



PLANIFICACIÓN: EL ANÁLISIS DEL FLUJO DE RECURSOS HUMANOS COMO CATALIZADOR DEL CAMBIO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN

Santos, Salazar¹, Pedrajas, Rafael²

¹ Grupo Lobe, Alpicat, España

² Grupo Lobe, Zaragoza, España

PALABRAS CLAVE: Planificación, Productividad, Lean, BIM.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es presentar el desarrollo de un método de planificación en el que se aplican conceptos de la filosofía "Lean" y, de la Gestión Basada en la Localización, en proyectos de construcción para el sector inmobiliario. Se plantea un método basado en el incremento de productividad a través de la ordenación de la entrada y salida de los recursos humanos, aunque para ello se ha necesitado salir del marco tradicional de los procesos constructivos apoyándose en la innovación para definir estándares de producción industrializada en la ejecución de edificios de viviendas. Se busca una mejor distribución de la carga de trabajo a lo largo del plazo total de ejecución, teniendo como referencia la distribución normal, la curva idílica de la campana de Gauss.

Entre los pilares del método, está la definición de trenes de actividades que recorren, cada uno, una ruta concreta a lo largo de las distintas zonas, en que se ha segmentado el proyecto, obedeciendo un principio fundamental: una actividad se ejecuta en su totalidad en cada zona de su ruta en un claro compromiso de no volver por donde se ha pasado. Se ha optado por adecuar los distintos ritmos de ejecución de los trenes de actividades para una mejor gestión de la relación entre actividades predecesoras y sucesoras en una clara alusión al concepto de "Takt Time" de la filosofía "Lean".

La visualización de la planificación se considera como unas de las principales fortalezas del método, pues se apoya tanto en la tridimensionalidad, como en un esquema intuitivo del edificio, así como en las barras de Gantt, que ayudan a analizar y comprender más fácilmente las interrelaciones y los objetivos de cumplimiento. Toda la información está gestionada en un entorno BIM que permite un flujo multilateral.

El método propone procesos colaborativos de desarrollo entre Área de Proyectos, Oficina Técnica y Producción que aúnan diferentes perspectivas para lograr el objetivo común de optimizar la utilización de los recursos. La planificación es totalmente analítica, así que como resultado del proceso se obtiene información sobre todos los recursos, materiales y humanos necesarios para su ejecución, tanto en cantidad, como en tiempo y localización en que son necesarios para su utilización.



INTRODUCCIÓN

La planificación de los proyectos de construcción para el sector inmobiliario suele ser tratada de forma muy somera, en general, desarrollada sobre el presupuesto a nivel de capítulos y subcapítulos y representada en una escala temporal mensual a través de las barras de Gantt [1]. Estas características de la planificación se dan porque su enfoque más habitual está en la definición de un calendario de certificaciones, para acomodar la ejecución a la disponibilidad de recursos financieros del Promotor, y ocurre tanto en el ámbito los proyectos de la iniciativa privada como en los de la administración pública. Tal planteamiento es correcto y fundamental para la viabilidad de un proyecto, pero el desarrollo de la planificación no debe circunscribirse tan apenas a este cumplimiento, pero sí, a la vez, asegurar que se defina una planificación que plantee el menor coste de producción.

El desglose de una planificación desde el nivel de capítulos y subcapítulos al de las actividades requiere una investigación de los procesos de producción, y la definición de las actividades necesarias para su consecución, más allá de la secuenciación de unidades de obra a través de la definición de predecesoras y sucesoras. Es necesario analizar y encajar el flujo de entrada y salida de los distintos perfiles profesionales necesarios para la ejecución de un proyecto inmobiliario. Buscando, así, una planificación que optimice la asignación de recursos humanos, y los materiales necesarios, a lo largo del calendario previsto para la ejecución de la obra con el objetivo de disminuir la variabilidad de los procesos constructivos y aumentar la productividad para definir de forma inequívoca los objetivos económicos, temporales y cualitativos del mismo [2].

