

## INTELIGENCIA - URE EN EDIFICIOS MEDIANTE EL CONTROL INTEGRAL DE VARIABLES

Eliás Rosenfeld<sup>\*</sup>, Carlos A. Discoli<sup>\*</sup>, Fernando Romero<sup>\*\*</sup>, Carlos Ferreyro<sup>\*\*</sup>, Agustín Pinedo<sup>\*\*\*</sup>, Juan M. Moreno<sup>\*\*\*</sup>

Instituto de Estudios del Hábitat, IDEHAB, U.I. N°2, FAU, UNLP.  
Calle 47 N°162. CC 478 (1900) La Plata.  
Tel-fax: 021-214705. E-mail: erosenfe@arqui.farulp.unlp.edu.ar

### RESUMEN

El trabajo desarrolla una metodología y un marco de referencia en la temática de edificios inteligentes, necesario para la determinación de requerimientos y variables en edificios de mediana y baja complejidad nuevos o susceptibles de ser reciclados. Se propone un concepto de inteligencia que integre la toma de decisiones, el conocimiento actual e histórico, el diseño energéticamente consciente y la arquitectura protegida. Se pretende utilizar la integración de variables como estrategia de URE.

### INTRODUCCIÓN

El trabajo forma parte de un proyecto marco denominado SISTEMA INTELIGENTE AVANZADO PARA EDIFICIOS (SIAPE) y del proyecto EDIFICIOS INTELIGENTES. Una concepción integral para los requerimientos en la arquitectura, PIA N° 6835/96, en los que se plantea investigar las tecnologías necesarias para incorporar sistemas inteligentes avanzados de mediano costo, a edificios nuevos o susceptibles de ser reciclados. El concepto de inteligencia avanzada que se propone, tiene que ver con la toma de decisiones en forma inteligente e integral en base al conocimiento actual e histórico incorporado. Se contemplan en el conocimiento y en el entorno edilicio, los conceptos y tecnologías de diseño energéticamente consciente (uso racional de la energía y los recursos, URER) y de vivienda protegida (para diferentes niveles de discapacidad).

Se plantea como hipótesis general que la implementación de estos sistemas conlleva una mayor eficiencia en los servicios suministrados respecto a los edificios tradicionales que impacta en un mejoramiento integral del hábitat incluido el URE. Como hipótesis complementarias, se plantean las siguientes:

- a) Que la tendencia al aumento de los valores de los servicios y a la disminución de los costos de estos sistemas ha llegado a un punto de cruce en el cual, la amortización de los mismos se realiza en un tiempo razonable, lo que permite el uso de esta tecnología en edificios de pequeño y mediano porte, en los que no es tradicional.
- b) Que la creciente complejidad de los sistemas de control, gestión y seguridad, pertenecientes a edificios del sector terciario y parte del residencial, justifican soluciones de este tipo.
- c) Que los distintos tipos de edificios tienen características comunes en cuanto a las necesidades, las cuales llevarían a utilizar sistemas de uso general.

Se plantea avanzar sobre el estado del conocimiento y formular una metodología para la sistematización y clasificación de variables con especificaciones de requerimientos.

### EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO

La arquitectura de sistemas inteligentes se ha insertado, hasta el momento, en edificios de fuerte complejidad. Como muchos de los desarrollos del último cuarto de siglo no proviene de un corpus teórico previo, sino que es producto de un proceso evolutivo característico de las mejoras incrementales de la tecnología contemporánea, en la medida en que se fue gestando el que parece ser el paradigma tecnoeconómico dominante de nuestros tiempos, basado en el complejo de tecnologías de información y comunicación. Ello no obsta para que se puedan destacar concepciones precursoras como las de Buckminster Fuller, con su *Dimaxion House* o las ideas más generales de Norbert Wiener.

Hace una década ya se aceptaba que la "inteligencia" de un edificio era la consecuencia de tres condiciones básicas:

- a. automatización, lograda a través de la integración, en un solo soporte, de subsistemas de gestión del edificio, seguridad y ahorro de energía;

---

\* Investigador CONICET.

\*\* Investigador UNLP.

\*\*\* Colaborador.

- b. comunicaciones avanzadas con grandes capacidades, logradas por la aplicación de conmutadores digitales y fibra óptica;
- c. un amplio y completo equipamiento ofimático<sup>1</sup>, soportado por una red de área local.

Si hacemos un recorrido retrospectivo del tema, podemos observar que el proceso evolutivo hacia una explícita arquitectura de sistemas inteligentes, cuyos antecedentes pueden encontrarse reseñados en dos obras liminares de Reyner Banham: *Teoría y diseño en la era de la máquina* y *La arquitectura del entorno bien climatizado* (R. Banham<sup>2 3</sup>), presenta un primer corte histórico hacia fines de la década de los '60, cuando podían identificarse en Estados Unidos 550 edificios, que disponían de sistemas de control de gestión y seguridad, basados fundamentalmente en mecanismos eléctricos, térmicos o magnéticos (J.M. Fernández Fernández-Isla<sup>4</sup>). Hacia 1976 se contabilizaron más de 2.100 edificios o instalaciones en el mundo desarrollado, con diferentes niveles de automatización informatizada o niveles elementales de inteligencia. Para entonces se vivían plenamente los efectos de la crisis energética de 1973 y se habían abaratado enormemente los productos informáticos. Si definimos cortes históricos, podemos inferir que la **primera generación de edificios inteligentes**, a fin de los '60; definibles verdaderamente como edificios parcialmente automatizados, sufrieron una etapa de transición inicial y aprendizaje, luego de la cual, han ido incorporando, en los años '70, las telecomunicaciones y la ofimática a los controles de gestión de seguridad y conservación de energía (URE) se daba respuesta a la crisis energética de esa década, formando parte ya en esta instancia, de los **edificios de segunda generación**. Es así que hacia 1981 aparece el concepto de inteligencia. A fines de los 80, se incorporaron otros conceptos ligados no ya a las instalaciones sino a la arquitectura y el diseño urbano: mayores exigencias de calidad ambiental; acertado planeamiento entre las zonas funcionales; diseño que contemple el crecimiento y la flexibilidad; sistemas de gestión de energía para el acondicionamiento higrotérmico, lumínico y sonoro y disposiciones constructivas que permitan la canalización de los diferentes flujos de los subsistemas, definiendo a los mismos como **edificios de tercera generación**. La concepción de inteligencia avanzada, propuesta por este proyecto, incorporando la toma de decisiones en forma inteligente e integral basada en el conocimiento actual e histórico, contemplando además los conceptos de diseño energéticamente consciente y arquitectura protegida, nos ubicaría en lo que definiríamos **edificios inteligentes de cuarta generación**.

El concepto de "Edificio Inteligente" (EI) ha ido evolucionando en función de los requerimientos y la tecnología aplicada. Las estrategias de venta y marketing del producto, en general han provocado efectos contraproducentes con el término, ya que se ha promocionado el producto de manera poco veraz, adjudicándole atributos que se cumplían en sus primeros tiempos limitadamente, encubriendo así las soluciones reales y conceptuales de los requerimientos para el que los sistemas habían sido concebidos. Hubo muchas empresas que comercializaron sistemas para edificios inteligentes saturando el mercado generándose en estas instancias definiciones como: "Un edificio inteligente es aquel que promueve la transferencia de datos de un sistema a otro". Uno de los aspectos relevantes que más interesaba a los propietarios y usuarios, era la facilidad del control de mantenimiento, siendo el sistema del edificio capaz de promover reportes detallados de su estado de conservación y reparación.

De hecho se observa en general una gran dispersión de emprendimientos, conceptos y definiciones ligada al término EI. Lo que se puede afirmar hasta el momento, es que cuanto más viejo es el edificio, más automatización y menos inteligencia tiene.

En Estados Unidos a principios de los años 80, en los edificios se intensificó el uso de la electrónica y de la alta tecnología relacionada. De hecho, la Academia Nacional de Ciencias en Washington, DC, formalizó un comité normalizador relacionado al crecimiento de la electrónica en los edificios. En función de los aspectos intervinientes en un edificio inteligente, se clasificó su operación y control en cuatro categorías: a. uso eficiente de la energía; b. sistemas de seguridad; c. sistemas de telecomunicaciones y d. automatización del trabajo.

La meta en el diseño de EI fue integrar las cuatro áreas operativas en un sólo sistema computarizado.

El concepto de EI mostró importantes avances fundamentalmente en EE UU por las siguientes razones: a. allí la ley permite a terceras partes ofrecer servicios telefónicos; b. los principales proveedores y promotores del concepto de EI están allí; c. el alto número de construcciones nuevas es suficiente como para permitir la experimentación en gran escala y d. un EI es más fácil de alquilar en ese contexto.

En un primer momento la tendencia fue que la totalidad del control se ejerciera desde un computador central. Esto conllevaba el peligro que un desperfecto en dicho equipamiento dejaría fuera de servicio el edificio. Luego comenzaron a utilizarse redes de datos y sistemas embebidos, dos tecnologías que revolucionan los ambientes domésticos y edificios en general. Los microprocesadores fueron embebidos en numerosas aplicaciones domóticas desde máquinas de lavar a sistemas de agua caliente.

En la evolución de estos edificios se registraron en los países desarrollados, grandes éxitos y también notorios efectos negativos que, empezaron a ser superados. En líneas generales los problemas eran los siguientes: a. Consecuencias negativas de la optimización unilateral de los subsistemas. Por ejemplo, minimización de la ventilación, para ahorrar energía, registrándose en consecuencia focos patógenos en los conductos de aire y patologías consiguientes en los usuarios; b. introducción de sistemas inteligentes en edificios inadecuados, tanto en su diseño, como en la calidad térmica de la envolvente en relación a las condiciones de contorno; c. apelación excesiva a soluciones tecnológicas tipo *high-tech* que resultaron en fallas operativas, de durabilidad y escasa flexibilidad ante situaciones de colapso de los sistemas.

En la actualidad, las diferentes líneas de trabajo tienden a converger en lo que se denomina **Inteligencia distribuida-centralizada**. Se utilizan sistemas autónomos inteligentes conectados a una red de comunicaciones. La inteligencia está en la red. Se puede establecer un puesto de control desde diversos puntos de la red e interactuar con los distintos sistemas interconectados. De esta manera, la falla de un equipo no sólo no deja sin sistema al equipo, sino que una falla generalizada de la red permitiría funcionar a los equipos autónomos en una prestación mínima debido a la inteligencia distribuida entre estos

sistemas. Como ejemplo, un sistema de control de accesos dejará de comunicar al sistema la entrada de personas, pero seguirá abriendo las puertas a las personas que introduzcan su tarjeta magnética en cada puesto, sirviendo una base de datos en cada puesto para verificar los correspondientes derechos de accesos.

En los países en desarrollo la tendencia general ha sido la misma, pero las diferencias de contexto han ido configurando trayectorias y necesidades bien diferenciadas. Si la tendencia en los países desarrollados pasó de un primer estadio restringido a edificios de gran porte y complejidad, extendiéndose luego a categorías menos complejas y a los sistemas inteligentes urbanos, en todos los casos con tecnología relativamente sofisticada, en los países periféricos no ha ocurrido lo mismo. Los sistemas edificios inteligentes, por su alto costo, se han limitado solamente a los edificios con pretensiones emblemáticas. Su funcionamiento se ve afectado en muchos casos no sólo por los inconvenientes propios registrados en estos sistemas, sino también por las dificultades originadas en la configuración de componentes importados, sin una adecuada infraestructura de puesta en marcha y mantenimiento.

Así, en nuestro país, se ha verificado la implementación de sistemas inteligentes que registraron algunos o varios de los inconvenientes antes señalados cuando estos problemas ya habían sido resueltos en los países centrales. Debe tenerse en cuenta que el proceso histórico en nuestro país, también sufrió una evolución que puede sintetizarse en los siguientes términos:

- a. La creciente complejidad de los sistemas, servicios y actividades de los grandes edificios determinaron, en forma más intensa a partir de los años '70, una diversidad de requerimientos y enlaces, con la implementación de sistemas electrónicos. Ello se basó en la experiencia ganada en la automatización, principalmente en el sector industrial y posteriormente en edificios del terciario de gran tamaño.
- b. En muchos casos se registraron problemas originados en que cada sistema fue pensado y diseñado en forma independiente. Al tratar de integrarlos surgieron inconvenientes que, en muchos casos, aún no encuentran una solución razonable. A pesar de ello, este criterio se sigue aplicando en la actualidad en la mayor parte de los casos. Además no se integraron armónicamente los sistemas en la arquitectura.
- c. Asimismo los sistemas implementados, en su mayoría han contado y todavía cuentan, con deficiencias originadas en su concepción y/o materialización no integrada, con problemas de salubridad, con dudosa armonización de componentes, con sobrecostos de operación dado su complejidad y de mantenimiento.

Como resultado de proyectos anteriores, desarrollados por nuestro grupo y otros en el ámbito nacional, se han detectado las siguientes demandas insatisfechas, encontrándose algunas de ellas en vías de solución:

- i. La necesidad y conveniencia de desarrollar una arquitectura incorporando sistemas inteligentes a edificios de complejidad media y baja, de costo razonable y tecnología acorde con el contexto nacional. Actualmente esta situación está siendo revertida ya que el equipamiento adquirible en el mercado presenta una importante versatilidad de prestaciones con precios más accesibles y totalmente modulares orientados a pequeña, mediana y gran escala ;
- ii. La conveniencia de incorporar los conceptos de "arquitectura protegida", desarrollada desde hace dos décadas en los países centrales, que resuelve los diferentes tipos de barreras físico-funcionales, combinando el diseño con equipamiento orientado a contener, servir y proteger a usuarios con diferentes grados de discapacidad o de la tercera edad;
- iii. Las conveniencia de incorporar las pautas de URE y los desarrollos obtenidos en diseño bioclimático pasivo, que permite lograr acondicionamiento ambiental natural de bajo costo y reducido mantenimiento. Así como software y hardware para aplicaciones de electrónica e informática y componentes destinados a seguridad y control de gestión, producidos en el mercado a precios competitivos;
- iv. Escasa difusión y relativa inexistencia en el país de sistemas que sean implementados razonablemente en el parque edilicio de mediana envergadura, destinado viviendas y demás servicios del sector terciario, donde estas prestaciones pueden tener una interesante demanda. Apunta a considerar los actuales requerimientos de aumento de la eficiencia de la gestión, de reducción de costos operativos y de respuesta a las necesidades sociales (seguridad, resoluciones orientadas a discapacidades, etc.). En este punto, existe recientemente una oferta incipiente de productos orientados fundamentalmente a: por un lado a viviendas cuyos usuarios tienen un cierto poder adquisitivo, mientras que por el otro, el terciario presenta grandes asimetrías, existiendo en alguno de los sectores, demandas importantes de estos productos, mientras que en otros, como el caso de salud y educación, fundamentalmente de la esfera estatal, todavía conviven con demandas primarias de requerimientos.

Al respecto nuestra propuesta implica una ampliación e innovación metodológica, con el objeto de generar bases para un sistema inteligente avanzado, incorporando los conceptos antes mencionados.

## **ESTRATEGIAS DE CONTROL Y URE**

A partir de una intensa búsqueda de información se pudo conformar una grilla de variables y sistemas para la utilización de la tecnología de edificios inteligentes.

En el aspecto energético se podrían lograr ahorros mayores con un diseño bioclimático que apunte al control y al uso racional de la energía. Las estrategias posibles de implementar para reducir el consumo de energía pueden ser agrupadas en activas y pasivas. Entre las activas podemos mencionar: a. programa de arranque/parada; b. optimizador de arranque/parada; c. ciclo de trabajo; d. reset de Setpoint; e. limitador de la demanda eléctrica; f. control adaptivo; g. optimización de enfriadores; h. optimización de calderas e i. optimización de fuentes de energía.

La inteligencia aplicada a la consecución de estas estrategias, se logra a través de los siguientes sistemas vigentes en el mercado: a. Sistema de Automatización del Edificio (Building Automation System (BAS)); b. Sistema de Gerenciamiento de la Energía (Energy Management System (EMS)); c. Sistema de Control y Manejo de la Energía (Energy Management and Control System (EMCS)); d. Central de Control y Monitoreo del Sistema (Central Control and Monitoring System (CCMS))

y e. Sistema de manejo de Facilidades (Facilities Management System (FMS)).

Entre las pasivas podemos mencionar: a. orientación diferenciada por sectores y tipos de uso; b. control de ganancias y pérdidas por aventanamiento; c. control solar por parasoles; d. ventilación natural y control de infiltraciones y e. aislación termohidrófuga de la envolvente.

La implementación de estas estrategias se logra a través del diseño inteligente, procurando formular acciones de compromiso entre las diferentes alternativas. La calidad de los componentes, como el caso de los vidrios, interviene significativamente en la eficacia de la implementación de alguna de las estrategias planteadas.

Con respecto a la seguridad, se utilizan tecnologías para mejorar la performance de las alarmas de incendio y sistemas de seguridad minimizando al mismo tiempo los costos. Los factores que involucran la seguridad son: a. reducida dependencia de la intervención humana; b. circuito cerrado de televisión; c. control de accesos; d. detección de humo y gases; e. alarmas de intrusión; f. control en emergencia de elevadores, sistemas de HVAC, puertas y g. UPS (Uninterrupted Power Supply)

Con respecto a las telecomunicaciones, se ofrece a los usuarios sofisticados servicios a costos reducidos ya que el equipamiento es compartido por todos. Algunos de estos servicios son: a. PBX (Private Branch) Centrales privadas de telefonía; b. cable visión; c. videotexto y d. Email.

Con respecto al uso de alta tecnología en la automatización del trabajo, se reducen los costos al ser compartido el equipamiento entre los usuarios. Algunos aspectos de ésta área son: a. procesamiento de datos centralizado; b. procesamiento de textos: incluyen la creación, revisión, almacenamiento, recuperación y transmisión de documentos; c. CAD (Computer Aided Design) Diseño asistido por computadora; d. sistemas de información; e. teleconferencia; f. centralización de mensajes y g. servicios de mantenimiento de computación

## RESULTADOS OBTENIDOS

Para la determinación de los requerimientos de un EI se planteó una configuración de macrovariables edilicias y tecnológicas, que puestas en una grilla permite confrontar requerimientos con prestaciones de las nuevas tecnologías. La macrovariable edilicia se estudia según dos puntos de vista:

1. funcional, con las siguientes áreas de variables: relacionada a la estructura resistente, a los sistemas, a los servicios y a la administración
2. estructural, donde se estudian tres cualidades: flexibilidad del edificio, integración del servicio y diseño interior y exterior. Las variables se agrupan en cinco áreas: estructura y envolvente, entorno, servicios, interiores y decorados.

Algunas de variables son: partido arquitectónico bioclimático, iluminación natural y percepción visual, acústica, espacios técnicos, espacios para equipamiento de control y espacio para instalación de antena.

En cuanto a la macrovariable tecnológica se compone de tres áreas: soportes de comunicación con las variables redes, protocolos y bus; sistemas integrados y sistemas parciales con las variables: detección de inundación, de calor, de intrusión, control de acceso, etc.

A partir de esta clasificación se planteó una matriz integral, la cual intenta contener y sistematizar la totalidad de las variables permitiendo identificar y discriminar las relevantes para cada emprendimiento, como también sus respectivos rangos.

## CONCLUSIONES

El trabajo plantea una nueva concepción en edificios inteligentes, el cual ha permitido indagar, desde un aspecto cronológico, la evolución conceptual y tecnológica generando así un marco teórico de referencia; desde un aspecto arquitectónico, la identificación y sistematización de las variables y demandas relevantes, detectando las necesidades comunes y particulares del parque edilicio de mediana y baja complejidad; y desde el aspecto tecnológico, la identificación, conocimiento de especificaciones y disponibilidad en el mercado de sistemas y componentes.

La explicitación y ordenamiento de variables realizada en este proyecto, nos permitió la realización posterior de un modelo del consumo energético para un EI de porte medio, localizado en un área de densidad media de nuestra región y su confrontación con los modelos convencionales.

## REFERENCIAS

1. Entendemos como ofimática al soporte de toda actividad intelectual con apoyo logístico de información y procesamiento de datos que se realiza en todo ámbito.
2. R. Banham, "Teoría y diseño en la era de la máquina", Ed. Nueva Visión, Buenos Aires, 1965.
3. R. Banham, "La arquitectura del entorno bien climatizado", Ed. Infinito, Buenos Aires, 1975.
4. J.M. Fernández Fernández-Isla, "Edificios corporativos", en "Curso sobre Edificios Inteligentes", COAM, Madrid, 1989.