



ISBN: 978-85-67169-04-0

SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

GESTIÓN VISUAL DEL SISTEMA LAST PLANNER MEDIANTE EL MODELADO BIM

ORIHUELA, Pablo (1); CANCHAYA, Luis (2); RODRIGUEZ, Edinson (3)

(1) Profesor Principal PUPC, Gerente General Motiva SA., porihuela@motiva.com.pe (2) Ingeniero de producción Consorcio Italfip -Motiva, lanchaya@motiva.com.pe, (3) Ingeniero de Producción, Consorcio Italfip -Motiva, erodriguez@motiva.com.pe

RESUMEN

Una de las principales herramientas del Lean Construction es el LastPlanner, esta nos dice que la planificación de las obras no la debemos hacer en el escritorio para luego hacerlas cumplir en el campo, sino que debemos hacerla ahí, en forma progresiva y conjuntamente con los lastplanners, es decir, con los proveedores que participan en la fase de obra en la que nos encontramos, con el maestro de obra, con los subcontratistas y con los obreros quienes son los que ejecutan la última asignación. De esta manera, la programación no se impone o empuja para que se cumpla aguas abajo (Push), sino que desde abajo, desde la cancha, se jalan los recursos justos y necesarios para que lo planificado se pueda cumplir (Pull). El presente artículo propone el uso de la gestión visual como apoyo al Sistema LastPlanners (LPS), para esto se genera un modelo BIM el cual se va completando de acuerdo a la secuencia del LPS. De esta forma se vinculan dos herramientas poderosas, el modelado 3D y 4D de la filosofía BIM y el LPS de la filosofía Lean Construction, generándose así una sinergia al ser usadas en forma conjunta.

Palabras-clave: Control de Producción, LastPlannerSystem, BIM, Gestión Visual.

ABSTRACT

The Last Planner System, one of the main tools of Lean Construction, indicates that we should not develop a construction work plan at the office and then pretend to enforce it on the field; we should progressively work on the field alongside the last planners, which are the main suppliers participating in the current construction phase, the foreman, subcontractors and the workers who ultimately carry out the assignments. This way, the planning is not imposed or pushed (PUSH) downstream for its completion; on the contrary, all resources necessary to go ahead with the plan should be pulled (PULL) from the bottom up, from the field. This article proposes the use of Visual Management as support to the Last Planner System (LPS), through a BIM model that gradually completes depending on LPS stages. This way, two powerful tools—3D and 4D modelling from the BIM philosophy and LPS from the Lean Construction philosophy—are linked, creating synergy when used together.

Keywords: ProductionControl, LastPlanners System, BIM, Visual Management

1 INTRODUCCIÓN

El LastPlannerSystem (LPS) probablemente sea una de las técnicas de mayor aceptación por las empresas constructoras que comienzan a adoptar la filosofía Lean Construction, esta nos dice que la planificación de las obras se debe realizar con los involucrados en ella; es decir, con el maestro, con los principales proveedores, con los subcontratistas, con los responsables de cuadrilla y los propios

obreros que ejecutan la última asignación, son todos ellos a quienes se les denomina los lastplanners.

En la comunidad Lean, es conocida la frase que para desarrollar el LPS tan solo es necesario lápiz, papel, borrador, stickers y fotocopias, tanto para pequeños y grandes proyectos (Mossman, 2013); sin embargo, durante las reuniones de coordinación en las diferentes etapas del LPS, nos referimos en todo momento a los elementos que planificamos construir, hablamos de su ubicación física, formas, encuentros con otros elementos, especificaciones técnicas, secuencias y fechas de ejecución; para ello, en la práctica, nos apoyamos fundamentalmente en los planos y en una plantilla electrónica como el de Microsoft Excel.

Los planos de construcción frecuentemente están incompletos, no coordinados entre las diferentes disciplinas, son difíciles de leer no están actualizados, (Mourgues, 2008). En las reuniones de lastplanner muchos de los involucrados (a todo nivel), no llegan a visualizar adecuadamente los elementos de una estructura sino hasta que esta es construida, por ello los medios que deben usarse para la comunicación durante estas coordinaciones deben lograr una transmisión precisa, sencilla, clara y amigable.

El presente artículo propone el uso de la gestión visual como apoyo a la comunicación con los lastplanners, esta visualización se genera desde un modelo BIM el cual se va completando de acuerdo a la secuencia del LPS. De tal forma que vinculamos dos herramientas poderosas: El modelado 3D y 4D de la filosofía BIM y el LastPlanner de la filosofía Lean Construction; generando una sinergia al ser usadas en forma conjunta.