Una cultura muy extendida en el sector de la construcción español es el de la subcontratación, de tal manera que el contratista principal, en muchos casos, asigna a la obra tan apenas el Encargado y el Jefe de Obra de su propia plantilla y todos los demás trabajadores se vinculan de forma indirecta a través de la subcontratación. En España, la ordenación jurídica lo posibilita desde que se cumplan los preceptos legales contemplados en la regulación de los agentes de la edificación, que se hace a través de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación [3], y de los de la subcontratación, que se hace a través de la 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción [4].

El tejido empresarial español está formado predominantemente por pequeñas y medianas empresas con un alto porcentaje de empresas de 1 a 9 trabajadores, y en el sector de la construcción este porcentaje es, todavía, más alto. Una característica que no debe dejarse de ser considerada en la planificación, pues esta atomización de las empresas del sector requiere un mayor esfuerzo de gestión y coordinación [5]. En general, son empresas de servicios que carecen de una estructura administrativa, o de una gestión profesional de su actividad, limitándose únicamente a la coordinación de la prestación de los servicios contratados. Por otro lado, la prolongada crisis del sector ha desestimulado la formación de nuevos profesionales para el natural relevo generacional, e incluso ha fomentado el trasvase de trabajadores desde la construcción a otros sectores más estables que ya no desean regresar, generando así, carencia de mano de obra especializada. Circunstancias que deben ser tenidas



CONTART

en cuenta en una planificación que busque incrementar la productividad en la producción del producto inmobiliario.

Por otro lado, la consolidación del uso del BIM está favoreciendo que la tecnología empiece a jugar un papel de mayor protagonismo en el sector, que en general ha sido muy poco permeable a las TIC (Tecnología de la Información y Comunicación) [6], y ofrece una oportunidad para investigación y estudios para el planteamiento de nuevos procesos de trabajo. Se abre un nuevo escenario tecnológico sobre lo cual, las empresas, que mejor lo interpretaren, tendrán importantes ventajas competitivas y será vital para su sobrevivencia [7]. El manejo de datos, y la exploración de sinergias entre filosofía *Lean*, y el Sistema de Gestión Basado en la Localización, entre otros, en un entorno digital cambiará la importancia de los agentes de la edificación, la interpretación del dato, y su correcta transformación en información será un importante diferencial competitivo.

El principal objetivo de esta comunicación es presentar los conceptos que han orientado el desarrollo de un método de planificación que ha llevado Grupo LOBE repensar los sistemas constructivos tradicionales para generar un entorno más productivo. Un trabajo de investigación que solo se ha podido realizar porque se asienta en unos fuertes cementos de conocimiento que se genera en la empresa a través de su sistema propio de gestión y en la medición exhaustiva de los procesos constructivos existentes que permiten el planteamiento mejorarlos.

PILARES DEL MÉTODO DE PLANIFICACIÓN

El principal objetivo de la planificación, en la empresa en que se ha realizado la investigación, es trazar, de forma clara e inequívoca, una ruta que conduzca la ejecución de un proyecto a cumplir con sus estándares de calidad, coste y plazo, con el mínimo riesgo, y la máxima optimización en el uso de los recursos. Al minimizar el riesgo se busca disminuir la incertidumbre, la indefinición, y la variabilidad en la ejecución. Para optimizar el uso de los recursos se necesita la máxima productividad de los equipos y la eliminación completa del desperdicio físico de los recursos ajustando sus costes de aplicación a la mínima expresión.

