



**Parámetros de eficiencia en el proceso de
rehabilitación de edificios:
¿Es necesario un acercamiento a la automatización?**

Autor: Kepa Iturralde Lertxundi

Institución: Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro (delegación en Bizkaia)

Resumen

El proceso de rehabilitación de edificios actual se basa en su mayoría en procesos de obra realizados "in situ", es decir, el material se manipula normalmente en obra. Son procesos que distan de ser eficientes. Analizaremos varios factores en el proceso de rehabilitación y se concluirá si un proceso automatizado puede llegar a ser más eficiente que los procesos actuales. Un proceso automatizado se basa en: la medición en 3D exacta del edificio, la redacción del proyecto utilizando software específico (BIM), la manipulación de materiales utilizando maquinaria robotizada y el montaje rápido de los elementos en obra.

Actualmente, parte del material usado en la rehabilitación del edificio genera un desperdicio o residuo que necesita ser tratado o reciclado. Se puede decir que el residuo se transporta dos veces: Primero desde el centro de producción a al edificio en rehabilitación. Después, desde el edificio en rehabilitación al centro de tratamiento. Si el material o elemento constructivo es manipulado en origen, se podría ahorrar el transporte de material hacia y desde el edificio en rehabilitación. Un control del proceso de manipulación en un centro de producción (taller, fábrica) puede facilitar esa gestión de residuos.

Hoy en día, la manipulación de material en obra requiere de maquinaria. Los trabajos más comunes son la obtención de morteros, el corte de materiales conformados y la soldadura de elementos metálicos. Debido a múltiples factores, se comenten demasiados errores en obra. Son errores que exigen una subsanación, y esa propia subsanación conlleva un gran gasto energético. ¿Hasta qué punto un proceso automatizado puede reducir los errores en obra?

En la actualidad, la manipulación de materiales en obra es causa de molestias y desperfectos tanto en el propio edificio a rehabilitar como en los edificios y espacios urbanos colindantes. Un proceso de rehabilitación genera molestias debido a la suciedad, el polvo, el montaje de andamios y el ruido. De la misma manera, el edificio rehabilitado y sus colindantes sufren daños que han de ser reparados. Un proceso automatizado podría aminorar los efectos colaterales causados por la obra.

Palabras claves: rehabilitación, robots industriales, CNC.

1.-Introduccion y problemática

El artículo gira en torno a tres parámetros: el residuo, la energía y la duración del periodo en obra. Actualmente, parte del material usado en la rehabilitación del edificio genera un desperdicio o residuo que necesita ser tratado o reciclado. Se puede decir que el residuo (descontando el material derribado o desmantelado) se transporta dos veces: Primero desde el centro de producción al edificio en rehabilitación. Después, desde el edificio en rehabilitación al centro de tratamiento. Si el material o elemento constructivo es manipulado en origen, se podría ahorrar el transporte de material hacia y desde el edificio en rehabilitación. Un control del proceso de manipulación en un centro de producción (taller, fábrica) puede facilitar esa gestión de residuos. Por otro lado, se puede llegar a pensar que un proceso automatizado de mecanización de piezas gasta más energía que procesos manuales. Pero ¿existen procesos totalmente manuales en obra? ¿Qué consumo energético es necesario para el uso de materiales llamados tradicionales? ¿Es más eficiente tener un alto grado de mecanización con materiales con menor consumo energético? Por último, un gran problema de la rehabilitación de edificios es la poca predictibilidad en cuanto a la duración de la obra. En la actualidad, la manipulación de materiales en obra es causa de molestias y desperfectos tanto en el propio edificio a rehabilitar como en los edificios y espacios urbanos colindantes. Un proceso automatizado puede minimizar el tiempo en obra y por lo tanto mejora la actual situación.

2.-Metodología

Brevemente, la metodología está estructurada de la siguiente manera: se tomará como ejemplo la rehabilitación de una vivienda situada en un edificio construido mediante muros de mampostería y estructura de madera. Se compararán varios parámetros en el caso de una reforma tradicional y la reforma automatizada. De esta manera conseguimos el nivel de eficiencia en cada uno de los casos. La reforma automatizada, desgraciadamente se ha realizado de manera virtual. Los parámetros analizados son los siguientes:

- El residuo y su gestión en el proceso de rehabilitación. Cuantificar hasta qué punto se puede ahorrar en la generación y posterior gestión de ese residuo.
- Gasto energético del proceso de rehabilitación. Se razona el hecho de que un proceso automatizado de rehabilitación es energéticamente más eficiente que un proceso tradicional.
- Duración de la obra. Para que este parámetro se pueda definir con mayor exactitud, sería necesario realizar varias pruebas in situ del proceso automatizado. No obstante, se puede llegar a extrapolar la disminución de la duración en obra con el proceso automatizado de edificios nuevos.

El prototipo virtual se realiza en una vivienda de 70 m², realizado mayoritariamente utilizando madera contrachapada. En total se realiza un proyecto virtual que utilizaría cerca de 16 m³ de material.

3.-El residuo y su gestión en procesos tradicionales y procesos automatizados

La rehabilitación genera un mayor residuo que la obra nueva (LLatas et al.). Este dato se debe sobre a la retirada habitual de elementos del edificio antiguo. Se tratada de elementos tanto de distribución como de elementos estructurales. La retirada de elementos de división se puede ver justificada por las necesidades del cliente a adecuar el espacio que habita. La retirada de elementos estructurales puede algunas veces estar justificada. Pero los proyectistas somos quizás demasiado severos con el diagnóstico de las estructuras y hace ello que de antemano la solución sea retirar la antigua y colocar una nueva. La solución que se propone, antepone un sistema de divisiones flexibles y una mejora estructural siempre y cuando sea necesario.

Una obra de planta nueva genera un residuo de 120 kilogramos por metro cuadrado. La rehabilitación de edificios genera unos 338,7 kg/m². Los estudios efectuados bien señalan que se trata de rehabilitaciones sin afección estructural importante. Es decir, que el residuo generado no implica el vaciado estructural. Se considera que la valoración en obra del residuo en casos de rehabilitación es despreciable, dado que lo que se puede llegar a reutilizar no se considera residuo, si no que es parte del edificio. Por lo tanto, se supone que la totalidad del residuo se lleva a un punto de recogida o centro de tratamiento.

Para llevar ese residuo a un centro de tratamiento, se suelen utilizar normalmente dos tipos de vehículos:

-Vehículos especializados para el caso, llamémonosle camiones para llevar contenedores. Estos contenedores tienen normalmente una capacidad de 5m³. Tienen un coste de 100 euros. Si el escombro tiene una densidad de 2tn/m³, podemos cargar con 10 toneladas.

-Vehículos con una menor capacidad de carga, o furgonetas, con las cuales puede llevarse hasta 1,5 m³ o lo que es lo mismo, cerca de 3 toneladas escombro. Esto siempre y cuando la furgoneta sea suficientemente grande y se aproveche al máximo.

Para calcular la cantidad de viajes que se necesitan en cada caso, realizamos el siguiente cálculo:

1.-Primero calculamos la cantidad de viajes referidos al acopio de material en obra y el residuo generado por este material, estos viajes son de ida (almacén-obra) y vuelta (obra-punto de recogida). Se considera una reducción del 40% respecto a la obra nueva, dado que en rehabilitación, en principio la estructura no se ejecuta en su totalidad. Asimismo se considera la densidad del residuo generado en 2 tn/m³.

$0,120 \cdot 0,4 \text{ tn/m}^2 \cdot 70\text{m}^2 = 3,36 \text{ toneladas de residuo.}$

En una furgoneta de 3.5 toneladas de carga, habría que realizar 1 viaje o algo menos de medio contenedor con un vehículo especializado.

2.-Después, calculamos los viajes necesarios para transportar el material desmantelado en el edificio reformado al punto de recogida. Para calcular la cantidad de material desmantelado, le restamos la unidad de residuo de obra nueva a la unidad de residuo en rehabilitación y lo multiplicamos por los metros cuadrados rehabilitados.