2 LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

Como se sabe el LastPlanner tiene 5 fases o componentes: El Plan Maestro, donde se fijan los hitos del proyecto (Ballard, 2009); el PhaseScheduling, que es la bisagra que une el Plan Maestro con el Control de Producción (Ballard, 2009) y donde se logran los compromisos; el Lookahead, donde se realiza un programa de asignaciones potenciales para las siguientes semanas (Ballard, 2000); la Programación Semanal, donde se promete el planeamiento al mayor nivel de detalle antes que los obreros lleven a cabo sus labores (Choo, et al, 1999); y la Retroalimentación y Aprendizaje, donde se mide el cumplimiento de lo prometido, se identifican las causas de no cumplimiento y se retroalimenta la programación de las futuras semanas.

3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Esta nueva filosofía de trabajo, tiene muchas definiciones, por ejemplo: “Un Modelo de Información del Edificio (BIM), es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Este modelo puede representar vistas – ya sea en forma gráfica, textual o tabular – del edificio desde el punto de vista de cualquier profesional: Arquitectos, ingenieros proyectistas, fabricantes, agentes financieros, contratistas generales, entre otros. Como tal, sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre la instalación, formando una base confiable para tomar decisiones a lo largo del ciclo de vida del edificio, desde su concepción hacia adelante”. (National BIM Standards Part 1).

4 LA SINERGIA LEAN Y BIM

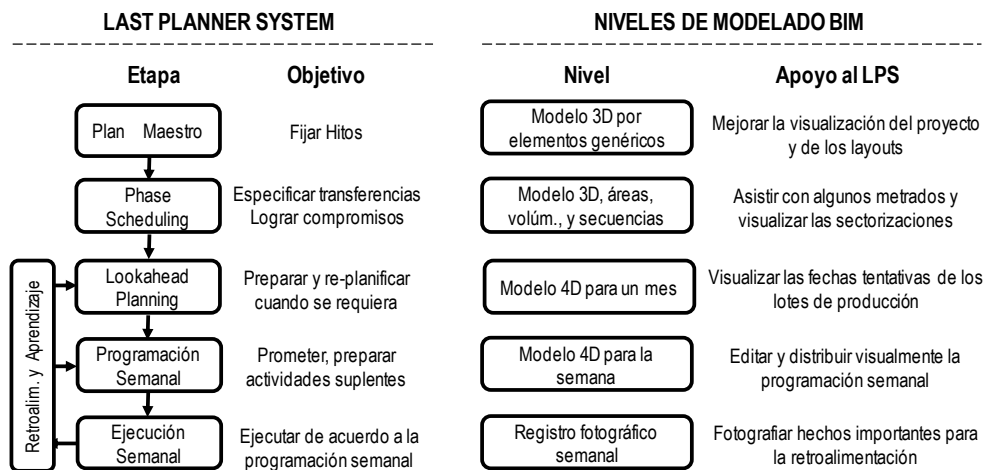
Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) están efectuando cambios fundamentales en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción; mientras

que los dos son conceptualmente independientes y separados, parece que hay sinergias entre ellas que se extienden más allá de la naturaleza esencialmente circunstancial de su madurez simultánea (Sackset al, 2011)

El uso de la metodología BIM conlleva a reducir pérdidas y re-procesos en las diferentes fases de un proyecto: En la Definición del Proyecto, permite evaluar con mayor eficiencia los diferentes partidos arquitectónicos; en el Diseño, nos facilita el trabajo multidisciplinario evitando las iteraciones negativas y re-procesos; en el Abastecimiento, nos ayuda con los metrados y presupuestos; en la Ejecución y Control, nos ayuda con la visualización de los procesos y la mejora de comunicación con los last-planners; y en el Uso, nos puede facilitar la capacitación de los usuarios en el mantenimiento. Es por eso que existe una estrecha relación entre LEAN y BIM (Fuentes, 2014).

En la Figura 1, presentamos una propuesta de esta sinergia que resulta de vincular las etapas del LPS con diferentes niveles de un modelo BIM.

Figura 1. Apoyo del modelado BIM al desarrollo del Last Planner System



Fuente: Elaboración propia (2015)

4.1 Plan Maestro y Modelo 3D con elementos genéricos

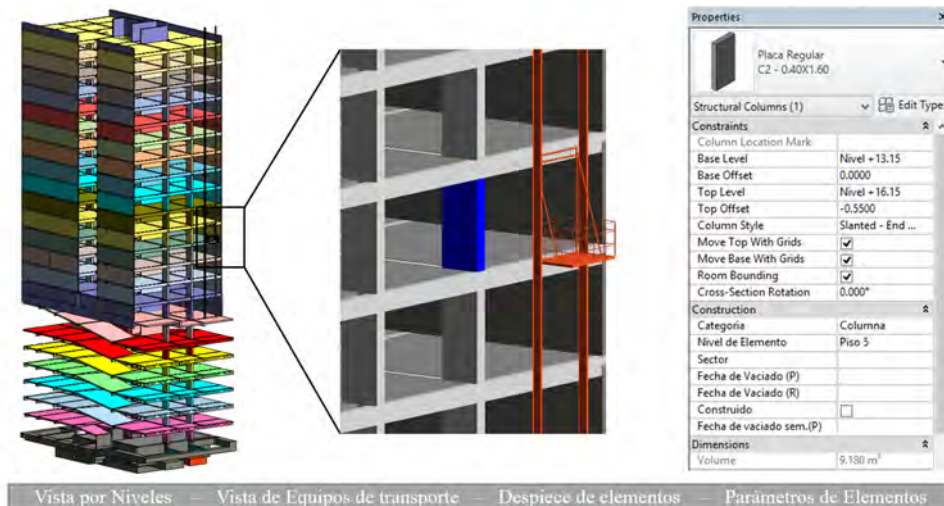
En el momento de la elaboración del Plan maestro, debemos contar con un modelo BIM-3D, el cual debería venir conjuntamente con la documentación del diseño; para nuestro objetivo, es suficiente que este modelo cuente con un adecuado nivel de despiece que considere el proceso constructivo y con información genérica de sus elementos.

Por ejemplo, en un edificio de concreto armado, el modelado de los elementos verticales debe contemplar las alturas de vaciado hasta el fondo de viga o fondo de losa, además de considerar que estas uniones deberán ser cuantificadas como elemento horizontal en los metrados de encofrado y concreto. Los elementos correspondientes a las vigas y losas deben ser modelados por tramos, considerando que estas no serán construidas monóticamente, sino que deben obedecer a la sectorización en lotes de producción los cuales deben “cortarse” en coordinación con las recomendaciones estructurales.

Los componentes deberán contener parámetros que nos permitan identificarlos; inicialmente se puede ingresar la información básica y posteriormente se deberá complementar de acuerdo a las etapas de la programación según el LPS. Este modelo nos permitirá visualizar con mucho más eficiencia el proyecto que vamos a programar,

así también podemos incorporar algunos elementos externos de importancia para elegir la mejor sectorización, como la disposición de maquinaria, equipos y espacios para la logística y almacenamiento. La Figura 2, muestra un ejemplo de parámetros básicos de un elemento vertical en la etapa de estructuras.

Figura 2. Modelo 3D en el Plan Maestro



Fuente: Elaboración propia (2015)

4.2 PhaseSchedulingy Modelo 3D con metrados

La velocidad de la superestructura, está marcada por la velocidad del pórtico, que es la que constituye la primera línea de balance (Orihuela y Estebes, 2013), por ello el modelo debe ofrecernos por lo menos los metrados de encofrado y concreto de los elementos estructurales verticales y horizontales, considerando además los diferentes tipos de concreto; por lo tanto, en esta etapa, el modelado ya debe ser capaz de presentar las diferentes alternativas de los lotes de producción y sussecuencias de ejecución.

Las armaduras de acero de refuerzo son quizás los elementos más complicados de modelar; sin embargo, se espera y confía que pronto los nuevos *softwares* hagan fácil esta tarea. Respecto a las instalaciones sanitarias y eléctricas, estas generalmente no constituyen cuellos de botella en la programación, por lo que se acostumbra a considerar que estas acompañarán sin problemas el ritmo de avance de la estructura.

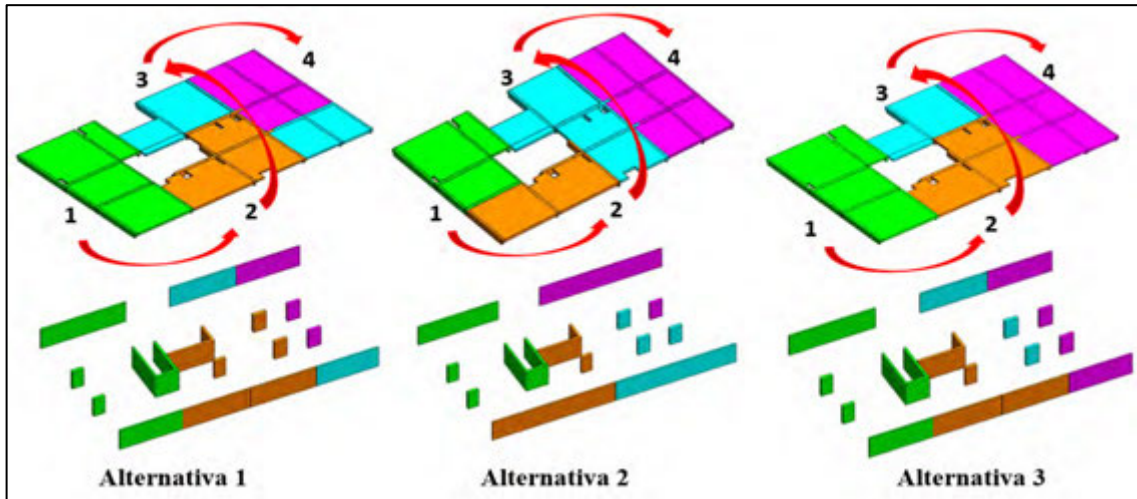
Las vistas por filtros de los modelos son muy útiles para el análisis, es aquí donde se pueden tener vistas separadas de acuerdo a los parámetros considerados anteriormente: vistas por niveles, por secuencia de procesos, además de poder consignar filtros para las etapas de encofrado y de vaciado de un elemento.

La sectorización debe tratar que las diferentes partidas tengan volúmenes similares de trabajo en cada lote de producción; es aquí donde el modelo nos brinda las áreas de encofrados y los volúmenes de concreto por niveles y sectores, siendo estos balanceados de una manera más eficiente y amigable que con una planilla electrónica tipo Excel; finalmente se dimensionan las cuadrillas en función a los rendimientos históricos que se manejan en la empresa.

Estas propuestas de sectorización (Figura 3), deben ser discutidas con los involucrados en la fase de obra que estamos planificando. El objetivo de estas reuniones es lograr la interacción de los participantes, escuchar sus observaciones y comentarios, seleccionar

la mejor alternativa y obtener sus compromisos para lograr el ritmo planeado. El mostrar las diferentes alternativas en 3D, hace muy amigable su visualización y entendimiento.

Figura 3. Sectorización en 3D (propuestas de sectorización de vaciados)



Fuente: Elaboración propia (2015)

4.3 Lookahead y Modelo en 4D

Para el Lookahead, el modelo ya debe incorporar las fechas de ejecución de la secuencia elegida, de esta manera ya se convierte en un modelo 4D, con el que se puede simular la programación virtual con un horizonte de 4 a 6 semanas. Si además podemos incorporar al modelo los 7 pre-requerimientos y los Análisis de Costos Unitarios, estaríamos también en condición de hacer un Análisis de Restricciones asistido por el modelo.

La Tabla 1, nos muestra un típico documento de programación por lotes de producción, en el cual se usan códigos y colores para identificar la localización y las fechas de los trabajos programados para las siguientes 4 semanas.

Tabla 1. Documento típico de Lookahead a 4 semanas

ACTIVIDAD	SEMANA 12							SEMANA 13							SEMANA 14							SEMANA 15						
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S				
	16/03	17/03	18/03	19/03	20/03	21/03	23/03	24/03	25/03	26/03	27/03	28/03	30/03	31/03	01/04	02/04	03/04	04/04	06/04	07/04	08/04	09/04	10/04	11/04				
SUPER-ESTRUCTURAS																												
Acero vert.	F4+5	F1+6	F2+6	F3+6	F4+6		F1+7	F2+7	F3+7	F4+7	F1+8		F2+8	F3+8	F4+8	F1+9	F2+9		F3+9	F4+9	F1+10	F2+8	F3+10					
Encofrado vert.	F3+5	F4+5	F1+6	F2+6	F3+6		F4+6	F1+7	F2+7	F3+7	F4+7		F1+8	F2+8	F3+8	F4+8	F1+9		F2+9	F3+9	F4+9	F1+10	F2+8					
Concreto vert.	F3+5	F4+5	F1+6	F2+6	F3+6		F4+6	F1+7	F2+7	F3+7	F4+7		F1+8	F2+8	F3+8	F4+8	F1+9		F2+9	F3+9	F4+9	F1+10	F2+8					
Acero viga	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6	F2+6		F3+6	F4+6	F1+7	F2+7	F3+7		F4+7	F1+8	F2+8	F3+8	F4+8		F1+9	F2+9	F3+9	F4+9	F1+10					
Encofrado viga	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6	F2+6		F3+6	F4+6	F1+7	F2+7	F3+7		F4+7	F1+8	F2+8	F3+8	F4+8		F1+9	F2+9	F3+9	F4+9	F1+10					
Encofrado losa	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6	F2+6		F3+6	F4+6	F1+7	F2+7	F3+7		F4+7	F1+8	F2+8	F3+8	F4+8		F1+9	F2+9	F3+9	F4+9	F1+10					
Ladrillo techo	F1+5	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6		F2+6	F3+6	F4+6	F1+7	F2+7		F3+7	F4+7	F1+8	F2+8	F3+8		F4+8	F1+9	F2+9	F3+9	F4+9					
Acero losa	F1+5	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6		F2+6	F3+6	F4+6	F1+7	F2+7		F3+7	F4+7	F1+8	F2+8	F3+8		F4+8	F1+9	F2+9	F3+9	F4+9					
IISS - IIIEE	F1+5	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6		F2+6	F3+6	F4+6	F1+7	F2+7		F3+7	F4+7	F1+8	F2+8	F3+8		F4+8	F1+9	F2+9	F3+9	F4+9					
Concreto horiz.	F1+5	F2+5	F3+5	F4+5	F1+6		F2+6	F3+6	F4+6	F1+7	F2+7		F3+7	F4+7	F1+8	F2+8	F3+8		F4+8	F1+9	F2+9	F3+9	F4+9					

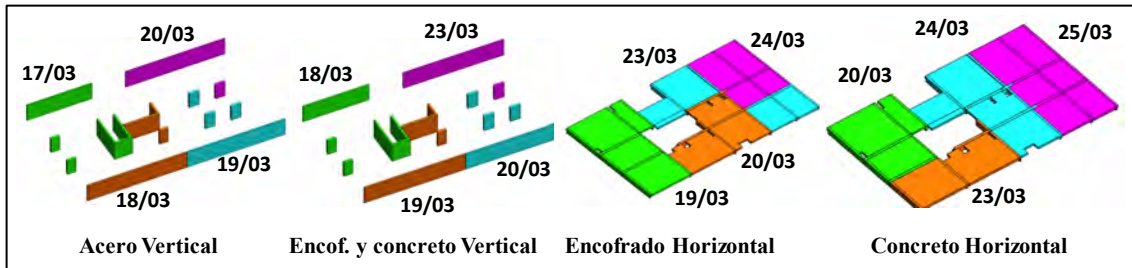
Fuente: Elaboración propia (2015)

Es fácil ver que la lectura de esta tabla no es muy amigable, se requiere hacer correlaciones mentales para comprender cabalmente lo que este documento especifica. Además, este formato es válido cuando los límites físicos de los lotes de producción para cada cuadrilla coinciden exactamente entre sí, sin embargo en la práctica eso no

es frecuente, por ejemplo, si ocurre que las áreas de encofrado horizontales tengan que extenderse más allá de los límites del vaciado de concreto, esta tabla ya no es aplicable.

La Figura 4, muestra el modelo de apoyo visual al Lookahead, con las fechas establecidas de avance, tanto de acero, como de encofrado y concreto.

Figura 4. Apoyo visual al Lookahead



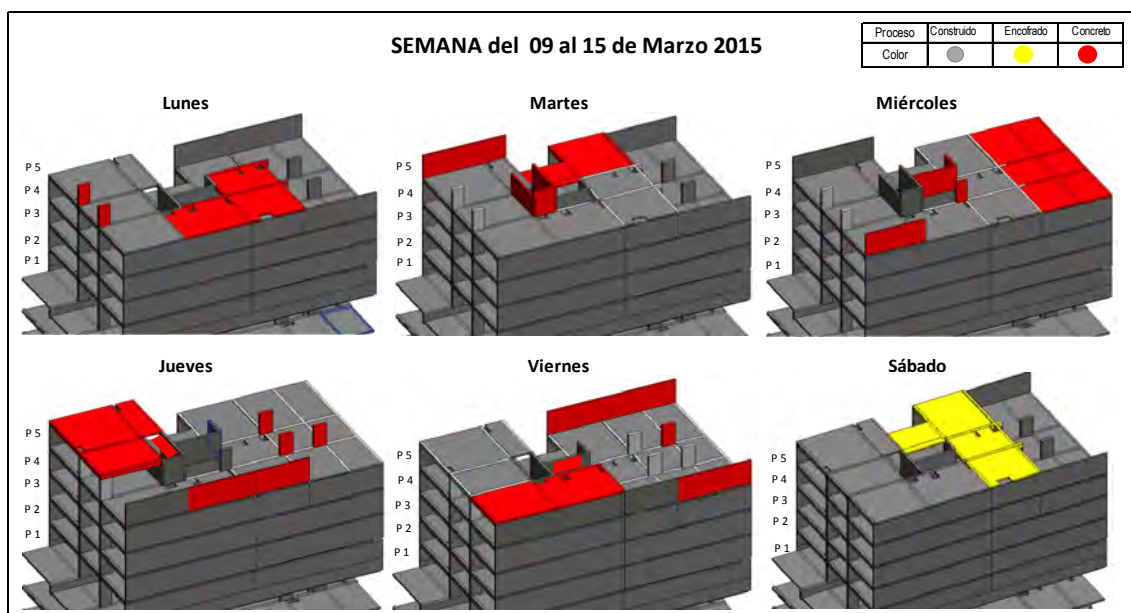
Fuente: Elaboración propia (2015)

5 Planificación Semanal y comunicación visual a los lastplanners

Todo el proceso del LPS se plasma en la Planificación Semanal, aquí se lista día a día las tareas que han sido liberadas de sus restricciones y estarían listas para su ejecución, por lo que su comunicación a los lastplanners debe ser muy efectiva y amigable.

Hemos probado diferentes alternativas, usando diversos formatos y niveles de detalle de la información a entregar con este fin; la Figura 5 muestra la alternativa que ha tenido mayor acogida por los obreros de las cuadrillas encargadas de los pórticos, la cual visualiza la programación semanal en una hoja A4 dividida en 6 espacios, un espacio para cada día laborable, donde lo más simple resulta ser lo más efectivo, es decir sólo mostrar lo que denominamos “micro hitos semanales”, que en esta fase de pórticos están dados por los vaciados de concreto.

Figura 5. Programación semanal visual en una hoja A4.



Fuente: Elaboración propia (2015)

Los colores causan un efecto psicológico útil en el ser humano, permitiéndole obtener más información y de forma más rápida (Tezel et al, 2010). Asimismo, para lograr una mejor comunicación, es importante manejar estándares para las herramientas de gestión visual que usemos en términos de contenido y formato, incluyendo la asignación de colores (O'Connor y Swain, 2013).

En el formato anterior se puede apreciar que prácticamente se muestran sólo los vaciados de concreto (microhitos), de esta manera la visualización es muy simple y clara y las demás cuadrillas, tales como las de Acero, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas y Encofrado, se “alinean” implícitamente por programación reversa (técnica Pull), es decir, si las cuadrillas involucradas ven en la hoja entregada, que el día Miércoles por la tarde se está programando vaciar el concreto de las placas del ascensor del quinto piso, entonces la cuadrilla de encofradores y las de instalaciones sabrán que tienen que dejar su trabajo listo a más tardar a la mitad del mismo día y la cuadrilla de acero sabrá que tienen que entregar el acero de esos elementos al finalizar el día Martes. La Figura 6 muestra como el jefe de cuadrilla de acero da las indicaciones al personal a su cargo para habilitar los sectores de trabajo el cual tiene una fecha definida de vaciado.

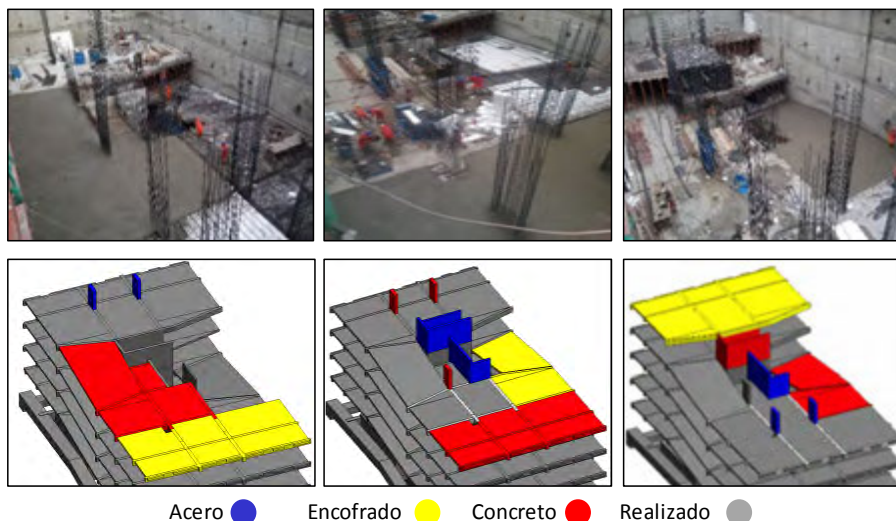
Figura 6.- Programación semanal visual reversa



6 RETRO-ALIMENTACIÓN VIRTUAL VS. REAL

Terminada la semana y en la reunión semanal con los lastplanners, la presentación del modelo, acompañado de algunas fotografías (Figura 7), promoverá la participación de todos en la tarea de identificar las Causas de No Cumplimiento (CNC).

Figura 7. Evaluación del PPC e identificación de las CNC



Fuente: Elaboración propia (2015)

Si bien este es un espacio donde frecuentemente surgen los reclamos y las quejas, también es donde se generan muy buenas propuestas e ideas para obtener mejores Porcentajes de Planificación Cumplida (PPC).

7 CONCLUSIONES

El Sistema LastPlanner, apoyado con un modelado BIM genera una sinergia potente en la planificación de las obras, apoyando con la visualización de las alternativas de sectorización y sus secuencias de avance durante el Phase Scheduling, ayudando a visualizar la ejecución de frentes de trabajo de acuerdo a las fechas programadas durante el Lookahead, facilitando la comunicación visual de la programación semanal mediante la programación reversa, y haciendo más efectiva la retroalimentación y aprendizaje con la comparación del modelo virtual semanal contra las imágenes semanales reales.

Al igual que el LPS cuya propuesta es desarrollar la programación en forma progresiva, el modelado BIM, para estos efectos, debe hacerse también de forma progresiva y al compás de las etapas del LPS.

REFERENCIAS

ALAN MOSSMAN. **Last Planner 5 + 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery**. 2013. The Change Business Ltd.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Ph.D. Diss., School of Civil Engineering, the University of Birmingham, UK.

BALLARD, G. **Current benchmark in Phase Scheduling**. 2009. Project Production System Laboratory Report.

CHOO, H., TOMMELEIN, I., BALLARD, G. AND ZABELLE, T. **Workplan: Constraint-Based Database for Work Package Scheduling**. 2009. ASCE, Journal of Construction Engineering and Management, May/June Issue.

FUENTES, D. **Influencia de la estandarización en el uso de modelos de información de edificios (BIM)**. 2014. Tesis PUCP asesorada por P. Orihuela.

MOURGUES, C, FISCHER, M. **A Work Instruction Template for Cast-In-Place Concrete Construction Laborers**. CIFE Working Paper #WP109. Stanford University

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standards Part 1: Overview, principles and methodologies**. 2007, pag. 6-24.

ORIHUELA, P.; ESTEBES, D. **Aplicación del método de Línea de Balance a la Programación Maestra**. 2013. V ELAGEC, Cancún, México.

O'CONNOR, R.; SWAIN, B. **Implementing Lean in construction: Lean tools and techniques – an introduction**. 2013. CIRIA Guide to Implementing Lean in Construction C730.

SIBRAGEC - ELAGEC 2015– del7 al9 de Octubre –**SÃO CARLOS – SP**

SACKS,R., DAVE, B, KOSKELA, L., AND OWEN, R. **Analysis framework for the interaction between Lean Construction and Building Information Modelling**. 2009. Proceedings for the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

TEZEL, A., KOSKELA, L. Y TZORTZOPOULOS, P. **SCRI Research Report 3: Visual Management in Construction – Study Report on Brazilian Cases**. 2010 Salford Centre for Research and Innovation in the built and human environment (SCRI).