A partir de la filosofía *Lean*, se ha incorporado al método para lograr la máxima productividad de los equipos, como los principales conceptos a garantizar su cumplimiento, que están adecuadamente formados, hayan recibido la información correcta sobre la ejecución a realizar, que sus flujos de trabajo son continuos, que no haya tiempos de esperas, y que los movimientos sean los mínimos necesarios. Todos los conceptos, a excepción, de la comprobación de la idónea competencia para ejecutar los trabajos, que se vincula al proceso de homologación de proveedores, todos los demás se han de contemplar en una planificación para que en su simulación se logre su cumplimiento. Una planificación detallada, que identifique que deber ser hecho, donde, por quien, cuando, con qué recursos, a que coste, en qué plazo endosa la correcta transmisión de la información, pero además es necesario definir un flujo de trabajo continuo, eliminar tiempos de esperas, reducir los movimientos a los mínimos necesarios. Si el proceso de planificación no puede lograrlo, difícilmente se podría exigir de la producción lo propio, por eso, se plantea una planificación minuciosa y realista.



CONTART

El Sistema de Gestión Basado en la Localización propone una segmentación del proyecto en zonas para facilitar la planificación y seguimiento de la ejecución [8]. Al definir zonas de control en el proyecto, se posibilita visualizar de forma mucho más clara como las actividades del proyecto avanzan y como cada una de ellas se completa. Se pueden crear distintas rutas que serán recorridas por distintos grupos de actividades definiendo con exactitud lo que debe ser ejecutado, donde, cuando y en cuanto tiempo.

Si se hace una analogía entre los grupos de actividades y un tren con sus vagones, se puede asociar un grupo de actividades, con una secuencia correlativa, a un determinado vagón que, a su vez está posicionado en orden de ejecución dentro de un tren concreto, de esta manera se necesitan definir pocas relaciones entre predecesoras y sucesoras para el proyecto porque ya existe una asociación secuencial previa. Para la aplicación del método se establecen unas reglas sencillas que se indican a continuación:

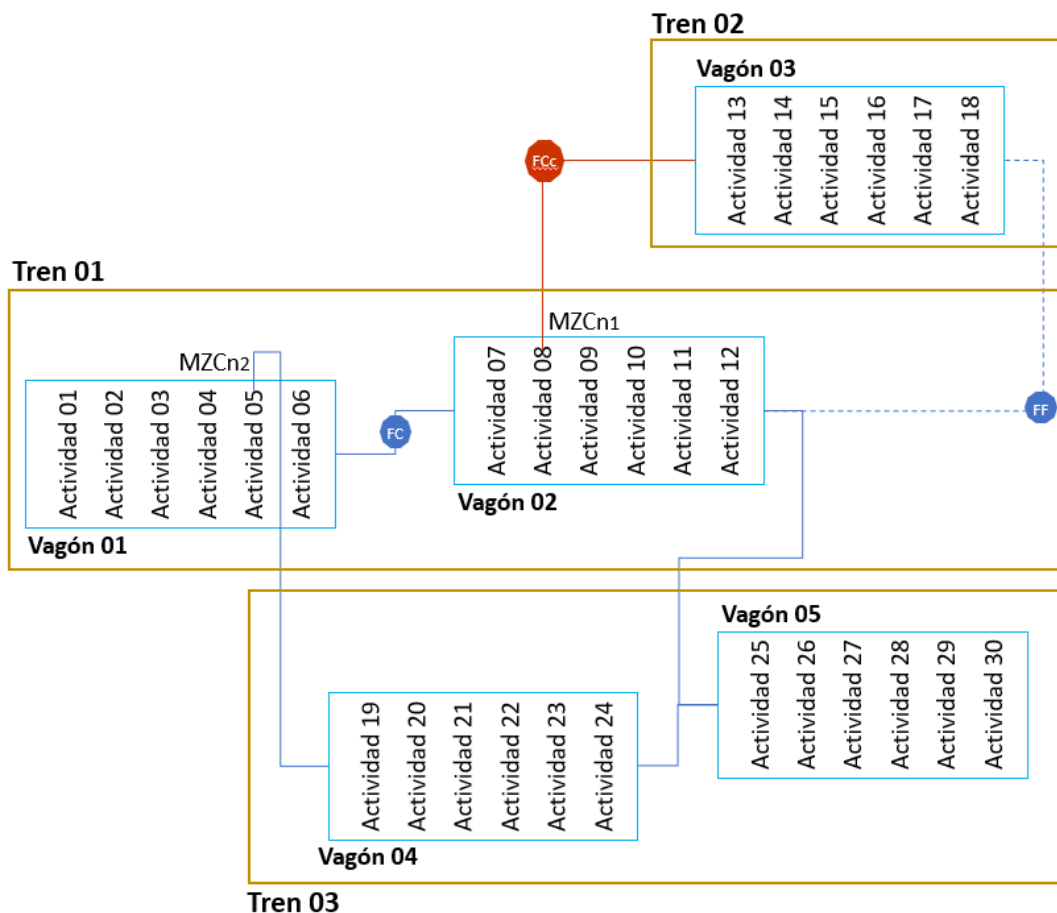


Figura 1. Esquema de relaciones entre predecesoras y sucesoras entre distintos Trenes, Vagones, Actividades y Zonas de Control



CONTART

- Trenes/Vagones/Actividades
 - Todas las actividades de los trenes deben pertenecer a las mismas zonas de control, que por ende definen las zonas de control del Tren;
 - Una Actividad puede pertenecer a distintos trenes, pero en zonas de control diferentes, o sea, la suma de las zonas de control de cada tren que la actividad pertenece es la totalidad de las zonas de control de la actividad;
 - Los vagones se ejecutan de forma secuencial en cada una de las zonas de control que forman la ruta del tren;
 - La ejecución de un Vagón en una Zona de Control se da a través de la ejecución secuencial de sus actividades;
 - Se ejecuta una sola Actividad de cada vez en una Zona de control.
- Relación de dependencias:
 - Se define la Relación de tipo FC – como de Fin/Comienzo, y significa que la Actividad sucesora se inicia después de la ejecución la Actividad predecesora en una determinada Zona de Control;
 - Se define las Relaciones auxiliares de tipo FF – como de Final/Final, pero son tan apenas auxiliares para definir la una relación calculada. Las relaciones FF indican que las actividades indicadas deben finalizar con diferencia de una semana;
 - Se definen las Relaciones calculadas de tipo FCc – son relaciones de FC, pero que han sido calculadas a partir de una definición del tipo FF para dos vagones. La idea es definir en qué momento debe ser iniciado el vagón para que se cumpla la relación de dependencia auxiliar FF.

En la figura se puede observar como 03 Trenes poseen distintos Vagones, en el caso del Tren 01, los Vagones 01, 02, del Tren 02, el Vagón 03, y en el caso del Tren 03, los Vagones 04 y 05. Las Actividades están dispuestas en su secuencia de ejecución dentro de cada Vagón, y los vagones en una secuencia de ejecución dentro del Tren. Si no hubiera relaciones entre predecesoras y sucesoras, los tres Trenes empezarían su ejecución a la vez, pero el Tren 03 solo empezará su Actividad 19, del Vagón 04, tras la ejecución del Módulos de Control (MZCn2), o sea tras la ejecución de la Actividad 05 en la Zona de Control n2. Del mismo modo, el Vagón 05, del Tren 03, inicia la ejecución de la Actividad 25 tras la ejecución completa del Vagón 04 en la primera Zona de Control del Tren, pero como también posee una dependencia de que finalice la ejecución del Vagón 02, del Tren 01. En este caso, por los vagones pertenecieren a distintos trenes, la Actividad 25 solo se iniciará después de la ejecución completa del Vagón 02, o sea de la Actividad 12 en la última Zona de Control, n, de su ruta. Para el Tren 02 su comienzo está vinculado por una dependencia de Fin-Comienzo calculada, que ha definido su inicio tras la ejecución de la Actividad 08 en la Zona de Control, n1.



CONTART

Una Planificación detallada, desglosada por zonas de control, trenes y vagones de actividades facilita al centro de producción información que permite producir con un grado de variabilidad e incertidumbre muy bajo porque para llegar a este nivel de definición se ha tenido que subsanar todas las indefiniciones en la fase previa a la ejecución. La planificación resulta en un proceso de preconstrucción sobre el modelo, un Espejo Digital (en analogía al espejo mágico que refleja, pero en el que también todo puede verse) del producto real a edificar, que tanto refleja la obra acabada antes de iniciarla, como su estado a lo largo del plazo planificado de ejecución, como si avanzar y retroceder en el tiempo se pudiera, funciona como una auditoría exhaustiva del proyecto.

Por otro lado, el nivel de información que se obtiene de una planificación analítica muy detallada y cimentada en una base de datos estructurada permite un análisis profundo sobre la productividad, y se ve aflorada información pertinente hasta entonces nunca manejada. Al orientar las decisiones de planificación para obtener la máxima productividad de los recursos humanos a través de los distintos perfiles profesionales que son necesarios para la ejecución de un proyecto inmobiliario se comprueba lo atomizado que están las empresas subcontratistas del sector de la construcción. La fragmentación de las actividades en múltiples perfiles profesionales que las ejecutan genera una dificultad importante para definir un flujo continuo de trabajo. Hacer que la participación de un determinado perfil a lo largo del tiempo en la ejecución del proyecto se asemeje a una distribución normal, de la presencia del perfil en el centro de producción, con una entrada paulatina, una estabilización del número de trabajadores, y luego una salida progresiva hasta la finalización de los servicios se transforma en un objetivo utópico para el contexto actual.

Tomando la curva de entrada de los distintos perfiles profesionales en la obra como parámetro de decisión para secuenciar las actividades, distribuidas en trenes y vagones, se observa la representación, en el planteamiento teórico, de la realidad en ejecución, o sea, que muchos perfiles poseen una presencia discretizada en el centro de trabajo y que el trabajo se concentra al final de la ejecución. La falta de continuidad de un trabajador en la obra genera problemas en la programación operativa, pues un trabajador para ver su jornada laboral (diaria, semanal, o mensual, en función de la actividad) completada tiene que atender a distintos proyectos a la vez. Por otro lado, hay que evitar la concentración de trabajo al final del proyecto que resulta en una menor calidad de producto que se entrega. De la necesidad, virtud, la solución reside en la estandarización, industrialización y sustitución de procesos/sistemas constructivos por otros que puedan ejecutarse por un menor abanico de perfiles profesionales.

Para ajustar los tiempos de ejecución de forma a favorecer un flujo de entrada y salida de los profesionales en la ejecución del proyecto se añade a la planificación la necesidad de que las actividades en un mismo Vagón tengan el mismo ritmo. Para que, utilizando así el *Takt Time*, un principio *Lean* [9]. Al utilizar la técnica del *Takt Time* se asegura que las actividades de un mismo Vagón sigan la secuencia planificada sin parones y esperas en una de ellas.

La proposición del método ha sido posible por la adopción de una metodología basada en una interpretación del Sistema del Último Planificados (*LPS - Last Planner System* []), que está implantada desde 2016, y a través de la cual se miden los parámetros de la ejecución real. La cantidad ejecutada semanalmente de una actividad y las horas invertidas en su realización son



CONTART

datos que se maneja en la empresa de forma habitual, y que permite ajustar los rendimientos de la base de datos. Además, es la referencia utilizada para los cambios que se han implementado en los procesos y sistemas constructivos. Es la base de la toma de decisiones que permite comparar la planificación simulada con los datos históricos de ejecución.

PLANIFICANDO

En la figura 2, se puede visualizar la grafica con la distribución de horas a lo largo de los meses. Se representa la distribución típica de las horas medidas en la ejecución de las obras en comparación a lo que sería su distribución normal y su promedio.

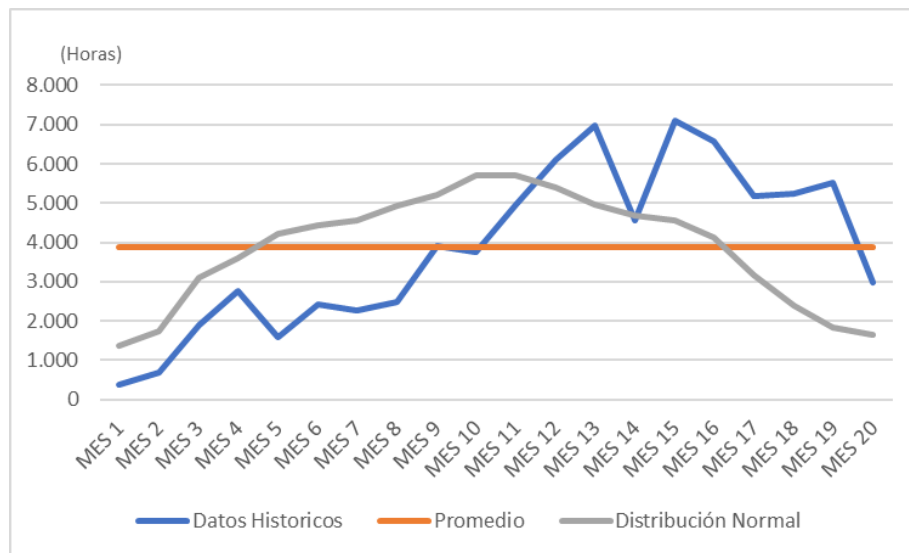


Figura 2. Grafica de la distribución de horas por meses.

La curva de la distribución normal es teórica, y complicado de lograr obtenerla en ejecución, pero lo que se busca es adelantar parte de las horas que se concentran al final. Para ello se plantea este método de planificación que permite identificar los grupos de actividades que presentan dificultades para obtener, como resultado de la planificación, un flujo continuo de entrada y salida de los equipos y así proponer cambios en los procesos, o sistemas constructivos.

En la figura 3 se puede observar una vista panorámica de la maqueta en la que se apoya el método, la visualización del grupo de actividades en el Espejo Digital, y en un esquema del edificio en que se visualizan las zonas de control que se forman con los parámetros de localización de planta, junta, escalera y zonas significativas de las escaleras (vivienda, o zonas comunes). Se trata de un simulador con las siguientes características:

- En cuanto a las principales funcionalidades:
 - Agrupación de actividades en vagones, y estos en trenes;
 - Secuenciación de las actividades en los vagones;



CONTART

- Secuenciación de vagones en los trenes;
 - Definición de precedencias no correlativas entre vagones y/o actividades;
 - Definición del ritmo de ejecución de grupos de actividades, o de actividades por separado a través de la vinculación a los equipos de ejecución vinculados a los distintos perfiles profesionales;
-
- En cuanto a la información y su influencia en el proceso de planificación:
 - Horas de espera del equipo, que permite ajustar el ritmo de ejecución;
 - Horas de holgura entre predecesoras y sucesoras (vagones, o actividades), que permite ajustar el ritmo y el inicio para adelantar el inicio de las actividades lo máximo en un flujo continuo de ejecución sin paradas;
 - La representación de lo planificado en barras de Gantt como un apoyo más a la visualización de la planificación.

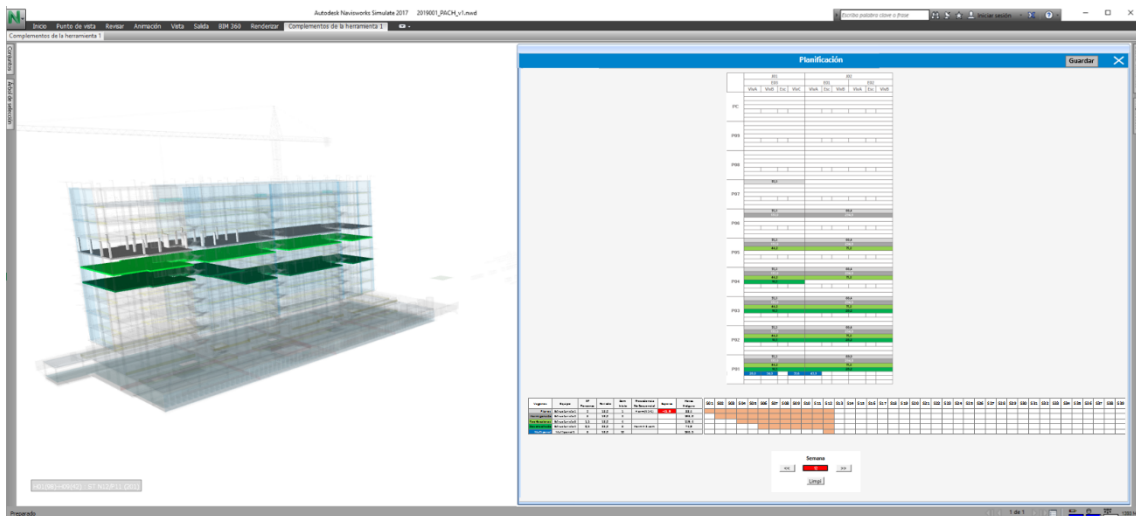


Figura 3. Vista panorámica maqueta.

Uno de los principales factores de éxito del método reside en la base de datos en la que se apoya. Una base de datos que estructura los datos con relaciones que representan, además de la asociación típica de recursos a las unidades de obra a través de sus rendimientos para la formación del presupuesto del proyecto, se ha definido el desglose de las unidades de obras en actividades que se clasifican en líneas de producción. El principal objetivo es dotar el sistema de una configuración inicial de un desglose estándar de la productividad en función de determinadas tipologías de edificios.



CONTART

Los grupos de actividades comprendidos entre la fase de Estructura y el inicio de los trabajos de Pintura en las viviendas ha sido detectado como el más fragmentado con relación al flujo de profesionales en el centro de producción. Partiendo de sistema constructivo tradicional, con uso de albañilería de ladrillos cerámicos, u hormigón, macizos, perforados, ayudas albañilería, instalaciones, precercos, enlucidos, solados, e falsos techos, se ha sustituido tanto por nuevos sistemas constructivos, así como se han cambiado muchos procesos constructivos para poder acercarse cada vez más a la planificación optima. De las líneas de producción se cuelgan los trenes, y de estos sus vagones, de los que se desprenden sus actividades, de tal manera que se puede representar la secuencia de construcción de forma más lineal que la versión tradicional que agrupa en capítulos y subcapítulos las distintas disciplinas que forman el proyecto.

El método se acopla a la metodología propia, de la empresa, de forma que el proceso de planificación se interacciona con el de investigación para lograr que la empresa sea más competitiva y esté preparada para afrontar un futuro con la mejor tecnología posible para ser más productiva. Para ello, el proceso de planificación es fundamental para simular nuevos procesos o sistemas constructivos, que debe ser corroborado con la medición en producción.

La sinergia existente en la organización está trasladando la ejecución tradicional a procesos estandarizados e industrializados similar a un centro de ensamblado. Los nuevos procesos de ejecución de sótanos que se repiten de forma automática en cada uno de los edificios que se construye, los sistemas constructivos en seco, como tabiques industrializados de multipaneles y los de laminados de yeso sobre perfiles van cambiando poco a poco los perfiles profesionales tradicionalmente demandados por otros que todavía se están formando. La prefabricación que tiene su producción en paralelo a una estructura sobre la que se va a montar, pero que no se han tomado mediciones, y si se han definido sobre planos, la estandarización de carpinterías, muebles son, solo algunos de los ejemplos de la revolución que se hace posible si se gestiona con una metodología diseñada a estos propósitos.

La transformación no viene dada por el afán de construir/producir de una forma distinta, pero si, por la necesidad de adelantar la carga de horas trabajadas del final de la curva de distribución de horas, a través de paralelismos que solo son posibles con la fabricación "offsite" y ensamblado en obra. Todo eso solo es posible con la simulación en la preconstrucción del Espejo Digital, pues el análisis de costes de nuevas soluciones debe alcanzar todo el impacto que se produce, no solo en un elemento en sustitución del otro, pero como en el plazo, medios auxiliares, cambio del perfil de la curva de horas y su consiguiente repercusión en la calidad del producto entregado.

La toma de decisiones está basada y razonada en una planificación con una fuerza visual importante, pero que a su vez es analítica. Como resultado de la planificación se obtiene todo tipo de dato relacionado, económico, de productividad, entre otros, lo que permite, no solo facilitar el proceso decisorio, así como establecer las bases del control del proceso productivo.



CONCLUSIONES

El efecto contagio de una nueva implementación sobre los resultados de un proyecto inmobiliario es complejo de analizar en un contexto de acciones multilaterales. Todas las acciones suman, y se potencializan por el efecto transversal en la organización de cada una de ellas. La empresa debe mantener su identidad propia, el BIM, el "Lean", el "LBMS", entre otros, deben ser interpretados y adaptados a una realidad, un objetivo, y necesidades propias.

La planificación, la preconstrucción, la simulación, son herramientas que, integradas en una estrategia de empresa innovadora, y de una importante reinversión de beneficios, están ayudando Grupo LOBE a entregar un producto inmobiliario de mejor calidad con una relación coste / beneficio diferenciada para el cliente final.

La percepción de este aumento de competitividad se nota no solo para el producto entregado, pero también por el reconocimiento de los proveedores de que son más productivos actuando en las obras de la organización, así como los propios colaboradores que se hacen dependientes de las nuevas tecnologías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Y CITAS EN EL TEXTO)

- [1] Santos, S. (2018). Gestión de la producción basada en el flujo de recursos. Contart 2018, La Convención de la Edificación, Zaragoza, España.
- [2] Pellicer, E., Sanz, M.A., Catalá, J. (2004). "The infrastructure life cycle." Universidad Politécnica de Valencia (ISBN-84-9705-533-0), 486 pp.
- [3] Jefatura del Estado (1999), Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de Edificación, BOE-A-1999-21567.
- [4] Jefatura del Estado (2006), Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, BOE núm. 250 de 19 de octubre de 2006
- [5] Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, (2017). Retrato de la PYME., DIRCE a 1 enero, de 2017.
- [6] Hosseini, M.R., Chileshe, N., Zuo, J. and Baroudi, B. (2012). "Approaches for implementing ICT technologies within construction industry", Australian Journal of Construction Economics and Building, Conference Series, 1(2) 1-12.
- [7] Vicedo, J.C., Pérez, A.H., Esteban, F.C.L. (2003). Análisis de adaptación al sector de la construcción de estructuras organizativas y de producción existentes en el sector automóvil. V Congreso de Ingeniería de Organización, Valladolid, Burgos.
- [8] Olli Seppänen, Jake Evinger & Christopher Mouflard (2014). "Effects of the location-based management system on production rates and productivity" Construction Management and Economics, 32:6, 608-624, DOI: 10.1080/01446193.2013.853881.



CONTART

[9] Page, J. (2004). "*Implementing Lean Manufacturing Techniques*", Gardner Publications, Ohio, USA

[10] Ballard, H.G. (2000). "*The Last Planner System Production Control*", Tesis de Doctorado, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham