por lo que fueron clasificadas según el RITE, con la categoría de calidad de aire interior IDA1, "aire de óptima calidad", para hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

Con esta acción acotamos la localización de las instalaciones de acondicionamiento de aire en el hospital.

3.3. Realización de un checklist en base a la norma UNE 100713

Respecto el contenido y el formato de los checklist, se ha elegido el formato más adecuado para listar y verificar las instalaciones de acondicionamiento de aire respetando la secuencia lógica y funcional definida por la norma, para ello las frases utilizadas han sido breves, manteniendo un lenguaje profesional de su campo de aplicación. Se han utilizado fuentes claras con un espaciado simétrico. Planteamos el diseño de nuestro checklist buscando un equilibrio entre la brevedad y la amplitud de la información a manejar, refinándose en base a nuestra experiencia y a los ensayos realizados sobre los cuales hemos retroalimentado el diseño original obteniéndose finalmente un modelo de checklist que entendemos que reduce su dificultad de utilización.

Figura 6. Checklist (5 hojas)

	UNE 100713	
1. TOMAS DE AIRE EXTERIOR Y SALIDAS DE AIRE DE EXPULSIÓN		
1.1. Protección entrada de agua de lluvia mediante rejas de lamas inclinadas 45° hacia abajo.		☐
1.2. Protección por malla con luz de paso de 5 mm.		
1.3. Distancia mínima desde la toma de aire respecto a Lugar Circulación Vehículos de (10 m)		
1.4. Distancia mínima desde la toma de aire respecto a Cubiertas o Tejados (2,5 m)		
1.5. Distancia mínima desde la toma de aire a Terreno (2,5 m)		
Notas:		
2. CONDUCTOS DE AIRE		
2.1. Requisitos generales		
2.1.1. Conductos lo más cortos posibles. (Registros de inspección según UNE-ENV 12097)		
2.1.2. Los conductos flexibles solo se utilizan para conexión con unidad terminal de aire. (Longitud máxima 2,5 m)		
2.1.3. Dentro de los conductos no hay instalaciones que no pertenezcan a la instalación de acondicionamiento de aire.		
2.1.4. Existen registros para mantenimiento de elementos instalados dentro de conductos (Su situación debe señalarse)		
2.1.5. Los caudales de aire están canalizados. (No utilizar falsos techos para conducir aire)		
Notas:		
2.2. Conductos para toma de aire exterior		
2.2.1. Están contruidos con arreglo a clase de conductos B.1, B.2 y B.3, con coeficiente de estanquidad M, según la norma UNE 100104		
2.2.2. El tramo de conducto entre toma de aire exterior y Unidad de Tratamiento de Aire tiene registros para permitir limpieza y desinfección de paredes interiores.		
Notas:		
2.3. Conductos de impulsión de aire		
2.3.1. Los conductos de aire trabajan en sobrepresión		
2.3.2. Están contruidos con arreglo a clase de conductos B.1, B.2 y B.3, con coeficiente de estanquidad M, según Norma UNE 100104. (Para locales de Clase II)		
2.3.3. Están contruidos con arreglo a clase de conductos M.1 y M.2, con coeficiente de estanquidad M, según Norma UNE 100104. (Para locales de Clase I)		
Notas:		

4. Resultados: validación de la herramienta

Para la validación de la herramienta hemos realizado dos acciones claramente diferenciadas entre una validación realizada por no profesionales y por profesionales.

Validación por no profesionales ha consistido en seleccionar a 30 alumnos que han cursado y aprobado la asignatura de Proyectos de Ingeniería en el primer cuatrimestre, donde como caso práctico de la asignatura se ha diseñado un hospital con todas sus instalaciones.

Todos ellos han dispuesto de todos los planos del hospital con la planimetría actualizada y han dispuesto de la norma UNE 100713 en papel. Se procede a visitar el Hospital con todos ellos. Con toda la documentación, todos los alumnos han dispuesto de materiales e instrumentación para realizar la comprobación. El tiempo de estancia en el recinto hospitalario ha sido de 4 horas. Hemos dividido en el grupo en dos.

- 15 alumnos han procedido a la comprobación de las instalaciones de acondicionamiento de aire en base a la norma UNE 100713 (grupo A).
- 15 alumnos han procedido a la comprobación de las instalaciones de acondicionamiento de aire en base a los checklists basados en la norma UNE 100713 (grupo B)

Tabla 2. % de Alumnos que han verificado completamente la norma UNE 100713 (por grupos)

20 % (Grupo A)	86 % (Grupo B)
----------------	----------------

Tabla 3. % de Alumnos que han verificado la norma UNE 100713

EXIGENCIAS TÉCNICAS E HIGIÉNICAS	GRUPO A	GRUPO B
Tomas de aire exterior y salidas de aire de impulsión	53 %	93,3 %
Conductos de aire	33 %	86 %
Compuertas de cierre	40 %	100 %
Conductos de extracción de humos y compuertas cortafuegos	80 %	100 %
Componentes de las instalaciones de acondicionamiento de aire	20 %	86 %

A pesar de no ser profesionales los alumnos del grupo B (Tabla 2 ,3) han presentado buenos porcentajes de verificación de la instalación de acondicionamiento de aire en el hospital.

Validación por profesionales ha consistido en invitar a seis consultoras de ingeniería expertos en la realización de proyectos de acondicionamiento de aire y facilitarle toda la documentación igual que se les facilitó a los alumnos.

- 3 expertos han procedido a la comprobación de las instalaciones de acondicionamiento de aire en base a la norma UNE 100713 (grupo C).
- 3 expertos han procedido a la comprobación de las instalaciones de acondicionamiento de aire en base a los checklists basados en la norma UNE 100713 (grupo D)

Tabla 4. % de Profesionales y tiempo medio que han tardado en verificar la norma UNE 100713

100 % (Grupo C). Tiempo Medio: 12,34 horas.	100 % (Grupo D). Tiempo Medio: 4,85 horas.
---	--

Respecto a los profesionales todos han verificado completamente la instalación, sin embargo se aprecia que los que han trabajado con la lista de verificación o checklist diseñado han tardado en verificar la instalación aproximadamente un tercio del tiempo respecto a los que no lo han poseído.

Posteriormente se les ha propuesto a los expertos una reunión en conjunto para realizar una tormenta de ideas de mejora del modelo de checklist definido.

La elección de profesionales con capacidad crítica para la revisión del modelo nos ha permitido mejorar la funcionalidad y operatividad de la lista de comprobación diseñada o checklist, en definitiva lo que se pretende es un juicio por expertos que facilite la retroalimentación del modelo antes de su difusión generalizada para asegurar su viabilidad técnica.

5. Conclusiones

Las listas de verificación o checklist son unas herramientas muy útiles al aportar orden, estandarización y sistematización a las tareas, así como estimular la comunicación de equipos.

Los proyectos de acondicionamiento de aire en los hospitales presentan cierta complejidad respecto el volumen de documentación a manejar dado que son instalaciones dotadas de un número importante de equipos y componentes, además estos, han de cumplir la norma UNE 100713 a fin de garantizar unos estándares de confort ambiental necesarias para conseguir una calidad asistencial acorde con las exigencias de bienestar físico y psicológico de sus usuarios.

Hemos desarrollado una lista de verificación o checklist de las instalaciones de acondicionamiento de aire en los hospitales en base a la norma UNE 100713. Esta es válida para las instalaciones en su fase de diseño, ejecución, etc., y es también válida para las instalaciones ya consolidadas.

La realización de esta lista, verificada y testeada por profesionales expertos en la materia, permite:

- Ser una ayuda visual u oral para superar ciertas limitaciones de memoria y reducir el margen de error por omisión a cometer por el técnico al tomar decisiones que afecten a este tipo de instalaciones.
- Condensar la extensa información de la norma UNE 100713 para verificar este tipo de instalaciones.
- Reducción importante de tiempo en la verificación de estas instalaciones en base a la norma UNE 100713.

Referencias

- Callyer, S. & Warren, C. (2009). Project management approaches for dynamic environments. *International Journal of Project Management*, 27, 355-364.
- España. Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. BOE, 29 de Agosto de 2007, num. 207, pp. 35931-35984.
- Marques, G., Goucr, D. & Lauras, M (2010). Multi-criteria performance analysis for decision making in Project management. *International Journal of Project Management*, 29, 1057-1069.
- Norma UNE 100713: 2005. Instalaciones de Acondicionamiento de Aire en Hospitales.
- Papke-Shields, K, Beise, C. & Quan, K. (2010). Do project managers practice what they preach and does it matter to project success?. *International Journal of Project Management*, 28, 650-662.
- Dirección General de Ordenación e Inspección (2010). Calidad del Aire Interior en edificios de uso público.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom). (2010). Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales.
- Reason, J. (1990). Human Error. *Cambridge Univertisy Press*.
- Romero, M. (2004). Los sistemas de aire acondicionado y su relación con la calidad del Aire Ambiental en los Hospitales. XXII Congreso Nacional de Ingeniería Hospitalaria. Barcelona.
- US National Library of Medicine. //http://www.pubmed.gov.
- Weisar, T.G., Haynes, A. B., Lashaher, A., Dziekan, G, Boorman, D.J., Berry, W. & Gavande, A. (2010). Perspectives in quality: desing the WHO surgical safety checklist. *International Journal for Quality in Health Care*, 22, 365-370.