$(0,338 \text{ tn/m}^2 - 0,120 \cdot 0,6 \text{ tn/m}^2) \cdot 70\text{m}^2 = 18,62 \text{ toneladas}$

En una furgoneta de 3.5 toneladas de carga, habría que realizar 6 viajes. O de otra manera, se necesitarán 1 contenedor y medio

Se puede decir que, en total, necesitamos cerca de 7 viajes en furgoneta para el transporte exclusivo de residuo. Si suponemos que en cada viaje se realizan cerca de 25 km, sale a 175 km transportando residuo. O lo que es lo mismo, a una media de 30km/h

de velocidad y un consumo de 15 litros a 100 km del vehículo, nos sale a seis horas de trabajo y a 26,25 litros de gasolina.

A esto hay que sumar que la cantidad de tiempo en el desplazamiento de residuo desde la vivienda a pie de furgoneta, que siempre que se puedan usar medios mecánicos, suele rondar las 35 horas.

Sumando el transporte de vehículo y la ``bajada`` del residuo, nos sale cerca de una semana de trabajo de una sola persona solamente en mover el residuo de una parte a otra.

Por el contrario, el único residuo generado durante el proceso automatizado se genera en un taller y se lleva directamente al punto de recogida. Hay que recordar que los centros de producción bien suelen tener un plan específico de residuos o bien se encuentran en los llamados polígonos industriales donde existe normalmente un punto de recogida de residuos. Un proceso automatizado deberá buscar minimizar al máximo la generación de residuo en obra. A menor manipulación de material en obra, menor residuo creado. Por lo tanto, si durante el ensamblaje de los elementos no hay una manipulación, no se genera ningún residuo.

Además los programas de corte en CNC ofrecen una optimización del material para evitar desperdicios. Esto puede ser muy útil en grandes superficies, donde el material sobrante suele ser grande.

4.-Gasto energético en procesos tradicionales y procesos automatizados

Un proceso automatizado normalmente exige una mecanización del elemento constructivo. Alguien pensará que los procesos tradicionales se realizan manualmente. Pero a día de hoy, la manipulación de material en obra requiere de maquinaria. Los trabajos más comunes son la obtención de morteros, el corte de materiales conformados, la soldadura de elementos metálicos, o el pulido de materiales.

Por lo general, para la realización de una vivienda nueva se necesitan 300MJ por metro cuadrado (Cepeda y Mardaras). En rehabilitación, se considera un 40 % de incidencia menor, debido a que parte de la estructura, parte del cerramiento y la cimentación se consideran como preexistentes. Queda por lo tanto en 1710MJ por m² de superficie rehabilitada. En un piso de 70 m² tenemos por lo tanto un gasto de 119.000 MJ.

Si realizamos el proceso con materiales que para su elaboración sea necesario un menor consumo energético, como es el contrachapado de madera que tiene un gasto de 3Mj por kg, el ahorro energético puede ser evidente.

En el piso analizado de 70 m², el proyecto virtual señala que se utilizan 15.95 m³ de material, pero supongamos que son 20 m³ de material utilizado. Suponiéndole una densidad de 450kg/m³, sale a 9000kg de material introducido, que para su elaboración y colocación son necesarios 27.000 Mj.

Una mecanización realizada en CNC gasta normalmente un 50 % más de energía que su realización con herramientas mecánicas de mano. Pero aún realizando el mecanizado necesario con las técnicas de CNC más obsoletas, y supongamos que doblamos el consumo de energía y pasamos a 54.000MJ, nos quedaríamos muy por debajo de los 119.000 MJ de un proceso tradicional.

5.-Periodo de obra en procesos tradicionales y procesos automatizados

La disminución del periodo de obra debe de ser un objetivo primordial a la hora de la automatización de procesos. Un proceso de rehabilitación genera molestias debido a la suciedad, el polvo, el montaje de andamios y el ruido. Lamentablemente, la propuesta virtual no se ha podido ejecutar en una situación real hasta la fecha. Pero se pueden prever la duración de los montajes.

Hoy en día, según las muestras realizadas, un piso de 70 metros cuadrados se rehabilita en cuatro meses. ¿Cuánto se tardará utilizando medios automatizados? En el proyecto virtual se prevé que el número de elementos a colocar en un piso de 70 metros cuadrados rondaría los 2.000, sin incluir la instalación eléctrica. Se calcula que la colocación de cada pieza, incluyendo todas las horas residuales de transporte, acopio y demás, no debe de llevar más de 10 minutos por una persona. En total necesitaríamos unos 20.000 minutos o lo que es lo mismo, 333 horas.

Supongamos que durante la obra trabajan tres personas a modo continuo, y que trabajan 40 horas a la semana. Supongamos también que una de las personas ayuda a las otras dos en el montaje y que en realidad el montaje propiamente dicho lo realizan dos personas. En total saldrían unas 166 horas dedicadas puramente al montaje, lo que viene a decir que la reforma del edificio se debería de terminar en alrededor de un mes.

Si comparamos los datos con sistemas prefabricados de obra nueva, vemos que los ratios de reducción de la duración de obra respecto a sistemas tradicionales es parecido.

6.-Conclusiones

Según los parámetros estudiados, parece evidente que un sistema automatizado es más eficaz que un sistema tradicional. No obstante, para optimizar aún más este sistema, habrá que mejorar otros factores. Por un lado, el proceso automatizado, hoy por hoy exige un mayor tiempo de elaboración de proyecto, debido a que las piezas no se dibujan y ni se programan de una manera automatizada. Esto lleva a que el proyecto pueda durar el doble o triple de lo que dure un proceso de proyecto normal. Por otro, todo lo circundante al derribo de parte del edificio antiguo se realiza de manera casi manual y sería conveniente buscar una manera automatizada de desmantelamiento y gestión de residuos.

Hay que recordar que el sistema propuesto sólo sirve en regiones industrializadas donde el uso de software y maquinaria tipo CNC o robots industrializados sea habitual. En regiones débilmente industrializadas una automatización no tiene sentido.

El hecho de que el proyecto de rehabilitación se realice utilizando software tipo BIM, y se ejecute exactamente como estaba ejecutado, nos puede facilitar e crear un registro de la obra o los trabajos realizados. Este registro nos puede ser muy útil para el mantenimiento de las instalaciones y para las posteriores obras o modificaciones. En el proyecto virtual, se antepone conceptos como el llamado "Open Building" que facilitan un uso flexible de la distribución y las instalaciones. Hoy en día, los cambios de distribución requieren grandes sumas de derribo. En proyecto virtual se contempla que en el futuro cambio de distribución el material pueda ser reciclable en la propia obra y por lo tanto requiera menos material que los sistemas actuales.

Debido a múltiples factores, se comenten demasiados errores en obra. Son errores que exigen una subsanación, y esa propia subsanación conlleva un gran gasto energético, residuos y tiempo. Un proceso automatizado se diseña para que no haya margen para errores. De la misma manera, el edificio rehabilitado y sus colindantes sufren daños que han de ser reparados. Un proceso automatizado podría aminorar los efectos colaterales causados por la obra.

Bibliografía

- Cepeda, M. Iker Mardaras, I., ``*Cuantificación energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización*`` Revista Conarquitectura, año 2004, nº 12, pág, 64, ISSN:178-0201,
- Iturralde, K., ``*Refurbishing homes for elderly using BIM and CNC technology*``. Proceedings of the ISG*ISARC 2012 Congress, Eindhoven 2012
- Llatas, C., Carolina, L., Huete, R., ``Una aproximación metodológica a la verificación en obra de la cualificación de residuos de construcción en Andalucía`` Ponencias del Congreso SB10mad. Edificación sostenible, Revitalización y Rehabilitación de barrios. ISBN 978-84-614-1920-3.

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por el Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco.