

An improvement in construction planning: Last Planner System ®

Una mejora en la planificación de la construcción: el sistema del último planificador

MIGUEL ÁNGEL ÁLVAREZ PÉREZ

Architect, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. maalv@arquitectura.com

MANUEL SOLER SEVERINO

Arquitecto, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. manueljose.soler@upm.es

EUGENIO PELLICER ARMIÑANA

Civil engineer, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universitat Politècnica de València. pellicer@upv.es

For approximately five years, the Last Planner System ® has been used more and more in Spain, due to the improvement that its use produces in the productivity of the construction, reaching, with its use, better results in the achievement of the objectives of: Cost, time and quality of the projects. But still it is necessary its knowledge and diffusion so the application of this System will be normal in all our works. It was Professors Glenn Ballard and Greg Howell of the University of Berkeley in California, United States, who in the early 90s of the last Century investigated a form of planning of the work that, within the Lean Construction philosophy, were more appropriate with the special characteristics of the construction process. Lean Construction contributes with numerous associate techniques to improve the constructive process, and one of them is Last Planner System ®. In this paper we will do a quick revision of the state of art related with Planification Methodologies which have been used in construction during last and present centuries, to conclude that Last Planner System ® represents a considerable improvement in relation with previous Systems. It is an opinion and reveal paper to promote the knowledge and use of this System in Spanish Construction with greatest interest.

Planning; Last Planner System ®.

Desde hace aproximadamente cinco años, se está utilizando cada vez más en España el Sistema del Último Planificador (Last Planner System ®), debido a la mejora que su utilización produce en la productividad de la construcción, alcanzándose, con su uso, mejores resultados en la consecución de los objetivos de: Coste, plazo y calidad de los proyectos. Pero aún es necesario su conocimiento y difusión para que la aplicación de este Sistema se extienda a todas nuestras obras. Fueron los Profesores Glenn Ballard y Greg Howell de la Universidad de Berkeley en California, Estados Unidos, quienes a principios de los años 90 del pasado Siglo investigaron sobre una forma de planificación de obra que, dentro de la filosofía Lean Construction, fuera más acorde con las especiales características del proceso constructivo. La Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) aporta numerosas técnicas asociadas para mejorar el proceso constructivo, y una de ellas es el Sistema del Último Planificador. En este artículo haremos una rápida revisión del estado del arte en cuanto a Métodos de Planificación que se han usado en construcción en el pasado Siglo y en el presente, para concluir que el Sistema del Último Planificador representa una mejora considerable con respecto a los anteriores Sistemas. Se trata de un artículo de opinión y divulgación para fomentar el conocimiento y uso de este Sistema en la construcción española con mayor intensidad.

Planificación; Sistema del Último Planificador; Last Planner System ®.

1. EL NACIMIENTO DE LAST PLANNER SYSTEM ®

Tras los estudios, antes mencionados de los Profesores Glenn Ballard y Greg Howell de la Universidad de Berkeley en California, Estados Unidos, en los años 90 del pasado Siglo, y de su conocimiento del Profesor Lauri Koskela, de la Universidad de Helsinki, Finlandia, estos trabajos se formalizaron en artículos científicos dentro del Lean Construction Institute, que fundaron conjuntamente.

1. THE BIRTH OF LAST PLANNER SYSTEM ®

After the studies by Professors Glenn Ballard and Greg Howell of the University of California at Berkeley, United States in the 90s of the last Century, and their knowledge of Professor Lauri Koskela, of the University of Helsinki, Finland, these works were formalized in scientific articles within the Lean Construction Institute, which they founded together.

En el año 2000, el Profesor Glenn Ballard presentó su Tesis Doctoral en la Universidad de Birmingham (Reino Unido), titulada: "The Last Planner System of Production Control" (El Sistema del Último Planificador de Control de la Producción), en la que da forma definitiva a la metodología, con muchos puntos en común con el Ciclo de Deming: Plan, Do, Check, Act (PDCA) o Planificar, Hacer, Comprobar y Actuar. (Figura 1).

"La planificación de la Producción en general consiste en:

- Establecer metas y objetivos
- Estimar los recursos necesarios para alcanzar las metas.
- Establecer un plan para alcanzar las metas de forma eficiente y a tiempo.
- Prever las etapas de producción.
- Prever los problemas que pueden surgir en el proceso.
- Aplicar medidas correctivas.
- ¿Qué, cuando, cuánto y cómo producir?"

(Ponz Tienda, 2017)

La planificación en construcción siempre se había llevado a cabo, hasta la aparición del Last Planner System (LPS)®, básicamente siguiendo el Diagrama de Gantt, y más desde la aparición y uso de los Programas Informáticos Microsoft Project y Primavera, y aún hoy se sigue haciendo de esta forma en la mayoría de los casos, pero Last Planner System® venía a establecer una forma nueva y más eficaz de planificación en la construcción.

In 2000, Professor Glenn Ballard presented his Doctoral Thesis at the University of Birmingham (United Kingdom), entitled: "The Last Planner System of Production Control" [1], in which he gives definitive form to the methodology. That has many points in common with the Deming Cycle: Plan, Do, Check, Act (PDCA) [2], (Figure 1).

"Production planning in general consists of:

- Set goals and objectives
- Estimate the resources necessary to achieve the goals.
- Establish a plan to achieve the goals efficiently and on time.
- Forecast the stages of production.
- Anticipate the problems that may arise in the process.
- Apply corrective measures.
- What, when, how much and how to produce? "

(Ponz Tienda, J.L., 2017)

Planning in construction had always been carried out until the appearance of the Last Planner System (LPS)® basically following the Gantt Chart, and even more since the appearance and use of Microsoft Project and Primavera Computer Programs, even today it continues to be this way in most cases, but Last Planner System® came to establish a new and more efficient way of planning in construction.



Fig. 1: Ciclo de Deming, Fuente Milagros Espinosa, Universidad Yacambú, 2013

2. EL DIAGRAMA DE GANTT

El Diagrama de Gantt en construcción presenta varios problemas:

- No pone de manifiesto la interdependencia de varias actividades.
- Es difícil definir exactamente el trabajo que debe realizarse en un instante preciso.
- Es difícil determinar el progreso de un proyecto cuando una barra representa un largo periodo de tiempo. No tiene relación con la situación física de los trabajos en la obra.
- El hecho de que existan actividades programadas en tiempos solapados o simultáneos no indica necesariamente que estén relacionadas o sean interdependientes.
- El Diagrama se complica mucho y hace muy difícil su aprehensión cuando las tareas comienzan a dividirse en subtareas.
- Normalmente se redacta sin la participación de las subcontratas o trabajadores que van a ejecutar los trabajos, por lo que es más un deseo, que algo que represente realmente como se va a desarrollar la obra.

Los profesionales con experiencia en gestionar procesos de obra son conscientes de que el Diagrama de Gantt, teniendo en cuenta la variabilidad que hay en el proceso constructivo, tiene que estar en una constante reprogramación y adaptación a medida que avanzan los trabajos, y que esto, con las urgencias que siempre hay por terminar, suele derivar en su abandono.

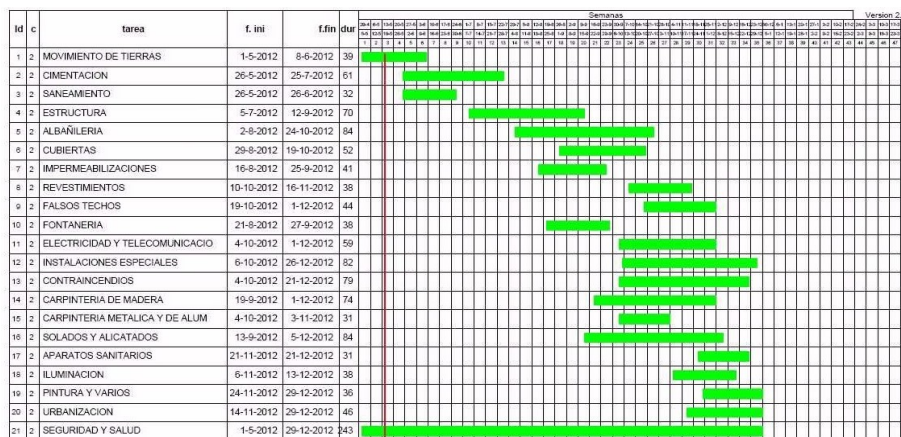


Fig.2: Diagrama de Gantt de una Obra. Fuente Konstruir.com, 2008

3. EL MÉTODO DE LÍNEAS DE BALANCE

Existen otros métodos de planificación de la construcción, que resuelven algunos de los problemas del Diagrama de Gantt, por ejemplo, el denominado de Líneas de Balance, (LdB) que fueron utilizadas por primera vez en Estados Unidos en los años 30 del Siglo pasado y en particular, con buenos resultados, en la construcción del Empire State Building, que en plena depresión económica tras el Crack de la Bolsa de 1929, fue construido en 11 meses, inaugurado en 1931, y

2. THE GANTT CHART

The Gantt Diagram under construction presents several problems:

- It does not reveal the interdependence of several activities.
- It is difficult to define exactly the work that must be done at a precise moment.
- It is difficult to determine the progress of a project when a bar represents a long period of time. It has no relation with the physical situation of the tasks in the work.
- The fact that there are activities scheduled in overlapping or simultaneous times does not necessarily indicate that they are related or interdependent.
- The Diagram becomes very complicated and makes it very difficult to grasp when the tasks begin to be divided into subtasks.
- Normally it is written without the participation of the companies or workers that are going to execute the works, so it is more a wish, than something that really represents how the work will be developed.

Those who have site management experience, know well that the Gantt Diagram (Figure 2), considering the variability that there is in the construction process, must be in constant reprogramming and adaptation as the work progresses, and that this, with the urgencies that always there is to advance, usually derives in its abandonment.

3. THE LINES OF BALANCE METHOD

There are other methods of construction planning, which solve some of the problems of the Gantt Chart, for example, the so-called Lines of Balance, (LoB) that were used for the first time in the United States in the 30s of the last century and in particular, with good results, in the construction of the Empire State Building [9], which in a full economic depression after the Crack of the Stock Exchange of 1929, was built in 11 months, inaugurated in 1931, and has a constructed area of 250,000

tiene una superficie construida de 250.000 m². en 102 plantas (Willis, 2012).

Las LdB son un método de planificación de la construcción que introduce un factor fundamental a la hora de controlar la obra, y conocer su estado en cada momento, que es el emplazamiento de la tarea [2]. Según el Diagrama de Gantt, dentro del Plano Cartesiano, estamos acostumbrados a que las abscisas sean los tiempos y las ordenadas las tareas, el desarrollo de estas se representa mediante barras horizontales.

En el método de LdB el eje de las abscisas sigue siendo el tiempo, pero el eje de las ordenadas representa el emplazamiento, con lo que las tareas y su evolución se representan mediante líneas inclinadas, que al observarlas sí que nos dan información sobre en qué punto se encuentra la obra y su grado de desarrollo, así como su velocidad de ejecución. Cuando las líneas tienen mayor inclinación la actividad va más lenta y al revés (Figura 3).

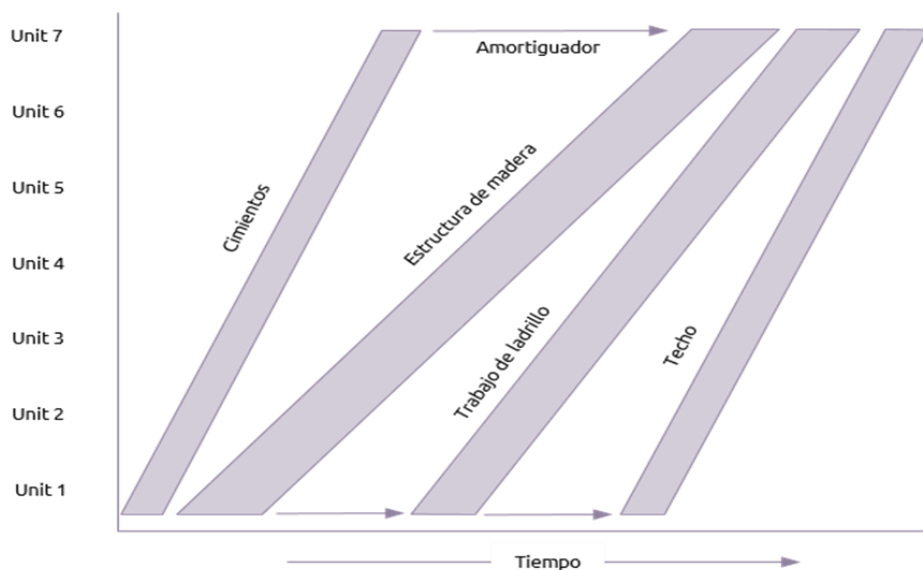


Fig.3: Diagrama de Líneas de Balance (Fuente: Blog Praxis Framework Limited, 2015) / Lines of Diagram (Source: Blog Praxis Framework Limited, 2015)

Es un sistema de planificación lineal que permite ordenar las actividades para que sean ejecutadas de forma continua, incluso aunque el trabajo de cada una de ellas se esté desarrollando en diferentes zonas de la obra, como por ejemplo distintas plantas.

Teniendo en cuenta el principio de eliminar la variabilidad en la producción del Toyota Production System (TPS), recordemos: "Es mejor producir como la tortuga que como la liebre" (Ohno, 1995), trasladado a las Líneas de Balance, lo ideal es que estas vayan en paralelo, ya que esto significaría que todas las subcontratas están trabajando al mismo ritmo, y por tanto estaríamos eliminando la variabilidad [7].

4. EL MÉTODO PERT

Otros métodos utilizados son los probabilísticos, como el Método PERT (Program Evaluation and Review Technique),

m². in 102 plants (Willis, 2012).

The LoB is a construction planning method that introduces a fundamental factor when controlling the work, and knowing its status always, which is the site of the task [2].

According to the Gantt Diagram, within the Cartesian Plane, we are accustomed to the abscissa being the times and the ordinates tasks, the development of these is represented by horizontal bars.

In the LoB method the abscissa axis is still the time, but the axis of the ordinates represents the location, with which the tasks and their evolution are represented by inclined lines, by observing them do give us information about at what point is the work and its degree of development, as well as its speed of execution. When the lines have greater inclination, the activity goes slower and vice versa (Figure 3).

It is a linear planning system that allows ordering the activities so that they are executed continuously, even though the work of each of them is being developed in different areas of the work, such as different plants.

Bearing in mind the principle of eliminating the variability in the production of the Toyota Production System (TPS), remember: "It is better to produce like the turtle than the hare" (Ohno, 1995), transferred to the Lines of Balance, the ideal is that they go in parallel, since this would mean that all subcontractors are working at the same pace, and therefore we would be eliminating the variability [7].

4. THE PERT METHOD

Other methods used are probabilistic, such as the PERT Method (Program Evaluation and Review Technique), created by the United States Navy in 1957 for the POLARIS program.

creado por la Armada de Estados Unidos en el año 1957 para el programa POLARIS.

PERT se vale de datos estadísticos para conducirnos a datos probables, la información que nos da está en función de probabilidades y se basa en el conocimiento de situaciones similares anteriores y sus resultados.

Estima la duración de las actividades partiendo de tres escenarios: Óptimo, más probable y pésimo, y a partir de esto deduce la desviación típica, considera los riesgos de esta desviación y los clasifica en aceptables o no, estudia las actividades en función de si son precedentes, sucesorias o ficticias y finalmente obtiene un Camino Crítico de duración total, con un grado de probabilidad de que ocurra (Figura 4).

Se centra especialmente en el tiempo y es posible que para mejorar la duración de una actividad tenga que emplear recursos excesivos y poco rentables, algo que parte de la aceptación o no de los riesgos de cumplimiento del plazo. Por tanto, es un método estocástico, es decir admite una cierta aleatoriedad en su cálculo.

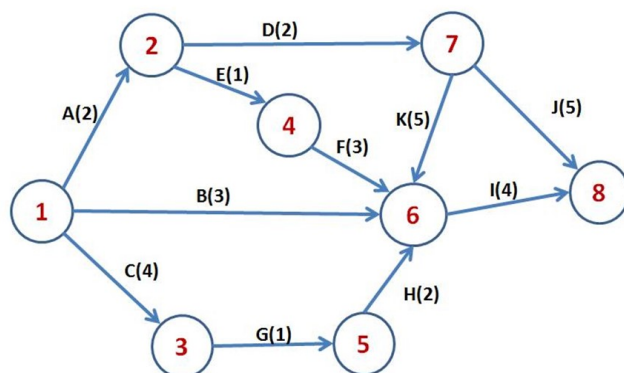


Fig.4: Diagrama PERT (Fuente: Blog Sinnaps, 2018) / PERT diagram (Source: Blog Sinnaps, 2018)

Teniendo en cuenta las especiales características de la construcción: Cada obra es diferente, cada edificio se erige en una situación determinada, en la ejecución intervienen trabajadores procedentes de distintas subcontratas, le influyen muchos factores impredecibles como por ejemplo la climatología, etc.

Un método estocástico como el PERT no es adecuado para nuestro sector, por la dificultad de poder encontrar estadísticas suficientes, con estimaciones fiables de duración de las actividades y por la variabilidad que determina la asunción de riesgos y de recursos, en consecuencia, su utilización en construcción es limitada.

5. EL MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA

El Método de la Cadena Crítica o CPM (Critical Path Method) es una evolución del PERT más adecuada para la planificación en construcción. Como su propio nombre indica también busca el Camino Crítico, pero asumiendo que en una obra puede haber varios, para elegir el más conveniente, y a diferencia

PERT uses statistical data to lead us to probable data, the information it gives us is based on probabilities and on the knowledge of previous similar situations and their results.

Estimates the duration of the activities based on three scenarios: Optimal, most likely and lousy, and from this deducts the standard deviation, considers the risks of this deviation and classifies them as acceptable or not, studies the activities according to whether they are precedents, successions or fictitious and finally gets a critical path of a total duration, with a degree of probability that it happens (Figure 4).

It focuses especially on time and it is possible that to improve the duration of an activity it must use excessive and unprofitable resources, something that starts from the acceptance or not of the risks of compliance with the term.

Therefore, it is a stochastic method, it admits a certain randomness in its calculation.

Considering the special characteristics of the construction industry: Each work is different, each building is erected in a specific situation, in the intervention are involved workers from different companies (subcontractors), it is influenced by many unpredictable factors such as weather, etc.

A stochastic method like PERT is not adapted for our sector, by the difficulty of being able to find enough statistics, with reliable estimations of duration of the activities and by the variability that determines the assumption of risks and resources, consequently, its use in construction is limited.

5. THE CRITICAL PATH METHOD

The Critical Path Method or CPM is an evolution of the PERT most suitable for planning in construction. As its name indicates, it also searches for the Critical Path, but if there may be several in a work, to choose the most convenient one, and unlike the PERT does not part from statistics but data with a reasonable degree of accuracy, both in terms of times as to the allocation of resources for activities (Figure 5).

del PERT no parte de estadísticas sino de datos con un grado razonable de precisión, tanto en cuanto a los tiempos como a la asignación de recursos para las actividades (Figura 5).

Por tanto, se orienta a las actividades y no a los tiempos, fue creado también en Estados Unidos en el año 1957, paralelamente al PERT, aunque en este caso fueron empresas privadas: Dupont y Remington Rand, las que encargaron el diseño a expertos, la intención era controlar los costos más que el plazo de la producción, y por ello se diseñó de forma más exigente en esa materia.

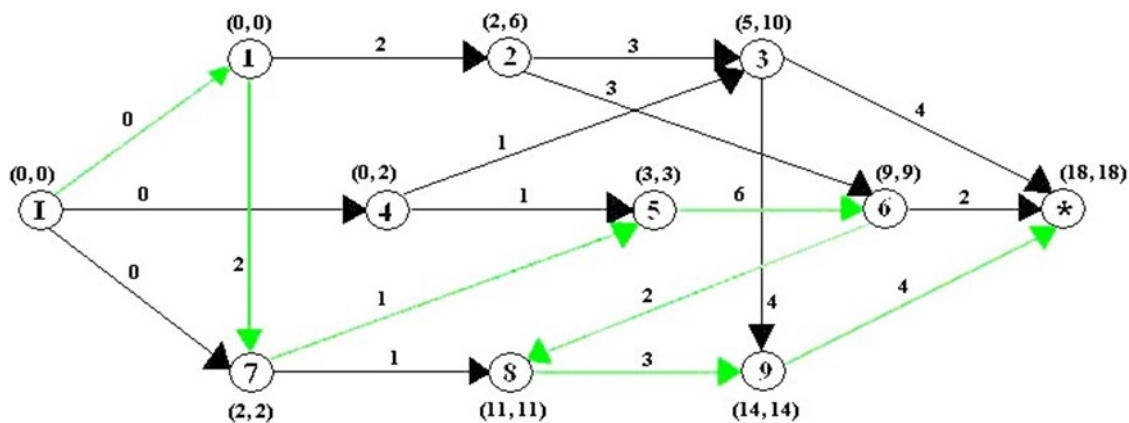


Fig.5: Diagrama CPM (Fuente: Escuela de Organización Industrial, 2013) / CPM diagram (Source: Escuela de Organización Industrial, 2013)

Al utilizar datos determinísticos, nos conduce a resultados ciertos, no probables como el PERT, en consecuencia, es un método no estocástico y por tanto aplicable a la construcción. No obstante, su uso en esta materia también es limitado.

6. EL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

No obstante, los métodos clásicos de planificación de obras descritos anteriormente son inadecuados para las necesidades actuales, y se producen anomalías en su uso.

“¿Por qué se producen estas anomalías?:

- Se diseñaron hace 70 años con la tecnología de hace 70 años.
- Los algoritmos de cálculo de los grafos están muy relajados.
- No consideran situaciones reales de los proyectos.
- No consideran un enfoque sistémico del proyecto.
- No consideran que los proyectos son sistemas productivos.
- No consideran que los proyectos los hacen personas”

(Ponz Tienda, 2017)

“Hacen falta métodos de análisis de las matemáticas, adaptados para encajar Sistemas que contienen Seres Humanos”

(Goldratt, Eliyahu M. 1997)

Therefore, it is oriented to activities and not to time, it was also created in the United States in 1957, parallel to the PERT, although in this case were private companies: Dupont and Remington Rand, which commissioned the design to experts, the intention was to control the costs more than the term of production, and for that reason it was designed in a more demanding way in that matter.

When using deterministic data, it leads us to certain results, not probable as the PERT, consequently, it is a non-stochastic method and applicable to the construction. However, its use in this matter is limited.

6. THE LAST PLANNER SYSTEM®

However, the classical work planning methods described above are inadequate for current needs and anomalies in their use occur.

“Why do these anomalies occur?

- They were designed 70 years ago with the technology of 70 years ago.
- The graph calculation algorithms are very relaxed.
- They do not consider real situations of the projects.
- They do not consider a systemic approach to the project.
- They do not consider that the projects are productive systems.
- They do not consider that the projects are made by people ”

(Ponz Tienda, J.L., 2017)

“Mathematical analysis methods are needed, adapted to fit Systems containing Human Beings”

(Goldratt, E.M. 1997)

Last Planner System (LPS) ®, o el Sistema del Último Planificador, da respuesta a muchos de los problemas que plantean los métodos que hemos descrito anteriormente.

Partiendo de la frase reproducida del Profesor Eliyahu M. Goldratt, LPS deja de pensar en las actividades y se enfoca en las personas. Básicamente parte de afrontar tres cuestiones fundamentales para planificar una obra con éxito:

1.- Variabilidad:

Este principio, consustancial a las obras de construcción, lo afronta mediante la planificación colaborativa, implicando a todos los contratistas y subcontratistas, así como técnicos y demás interesados a participar y aportar su criterio a la hora de elaborar el plan de obra.

2.- Flujo-Transformación:

Identifica las tareas que generan flujo para llegar a la transformación. Mientras las metodologías analizadas anteriormente eran todas del tipo "push" es decir que se planificaba desde el principio hacia el final, veremos que LPS es una planificación tipo "pull", que es coincidente con los principios del TPS, se planifica desde el final hacia el principio.

3.- El principio: Debe, puede, se hará:

Este es otro de los pilares en los que se fundamenta el LPS, en el compromiso de las personas, que son quienes van a realizar el trabajo y que a su vez son los que están planificando, es decir ellos mismos se están comprometiendo con el equipo, a la vez que se hace el plan de obra.

4.- Análisis de Restricciones:

LPS estudia detenidamente cuáles son las limitaciones que existen para poder alcanzar los objetivos (falta de materiales, falta de definición del diseño, falta de mano de obra, etc.) y procede a ejecutar las acciones necesarias para eliminarlas, para que el plan siga adelante. Recordemos, que eliminar el desperdicio es una de las metas fundamentales de Lean Construction.

En base a los principios antes mencionados, el Sistema del Último Planificador se estructura mediante varios escalones:

- La Pull Session:

Es la primera reunión del equipo en la que se hace la planificación con los interesados. Es importante que cuando se haga estén presentes todos los implicados en la obra. Sobre un gran tablero en blanco se sitúan en el eje de abscisas los tiempos, y en otro tablero aparte también en blanco se van a reflejar las restricciones.

Cada una de las actividades de obra que vayan a intervenir tendrá un paquete de post-it o tarjetas adhesivas de diferente color y en cada hoja su responsable apuntará la tarea a la que se refiere, las actividades previas que

Last Planner System (LPS) ®, responds to many of the problems posed by the methods described above [4].

Based on the phrase reproduced by Professor Eliyahu M. Goldratt, LPS stops thinking about activities and focuses on people. Basically, part of addressing three fundamental issues to plan a successful work:

1.- Variability:

This principle, inherent to construction works, is addressed through collaborative planning, involving all contractors and subcontractors, as well as technicians and other interested parties, to participate and contribute their criteria when preparing the work plan.

2.- Flow-Transformation:

It identifies the tasks that generate flow to reach the transformation. While the methodologies analysed above were all the "push" type, that it was planned from the beginning towards the end, we will see that LPS is a "pull" type planning, which coincides with the principles of the TPS, it is planned from the end towards the beginning.

3.- The principle: Must, can, will be done:

This is another of the pillars on which the LPS is based, on the commitment of the people, who are the ones who are going to carry out the work and who in turn are the ones who are planning, that is, they are committing themselves with the team, at the same time that the work plan is made.

4.- Analysis of Restrictions:

LPS studies carefully what are the limitations that exist to be able to reach the objectives (lack of materials, lack of definition of the design, lack of manpower, etc.) and proceeds to execute the necessary actions to eliminate them, so that the plan can continue.

Let's remember, that eliminating waste is one of the fundamental goals of Lean Construction.

Based on these principles, the Last Planner System ® is structured by several steps:

- The Pull Session:

It is the first meeting of the team in which the planning is done with the interested parties. It is important that all those involved in the work are present when it is done.

On a large white board if you place the times on the abscissa axis, and on another separate board also in white the restrictions will be reflected.

Each one of the work activities that will take part will have a post-it packs or different colour adhesive cards and on each sheet the person in charge will write down the task to which it refers, the previous activities that it needs, the possible duration, and the resources he will use.

necesita, la duración posible, y los recursos que empleará.

Comienza a situarse sobre el tablero en blanco la tarjeta de la última de las tareas previstas, en el extremo derecho de este, que coincidirá con la fecha en la que se quiere terminar la obra. A continuación, se situará a la izquierda de esa tarea la anterior, previendo los tiempos necesarios para ejecutarla, y de este modo se continuará hacia la izquierda, hasta que se llegue a la fecha de comienzo de obra (Figura 6).

Si todo saliera perfectamente habríamos llegado a la fecha exacta, pero, como es lógico, eso no ocurre normalmente (lo habitual es que resulte un plazo mayor). Durante todo el proceso los asistentes pueden opinar sobre si los tiempos que cada uno ha aportado son correctos o no.

Una vez se tiene cerrado el cronograma, se vierte en un programa de planificación como Microsoft Project o Primavera, y se obtiene el Plan Maestro o Master Plan. Este es el momento de ajustarlo para que encaje en las fechas previstas de comienzo y final, así como establecer los hitos o milestones en los que se divide la obra, lo que se hará nuevamente con la intervención de todos, revisando los tiempos. Si una tarea tiene una duración que parece excesiva, se analizará aplicando la técnica de los 5 Porqué, para eliminar pérdidas, mejorando los plazos [7].

Si durante la disposición de las tarjetas que representan las actividades surgen restricciones que dificultarían o impedirían la ejecución de alguna de ellas, se apuntan en el tablero de restricciones, sabiendo que tienen que estar resueltas antes de que se comience a ejecutar la tarea en cuestión, también se apunta quién es el responsable de liberar cada una de ellas.

De esta forma al final tendremos una planificación que ha sido realizada entre todos, y en la que todos se han comprometido, unos con otros, a trabajar dentro de unos márgenes que se han autoimpuesto.

Esta reunión puede tener una duración máxima aproximada de unas dos horas para una obra de tipo medio. Repetimos que es muy importante la asistencia de todos los interesados, y especialmente del Jefe de Obra y de la Dirección Facultativa, para que nadie pueda decir que se han tomado decisiones sin contar con él y que por tanto no se siente obligado por las mismas. La implicación del equipo es necesaria para que funcione adecuadamente. Es conveniente que la sesión sea monitorizada por un facilitador experto en la aplicación de LPS.

- El Look-Ahead:

Tras esta primera sesión, el sistema se revisará periódicamente, en principio al menos en dos escalones: La denominada Planificación Inmediata o Look-Ahead, que será como hacer un zoom del Plan Maestro, normalmente para un

Start to place on the blank board the card of the last of the planned tasks, on the far right of this, which will coincide with the date on which you want to finish the work (Figure 6), then it will be placed to the left of that task the previous, foreseeing the necessary times to execute it, and in this way it will continue to the left, until the start date of the work is reached [6].

If everything went perfectly, we would have arrived at the exact date of the beginning, but of course this does not happen normally (usually it is a longer period), throughout the process attendees can comment on whether the times that each has contributed are correct or do not.

Once the schedule is closed, it is poured into a planning program such as Microsoft Project or Primavera, and the Master Plan is obtained, this is the time to adjust it to fit in the expected start and end dates, as well how to establish the milestones in which the work is divided, which will be done again with the intervention of all, reviewing the times.

If a task has a duration that seems excessive, it will be analysed applying the technique of the 5 Why, to eliminate losses by improving the deadlines [7].

If during the disposition of the cards that represent the activities arise restrictions that would hinder or impede the execution of any of them, they are indicated on the board of restrictions, knowing that they have to be resolved before the task in question begins to be executed, it also points out who is responsible for releasing each of them.

In this way at the end we will have a planning that has been carried out among all, and in which all have committed with each other to work within margins that have been self-imposed.

This meeting can have a maximum duration of approximately two hours for a medium-sized work, we repeat that it is very important the assistance of all stakeholders, and especially the Project Manager, so that no one can say that they have made decisions without him and that therefore he does not feel bound by them. The involvement of the team is necessary for it to function properly. It is convenient that the session be monitored by an expert facilitator in the LPS application.

- The Look-Ahead:

After this first session, the system will be revised periodically, in principle at least in two steps: The so-called Immediate Planning or Look-Ahead, which will be like zooming in on the Master Plan, normally for a period of about six months, or for the term between two work milestones, with an approximate duration of one and a half hours.

And the so-called Weekly Planning, this will be done every week and will last approximately one hour. The purpose of



Fig.6: Pull Session (Fuente: Blog Lean Construction Blog, 2017) / Pull Session (Source: Blog Lean Construction Blog, 2017)

plazo de unos seis meses, o bien para el plazo entre dos hitos de obra, con una duración aproximada de una hora y media. Y la denominada Planificación Semanal, esta se hará todas las semanas y durará aproximadamente una hora. El objeto de ambas será controlar el grado de ejecución de lo planificado y/o realizar los ajustes necesarios.

- Las Reuniones Semanales:

Las revisiones son la aplicación directa del principio del Kaizen, la mejora continua, a lo que nos hemos referido como el principio: Debe, Puede, Se hará.

Las preguntas son:

- ◆ ¿Qué pasó y por qué?
- ◆ ¿Qué se debe hacer?
- ◆ ¿Qué se puede hacer?
- ◆ ¿Qué se hará?

A partir de las respuestas a estas preguntas se establecen los compromisos, las promesas que un industrial hace frente a sus compañeros y que pueden condicionar el trabajo de otros. Se ha comprobado en la práctica que esta forma de proceder funciona, y que nadie quiere llegar a la siguiente reunión sin haber hecho su parte del trabajo. [10].

Estas reuniones semanales a su vez se complementan con breves reuniones diarias al comenzar la jornada, para repasar cuales son los cometidos del día, se suelen denominar Reuniones de Pie o Daily Huddle y no deben durar más de unos quince minutos, se trata de enfocar las tareas inmediatas y descubrir si hay alguna restricción nueva o que ha sido bien establecida en la reunión semanal.

Los resultados y el progreso se miden mediante varias herramientas, de las que destacamos el PPC (Porcentaje de Promesas Cumplidas o Porcentaje del Plan Completado), indicador que mide el grado de compromiso del equipo, y el CNC (Causas de No Cumplimiento), en este caso se analizan los motivos del incumplimiento y se incorporan a las restricciones a eliminar, si es que no lo hubieran estado antes:

both will be to control the degree of execution of the planned and / or make the necessary adjustments.

- The Weekly Meetings:

The revisions are the direct application of the Kaizen principle, continuous improvement, to what we have referred to as the principle: Must, Can, Will be done.

The questions are:

- ◆ What happened and why?
- ◆ What should be done?
- ◆ What can be done?
- ◆ What will be done?

From the answers to these questions are established the commitments, the promises that an industrialist makes in front of his colleagues and that can condition the work of others. It has been proven in practice that this way of proceeding really works, and that nobody wants to get to the next meeting without having done their part of the work [10].

These weekly meetings are complemented by brief daily meetings at the beginning of the day, to review the tasks of the day, are usually called Standing Meetings or Daily Huddle and should not last more than fifteen minutes, it is about focusing the Immediate tasks and find out if there are any new restrictions or that have been well established in the weekly meeting.

The results and progress are measured by several tools, of which we highlight the PPC (Percentage of Promises Fulfilled or Percentage of the Completed Plan), indicator that measures the degree of commitment of the team, and the CNC (Causes of Non-Compliance), in this case, the reasons for the breach are analysed and incorporated into the restrictions to be eliminated, if they had not been before:

PPC = Number of Promises Met Programmed / Number of Promises Scheduled for a given period (for example, a week).

PPC = Nº de Promesas Cumplidas Programadas / Nº de Promesas Programadas para un periodo dado (por ejemplo, una semana).

7. CONCLUSIONES

LPS cómo podemos ver es una Planificación Colaborativa, de la que deriva un compromiso colectivo.

Es fundamental para su aplicación que el equipo entienda que forma parte de un sistema y que el incumplimiento de un compromiso afecta a los demás intervinientes.

El equipo debe entender cuál es el proceso, e involucrarse en él para la mejora del desempeño de cada uno de sus miembros.

La forma de actuar con LPS resuelve, como ningún otro de los Métodos de Planificación mencionados anteriormente, la variabilidad que se da en la construcción, al hacer un seguimiento permanente del desarrollo de la obra, y en consecuencia al adaptarse en cada momento a las circunstancias que se puedan producir, para alcanzar los objetivos establecidos en el punto de partida. El compromiso debe entenderse, por cada miembro del equipo, como algo cuyo cumplimiento no solo beneficia a otros intervinientes sino también a sí mismo y por ende a la obra en su conjunto.

Como en toda la Metodología Lean Construction, para el éxito de la planificación de una obra con LPS, serán esenciales las personas, la fiabilidad del equipo y la eficiencia de sus componentes.

Para su implantación en España es importante que superemos tanto la falta de formación en la materia, como la falta de liderazgo o de compromiso, ya que son factores clave para que se pueda avanzar en ello. Todos los miembros del equipo tienen que sentirse parte de este y colaborar de verdad, y para conseguirlo la información entre todos tiene que ser transparente [11].

La construcción en España es muy ineficaz porque no se colabora de verdad, no se entiende el proceso en su conjunto, no se comprende que cada subcontrata no es una isla, sino un miembro del equipo en el que el éxito es de todos, pero también el fracaso es de todos, independientemente de cada uno haya cumplido bien con su cometido individual.

Un buen resumen esquemático de todo lo dicho es el que los Profesores Glenn Ballard y Gregory Howell, establecieron como principios básicos del Sistema del Último Planificador:

- Estabilizar el flujo de trabajo.
- Reducir la variabilidad del flujo.
- Mejorar el funcionamiento del proceso.

7. CONCLUSIONS

LPS, as we can see, is therefore a Collaborative Planning, from which a collective commitment derives.

It is basic for its application that the team involved understands that is participating in a system and the breach of a compromise affects the rest of the interveners.

The actuation with LPS solves, as any other of the Planification Methods before mentioned could not do, the variability that is always in construction, doing a continuous tracing of the work development, and in consequence adapting the answer to the circumstances that could be produced, for achieving the goals established in the start point of the work. The compromise must be understood by each member of the team as something of his own, which if it is reached not only has benefits for others, but also for himself, and finally for the work as a whole.

As in every Lean Construction Methodology, for the success of the planification with LPS, people will be essential, including the reliability of the team and the efficiency of its components.

For its implementation in Spain it is important to overcome both the lack of training in the subject, as the lack of leadership or commitment, as they are key factors for progress in this, all team members must feel part of this and really collaborate, information among all must be transparent [11].

Construction in Spain is very inefficient because people involved does not collaborate, the process is not understood as a whole, it is not assumed that a subcontract is not an island, but a member of a team, in which the success belongs to everyone, but the failure also belongs to everyone, independently that each one could have done correctly its individual duty.

A schematic resume of all said above is the one that Professors Glenn Ballard and Greg Howell established as the fundamentals of Last Planner System®:

- Stabilize the workflow.
- Reduce flow variability.
- Improve process operation.



Fig.7: Los principios básicos de Last Planner System® (Fuente: Ballard y Howell, 1994) / The basic principles of Last Planner System® (Source: Ballard and Howell, 1994)

8. REFERENCIAS:

- [1] Ballard, H.G., *The Last Planner System of Production Control*, 2.000, Tesis para el grado de Doctor en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham (Reino Unido).
- [2] Deming W. Edwards, *Out of the Crisis*, 1.982, MIT Press, Boston, Massachusetts, ISBN 13: 978-0-262-54115-2.
- [3] Koskela, L, *An exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*, 2.000, VTT technical Research Centre of Finland.
- [4] Mossman, A; *Last Planner: 5+1 crucial collaborative conversations for predictable design and construction delivery*, 2.005, The Change Business Ltd.
- [5] Orihuela P. y Esteves D.; *Aplicación del Método de la Línea de Balance a la Planificación Maestra*, 2.013, Encuentro Latino Americano de Gestión y Economía de la Construcción, ELAGEC 2.013, Cancún (México)
- [6] Pellicer, E.; Cerveró, F.; Lozano, A.; y Ponz-Tienda, J.L.; *The last planer system of construction planning and control as a teaching and learning tool*, 2.012, Proceedings of INTED 2015 Conference, Madrid (España).
- [7] Pons Achell, J. F. *Introducción a lean construction*, 2014, Fundación Laboral de la Construcción, Madrid (España).
- [8] Rodríguez Fernández, A.D.; Alarcón Cárdenas, L.F.; y Pellicer Armiñana, E.; *La gestión de la obra desde la perspectiva del ultimo planificador*, 2.011, Revista de Obras Públicas nº 3.518, Año 158, ISSN: 0034-8619/ISSN electrónico: 1695-4408, Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de España.
- [9] Sacks, R. y Partouche, R.; *Empire Estate Building Project: Archetype of Mass Construction*, 2.010, *Journal of Construction Engineering & Management*, Nº 136(6) Pags. 702-710, ASCE, Reston, Virginia (Estados Unidos).
- [10] Seppänen, O; Ballard, G; y Pesonen S.; *The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System*, 2.010, *Lean Construction Journal*, paper presentado en la Conferencia de Haifa (Israel) del International Group for Lean Construction.
- [11] Torres, L, *El Sistema LPS permite dar antes una Promoción*, 2.018, *Revista El Economista* Nº 23, Pags. 40 a 42, Madrid (España).

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.