

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DIRECTRICES PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA LAST  
PLANNER EN EDIFICACIONES**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**BLADIMIR LENIN SOTO GOMEZ**

**Lima- Perú**

**2015**

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: SITUACIÓN SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN</b>	<b>8</b>
1.1 Introducción	8
1.2 La Globalización	9
1.3 Situación Económica del Sector Construcción	10
<b>CAPÍTULO II : LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS)</b>	<b>13</b>
2.1 Introducción	13
2.2 Definiciones Básicas	13
2.3 Origen	14
2.4 Concepto	15
2.5 El concepto de muda o desperdicio	16
2.5.1 ¿Por qué es tan difícil identificar la improductividad?	17
2.6 Teorías de Producción	17
2.7 Nuevas medidas de Desempeño para el Mejoramiento	19
2.8 Principios del Lean Construction	20
2.9 Metodología Lean	25
<b>CAPÍTULO III: LAST PLANNER SYSTEM (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)</b>	<b>26</b>
3.1 Introducción	26
3.2 Definición	26
3.3 Pull vs Push	27
3.4 Se Puede, Se Debería, Se Hará	27
3.5 Componentes del Last Planner System (LPS)	30
3.6 Control de la Unidad de Producción	32
3.7 Control de Flujo de Trabajo	34
3.8 Los tres niveles de Programación	34

<b>CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM (LPS)</b>	<b>39</b>
4.1 Antecedentes de Implementación del Last Planner System (LPS) en Empresas Constructoras	39
4.1.1 Experiencias en Colombia	39
4.1.2 Experiencias en Chile	40
4.1.3 Experiencia de Empresas Constructoras en el Perú	41
4.1.4 Expectativas de la Implementación del Last Planner System (LPS)	42
4.2 Implementación del Last Planner System LPS	43
4.2.1 Programa de Capacitación y Entrenamiento del Personal Vinculado	43
4.2.2 Implementación de la Planificación Maestra	45
4.2.3 Implementación de la Planificación Intermedia (PI)	47
4.2.4 Implementación de la Planificación Semanal (PS)	55
<b>CAPÍTULO V : RESULTADOS, COMENTARIOS Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO</b>	<b>64</b>
5.1 Directrices para Implementar el Last Planner System	64
5.1.1 Iniciativas que Promueven la Implementación del Last Planner System (LPS)	64
5.1.2 Propuesta para el Flujo de Información del Last Planner System (LPS)	66
5.1.3 Detalle de Encuestas y Entrevistas realizadas sobre Lean Construction y Last Planner System a profesionales del medio.	67
5.1.4 Directrices para Implementar el Last Planner System (LPS)	70
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>71</b>
6.1 Conclusiones	71
6.2 Recomendaciones para Implementar el Last Planner System (LPS)	73
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia tiene el propósito de plantear Directrices y Recomendaciones para tener una implementación exitosa del Last Planner System (LPS) en proyectos de edificaciones. Ya que existen diversas experiencias en los Estados Unidos, Brasil, Colombia y Chile que sirvieron como base para profundizar el estudio e investigación de esta importante herramienta, que ayuda a mejorar la confiabilidad en el planeamiento de los proyectos; y al mismo tiempo ayuda a disminuir la variabilidad e incertidumbre durante la ejecución.

Debido al crecimiento progresivo de la demanda de viviendas en los últimos años en el país, se despertó el interés de las diversas empresas inmobiliarias y constructoras tanto nacionales como internacionales para invertir en proyectos de Edificación, ya que nuestro país viene contabilizando 16 años de crecimiento económico ininterrumpido, generando confianza para invertir.

Con el objetivo de mejorar la calidad y productividad en la construcción de edificaciones se recurre al Lean Construction filosofía que busca eliminar los desperdicios en la construcción, utilizando Last Planner System (LPS); herramienta en planeamiento que complementa la filosofía Lean, se conseguirá mayor confiabilidad en los trabajos programados para su ejecución.

El objetivo del presente Informe de suficiencia es proponer una metodología de implementación del Sistema del Último Planificador (Last Planner System) en obras de edificación, motivado por éxito obtenido en países vecinos como Brasil, Colombia y Chile.

Uno de los aportes de este sistema es la etapa de Análisis donde se elabora el Inventario de Trabajos Ejecutables (ITE), donde se tiene la lista de todas las actividades que se pueden ejecutar libre de restricciones. Después de ejecutado se analiza las Causas de No Cumplimiento (CNC) que servirá para realizar la mejora continua de la actividad aumentando la confiabilidad en la planificación.

Se tendría mayor éxito en la implementación del LPS si el personal estaría en el rango de 20-30 años de edad.

En los proyectos de Edificación la herramienta del LPS se podría complementar con modelados en 3D (en lo posible con la tecnología BIM), para evitar incompatibilidades durante la ejecución. Además la Planificación debería hacerse por Sectores y Niveles en cada piso de la edificación (principalmente mejorar la logística de los diversos recursos.)

## LISTA DE CUADROS

1.1	Sector Construcción: 2014 (Año base 2007)	10
4.1	Programa Maestro	47
4.2	Programa Maestro – Determinación de hitos	47
4.3	Puntos a tratar en una reunión de Planificación Semanal	61
4.4	Documentos e información que deben traer los asistentes	61
4.5	Problemas frecuentes en el cumplimiento de la Planificación	62
5.1	Profesionales Encuestados	68
5.2	Resultados de las encuestas	68
5.3	Profesionales Entrevistados sobre el LPS	69
6.1	Secuencia de implementación evolutiva	73

## LISTA DE FIGURAS

1.1	Evolución Mensual de la Producción Nacional: 2010 – 2014	8
1.2	Despacho Local de Cemento: 2012-2014	11
1.3	Variación acumulada de la Producido del Sector	12
2.1	El modelo de Lean Construction	19
2.2	Compresión progresiva del ciclo de tiempo	21
2.3	Focalización del control de procesos con LPS	23
2.4	Proceso de Mejoramiento Continuo	23
3.1	Funcionamiento básico del Last Planner System	27
3.2	Sistema tradicional (Push)	27
3.3	Last Planner System	28
3.4	Interacción de actividades planificadas	29
3.5	Interrelación actividades planificadas tradicionalmente	29
3.6	Interrelación entre los programas	30
3.7	Interrelación entre actividades aplicando Last Planner System.	30
3.8	Interrelación entre los programas (planes).	35
3.9	Programación Maestra de toda la obra	35
3.10	Programación Lookahead.	37
3.11	Programación semanal y análisis de restricciones.	38
3.12	PPC y Razones de No Cumplimiento	38
4.1	Viviendas Masivas del Proyecto Nueva Fuerabambas - Apurímac	42
4.2	Esquema de Proceso de Planificación Intermedia	49
4.3	Esquema de Planificación Intermedia	51
4.4	Análisis de Restricciones	52
4.5	Esquema de concepto de revisión	53
4.6	Reunión de Planificación Semanal	56
4.7	Nivel de aceptación de los PPC	57
4.8	Modelo general de control del Last Planner System	58
4.9	Origen de las causas de no cumplimiento de la planificación	63
5.1	Flujo de información del Sistema CVG	66
5.2	Propuesta para Flujo de información del LPS	67

## INTRODUCCIÓN

El Perú después de muchos años se estabilizado económicamente, teniendo un crecimiento positivo desde ya hace 16 años, siendo el sector construcción uno de los pilares en la economía de nuestro país. Trayendo consigo mejores oportunidades de trabajo, con sueldos que le permite mejorar el nivel de vida y poder adquirir comodidades a su alcance que anteriormente no podían.

Es así que las familias que no tenían una vivienda y las nuevas familias que se han formado han incrementado la demanda por construir o adquirir una vivienda para vivir; esto aumenta la demanda para adquirir terrenos.

Las Inmobiliarias y Empresas Constructoras con capital propio o acogiendo Inversionistas que ven una buena oportunidad, se han dedicado a construir viviendas y edificios para vender, buscando obtener las mayores ganancias. Sin embargo solo se han enfocado en el resultado, y los problemas recién han ido apareciendo en la etapa de Ejecución; baja seguridad, mala calidad, rendimientos diferentes al del estudio, y el costo por encima de lo planificado. Por ello en el Capítulo 1, se describe la situación socioeconómica del sector construcción del país.

En el Capítulo 2, se desarrolla el tema **Lean Construction** (construcción sin pérdidas) filosofía con una visión holística enfocando en **maximizar el valor** y **minimizar el desperdicio** en base a un conjunto de principios, que ayuda a mejorar la productividad y calidad de los trabajos realizados en la construcción de edificaciones y otros tipos de obras.

En el Capítulo 3, se desarrolla el tema Last Planner System (Sistema del Último Planificador); herramienta en planificación que complementa de mejor manera el Lean Construcción. El problema ya no se plantea en cómo se debería construir porque se tiene buenos indicadores de seguridad, calidad y rendimiento; sino en porque no se cumple con lo planificado. Se concluye que algo debe cambiarse en la planificación tradicional que se desarrolla en el sector. El problema de la planificación tradicional de la Producción es que no considera ni puede sobrellevar la **Incertidumbre** y **Variabilidad** durante la construcción. El Last Planner System propone modificar el proceso de programación y control de obra con el fin de crear un ambiente estable de trabajo.

Tanto el Lean Costruction como el planteamiento de Last Planner System (LPS) dependen mucho del compromiso de los involucrados, por eso en el Capítulo 4, se explica la Implantación del Last Planner System. Para conseguir una implementación exitosa del nuevo sistema, es fundamental contar con el compromiso desde las gerencias de la empresa hasta los últimos planificadores.

En el Capítulo 5, se definen Directrices y Comentarios para Implementar el Last Planner System en Edificaciones, porque el conocimiento por sí solo no da buenos resultados, hay que saber implementarlo; y para ello se necesita bastante **Compromiso, Capacitación y Entrenamiento** para conseguir el Éxito.

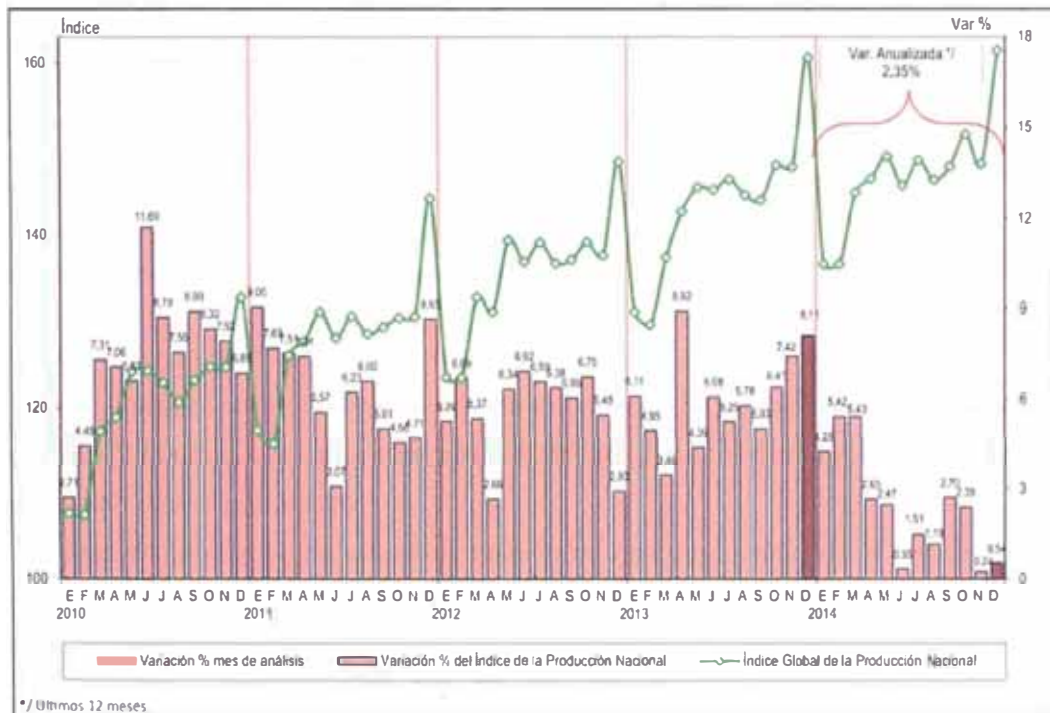
Por ultimo en el Capítulo 6, se enlista las Conclusiones y Recomendaciones del presente Informe de Suficiencia. Conclusiones sobre el Last Planner System y Conclusiones para el Proceso de Implementación.



## CAPITULO I : SITUACIÓN SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN

### 1.1 Introducción

Según el INEI<sup>[5]</sup> “la producción nacional durante el año 2014 alcanzó un crecimiento de 2,35%, contabilizando 16 años de crecimiento ininterrumpido. El resultado del año se sustentó en el desempeño favorable de la mayoría de los sectores, con excepción de la pesca, minería y manufactura; sectores que fueron afectados por problemas climatológicos, el contexto externo con precios internacionales bajos de nuestros principales **commodities** (materias primas o productos básicos) y menor demanda externa de productos tradicionales, como los mineros y agropecuarios. No obstante, durante el año destacó el desenvolvimiento favorable del sector financiero, comercio, servicios prestados a empresas, telecomunicaciones, y transporte y mensajería, explicados por el comportamiento favorable de la demanda interna.” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI – Informe Técnico N°2 – Febrero 2015)



**FIGURA N° 1.1 Evolución Mensual de la Producción Nacional: 2010 – 2014**  
(Variación % respecto a similar periodo del año anterior)

Fuente: INEI Febrero 2015

Este crecimiento constante de la economía peruana trae consigo cambios en la calidad de vida de sus pobladores, teniendo así acceso a nuevas tecnologías, conocimientos, información, etc. en los diversos campos de su interés, es así que con la disposición del internet y diversas plataformas de comunicación y negociación forman parte del fenómeno de la globalización; que trae consigo cosas positivas como también negativas.

## 1.2 La Globalización

Actualmente debido al fenómeno de la globalización, los hechos que han dejado de tener una referencia local y han pasado a tener una referencia mundial. Cualquier acontecimiento sucedido en cualquier centro financiero es transmitido al resto del mundo sin importar las distancias; del mismo modo se comparte conocimientos, experiencias, estudios, tecnologías, etc. La globalización no solo tiene aspectos positivos, sino serias implicancias sociales sobre las cuales es importante reflexionar: ¿estamos preparados para dichos cambios?

Ha habido también una revolución tecnológica, que ha hecho perder a varios países las ventajas comparativas que les otorgaba la posesión de importantes recursos naturales. Actualmente la tecnología ha dejado de ser un activo para convertirse en un elemento fundamental de la competitividad. Esta ya no depende de los recursos naturales ni de la mano de obra, sino de la revolución operada en ramas como la microelectrónica, la biotecnología o la ciencia de los materiales. **El desarrollo tecnológico ha hecho que se emplee menos mano de obra para hacer lo mismo o más.** El mundo vive el auge del internet y el desarrollo de las comunicaciones. Estos vienen desarrollándose a pasos agigantados.

El comercio mundial ha tomado, hoy en día, otras características. La primera, es que gran parte corresponde al comercio transnacional, el que rige hoy en todo el mundo. Y la segunda, es la internacionalización de la producción (fabricación de partes en diferentes países).

“Un país es igual que una empresa, crea valor y es competitivo si es exitoso en el comercio internacional gracias a un uso adecuado del conocimiento y de la tecnología y a una alta productividad, y si con ello genera elevados niveles de vida para la población. En el nuevo orden económico mundial, las ventajas competitivas ya no depende de los recursos naturales, ni del salario, sino de la productividad de la mano de obra.” Indacochea Caceda, Alejandro<sup>[6]</sup>

La competitividad se gana día a día y se requiere tecnología, innovación, desenvolverse con las nuevas reglas de juego del mercado internacional, muchas veces sutiles.

En muchos casos la tecnología que se transfiere es la que ya no sirve, tienen que estar conscientes de ello y buscar socios para esa tecnología: alcanzar estrategias y fusiones. La falta de formación profesional constituye un gran obstáculo a la competitividad. Las empresas deben ser vistas como centros de formación de recursos humanos: "Todos debemos estar sintonizados". **Un crecimiento tecnológico en un país permite mejorar su productividad, pero hay que saber implementarlo.**

Entendiendo lo que trae consigo la globalización, deberíamos hacernos una serie de preguntas: ¿cómo esta nuestro país en el área de la construcción actualmente?, ¿somos capaces de aprovechar las oportunidades que se nos presentan?, ¿estamos preparados para el cambio?, de seguro que no; es difícil, pero no imposible.

### 1.3 Situación Económica del Sector Construcción

El sector construcción es un componente significativo en la economía del Perú; en el 2014 su aporte fue de 0.12 puntos porcentuales en el PBI y tuvo un crecimiento de 1,68% con respecto al año 2013, reflejado en el incremento del consumo interno de cemento en 2,35% y en la mayor inversión en el avance físico de obras que aumentó en 0,10%. (INEI).

**CUADRO N° 1.1 Sector Construcción: 2014 (Año base 2007)**

Componente	Ponderación	Variación porcentual 2014/2013	
		Diciembre	Enero-Diciembre
Sector Construcción	100,0	4,98	1,68
Consumo Interno de Cemento	73,95	4,80	2,35
Avance Físico de Obras	23,29	5,20	0,10
Vivienda de No Concreto	2,76	2,23	2,23

Fuente: INEI Febrero 2015

El aumento del **consumo interno de cemento**, se sustentó en el incremento de inversión de proyectos mineros como Las Bambas de la comunidad de

Fuerabamba en Apurímac y en la Mina Cerro Lindo en Chíncha; Planta UNI Proyecto Vía Parque Rímac; obras como “Nuevo Molino 8” de UNACEM en la planta de Condorcocha en Junín; centros empresariales como Lima Central Tower – Proyecto Derby en Santiago de Surco, y Edificio Oficinas Park Office en La Molina con 11 pisos de oficinas y 2 pisos de centros comerciales; construcción del Centro Comercial Sur en San Juan de Miraflores; Panorama Plaza Negocios y centro empresarial Leuro en Miraflores, obras en el Centro de Convenciones de Lima en San Borja y la nueva sede del Banco de la Nación en San Borja; obras en la Videna en San Luis, obras de infraestructura educativa como el nuevo campus de la UTEC y obras en la Universidad Tecnológica UTP en Lima; además obras en el muelle norte en el Callao; Planta de Cal en Yauli-Junín, y conjuntos habitacionales como Edificio Moon – ICI en la Av. Javier Prado en Surco; Torre de Orquídeas en San Isidro, Nuevo Alcázar condominio en el Rímac y Obra: “Las cumbres de la Molina”, entre las principales.

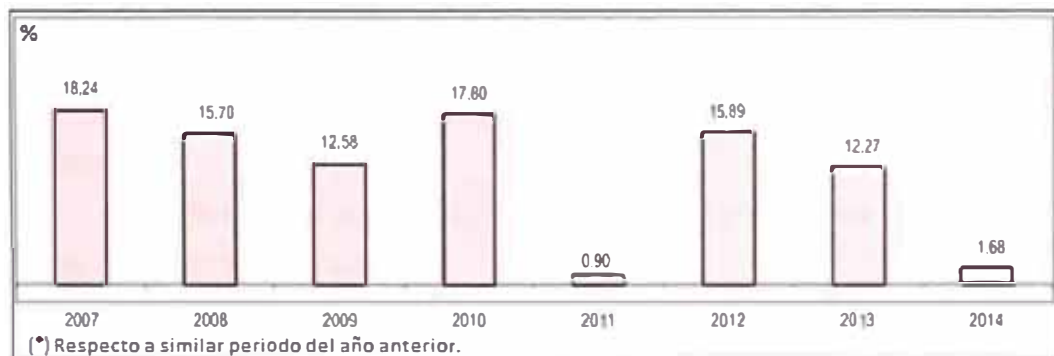


**FIGURA 1.2 Despacho Local de Cemento: 2012-2014 (Miles de Toneladas)**

Fuente: INEI Febrero 2015

El avance físico de obras se debe a la continuación de las obras de rehabilitación. El avance físico se incrementó por obras realizadas por el Gobierno Nacional en infraestructura vial-carretera y puentes, como la construcción de la Línea 2 del Metro y ramal Av. Faucett-Gambeta de la red básica del Metro de Lima y Callao; construcción y mejoramiento de la carretera Camaná–desvío Quilca-Matarani-Ilo-Tacna, carretera Huaura-Sayan-Churín, rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ayacucho-Abancay y rehabilitación de la carretera Chongoyape-

Cochabamba-Cajamarca. Así también desarrolló obras de servicios básicos entre los que destacan: el mejoramiento de línea de conducción del sistema de riego del proyecto Acarí-Bella Unión II etapa de construcción de la represa de Iruro en Arequipa, instalación del servicio de agua del sistema de riego Huaccme en Ayacucho, mejoramiento de los canales de irrigación de la margen derecha del distrito de Tomay Kichwa-Ambo-Huánuco, sistema de irrigación Pangoa en Junín y mejoramiento, ampliación del sistema de riego Shallap-Huapish-Toclla en Áncash. También se construyeron edificios no residenciales, entre los que figuran: el mejoramiento de infraestructura deportiva de la Villa Deportiva Nacional de la Videna en San Luis, rehabilitación y ampliación integral del establecimiento penitenciario de Pucallpa, creación e implementación del Instituto Superior Tecnológico Público de las Fuerzas Armadas en el Rímac, rehabilitación integral y ampliación de la capacidad de albergue del establecimiento penitenciario de Puno, rehabilitación y remodelación de la infraestructura educativa de la I.E. Francisco Antonio de Zela en Tacna e institución educativa Karl Weiss en Lambayeque.



**FIGURA 1.3 Variación acumulada de la Producido del Sector Construcción: 2007-2014 (\*)**

Fuente: INEI Febrero 2015

Asimismo, debido a la gran demanda continuaron las obras de construcción de casas, condominios y departamentos multifamiliares. Un mercado que ha ido en constante crecimiento debido al crecimiento poblacional en las principales ciudades de nuestro país como: Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo, Iquitos, Cusco, Chimbote, Huancayo entre otros.

## CAPÍTULO II : LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS)

### 2.1. Introducción

El **Lean Construction** o construcción sin pérdidas es una **filosofía** que provee principios y técnicas para el desarrollo de Proyectos de construcción con una visión holística, enfocándose en:

- **Maximizar valor:** Identificar y brindar las características al producto que satisfagan al máximo las necesidades del cliente.
- **Minimizar desperdicio:** Ejecutar las operaciones de manera eficiente (Excelencia Operacional)

El **Lean Construction** es una herramienta de mejoramiento de la Productividad y Calidad logrando con ello menores costos de las construcciones.

### 2.2. Definiciones Básicas

- **Productividad:** es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción.
- **Planificación:** acto de definir el criterio para generar las estrategias de producción así como las directivas para lograr que se cumplan con éxito dichos criterios.
- **Flujo de trabajo:** el movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.
- **Pérdidas:** es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no agrega valor al producto terminado.
- **Porcentaje del Plan Completado (PPC):** es un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no.
- **Lean Production** (producción sin pérdidas): es aquel tipo de producción cuyo manejo operacional apunta a la eliminación y/o reducción de pérdidas. Cuenta con una serie de herramientas de gestión de producción que le permite reducir las pérdidas a niveles bastante bajos.
- **Trabajo Productivo** (TP): trabajo que aporta en forma directa a la producción, agrega valor al producto terminado.
- **Trabajo Contributorio** (TC): trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor. Es una pérdida de segunda categoría.

- **Trabajo No Contributorio (TNC):** cualquier actividad que no genera valor, y que caiga directamente en la categoría de pérdidas, son actividades que no son necesarias, tiene un costo y no agregan valor.
- **Muestreo del Trabajo:** método de medición del nivel de actividad (distribución de la utilización del tiempo), de un proyecto u operación. Técnica de muy bajo costo, alta precisión y gran efectividad para implementar procesos de cambio y mejoramiento de la productividad.
- **Capacidad de Producción:** la cantidad de trabajo que puede llevar a cabo en un determinado tiempo una unidad de producción, ya sea individualmente o como grupo.
- **Benchmarking:** se refiere a la comparación de nuestra performance actual contra la del líder del negocio de un área en particular. En esencia significa encontrar e implementar la mejor práctica de nuestro campo.

### 2.3. Origen

El **Lean Construction** tiene su origen en el **Lean Production**, desarrollado por la industria automotriz japonesa **Toyota**, considerada alma máter de este nuevo estilo de gestión de procesos; de hecho, ha sido la empresa impulsora de esta filosofía difundida a través del mundo gracias a James P. Womack y Daniel T. Jones. Ambos han viajado por distintos lugares recopilando sus conocimientos y experiencias en una gran obra titulada "La Máquina que cambió el Mundo"<sup>[14]</sup>.

Para el Ingeniero Taiichi Ohno su principal objetivo fue de cambiar la forma del sistema de producción ni masiva ni artesanal, en el cual ya no prioriza la producción en masa sino que se analiza la habilidad en la productividad del obrero, la cual se ve reflejada en el producto final. El Ingeniero Ohno siguió el desarrollo del flujo de producción que utilizó Henry Ford; pero la diferencia era que Ford tenía una demanda casi ilimitada de un producto, mientras que Ohno quiso construir los automóviles al gusto del cliente.

**Lean** nace en la década del 50, atribuyendo su éxito a la implementación de los conceptos de sistemas de producción sin pérdidas, a sus ventajas tecnológicas y competitivas basada en su política de Justo a Tiempo o cero inventario.

Paralelo al **Lean Production** se desarrollaba el **Control de la Calidad Total**, gracias a los aportes de Edwards Deming y Joseph Juran, quienes sembraron la semilla de la calidad de múltiples charlas dictadas en Japón a comienzos de 1950.

Paradójicamente estos grandes innovadores de la calidad estadounidenses no fueron profetas en su tierra y sólo se reconoció cuando el milagro japonés invadió los mercados mundiales con sus productos de gran calidad y a precios más baratos que sus competidores. En honor a Deming en Japón el premio que lleva su nombre y se otorga anualmente a la empresa japonesa que ha destacado por mejorar la calidad de sus productos. El **Lean Production** ha servido de base para la elaboración de las **Cadenas Críticas, Teoría de las Restricciones y Mejoramiento Continuo**, propuesto por el físico israelí Eliyahu Goldratt, plasmado en sus libros La Meta, Teoría de las Restricciones, Cadena Crítica y No es Cuestión de Suerte (2da. Parte de La Meta), que han revolucionado la administración de los negocios alcanzando a la construcción. Paralelo a la propuesta Eliyahu Goldratt se creó una nueva filosofía para construir obras, que nació a comienzos de la década del 90 en Finlandia, teniendo como modelo el **Lean Production** japonés, donde el Ingeniero Civil Lauri Koskela sistematizó los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking; Kaizen o mejoramiento continuo; Justo a Tiempo, etc.) junto con la Ingeniería de Métodos y Estudio del Trabajo para reformular los conceptos clásicos de planificación y control de Obras.

La concepción de la nueva filosofía de la producción sin pérdidas se plasma como:

- Una herramienta (como los círculos de calidad promovidos por Ishikawa).
- Un método manufacturero o de producción (Justo a tiempo).
- Una filosofía de administración general.

#### 2.4. Concepto

El concepto básico de **Lean Construction** es la producción compuesta de **Flujos y Conversiones** para un determinado producto. Esta filosofía está basado en el tiempo como parámetro de control.

**Lean construction** se enfoca en la optimización de la operaciones productivas de manera coordinada teniendo siempre un enfoque hacia la eliminación de pérdidas y creación de valor hacia el cliente, ahora entendemos que en todos los sistemas industriales de producción existe conversiones de flujos y para el análisis se parte considerando que toda actividad consume costos y tiempo. Solo las actividades convertidas adicionan valor al material o insumo transformándolo en un producto.



Adicionalmente a ellos se considera el flujo del proceso no considerado en la administración tradicional de la obra.

La programación clásica tiene en cuenta sólo la Conversión de materias primas o insumos en producto, no teniendo en cuenta los flujos o desplazamientos sean verticales u horizontales que tienen que recorrer los materiales, la mano de obra y equipo. Las redes orientadas y cerradas siempre tienen actividades con holguras y el objetivo de **Lean Construction** es convertir dichas actividades en críticas haciendo que la holgura sea cero, pero teniendo en cuenta los flujos, los mismos que deben ser reducidos al mínimo con el mejoramiento continuo de la disposición en planta (el **layout plant**) que repercute en una mejora en la productividad. En las obras trabajamos con la productividad parcial a diferencia de productividad total que es la relación de producción versus costos de todos los recursos empleados (Manos de Obra, Equipos, Materiales, Subcontratos).

En la nueva filosofía de Producción se tienen que:

- Las actividades de producción son concebidas como flujos de materiales e información.
- Los flujos son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.
- Los flujos son mejorados periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías.
- Los flujos son mejorados continuamente con respecto a las pérdidas y al valor, intentando eliminar o reducir aquellas actividades que no agregan valor

## 2.5. El concepto de muda o desperdicio

Según la filosofía **Lean**, todo lo que no es valor para el cliente es **muda** o **desperdicio** que puede ser eliminado o minimizado.

Taiichi Ohno clasificó los 7 desperdicios que causaban la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena o flujo de valor en la planta de producción que él mismo dirigía. En el ANEXO 1 se refleja una adaptación a la industria de la construcción de los 7 desperdicios de Ohno más el desperdicio del talento y la falta de creatividad según fue definido por Jeffrey Liker, que son:

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1) Sobreproducción                 | 2) Defectos de calidad      |
| 3) Transporte innecesario          | 4) Sobreprocesamiento       |
| 5) Exceso de inventario            | 6) Movimientos innecesarios |
| 7) Esperas o tiempo de inactividad | 8) Talento                  |

### **2.5.1. ¿Por qué es tan difícil identificar la improductividad?**

En respuesta a la pregunta planteada se ha identificado principalmente los siguientes motivos:

- Porque normalmente la improductividad está oculta y acabamos asumiendo como productivas tareas que no lo son.
- Porque muchas organizaciones terminan habituándose a convivir con el desperdicio, encontrando maneras de trabajar alrededor del problema y aceptando como mejoras, medidas provisionales, sin atacar la causa raíz.
- Porque no se ha formado a los trabajadores, directivos y cargos intermedios para aprender a identificar y eliminar el desperdicio.
- Porque no medimos ni cuantificamos el desperdicio y por lo tanto no somos conscientes del dinero que nos cuesta la improductividad.
- Porque, en general, usamos un sistema productivo basado en el modelo de conversión o transformación, focalizado en la mejora del rendimiento de tareas individuales en lugar de adoptar una visión más holística o general de todo el proceso y focalizarse en la identificación y eliminación del desperdicio en toda la cadena o flujo de valor.
- Porque, en general, casi nadie sabe cómo afecta o influye el trabajo que ellos hacen sobre los demás y normalmente no hay un responsable claro de todo el flujo de valor.

Como consecuencia de lo anterior la improductividad termina enraizando en las organizaciones. Por otra parte, las empresas que mejor se han adaptado y han superado las crisis, son empresas que aprenden más rápido de los errores y que han desarrollado las siguientes habilidades:

1. Aprenden a ver los problemas cuando ocurren y hacerlos visibles.
2. Atacan y solucionan los problemas en el momento y lugar que ocurren.
3. Comparten el nuevo conocimiento a lo largo de toda la organización.
4. Aprenden a liderar el desarrollo de las tres capacidades anteriores.

### **2.6. Teorías de Producción**

Las teorías nos sirven para explicar cómo las acciones contribuyen con un resultado y lo que esperamos es:

1. Producir el producto (meta principal)
2. Maximizar el valor (meta externa)
3. Minimizar el desperdicio (meta interna)

El **Lean Construction** analiza la producción bajo tres conceptos que a continuación se desarrollan:

### **i) Producción como transformación**

Conocida también como teoría de conversión, es aquella que considera un proceso de producción como la conversión de la materia o materias primas en un producto terminado. La función principal de este modelo es generar una descomposición jerárquica del trabajo, de forma que estas actividades descompuestas puedan ser controladas y optimizadas. Por lo tanto, esta primera teoría consiste en transformar inputs en outputs, que es la base de la visión tradicional de gerencia de proyectos. También toma en cuenta la eliminación del concepto de flujos físicos que existen entre los procesos de conversión, por lo tanto es un modelo de transformación fundado en una idealización pura, cosa que no sucede en la realidad considerándose un modelo fundamentalmente errado. Parte de dos principios:

1. La transformación total se consigue descomponiendo el todo en partes y realizando la transformación de todas las partes.
2. La reducción de costo de cada parte lleva a la reducción del costo total.

### **ii) Producción como flujo**

El modelo ve el trabajo como un flujo de información compuesto por la conversión propiamente dicha, considerando 4 etapas en el proceso de producción:

- 1) Procesamiento      2) Inspección      3) Espera      4) Movimiento

Su principal objetivo se centra en la eliminación de pérdidas y en la reducción de tiempos de cada actividad. Este enfoque, en el cual se pasa de una visión en la que solo se considera el proceso de conversión, a un esquema mental donde se toman en cuenta los flujos que conectan el trabajo, también permite dividir el trabajo en trabajo productivo, contributorio y no contributorio con mayor facilidad. El modelo de flujos representa con mayor exactitud la realidad.

### **iii) Generación de valor**

Esta teoría complementa las dos anteriores a través de la producción como medio para cumplir con las necesidades del cliente. Bajo este esquema, actividades productivas que no ayudan al cliente a lograr sus objetivos, también son desperdicio. La gestión de producción equivale a trasladar estas necesidades a una solución de diseño, para luego producir conforme al diseño. Sin embargo, durante la producción se debe seguir buscando agregar valor. Todo apunta a lograr la excelencia operacional, que es el mejor resultado que se puede obtener

y que tanto buscan hoy en día las distintas empresas. Esto se da cuando se consiguen los siguientes efectos: calidad deseada percibida, cumplir con tranquilidad el plazo y haciendo las cosas bien, con eficiencia, seguridad, logrando un cliente satisfecho por lo que recibe. Para esto debe existir sinergia entre la gestión estratégica y la gestión operacional.

Por ejemplo como una **transformación** (pegar ladrillos con mortero, transformado así materiales en m<sup>2</sup> de muro), como un **flujo** (hacer fluir el cemento, la arena, el agua, los ladrillos, las herramientas y el personal hasta el lugar donde se realiza la tarea) y como la **generación de valor** (hacer que ese m<sup>2</sup> de muro sea económico, estético, y seguro). Quedando claro que para lograr este último se requiere optimizar las transformaciones y minimizar y/o eliminar los flujos.

## 2.7. Nuevas Medidas de Desempeño para el Mejoramiento

- Medición de Pérdidas: esperas, trabajos rehechos, defectos, etc.
- Medición del Valor: valor del producto para los clientes internos y externos.
- Medición de Tiempo de Ciclo: medición de los tiempos de ciclo de las principales operaciones, actividades o procesos administrativos.
- Medición de Variabilidad: desviaciones de plazos, productividades, etc.

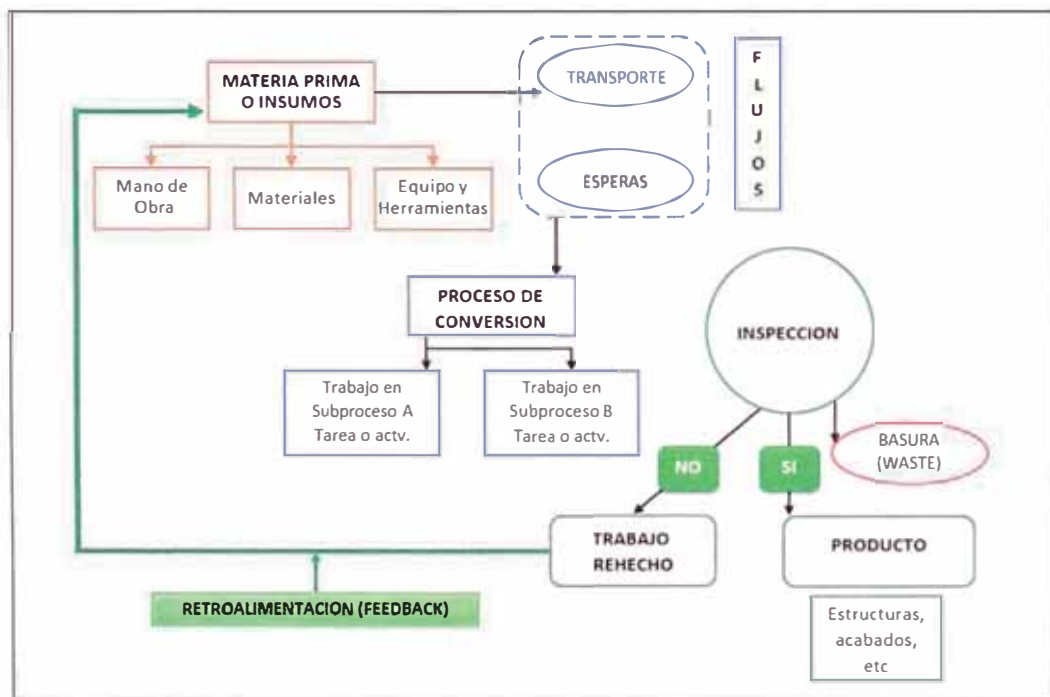


FIGURA 2.1 El modelo de Lean Construction

Fuente: Ing. Walter Rodriguez Castillejo 2012

## 2.8. Principios del Lean construction

Los principios del Lean Contuction fueron presentados por Lauri Koskela en (Application of the new production philosophy to construction, 1992).

### P1: Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor

Son actividades que consumen tiempo, recurso o espacio y generan pérdidas, que se pueden deber a las siguientes causas:

- a) **Diseño:** en organizaciones jerárquicas; cada vez que una tarea es subdivida en subtareas ejecutada por diferentes especialistas, las actividades que no añaden valor se incrementa; inspección, movimiento y espera.
- b) **Ignorancia:** en la realización del proceso ya que generalmente son adecuados a su forma presente. La cantidad de actividades generadas que no añaden valor no es medida y por tanto es imposible controlarlas.
- c) **Naturaleza inherente de la Producción:** el trabajo en proceso tiene que ser movido de una conversión a otra, aparecen los defectos y accidentes.

### P2: Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente

El cliente final es quien decide cuál es el valor que tendrá su producto final. Entonces, lo que se busca es cumplir cabalmente sus expectativas, para lo cual se deben conocer los aspectos del producto que el cliente valora.

### P3: Reducción de la variabilidad.

La variabilidad es el fenómeno causado por las modificaciones que se van dando a la planificación inicial establecida para la ejecución de la obra, entonces, si se elimina la variabilidad se consigue que el sistema de planificación es confiable. Generalmente, la variabilidad esta asociada a factores como modificaciones del producto entregado al cliente, el tiempo necesario para la ejecución de una actividad, los costos finales, entre otras.

### P4: Reducción del tiempo de ciclo.

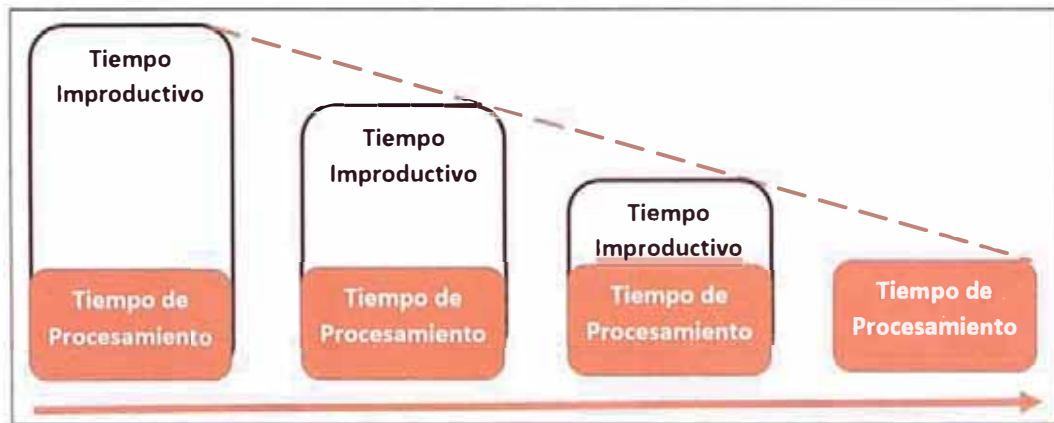
El tiempo es el medidor natural del flujo de procesos. Así, el tiempo es el más usado para conducir a mejoras. Teniendo en cuenta que el tiempo de ciclo es:

<b>Tiempo de Ciclo</b>	<b>=</b>	<b>Tiempo de Proceso</b>	<b>+</b>	<b>Tiempo de Inspeccion</b>	<b>+</b>	<b>Tiempo de Espera</b>	<b>+</b>	<b>Tiempo de Trasporte</b>
----------------------------	----------	------------------------------	----------	---------------------------------	----------	-----------------------------	----------	--------------------------------

Se debe de buscar la minimización de éste mediante una disminución de tiempo de las actividades que no agregan valor al producto final. Así, lo que se busca es:

- Realizar la entrega de manera más rápida al cliente.

- Reducir la necesidad que pronostica acerca de la futura demanda.
- Disminuir las interrupciones en los procesos de producción.
- Facilitar la gestión, porque hay menos órdenes de clientes a las cuales hacer seguimiento.



**FIGURA 2.2 Compresión progresiva del ciclo de tiempo, mediante la eliminación de actividades que no agregan valor y la reducción de la variabilidad.**

Fuente: Berliner y Brimson, 1988

### **P5: Simplificar mediante la reducción del número de pasos, partes y relaciones.**

La mayor complejidad de un producto o proceso incrementa los costos, así como la suma de los costos individuales de las partes o pasos. Otro fundamental problema de la complejidad es la confiabilidad de un sistema complejo que es inherentemente menos confiables que sistemas simples. Simplificar quiere decir hacer más sencilla, más fácil o menos complicada las cosas. En Lean Construction, el implicar puede ser entendido como:

- a) Reducir el número de pasos en un flujo de material o información.
- b) Reducir el número de componentes en un producto.

La simplificación se puede realizar mediante la eliminación de los trabajos no contributarios, y la reconfiguración de trabajos productivos y contributarios.

Se tiene enfoques prácticos de simplificación:

- Acortamiento de los flujos para ir consolidado actividades.
- Reducción de los componentes del producto a través de cambios en el diseño o partes prefabricadas.
- Estandarización de partes, materiales, herramientas, etc.
- Desacoplado eslabonamientos.
- Minimizando la cantidad de información de control necesitada.

### **P6: Incrementar la flexibilidad de las salidas (producto terminado)**

A primera vista, incrementar la flexibilidad de la salida del producto parece ser contradictorio a la simplificación. Sin embargo algunas compañías tienen éxito realizando ambos principios simultáneamente. Uno de los elementos claves es el diseño de productos modulares en conexión con un uso agresivo de otros principios, como la reducción del tiempo del ciclo de trabajo y la transparencia.

Se tiene enfoques prácticos para incrementar la flexibilidad:

- Minimizar los tamaños de lote para atender rápidamente la demanda.
- Reducir la dificultad de los arranques y cambios de productos.
- Personalizar el producto final del proceso
- Entrenar a trabajadores multihabilidosos.

### **P7: Incrementar la transparencia de los procesos**

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar y disminuye la motivación para la mejora. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción de inicio a fin visibles y comprensibles para todos los involucrados. Para conseguir esto, es recomendable establecer una metodología de ordenamiento y limpieza básicos para eliminar lo inservible, como por ejemplo, el método de las 5 "S" que es un proceso continuo para mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro, agradable y que facilite el trabajo diario. Se llama 5S porque son las iniciales de las cinco palabras japonesas:

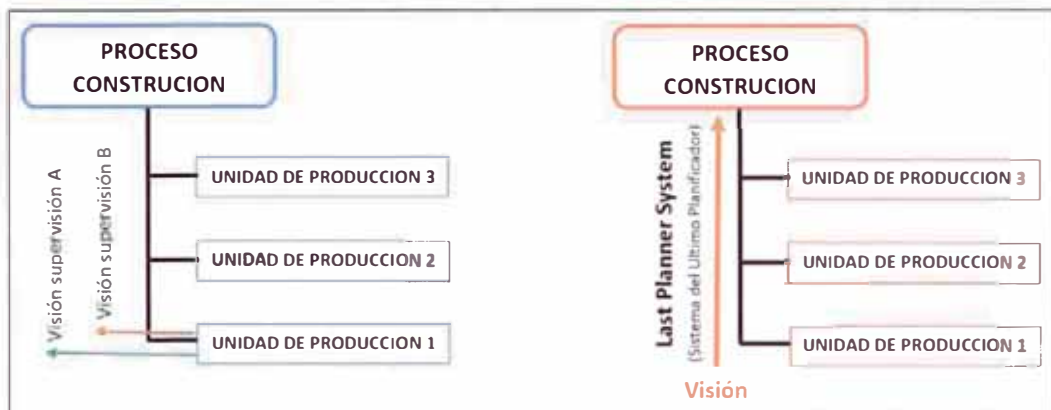
- 1) Seiri (Clasificar)
- 2) Seiton (Ordenar)
- 3) Seiso (Limpieza)
- 4) Seiketsu (Estandarizar)
- 5) Shitsuke (Disciplina)

### **P8: Focalizar el control en los procesos globales o completos**

Para esto primero el proceso completo debe ser identificado, para luego poder ser medido, interpretado y mejorado.

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo debe ser hecha las cosas, provocando incertidumbre en los trabajadores.

Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El **Last Planner system (LPS)** es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas.



**FIGURA 2.3 Focalización del control de procesos con LPS**

Fuente: Ing. Walter Rodriguez Castillejo 2012

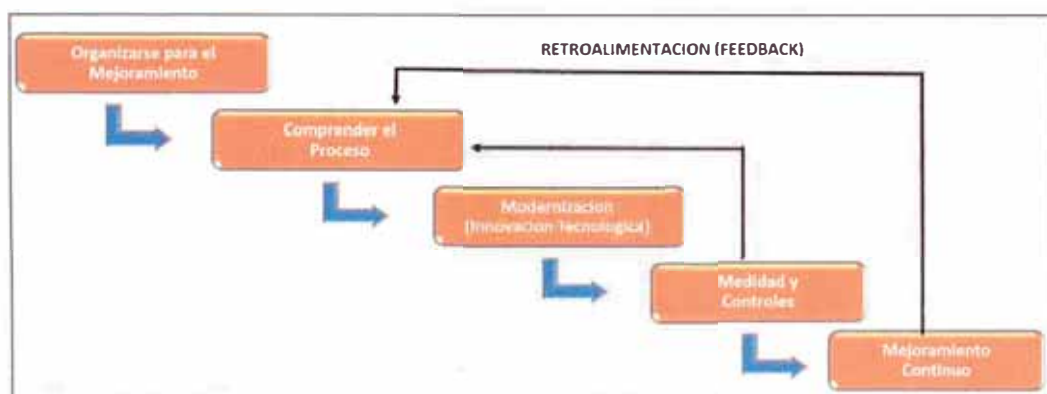
Hay al menos dos requisitos previos para el control enfocado al proceso completo.

**Primero**, el proceso completo debe ser medido.

**Segundo**, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Que enfoque el control eligiendo los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no solo con el pedido individual.

### **P9: Introducir la mejora continua en los procesos**

Es un análisis cíclico que busca identificar los cuellos de botella en los procesos para darle solución y seguir aprendiendo con la retroalimentación progresiva en el tiempo. Es el esfuerzo para reducir los desperdicios e incrementar el valor del producto a través de una actividad interna, creciente, repetitiva que puede ser llevado continuamente. Este principio está basado en el **Kaizen**, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no solo de los procesos) sino de toda la cadena de valor.



**FIGURA 2.4: Proceso de Mejoramiento Continuo**

Fuente: Ing. Walter Rodriguez Castillejo 2012



El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos. Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas practicas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las Causas de No Cumplimiento (CNC) de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

**P10: Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y en las conversiones**

En construcción de obras el flujo es considerado como el tiempo de espera y transporte de materiales que se presentan dentro de la misma, mientras que las conversiones corresponden a las transformaciones de los materiales para generar un producto a lo largo de la cadena de producción o ejecución de la obra. Entonces, mediante la implementación de esta técnica se propone realizar un mejoramiento continuo, con el fin de optimizar los procesos de la obra mediante la eliminación de flujos innecesarios y armonizarlos con la conversión del producto para que funcione como un todo. A mayor complejidad del proceso de producción, mayor es el impacto del mejoramiento del flujo. A mayor desperdicio inherente a los procesos de producción, mayor es el provecho en la mejora del flujo en comparación a la mejora de conversión. En la construcción donde el flujo de los procesos ha sido casi siempre olvidado, el potencial para el mejoramiento del flujo es mayor que el mejoramiento de la conversión. El punto crucial es que el mejoramiento del flujo y la conversión estén íntimamente relacionados.

**P11: Hacer benchmarking**

Consiste en realizar continuamente un proceso de comparación de la manera en que se desenvuelve la Empresa en general y el Proyecto específico.

**Etapas:**

- a) Selección del problema a estudiar.
- b) Creación de un equipo de trabajo que tenga conocimiento del proceso, evaluando las fortalezas y debilidades de los subprocesos
- c) Elección de la Empresa (externo) o Proyecto (interno) con la que ha de compararse; es decir conocimiento de los líderes o competidores de la industria, descubriendo, comprendiendo y comparando las mejores prácticas.
- d) Recogida y análisis de la información incorporando lo mejor, copiando, modificando o incorporando las mejores prácticas en sus propios subprocesos.

- e) Acción de mejoramiento en la Empresa o el Proyecto ganando superioridad a través de la combinación de las fortalezas existentes ya las mejores prácticas externas.

Los 11 principios de **Lean Construction** busca **Aumentar Valor para el Cliente, Reducir Perdidas y Mejorar Procesos**, En el ANEXO 2 de acuerdo a estos criterios han sido agrupados.

## 2.9. Metodología Lean

Para lograr una mejora de la productividad se tiene que considerar fundamentalmente lo siguiente como J. Izquierdo<sup>[7]</sup> propone:

**1er Paso: Asegurar que los flujos no paren**, no hay que perder de vista que existen muchas fuentes de variabilidad que pueden desfasar o cambiar lo planeado. Para esto es necesario buscar estrategias o formas de combatir estos factores, que se presentarán y que, favorablemente, son por condiciones internas en su mayoría.

**2do Paso: Hacer flujos eficientes**, consiguiendo que los flujos no paren, ahora importa detectar cual es el cuello de botella, buscando optimizar los flujos. Para esto tenemos que repotenciar y aumentar la capacidad de producción del cuello de botella, para así balancear la cantidad de trabajo en función al mismo.

**3er Paso: Hacer los procesos eficientes**, pudiéndose emplear herramientas de medición del trabajo propias de la ingeniería industrial como nivel de actividad y carta de balance. El objetivo es buscar procesos eficientes, teniendo en cuenta que si se quiere lograrlo se debe seguir el orden establecido.

## **CAPÍTULO III: LAST PLANNER SYSTEM (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)**

### **3.1 Introducción**

La mayoría de los problemas que confrontan las obras es debido al esquema tradicional de planificación de la producción, poco adecuado para sobrellevar la incertidumbre y la variabilidad durante la construcción. Es por ello que el **Last Planner System (LPS)** (Sistema del Último Planificador) propone modificar el proceso de planificación y control de obra con el fin de crear un ambiente estable de trabajo, protegiendo la producción de la incertidumbre y la variabilidad. Este sistema ha demostrado alta efectividad, en aplicaciones exitosas en los Estados Unidos y países de Suda América, mejorando el desempeño de las obras y logrando progresos significativos en el cumplimiento de plazos y la productividad.

### **3.2 Definición**

El **Last Planner System (LPS)** fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios del **Lean Construction**.

El **LPS** es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía **Lean Construction**.

Dentro del glosario de términos del Lean Construction Institute (LCI), **Last Planner** se define como: "La persona o grupo de personas que producen las asignaciones para los trabajadores directos". Las asignaciones para el día a día, son producto de una adecuada planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de **DEBERÍA** (Should), **PUEDE** (Can), **HARÁ** (Will) e **HIZO** (Did). Esto es así ya que el **Último Planificador** indica lo que se Hará, siendo esto ajustado por lo que se Debería, y además considerando las restricciones que presenta el Puede. De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.



**FIGURA 3.1** Funcionamiento básico del Last Planner System

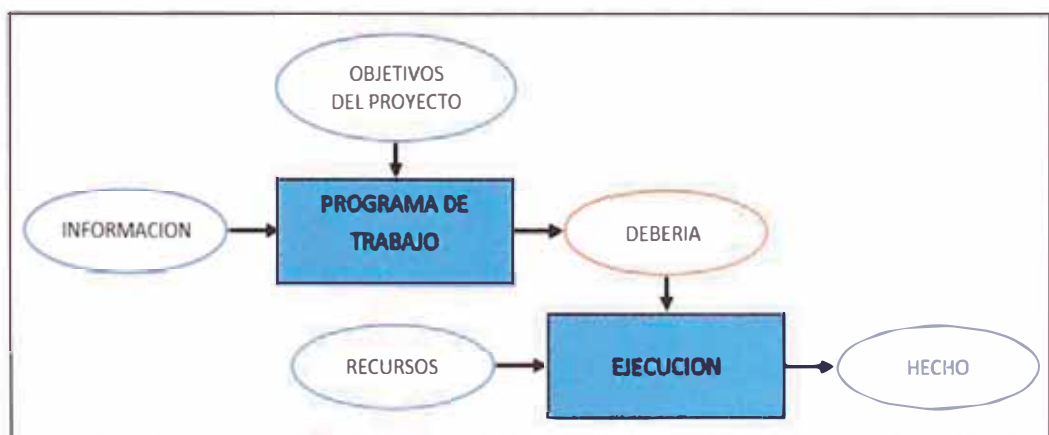
Fuente: Ballard 2000

### 3.3 Pull vs Push

La construcción ha sido tradicionalmente un **Sistema Push**, es decir, se programan las actividades de adelante hacia atrás, y unas “empujan” a otras para cumplir los plazos y conseguir los objetivos. Por el contrario, **Last Planner System LPS** se basa en un **Sistema Pull**, donde la programación se realiza de atrás hacia adelante. La ventaja de este sistema es que las actividades se iniciarán cuando realmente sea necesario y se conseguirá ver con anticipación posibles conflictos entre actividades.

### 3.4 Se Puede, Se Debería, Se Hará

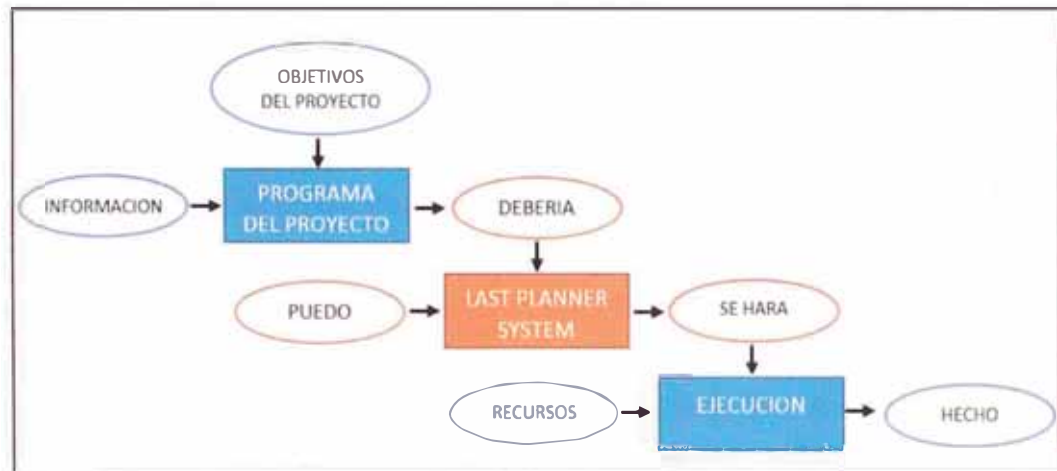
En la gestión tradicional, jefes de terreno, capataces y otras personas que participan directamente en la ejecución del trabajo planifican las tareas a ejecutar en función de aquello que **DEBERIA** ser hecho, dando por supuesto que los recursos necesarios estarán disponibles cuando se precisen, sin tener en consideración si realmente **PUEDE** ser hecho.



**FIGURA 3.2** Sistema tradicional (Push)

Fuente: Ballard 2000

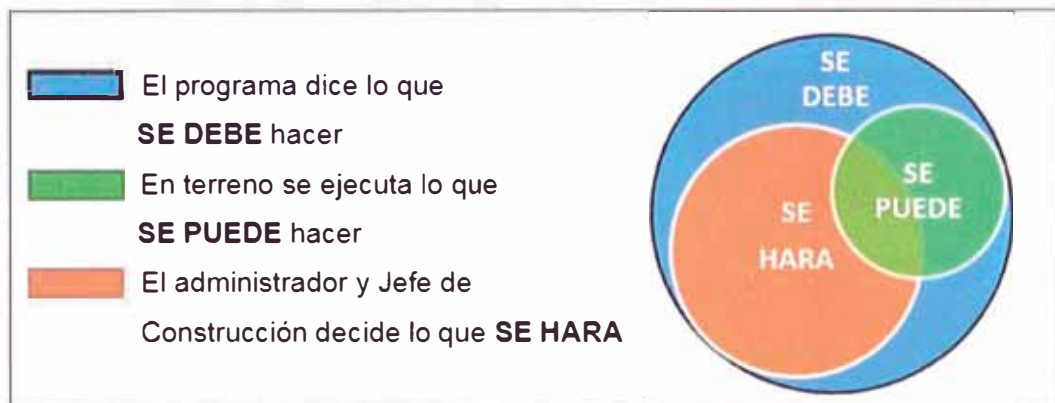
En contraposición, el método del **LPS** realiza la planificación de qué **DEBERIA** ser hecho teniendo en cuenta lo que **PUEDO** realizar.



**FIGURA 3.3 Last Planner System**

Fuente: Ballard 2000

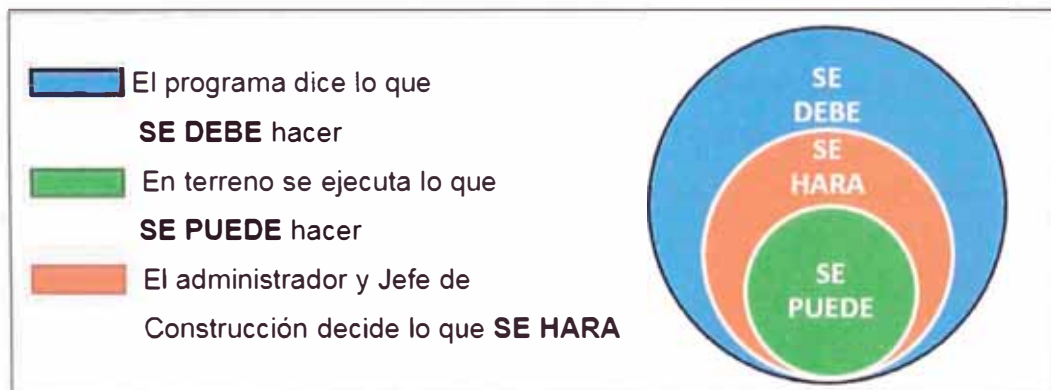
**¿Por qué se retrasan las obras?** La planificación de la obra no considera todas las variables específicas del proyecto, ya que se planifica considerando supuestos con un alto grado de incertidumbre. Algunas variables no valoradas habitualmente son: la disponibilidad de existencias por parte de los proveedores, la indefinición de diseños y requerimientos, los problemas de disponibilidad de mano de obra, los problemas administrativos o los rendimientos incorrectamente estimados. Esto provoca constantes interrupciones, afectando a la productividad de las actividades y al cumplimiento de plazos. Si planificar consiste en determinar lo que **“SE DEBE”** hacer y decidir lo que **“SE HARÁ”** en cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todas **“SE PUEDE”** hacer, produciéndose retrasos de forma reiterada (véase la Figura 3.4). En la mayoría de las obras lo que **“SE PUEDE”** y lo que **“SE HARÁ”** son ambos subconjuntos de lo que **“SE DEBE”** hacer; si el plan (**“SE HARÁ”**) se desarrolla sin saber lo que **“SE PUEDE”** hacer, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.



**FIGURA 3.4 Interacción de actividades planificadas**

Fuente: Alarcón 2001

Así mismo, lo descrito anteriormente es representado por Alarcón como tres círculos concéntricos (véase la Figura 3.5), donde en la gestión tradicional el más pequeño representa aquello que **SE PUEDE** hacer, siendo más pequeño que aquello que se decidió que **SE HARÁ**.



**FIGURA 3.5 Interrelación actividades planificadas tradicionalmente**

Fuente: Alarcón 2001

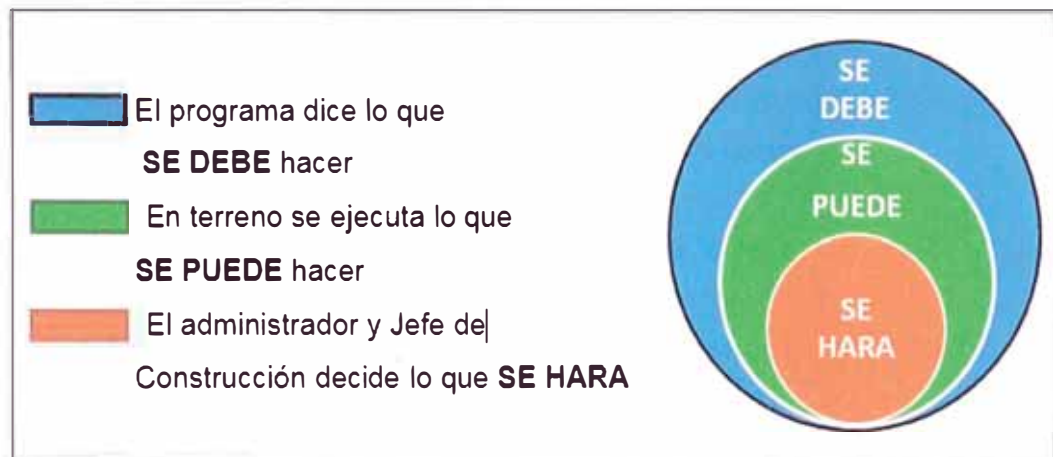
**¿Cómo puede revertirse esta situación?** Es fundamental que antes de decidir lo que “**SE HARÁ**” se tenga un conocimiento adecuado de lo que “**SE PUEDE**” hacer. Para poder revertir esta situación **LPS** usa la programación en cascada como se muestra en la Figura 3.6 la programación a largo plazo indica lo que **SE DEBE** realizar, el programa a medio plazo o **Lookahead** prepara el trabajo y realiza la revisión de restricciones, de manera que se tiene conocimiento de qué **SE PUEDE** hacer y el plan semanal programa una serie de actividades de las que pueden ejecutarse, comprometiendo a los agentes a lo que (**SE HARÁ**).



**FIGURA 3.6 Interrelación entre los programas**

Fuente: Alarcón 2001

En procesos periódicos de planificación, los gestores y los ejecutores de las actividades deben primero identificar lo que “puede” hacerse y posteriormente acordar lo que “se hará” durante la semana (véase la Figura 3.7.). De esta manera se evita que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada. Esta situación ayuda notoriamente a la productividad de las tareas ya que soslaya las molestas detenciones por falta de materiales, mano de obra, etc.



**FIGURA 3.7 Interrelación entre actividades aplicando Last Planner System.**

Fuente Alarcón 2001

### 3.5 Componentes del Last Planner System (LPS)

El sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes:

- Planificación anticipada.
- Compromiso con la planificación.
- Aprendizaje.

### a) **Planificación anticipada**

La norma que rige el análisis de las restricciones es que no se autorice ninguna actividad a la fecha prevista a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo. Siguiendo esta regla se asegura el hecho de que los problemas saldrán a la superficie más pronto y aquellos que no puedan resolverse en la planificación no se impondrán en la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción.

### b) **Compromiso con la planificación**

Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado (PPC), un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no. El PPC rinde cuentas sobre el rendimiento de la ejecución del proyecto así como la identificación de lecciones de mejora y oportunidades de aprendizaje. Esas lecciones se utilizan para mejorar las prácticas de trabajo, procesos y sistemas. Los proyectos con **LPS** han demostrado una fiabilidad de planificación del 85%, que se compara con los proyectos tradicionales, donde es de alrededor del 50%. El **Ultimo Planificador** considera los criterios de calidad antes de comprometer a los trabajadores a hacer el trabajo con el fin de protegerlos de la incertidumbre. En Toyota se aplica la regla de Taiichi Ohno: "En Toyota, todo trabajador tiene el deber de parar la línea de producción en lugar de lanzar una pieza defectuosa aguas abajo". Decir "No" era (y sigue siendo) un acto radical en la construcción. Uno de los cambios de comportamiento que conlleva **LPS** es la capacidad de decir "No" si el pre-requisito de la tarea o asignación no está completo.

### c) **Aprendizaje**

Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones del fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas. Las reglas o los principios primarios para el control de la producción son:

- Ingresar las actividades del cronograma del proyecto en una ventana denominada **lookahead**, sólo si las restricciones de estas actividades se pueden quitar en el tiempo.
- Realizar sólo tareas de calidad. Esto es, requerir que las tareas defectuosas sean rechazadas antes de permitir el paso de productos



defectuosos por dichas tareas de trabajo. En sistemas de producción como proyectos de construcción, es posible intervenir en el proceso de planificación antes que en la producción directa.

- Rastrear el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) de tareas concluidas para cada periodo de plan y actuar anticipadamente para evitar el fracaso del plan.

La actividad esencial dentro de un sistema de control según el LCI, es monitorear los costos reales o el desarrollo del cronograma y compararlos contra los del objetivo para identificar las variaciones negativas. La acción correctiva es obviamente necesaria para corregir tales variaciones. Así mismo, el sistema de control propuesto introduce mecanismos de retroalimentación y de proyección para regular un proceso. La retroalimentación se inicia con la comparación de lo actual con lo realizado; mientras que la proyección se inicia con la comparación de lo actual con lo que está por realizarse.

Las actividades o "tareas" son planificadas por el **Ultimo Planificador** dentro de una organización y constituye un compromiso para el resto de la organización en cada unidad de producción. Estos indican, después de un proceso de planificación lo que mejor se **HACE**, de lo que se **DEBE** realizar dentro de las limitaciones de lo que se **PUEDE**.

El sistema de control de producción que propone el LCI es una filosofía, que consta de reglas y procedimientos, y un conjunto de instrumentos que facilitan la implementación de dichos procedimientos. En cuanto a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: el **Control de Unidad de Producción** y el **Control de Flujos de Trabajo**.

### 3.6 Control de la Unidad de Producción

La dimensión clave del desarrollo de un sistema de planificación en el nivel de la unidad de producción es la salida con calidad de los planes o actividades producidas.

Características esenciales de la calidad de una actividad:

- **Una actividad debe estar definido;** de manera que se pueda realizar y concluir sin ambigüedades.
- **Se debe seleccionar una secuencia correcta de trabajo;** debe ser coherente con la lógica interna del trabajo mismo, de los compromisos y metas de proyecto, y de las estrategias de la ejecución.

- **Se debe seleccionar la cantidad adecuada de trabajo;** debe ser tal que las unidades de producción deben ser capaces de completar el trabajo dentro del presupuesto, tiempo y calidad especificada.
- **El trabajo seleccionado debe ser práctico o puede ser llevado a cabo;** es decir, que todo trabajo previo debe haber concluido y todos los recursos estén disponibles.

El LCI considera estos criterios de calidad en el avance del cumplimiento de los trabajadores en hacer su trabajo en orden con la finalidad de protegerlos luego de la incertidumbre. La calidad de las actividades realizadas por un supervisor puede ser revisada por una instancia superior, pero se teme que ésta no producirá datos precisos, a pesar de que las correcciones sean necesarias. El desarrollo del sistema de planificación más se mide fácilmente de manera indirecta por los resultados de la ejecución del plan. El éxito del plan es seguramente el trabajo pronosticado que se deberá alcanzar al finalizar la semana y es medido en términos del Porcentaje del Plan Cumplido (PPC), El PPC es el número de actividades programadas completadas divididas por el número total de actividades planificadas, expresado como un porcentaje. El PPC viene a ser para el LCI, el estándar con el cual se controla el nivel de ejercicio de la unidad de producción y es derivado de un conjunto de directivas: cronogramas del proyecto, estrategias de ejecución, tasas de unidades del presupuesto, etc. El PPC más alto corresponde a hacer más trabajo correcto con los recursos dados; es decir, la productividad y el progreso más alto.

El PPC mide la extensión a la cual el compromiso (**SE HACE**) de las actividades de un supervisor sea alcanzado. El análisis de no conformidad sirve para encontrar las causas; de esta manera la mejora se puede hacer en el futuro. Encontrar las causas de la pobre calidad de plan o el fracaso para ejecutar el trabajo planeado se puede realizar en algún nivel, proceso o función de la organización. Identificar las razones por los cuales no se pudo llevar a cabo el trabajo planeado es un primer paso necesario. Las razones podrían incluir:

- Las directivas o la información fueron proporcionados defectuosamente.
- Los criterios de la calidad aplicada a las actividades no fue la correcta.
- Cambio en la prioridad
- Error de diseño descubierto en la ejecución de una actividad planeada.

Esto proporciona los datos iniciales necesarios para el análisis y la mejora del PPC, y consecuentemente para mejorar el desarrollo del proyecto.

Cualquiera que sea la causa, se debe continuar con el monitoreo de las razones del fracaso del plan que medirá la eficacia de las acciones correctivas. Si la acción se ha tomado para erradicar la raíz de las causas relacionados con el fracaso, y todavía continúan por ser identificados como la razón de falla de la culminación de las tareas de Planes Semanales de Trabajo, entonces se requiere de una acción diferente.

### 3.7 Control de Flujo de Trabajo

Consiste en controlar el trabajo que causa movimiento entre las unidades de producción en una secuencia y porcentaje deseado. El Control de la Unidad de Producción coordina la ejecución del trabajo dentro de las unidades de producción mientras que el Control del Flujo de Trabajo coordina el flujo de diseño, suministro e instalación a través de las unidades de producción.

En la jerarquía de planes y cronogramas el proceso de **lookahead** tiene la función de controlar el flujo de trabajo. Ya que son comunes en la práctica actual en la industria de la construcción, pero típicamente desarrolla sólo la función de destacar lo que se **DEBE** hacer a corto plazo.

### 3.8 Los tres niveles de Programación

**Last Planner System (LPS)** usa la programación en cascada para ir de lo general a lo particular, de la idea del proyecto a la ejecución real en obra. G. Ballard lo representa del siguiente modo (figura 3.8):

El **LPS** plantea tres niveles de programación

1. **Master and Phase Schedules** (Plan Maestro y Plan por Fases)
2. **Lookahead Schedules** (Plan Anticipado o Plan Intermedio)
3. **Weekly Work Plans** (Plan de Trabajo Semanal)

Y durante la ejecución se debe realizar el **Chart PPC and Reasons** (Porcentaje de Plan cumplido (PPC) y Razones) que es donde se debe conseguir el Aprendizaje.



**FIGURA 3.8 Interrelación entre los programas (planes).**

Fuente: Ballard 2000

En el presente informe lo vamos a desarrollar del siguiente modo

1. Planificación Maestra
2. Planificación por Fases
3. Planificación Intermedia o Lookahead
4. Planificación Semanal
5. Aprendizaje

### 1. Planificación Maestra:

Consiste en plantear los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos. Aquí se trabaja a nivel de grupos de actividades (fases) y se hace la programación para todo el proyecto. Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto (comienzos, secuencias, duraciones, etc.).

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras Provisionales	◆							
Movimientos de Tierras			S2					
Calzaduras			S2					
Cimentación			S2					
Muro de Contención				S2 S1				
Columnas y Placas				S2 S1 1P	2P 3P 4P	5P 6P 7P		
Vigas y Losas				S2 S1 1P	2P 3P 4P	5P 6P 7P		
Tabiquería					1P	S2 2P 3P	4P 5P	6P 7P
Tarrajes						S1 1P 2P	3P 4P	5P 6P
Pisos					S2		1P 2P	3P 4P

**FIGURA 3.9 Programación Maestra de toda la obra**

Fuente: Ing. Pablo Orihuela 2011

La Figura 3.9 esquematiza la programación del casco de una obra donde se identifican los hitos principales de la estructura:

## **2. Planificación por Fases:**

Consiste en detallar las actividades que serán necesarias para ejecutar una fase del proyecto. En este tipo de planificación se usa la Técnica del Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir se trabaja de atrás (actividad final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase.

Los involucrados deben reunirse para llevar a cabo la planificación de estas actividades. Una práctica recomendada por Lean es trabajar en una pizarra con la ayuda de “**pons it**” donde se escriben las tareas que deben ejecutar o que otros deben hacer para cumplir un objetivo. Estos son pegados y ordenados de acuerdo a la secuencia de trabajo. Asimismo, una vez que se ha planteado la secuencia, se comienza a calcular la duración del trabajo.

Se debe buscar que los tiempos que se den sean lo suficientemente holgados para absorber cualquier variabilidad.

Los beneficios de esta parte de la programación son:

- El equipo entiende mejor el proyecto.
- El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- Cada miembro sabe los que los otros necesitan para llevar a cabo sus tareas.
- Todos entiendes lo que se debe hacer y cuando hay que hacerlo.

## **3.- Planificación Intermedia o Lookahead:**

En este nivel la planificación se trabaja con actividades que abarcan un periodo de 3 a 12 semanas. Dependiendo de las características del proyecto, certeza del sistema de planificación, y principalmente en el tiempo para adquirir información, materiales, personal y equipo.

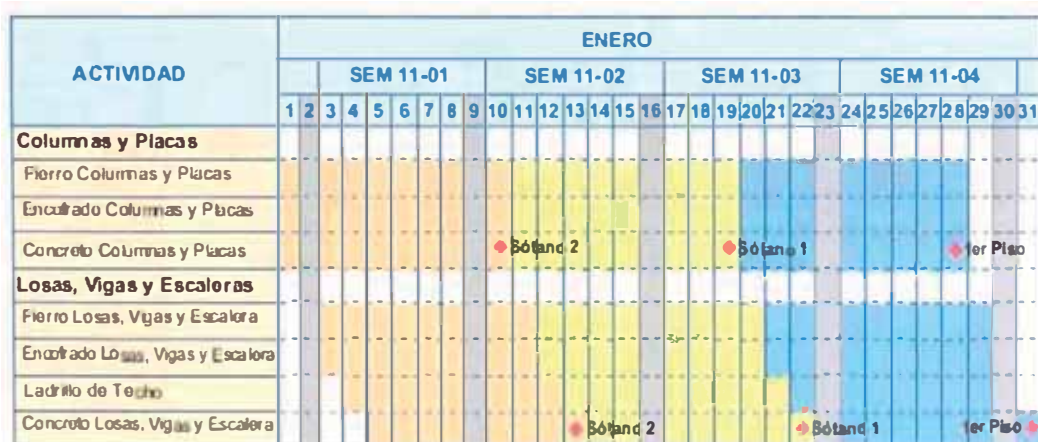
Los **Últimos Planificadores** seleccionan y disgregan las actividades en asignaciones, para posteriormente hacer un análisis de restricciones. El objetivo es producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- Seleccionar aquellas actividades que se sabe que se podrían realizar cuando se programen. Tomar en cuenta si existen cambios en el diseño, temas sin resolver, disponibilidad de materiales y la probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesiten.

- Dividir las actividades en asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y, por lo tanto, es el nivel más bajo de la planificación.
- Analizar las restricciones, proceso que se realiza para saber si las asignaciones pueden ejecutarse cuando se han programado. Se divide en dos:
  - a) Identificar las restricciones, adelantándose a seleccionar las posibles causas que pudieran hacer que una actividad no se realice.
  - b) Analizar las restricciones, que consiste en ver si se tiene la información suficiente, si se cuentan con todos los recursos, si los trabajos preliminares se van a terminar, etc. Solo pueden avanzar en las semanas y entrar en la programación aquellas asignaciones que se encuentren listas y sin restricciones.
- Mantener un grupo de asignaciones denominado “trabajo de reserva”, el cual es un “buffer” para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.
- Equilibrar la cantidad de trabajo por hacer con la capacidad que se tiene en obra.
- Listar los requisitos que se deben tener en cuenta para ejecutar las asignaciones en la semana que se han programado.

Los factores a tomar en cuenta en el análisis de restricciones son: el cumplimiento de las tareas precedentes, el diseño y especificaciones de los detalles constructivos, la disponibilidad de componentes y materiales, la disponibilidad de mano de obra, de equipo, de espacio y la consideración de posibles impedimentos por condiciones externas.

La Figura 3.10 muestra una programación Lookahead a 4 semanas:



**FIGURA 3.10 Programación Lookahead.**

Fuente: Ing. Pablo Orihuela 2011

#### 4. Planificación Semanal:

De las actividades y asignaciones que se tienen listas, se deben seleccionar aquellas que entraran en la ventana de programación semanal. Se debe tener en cuenta la prioridad, la secuencia del trabajo y si se tienen en campo todos los recursos. La Figura 3.11 muestra un formato típico de una programación semanal, la cual entrega actividades liberadas luego de la aplicación de un análisis de restricciones.

ACTIVIDAD	ENERO					Und	Metrado	RESTRICCIONES						Liberado	
	Sem 11-03							Información	Actividad Precedentes	Espacio	Mazo de obra	Material	Equipos		Condiciones Externas
	17	18	19	20	21										
<b>Columnas y Placas</b>															
Fierro Columnas y Placas						kg	4.000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofrado Columnas y Placas						m <sup>2</sup>	250	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Columnas y Placas						m <sup>3</sup>	23	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No
<b>Losas, Vigas y Escaleras</b>															
Fierro Losas, Vigas y Escalera						kg	2.900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofrado Losas, Vigas y Escalera						m <sup>2</sup>	255	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Ladrillo de Techo						und	2.900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Losas, Vigas y Escalera						m <sup>3</sup>	70	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No

FIGURA 3.11 Programación semanal y análisis de restricciones.

Fuente: Ing. Pablo Orihuela 2011

#### 5. Aprendizaje:

Consiste en medir la efectividad de la programación usando un indicador como el **PPC (Porcentaje de Planificación Cumplida)** y también se debe identificar las **Razones del No Cumplimiento**. Esto último sirve para conocer cuáles son las razones que más se repiten y poder corregirlas para las siguientes semanas (proceso de retroalimentación). La Figura 3.12 muestra un ejemplo de PPC durante 4 semanas y sus respectivas Razones de No cumplimiento.

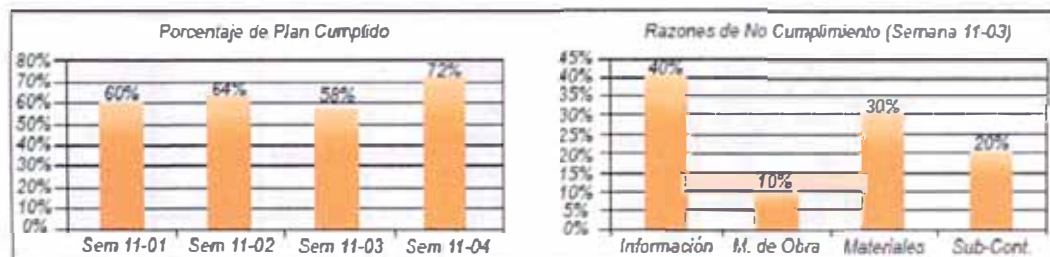


FIGURA 3.12 PPC y Razones de No Cumplimiento

Fuente: Ing. Pablo Orihuela 2011

## CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

### 4.1 Antecedentes de Implementación del Last Planner system (LPS) en Empresas Constructoras.

Este sistema se comenzó a implementar en los Estados Unidos, ya que ahí fue donde se creó el **Last Planner System (LPS)** (Sistema del Último Planificador).

En el presente informe se explica antecedentes de la implementación del **LPS** en los países de Colombia, Chile y Perú.

#### 4.1.1 Experiencias en Colombia

En Colombia se han hecho estudios realizados por Luis Fernando Botero Botero y Martha Eugenia Álvarez Villa, ambos pertenecientes al Grupo de Investigación en Gestión de la Construcción de Colombia, aplicando el LPS en proyectos de construcción en la ciudad de Medellín. Participaron 7 empresas con un total de 12 proyectos de edificios y casas, a cada proyecto se le revisó el programa maestro y se le elaboró una Planificación Intermedia (Lookahead) para una ventana de 5 semanas. Se realizó la planificación semanal con la participación de los **Últimos Planificadores** de cada obra y semanalmente se realizaron reuniones para verificar el cumplimiento del programa semanal y las Causas de No Cumplimiento (CNC). El tiempo de implementación y medición fue de entre 3 y 9 meses. El PPC promedio fue de un 75%. Algunas obtuvieron un PPC superior al 80%, pero ninguna mostró cifras inferiores al 60% como promedio.

EMPRESA	TAMAÑO	CODIGO DE OBRA	TIPO DE OBRA	TIEMPO	PPC/ OBRA	PPC/ EMPRESA
1	Grande	90	Edificios	9 meses	82%	70.0%
		170	Casas	6 meses	58%	
2	Grande	160	Edificio	6 meses	79%	62.5%
		180	Casas	6 meses	46%	
3	Pequeña	60	Edificios	6 meses	85%	80.0%
		200	Edificios	5 meses	75%	
4	Grande	220	Edificio	3 meses	61%	61.0%
6	Mediana	80	Edificios	8 meses	77%	73.5%
		190	Edificio	6 meses	70%	
7	Mediana	70	Edificios	5 meses	86%	86.0%
8	Mediana	150	Edificio	3 meses	62%	66.5%
		210	Edificio	4 meses	71%	

Las principales CNC fueron fallas por parte de los subcontratistas y actividades previas sumando 43.75 % y entre otras CNC se tuvo proveedor, mal tiempo,



cambios de diseño y falta de espacio. Como lección aprendida se tiene que el compromiso es un pilar fundamental en la implementación exitosa del **LPS**.

A medida en que se avanza en la implementación del nuevo sistema, la confiabilidad aumenta. Mientras mayor es el tiempo de implementación, mayor grado de conocimiento del sistema tiene el personal y el hecho de poder apreciar los progresos, hace que estos se motiven a continuar mejorando.

#### **4.1.2 Experiencias en Chile**

En Chile el Centro de Excelencia de Gestión de Producción (G.E.P.U.C.) de la Pontificia Universidad Católica de Chile, desde el año 2000, ha llevado a cabo programas que buscan introducir los principios del **Lean Construction** y el **Last Planner System (LPS)** en empresas constructoras chilenas. El tiempo de implementación del LPS en estas empresas varió desde 1 hasta 15 meses. El promedio del PPC alcanzado fue de 65%.

Algunos de los proyectos donde se implementó este sistema son:

**a) Proyecto de Extensión de la Universidad Diego Portales:** El tiempo de implementación y medición fue de 3 meses. El PPC promedio obtenido fue de un 59%. La principal CNC fue la mala planificación, ya que el programa semanal era impuesto y no se logró materializar en un compromiso confiable de parte de los últimos planificadores. Esta causa alcanza el 46% del total de las CNC. Como lección aprendida se tiene que es fundamental motivar la participación de todos los involucrados en la obra para lograr un adecuado nivel de compromiso de parte de ellos con respecto a las metas.

**b) Proyecto Edificio de la Marina de Chile:** El proyecto consistía en la renovación del edificio de la Marina de Chile, ubicado en la V región del país. El tiempo de implementación y medición fue de 3 ½ meses. El PPC se midió en forma semanal y el promedio obtenido fue de 82%. Las principales CNC fueron fallas en los compromisos adquiridos por parte de los subcontratistas y la indefinición del proyecto, alcanzando un 28% del total cada una. Como lección aprendida se tiene que es necesario incorporar a los subcontratistas en la implementación del LPS ya que no basta que sólo los trabajadores de la empresa lo hagan pues la construcción se basa en el trabajo en equipo y, si una parte falla, todos se ven afectados de una u otra manera.

**c) Proyecto Industrial:** El proyecto consistía en un montaje industrial liviano de galpones de 200 m<sup>2</sup> cada uno. El tiempo de implementación y medición fue de 3 meses. El PPC promedio obtenido fue de un 89%. Las CNC fueron

responsabilidad en un 38% del cliente, en un 24% del contratista general y en un 38% de los subcontratistas. Se incrementó la participación de ellos en las reuniones semanales de planificación e incluso se incentivó que los subcontratistas midan y lleven registro de su propio índice de productividad, lo cual fue beneficioso para todo el proyecto. Como lección aprendida se tiene que se justifica plenamente el incorporar a los diferentes actores del proyecto en el proceso de planificación para obtener un mejor control en el flujo de trabajo y mejorar considerablemente el PPC.

OBRA	PPC	CNC	LECCIONES APRNDIDAS
a	59%	* Mala Planificación (Programa Semanal impuesto)	* Es fundamental motivar la participación de todos los involucrados en la obra, para lograr un adecuado nivel de compromiso con respecto a las metas
b	82%	* Fallas en los Compromisos adquiridos por parte de los Subcontratistas	* Es necesario incorporar a los Subcontratistas en la implementación del LPS
c	89%	* Culpa del Cliente * Culpa de contratista General * Culpa de Subcontratistas	* Es fundamental incorporar a los diferentes actores del Proyecto en el Proceso de Planificación para obtener un mejor control en el flujo de trabajo y mejorar considerablemente el PPC

#### 4.1.3 Experiencia de Empresas Constructoras en el Perú

En el Perú, son pocas las empresas que han implementado el **Last Planner System (LPS)**, siendo estas mayormente empresas muy grandes o extranjeras. Algunas han implementado partes de algunos componentes del LPS, pero al no estar el sistema completo, junto con la filosofía Lean que lo sustenta, no obtienen los resultados que se podrían conseguir si estuviera bien implementado. Recién a partir del 2011 con la creación del Capítulo Peruano del **Lean Construction Intitute (LCI)** integrado por 6 empresas y la Pontificie Universidad Católica del Perú (PUCP), que le da el respaldo académico. En cambio en otros países de la región existe con anterioridad una entidad que promueve mejoras en la gerencia de la producción, que enseñe y lo difunda, como hay en Chile (el GEPUC, de la Universidad Católica de Chile), en Colombia (el Grupo de Investigación en Gestión de la Construcción, de la Universidad EAFIT), en Brasil (el Lean Institute y la Universidad UFRGS de Porto Alegre), entre otros.

La empresa Graña y Montero (GyM) bajo la guía del Ing. Jorge Luis Izquierdo Ramírez ha implementado el LPS de manera coherente y completa. Actualmente, en todos los proyectos de edificaciones de GyM, se ha normado como método de trabajo el **LPS**. Se preparó un programa piloto, que tuvo buenos resultados por lo que se expandió a más proyectos. El tiempo de implementación y medición fue de entre 6 y 10 semanas. El PPC promedio inicial fue de un 65% llegándose a obtener

hasta un 95% como promedio final. Las principales **Causas de No Cumplimiento (CNC)** anteriores a la implementación del sistema eran fallas en la planificación, ingresando actividades a la Planificación Semanal sin haberle levantado todas las restricciones. Luego de implementado el **LPS**, las principales CNC fueron cambios por parte del cliente y el incumplimiento de los plazos por parte de los Contratistas y Subcontratistas. Como lección aprendida se tiene que la implementación tiene que ir dirigida a las personas, ya que son las encargadas de hacer el trabajo y si no se les capacita y entrena adecuadamente, el sistema no va a funcionar. Otra lección aprendida es que mientras más joven sea la persona a la que se le capacitara, más facilidad habrá para que adopte esta nueva forma de trabajo.

En la “Construcción de Viviendas Masivas en el Proyecto Nueva Fuerabambas – Apurímac” Graña y Montero (GyM) empleo el **LPS**. Obteniendo un PPC promedio de 73% en todo el proyecto; en sus inicios se tenía un PPC promedio de 60% y finalizando los tres últimos meses con un PPC promedio de 85%, teniendo como PPC por semana un mínimo de 52% y un máximo de 88%. Entre las principales CNC se tenía PROG (Programación GyM) 59%, SC (Subcontratistas) 16%, EXT (Externos) 17%, CLI (Clientes/ Supervisión) 3%. Como lección aprendida se tiene que realizar la programación teniendo en consideración a todos los involucrados del proyecto (Cliente, Contratista, Subcontratista, Proveedores, etc.).



**FIGURA 4.1 Viviendas Masivas del Proyecto Nueva Fuerabambas – Apurímac**

#### **4.1.4 Expectativas de la Implementación del Last Planner System (LPS)**

La expectativa principal que se tiene con la implementación del Last Planner System (**LPS**) es incrementar la fiabilidad de la planificación y con eso, a mejorar los desempeños de las cuadrillas y optimizar los recursos. Para este efecto el **LPS**

proporciona herramientas y procedimientos para lograr compromisos concretos de planificación y preparar un **Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)** que pueda ser asignado cuando sea necesario, logrando así un flujo de trabajo más confiable. El LPS, al estar formado por tres niveles de planificación, donde se va refinando el plan, busca que la variabilidad se vaya reduciendo a través de una cuidadosa consideración de lo que debería hacer y lo que efectivamente se puede realizar.

## **4.2 Implementation del Last Planner System LPS**

Antes de comenzar la ejecución, la unidad de producción debe tener su planificación. Adelantar la programación permite generar el tiempo para diseñar las operaciones y estudiar los métodos de trabajo que serán utilizados.

El **LPS** proporciona herramientas para incrementar la probabilidad de cumplir la planificación por medio de tres mecanismos básicos.

**Primero**, permite identificar en forma temprana el trabajo que se **PUEDE** hacer para así alinear mejor las actividades planificadas con las que efectivamente tienen una alta probabilidad de ser cumplidas.

**Segundo**, proporciona herramientas para preparar trabajos para que puedan ser planificados, es decir contribuye a agrandar el conjunto de lo se **PUEDE** hacer, logrando que todas las actividades del plan de trabajo semanal se seleccionen de entre actividades que efectivamente pueden hacerse.

**Tercero**, el **LPS** proporciona los espacios y herramientas para desarrollar y mantener compromisos confiables de planificación.

### **4.2.1 Programa de Capacitación y Entrenamiento del Personal Vinculado**

Para tener éxito en la implementación del **LPS**, es fundamental que alguien en la empresa constructora adquiera los conocimientos de lo que es este sistema, como se ejecuta y como se implementa. La Gerencia deberá apoyar al Jefe de Proyecto y al Residente, financiándoles cursos o diplomados relacionados con el **LPS**.

En estos diplomados, el Jefe de Proyecto y el Residente podrán interrelacionarse con otras personas que tengan experiencia en el sistema dentro de sus empresas, que les brindaran consejos y recomendaciones para la implementación.

#### **4.2.1.1 Programa de Capacitación para el Personal**

Uno de los factores críticos en la implementación del **LPS** es la capacitación, la cual proporcionara los conocimientos necesarios que permitirán que todo el personal se sensibilice y entienda lo que se quiere hacer y cómo hacerlo. La

capacitación es un proceso fundamental para producir un cambio no solo en la apreciación de los involucrados, sino en una nueva forma de trabajo.

La capacitación se realizara en talleres coordinados e implementados por la Gerencia de la empresa, bajo responsabilidad del Jefe de Proyecto y deberán ser tanto de teoría como de práctica (método activo de aprendizaje), para que haya una mayor retención de los contenidos por parte de los participantes. Como lo demuestra la Pirámide del Conocimiento de Edgar Dale, para que la retención de los conocimientos sea efectiva, no solo habrá que escuchar sino también decir y hacer lo que se está aprendiendo. En base a programas desarrollados en empresas constructoras de Chile y Colombia, se propone un programa de 8 semanas de capacitación mostrado en el ANEXO 3, que es principalmente para personal de campo: Residente, Maestro de obra, Capataces y en lo posible también contratistas y subcontratistas. El programa se dividirá en tres talleres, planteando los temas a tratar, tareas a realizar y los impactos que puedan provocar luego en el proceso de implementación del nuevo sistema. Este programa no es definitivo sino que se podrá corregir, aumentar o disminuir los temas o la duración, según lo determine el Jefe de Proyecto al ver los resultados. Los talleres se deberán iniciar cuando el equipo encargado de la obra se reúna para familiarizarse con el proyecto. Luego, se deberán hacer pequeñas charlas inductivas del **LPS** a los trabajadores que se integran al equipo luego de iniciada la obra, antes que comiencen su labor, de manera que todo el personal se sienta participante del desafío que representa un cambio de sistema. Cuando se les explica las razones del cambio en términos sencillos y directos, el personal las entiende y al ser tomados en cuenta, mejoran su predisposición para colaborar.

#### **4.2.1.2 Entrenamiento del Personal**

El segundo factor crítico para lograr una implementación exitosa es el entrenamiento, con el cual se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en la capacitación, aplicándolos directamente en la obra. Sin el entrenamiento, todo el esfuerzo desplegado en la capacitación será inútil. El entrenamiento será un proceso de **Coaching**, supervisado por el Jefe de Proyecto, como el encargado de la implementación del **LPS**, donde el Residente será el Entrenador. El **Coaching** parte de la premisa de que los Entrenados (el Maestro de obra y los Capataces) son quienes deberán contar con la mayor y mejor información para resolver las situaciones a las que se enfrentaran, al ser los ejecutores directos de las actividades de la obra. El Entrenador trabajará junto a los Entrenados,

supervisando lo que hacen, como lo hacen y aconsejándolo para que realicen mejor sus trabajos en la manera que se les capacitó. En vez de enseñar, el Entrenador ayudará a los Entrenados a aprender de sí mismos.

El proceso consistirá de 5 fases:

**a) Determinar los objetivos:** Es esencial para todo proceso de **Coaching**, el contar con objetivos claramente definidos, ya que estos servirán de guía al momento de la toma de decisiones y acciones. Por ejemplo, saber que se buscara con la Planificación Semanal o con el PPC.

**b) Observar:** Es fundamental para que el Entrenado encuentre soluciones. Con el nuevo conocimiento de una forma diferente de hacer las cosas y la comparación de este con el método que normalmente usa, el Entrenado podrá elegir las alternativas que piense lo ayudarán a conseguir los objetivos.

**c) Tomar conciencia:** El Entrenador orientará al Entrenado en las elecciones que toma y sus posibles consecuencias, brindándole consejo e instrucciones para una mejor elección, logrando que el Entrenado concientice los objetivos.

**d) Actuar:** Una vez reunida toda la información, hay que actuar de una forma sostenida en el tiempo. El Entrenador acompañará de cerca al Entrenado durante este proceso, ayudándolo a superar las dificultades que suelen aparecer en la puesta en práctica de nuevos conocimientos.

**e) Medir:** En todo momento será necesario comprobar que tan cerca o lejos del objetivo marcado se está. Esto permitirá tomar acciones correctivas y así contribuir a la obtención de los logros buscados.

Los cambios no se darán en un corto plazo, por lo que se deberán plantear motivaciones extras para que no haya retrocesos en la implementación del **LPS**.

#### **4.2.2 Implementación de la Planificación Maestra**

Cuando se elabora o revisa el Plan Maestro primordialmente se debe enfocar en desarrollar el alcance de la obra, definiendo los hitos requeridos. Se realiza la programación de todo la obra, pudiendo estar sujeta a modificaciones y ajustes.

##### **4.2.2.1 Reunión Inicial de Coordinación**

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier sistema es conocer al grupo con el cual se interactuará. Para ello, se deberá reunir al grupo de trabajo involucrado en la implementación del **LPS**. La reunión estará a cargo del Jefe de Proyecto, quien hará una explicara breve y simple sobre los principios que están detrás del sistema. Por ejemplo, se indicara que las actividades tienen

restricciones y que habrá que realizar un seguimiento a cada una de las restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de las actividades para fecha que están programadas. Se deberá decir cuáles son los indicadores que se medirán y los resultados que se esperan obtener. Por ejemplo, se deberá explicar que el PPC es un indicador que ayudara a obtener una planificación más confiable en pro de una mejora del flujo de trabajo.

El miedo al cambio es el principal obstáculo en la implementación acertada del **LPS**. Este problema se hará evidente en síntomas tales como la negación para asumir compromisos, para incluir subcontratistas en reuniones de planificación, o negativas a los conceptos del **LPS** y a su uso en el proyecto. La idea es ir introduciendo lentamente los conceptos del sistema, luego que lo pongan en práctica, y así van ir aprendiendo beneficios del **LPS** al proyecto, definiendo tareas que permitirán ir implementando los diferentes elementos del sistema.

#### **4.2.2.2 Estudio de la Planificación Inicial (Plan Maestro)**

La Planificación Inicial responde a "**LO QUE SE DEBERÍA HACER**". Por lo general, un proyecto se planifica en la oficina de la empresa, así como el presupuesto y la programación inicial. El resto de las decisiones determinantes para el proyecto se tomaran en obra por los profesionales a cargo.

Es por eso que será necesario analizar el Diagrama Gantt detalladamente, revisar el tiempo asignado a cada etapa de la obra, con el propósito de establecer las medidas de ejecución para terminar en el plazo establecido, con los rendimientos previstos y determinar los ítems que requieren de tiempos prolongados en su desarrollo. Será importante fijarse en la complejidad de algunas actividades, para no incluirlas dentro de otra actividad, modificando luego su duración.

Otro punto importante, será determinar cuáles serán los insumos claves cuyos tiempos de adquisición sean mayores que el horizonte previsto para la Planificación Intermedia (Lookahead), ingresando las fechas en que deberán emitirse sus respectivas órdenes de compra como hitos en el Programa Maestro, como será el caso del ascensor. El Plan Maestro se deberá desarrollar con los rendimientos propios de cada empresa para cada una de las actividades.

**CUADRO 4.1 Programa Maestro**

PROGRAMA MAESTRO			
TAREA	DURACION	INICIO	TERMINO
<b>Programa General</b>	<b>215 días</b>	<b>22/04/2014</b>	<b>26/02/2015</b>
Casco	130 días	23/05/2014	26/11/2014
Sótanos	77 días	02/10/2014	21/01/2015
Ultimo Piso	52 días	07/11/2014	22/01/2015
Revestimiento Exterior	52 días	28/11/2014	12/02/2015
Acabados	92 días	17/10/2014	26/02/2015
Red de Desagüe	110 días	26/06/2014	01/12/2014
Instalaciones Sanitarias	125 días	22/07/2014	20/01/2015
Instalaciones Eléctricas	149 días	08/07/2014	19/02/2015
Ascensor	42 días	04/12/2014	04/02/2015
Instalaciones de Gas	90 días	08/07/2014	13/11/2014
Otros Primer Piso	68 días	20/11/2014	26/02/2015

#### 4.2.2.3 Determinación de hitos

Definir los hitos que controlaran el proyecto es importante en el estudio del Plan Maestro, los cuales permitirán estimar los tiempos de ejecución de las obras. Estas metas ayudaran a verificar la eficiencia de la planificación, y en caso de percibir que no se cumplirán, se podrán corregir las estrategias y/o reprogramar las actividades. Los hitos se determinaran de acuerdo a ciertos criterios que los planificadores deberán indicar: vaciados de concreto en techos, entrega de cada piso o departamento en casco y acabados, entrega las áreas comunes en casco y acabados, departamento piloto, etc. Estos hitos permitirán llevar un mejor control del avance de la obra y un mayor orden en la ejecución del proyecto. Al asignar la fecha para un hito, será preciso analizar la factibilidad de ser concretado.

**CUADRO 4.2 Programa Maestro – Determinación de hitos**

PROGRAMA MAESTRO	
HITOS	FECHA DE CUMPLIMIENTO
Entrega de Departamento Piloto	30/10/2014
Entrega de Casco Terminado	15/11/2014
Entrega de Edificio Terminado	20/03/2015

#### 4.2.3 Implementación de la Planificación Intermedia (PI)

La planificación intermedia, es la encargada de asegurar que todos los requerimientos se cumplan para lograr llevar a cabo la producción.

En el **LPS** este proceso tiene múltiples funciones que se indican a continuación.

- Crear una secuencia y determinar la velocidad del flujo de trabajo.
- Balancear flujo de trabajo y capacidad.



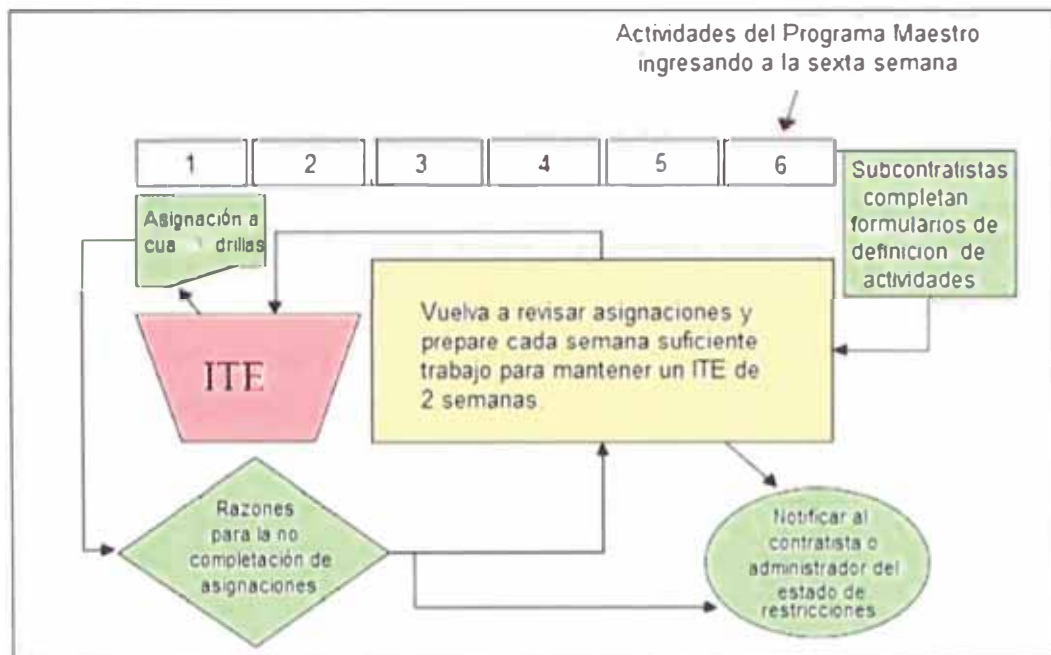
- Descomponer las actividades en partes de trabajo y operaciones.
- Desarrollar métodos de ejecución de los trabajos, detallados, que cumplan con los requerimientos de calidad, seguridad y medioambiente.
- Mantener un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) listo para ser realizado, para asegurar una labor continua, a pesar que la velocidad de producción varíe.
- Revisar y actualizar los altos niveles de programación.

Todas estas funciones deben ser cumplidas en los siguientes procesos:

- Definición de Actividades.
- Análisis de Restricciones.
- Tiro de Trabajo desde las unidades de producción subsiguientes.
- Balanceo de Carga y Capacidad.

#### 4.2.3.1 Determinación del Intervalo de Tiempo

El intervalo de tiempo responde a “**en cuanto tiempo lo puedo hacer**”. Para el **Lookahead** deberá desarrollarse para un período de tiempo (Ventana Lookahead, entre 3 a 12 semanas) donde se analizarán las restricciones que las actividades tengan para su desarrollo y así liberarlas con anticipación. Para determinar cuántas semanas abarca la **ventana Lookahead**, se deberán evaluar las condiciones del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Algunas actividades tienen tiempos de respuesta largos, es decir, un largo período desde el momento en que se solicitan los recursos hasta que éstos son recibidos. Por ejemplo, si los proveedores tuvieran un tiempo de respuesta de 5 semanas, la **Ventana Lookahead** no deberá ser menor a 5 semanas. Estos períodos de respuesta deberán ser identificados durante la Planificación inicial.



**FIGURA 4.2 Esquema de Proceso de Planificación Intermedia**

Fuente: Ballard 2000

Para una obra normal, la ventana de tiempo deberá ser entre 4 a 6 semanas. Las semanas se deben enumerar desde el presente hacia el futuro: la semana 1 será la más cercana y la 6 la más lejana. Será importante mantener siempre la misma cantidad de semanas, por lo que transcurrida una semana, deberá entrar otra semana en la planificación para tener un total de 6 semanas por delante.

#### **4.2.3.2 Definición de las Actividades de la Planificación Intermedia (PI)**

En la Planificación Intermedia se obtendrá un nivel de precisión que permita ver de forma más clara las restricciones de las actividades de obra. Con este método tendremos un grupo de actividades para un espacio de tiempo determinado, y cada actividad trae consigo un conjunto de restricciones, que provoca una ejecución fallida o incompleta de cierta actividad. La pronta liberación de esta determina si la tarea puede o no realizarse. Una vez definidas las actividades que entrarán en la Planificación Intermedia, se procede realizar tres análisis:

1. Revisión de Secuencia de las Actividades.
2. Balanceo de Carga v/s Capacidad.
3. Desarrollo Detallado de los Métodos de Ejecución

Estos tres análisis se realiza a cada una de las actividades, logrando generar un Plan de Trabajo Detallado, donde se visualizaran los pormenores que no se perciben en el Plan Maestro, esto permite conocer de forma transparente el tipo

de restricciones que posee una labor, además proporciona un flujo dinámico y confiable de las actividades de la Planificación Intermedia hacia la Planificación Semanal.

Cuando las actividades entran al Programa de Planificación Intermedia, el **Ultimo Planificador** es quien determina si las entradas requeridas para la ejecución del proceso estarán disponibles en el momento fijado. Los recursos pueden permanecer adquiridos como parte de la etapa de preparación, aquí surgen las siguientes preguntas ¿Qué cantidad de recursos deben estar disponibles en cierto momento? o ¿Hasta qué punto los recursos deben nivelarse en su uso?

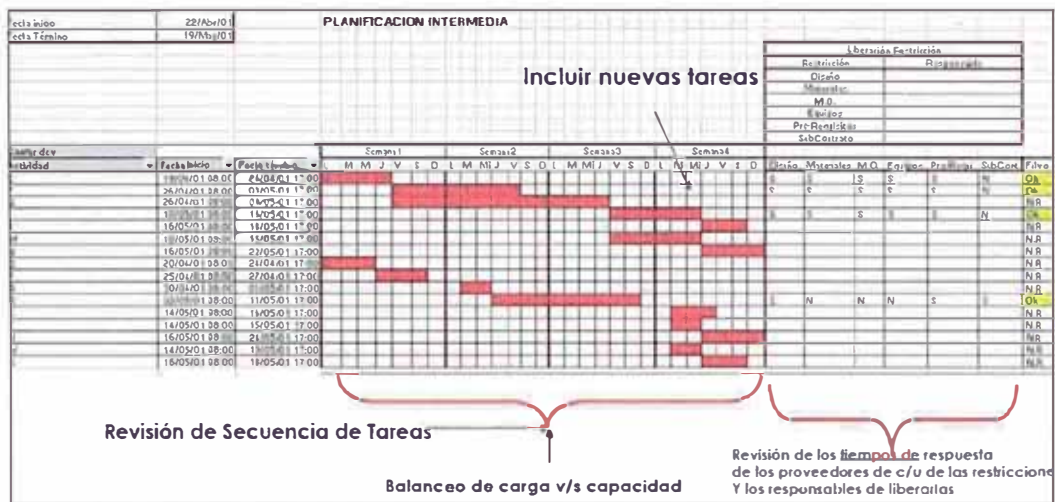
La cantidad de salidas esperadas para una unidad de producción en un tiempo determinado se denomina **Carga**. Una asignación de calidad se preocupa que las tareas asignadas concuerden con los desempeños de los factores productivos, ósea que el trabajo programado no supere la calidad de la mano de obra y a los materiales disponibles, para no sobrepasar la **Capacidad**, refiriéndose a la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado. Equilibrar significa **Balancear la Carga con la Capacidad** de la unidad de producción. Las unidades de producción tienen continuamente trabajo para hacer y la preparación nunca se atrasa por limitaciones en la Capacidad de las cuadrillas.

Paralelo al Programa de Planificación Intermedia, la persona encargada de planificar puede retrasar o adelantar actividades mientras se esfuerza por balancear el Flujo de Trabajo, lo que es conocido como **Proceso de Flujo Continuo (PFC)**. Un proceso con flujo continuo, es un tipo de línea de producción, en el cual el trabajo avanza desde una unidad de producción a la próxima. La intención es acercarse a un balance en las tasas de procesamiento de las diferentes unidades de producción pertenecientes al **PFC**, para aproximarse a un trabajo ininterrumpido. El objetivo de generar un flujo de este tipo, es el minimizar los tiempos de ocio y espera de las unidades de producción.

Sin embargo, algunas actividades de la Planificación Intermedia pueden fracasar a causa de que las restricciones no pudieron ser liberadas a tiempo. La verdadera Capacidad de la unidad de producción, puede permanecer desconocida hasta este momento, lo que puede afectar al Diseño de los Métodos de Trabajo.

Finalmente una unidad de producción siempre deseará tener un **Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**, a la hora de realizar su Plan de Trabajo Semanal.

Este **ITE** contiene actividades no prioritarias, que no obstante están listas para su ejecución. Alarcón (2003) afirma "las actividades del inventario de trabajos ejecutables (ITE), no son asignadas a las unidades de producción pero, están disponibles para ser asignadas cuando falla la ejecución de una actividad del plan semanal o cuando alguna actividad de este, es completada antes de lo esperado"



**FIGURA 4.3 Esquema de Planificación Intermedia**

#### 4.2.3.3 Análisis de Restricciones

Las actividades incluidas en la **PI** tienen que estar asociadas a las restricciones, que determinan si la acción puede o no realizarse. Una restricción, es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción implica requisitos previos o recursos y las más comunes en el ámbito de la construcción son:

<b>Diseño :</b>	Restricción relacionada con la obtención de los planos necesarios para ejecutar la tarea.
<b>Materiales :</b>	Restricción relacionada con el tiempo de respuesta que posee el proveedor para entregar los materiales a tiempo.
<b>Manos de obra :</b>	Restricción relacionada con la cantidad de recurso humano o cuadrillas necesarias para realizar la tarea.
<b>Equipos :</b>	Restricción relacionada con los equipos que son necesarios para la realización de la labor.
<b>Pre- Requisitos :</b>	Restricciones relacionadas con las actividades que preceden a la tarea asignada y deben cumplirse para que esta se desarrolle.

La función principal del **Análisis de Restricciones**, es reconocer porque una actividad no puede ser ejecutada, e identificar cuáles y de qué tipo son las restricciones que impiden realizar la acción, contando con una estrategia que nos permita liberar la tarea de sus impedimentos para ser ejecutada según lo

planeado. También durante el proceso de Planificación Intermedia se designa quienes serán los responsables por remover las restricciones identificadas.

El Análisis de Restricciones es representado esquemáticamente como una tabla con filas que listan las potenciales asignaciones y columnas que contienen las respectivas limitaciones de ejecución, cada categoría de restricción proporciona una indicación de quien puede involucrarse en la remoción de estas, esto ayuda a una identificación y rastreo sistemático del estado de las restricciones. Hay que dejar claro que el Análisis de Restricciones no es poner un "SI" o un "NO" ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones:

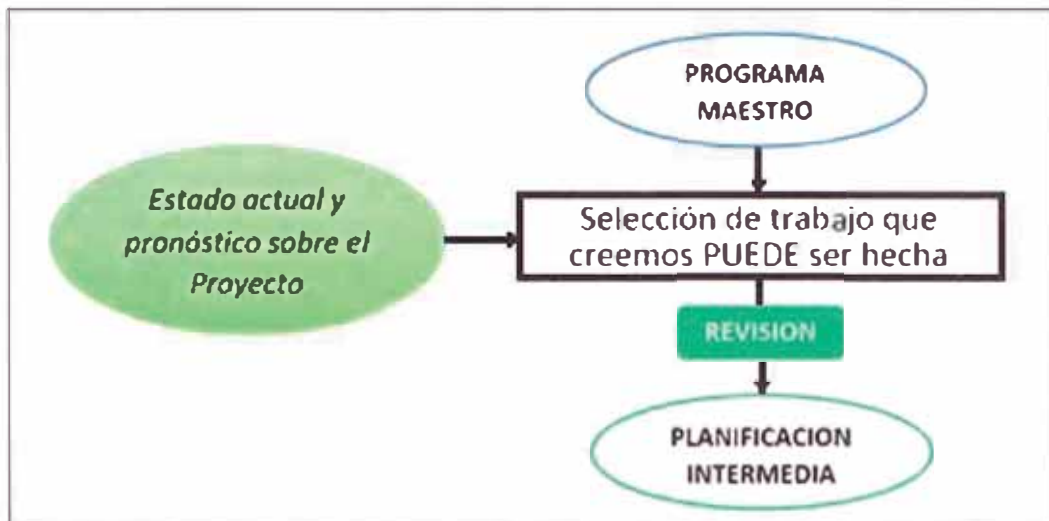
- Revisión de las restricciones.
- Preparación para la liberación de las restricciones.

Análisis de Restricción	Recursos				
	Diseño	Materiales	Mano de Obra	Equipos	Pre-Requisitos
Actividad 1	✓	✓	✓	✓	✓
Actividad 2	✓	✓	✓	✓	✓
Actividad 3	✓	✓	✓	✗	✓
Actividad 4	✓	✓	✓	✓	✓
Actividad 5	✓	✗	✗	✓	✓
Actividad 6	✓	✗	✓	✗	✗

DEBE
PUÉDE

**FIGURA 4.4 Análisis de Restricciones**

**Revisión de las Restricciones:** Radica en determinar el estado de las tareas de la **PI** en relación a sus Restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual, se puede escoger adelantarlas o retardarlas con respecto al Plan Maestro, este proceso es la primera oportunidad que se presenta para comenzar a formar un Flujo de Trabajo ya que se tiene el conocimiento de que hay actividades que llegado el momento de ejecutarlas, no podrán realizarse, por tener Restricciones que lo impiden.



**FIGURA 4.5 Esquema de concepto de revisión**

Fuente: Alarcon 2003

Para Alarcón (2003) “la revisión se hace primero cuando las actividades son consideradas para entrar a la Planificación Intermedia (PI). Tomando en cuenta los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarias para visualizar una futura liberación.”

Cuando el programador actualiza la **PI** se vuelve a repetir este proceso y se adelanta para las próximas semanas. Posteriormente vienen las revisiones de las restricciones de las actividades que se encuentren dentro de intervalo del Plan Intermedio, la cual tiene como objetivo determinar el estado en que se encuentran.

**Preparación de la Liberación de Restricciones:** Es tomar las acciones necesarias para remover las Restricciones o Limitaciones de las actividades, para que estén preparadas para empezar en la fecha programada. El planificador puede remover los impedimentos de ejecución de una actividad y dejarla lista para ser asignada. La preparación es un proceso que consta de tres pasos:

**Primero;** Liberar Restricciones que está íntimamente ligado con el “**tiempo de respuesta**” que tengan nuestros proveedores, por esto es importante determinar quién es el proveedor de la entrada y cuál es el tiempo de respuesta más probable, el cual debe ser más corto que la ventana de **PI** o la actividad no podrá ser admitida en este Programa. Sin embargo, siempre pueden ocurrir imprevistos por lo que el contacto con los proveedores es fundamental en este proceso, la confirmación de los tiempos de respuesta es parte de la etapa de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del Programa de Planificación Intermedia.

**Segundo**, es donde se debe “**tirar**” el material hacia la obra, es decir, pedirle certeza al proveedor sobre las entradas necesarias para completar con prontitud el proceso en el cual entra.

**Tercero**, hay que “**apresurar**” aunque este paso no es siempre necesario, si el periodo de respuesta anticipado es demasiado largo puede ser preciso asignar recursos adicionales para acortarlos, por ejemplo un envío de materiales por aire en lugar de utilizar camiones o en lugar de trabajo en horas extraordinarias, subcontratar parte de los trabajos de una obra.

La idea fundamental es liberar a la actividad de sus restricciones. Una vez hecho esto, se puede crear un listado de actividades que tienen una alta probabilidad de ser cumplidas que viene a ser el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

#### **4.2.3.4 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta pasa inmediatamente formar parte del **Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**.

En esta etapa estamos pasando desde las actividades que deben hacerse, hacia las actividades que pueden ser hechas. En el **ITE** no solo puede haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que debían o podían haberse ejecutado en la semana en curso; pero no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común, ya que la idea es mantener un itinerario de trabajo que asegure una tarea realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no poseer potenciales trabajos para ejecutar en el caso de que falle la realización de alguna actividad programada en el plan semanal, sin embargo no se debe ser siempre tan negativo y se puede suponer el caso de que la actividad sea terminada antes del tiempo planeado esto también puede ser un foco de ocio para la unidad de producción si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar, entonces teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, es posible poder elegir que hacer desde un universo de lo que puedo realizar.

Cabe destacar que dentro del ITE pueden existir distintos tipos de actividades:

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al remanente del ITE de la semana en curso.

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que desea planificar.

- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras.

Alarcón (2003) señala que “el ITE proveerá otros trabajos, con lo que las unidades de producción no estarán ociosas, o evitara que se realicen actividades al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad.”

Una vez que se ha creado el ITE, se está en condiciones de hacer un **Plan de Trabajo Semanal (PTS)**, que viene a ser las actividades que si hare en la semana.

#### 4.2.4 Implementación de la Planificación Semanal

La Planificación Semanal responde a “**lo que si hare**”. El **Last Planner System (LPS)** designa a los maestros y capataces como los principales **Últimos Planificadores**, al ser los que supervisan la ejecución del trabajo directamente, siendo ellos los encargados de determinar las actividades que se deben ejecutar. La Planificación Semanal (**Plan de Trabajo Semanal (PTS)**) deberá presentar el mayor nivel de detalle antes de ejecutarse un trabajo. Al iniciarse la implementación, quienes coordinan y realizan la planificación semanal deberán ser el Residente y el jefe de proyecto; ellos deberán revisar en terreno las tareas que se habían completado y después de calcular y registrar el PPC, se encargaran de programar nuevamente las actividades que no se llegaron a realizar la semana anterior y se agregaran las correspondientes a la nueva semana.

El objetivo de este último nivel de planificación es controlar la unidad de producción lo cual tiene como finalidad, lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad, a través del aprendizaje continuo y acciones correctivas. El control de la unidad de producción, depende de la calidad de las actividades hechas por el Último planificador. Las principales características que hacen que la asignación sea de calidad son:

- **Actividades bien definidas**, para que pueda ser ejecutado sin ambigüedades, para lo cual las asignaciones deben ser lo suficientemente específicas en su descripción.
- **La secuencia de trabajo de las actividades planteadas debe ser lógica**. Las asignaciones se deben hacer a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y ejecución.
- **La cantidad de trabajo seleccionada debe ser directamente proporcional a la capacidad que tenga la unidad de producción**, además se debe tener claro si los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal antes de comenzar el periodo de ejecución.



El Plan de Trabajo Semanal (PTS) viene a ser el compromiso solo de trabajos que pueden ser cumplidos por los **Últimos Planificadores**, colocando una protección en torno a las unidades productivas protegiéndolas de la Incertidumbre y la Variabilidad, contribuyendo a que el Plan aumente su fiabilidad.

#### 4.2.4.1 Reunión semanal (Motor del sistema)

Reunión que se lleva a cabo semanalmente y donde se produce el Análisis de Restricciones de la Ventana Lookahead, se calcula el **Porcentaje de Plan Completado (PPC)** de la semana anterior, se obtienen las **Causas de No Cumplimiento (CNC)** de las actividades programadas y finalmente se obtiene el **Plan de Trabajo Semanal (PTS)** de la siguiente semana. A continuación se indica algunos criterios para conducir las reuniones semanales:

- Obtener el **PPC** de la semana anterior y analizarlo.
- Estudiar las **CNC** de la semana anterior y elaborar un histórico.
- Tomar acciones contra las **CNC** y de igual manera elaborar un histórico.
- Realizar un comparativo entre los objetivos alcanzados y el Plan Maestro.
- Al aumentar una semana a la **Ventana Lookahead**, desglosar las actividades del Cronograma Maestro y realizar el **Análisis de Restricciones**, indicando responsables dentro del equipo.
- Realizar un adecuado **Análisis de Restricciones: Revisión** (screening) y **Preparación** (make ready).
- Determinar el **ITE** para la siguiente semana.
- Formular el **Plan de Trabajo Semanal (PTS)** para la semana siguiente.



**FIGURA 4.6 Reunión de Planificación Semanal**

#### 4.2.4.2 Medición de la práctica del Sistema de Planificación

El **Last Planner System (LPS)** necesita medir el desempeño de cada **Plan de Trabajo Semanal (PTS)** para estimar su calidad. Los indicadores son una buena forma de ver que tanto ha influido la implementación del **LPS** en la obra, esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas y realizar mejoras, se realiza a través del **Porcentaje de Plan Completado (PPC)**, que compara lo que será hecho según el **PTS** con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación. En la práctica en el estudio de algunos proyectos el cumplimiento promedio ha sido ligeramente superior al 50% de lo programado y en ocasiones no ha sobrepasado el 30%.

El problema de la Planificación Tradicional es que, a pesar de que se sabe que muchas actividades no se cumplen, se proyecta como si todas las tareas se fueran a desarrollar, por lo que la productividad colapsa en cadena cuando alguna actividad clave no se logra. La experiencia recogida hasta la fecha ha demostrado, que sí, sistemáticamente se aumenta el nivel de cumplimiento de la planificación, es posible lograr un significativo aumento en la productividad y desempeño.

La explicación de estos mejoramientos, es que por medio de un mejor cumplimiento de la planificación, se logra estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto, lo que genera un ciclo virtuoso que permite que la producción se realice en forma continua, sin interrupciones y en forma eficiente.

Lograr el compromiso de los **Últimos Planificadores** en la programación es fundamental, que permite fácilmente responsabilizarse de a lo menos un 50% del mejoramiento potencial que puede alcanzarse en efectividad de la planificación.

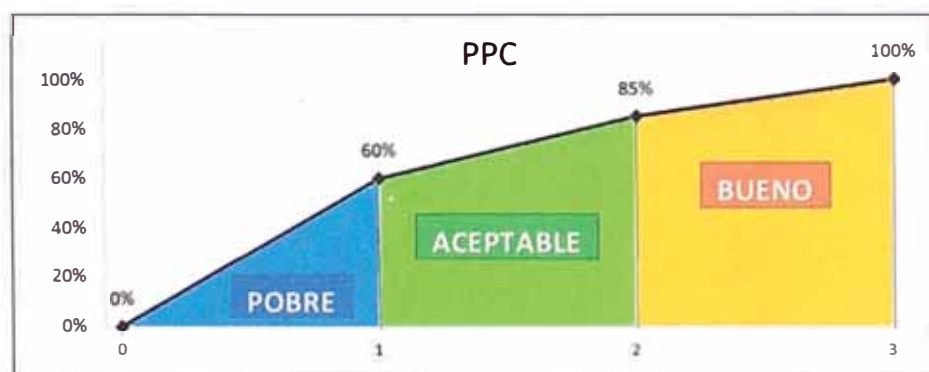
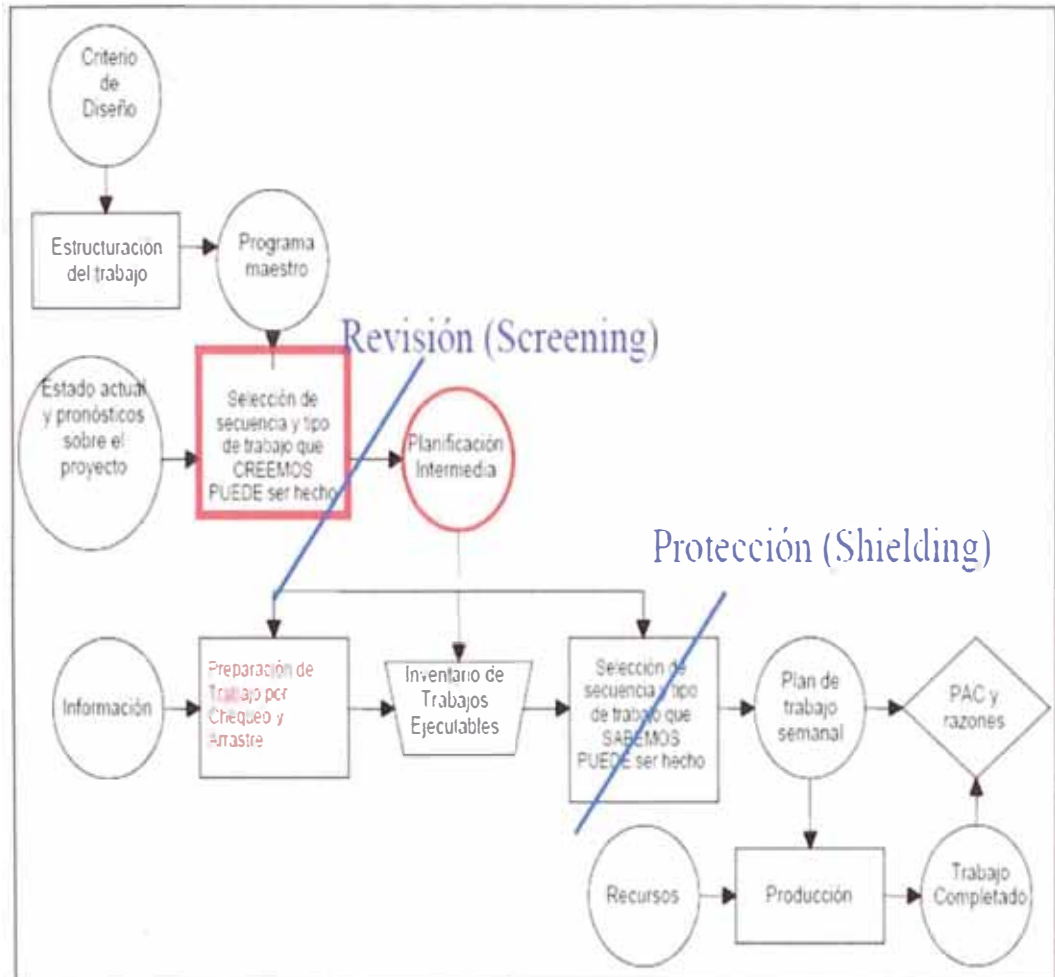


FIGURA 4.7 Nivel de aceptación de los PPC

### 4.2.4.3 Proceso de Planificación Semanal

El **Plan de Trabajo Semanal (PTS)** se obtiene de las reuniones semanales donde deben participar todos los estamentos relacionados con pe-requisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales.



**FIGURA 4.8 Modelo general de control del Last Planner System**

Fuente: Ballard 2000

Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que debe llevar el coordinador del sistema de control y el último planificador:

#### **El último planificador:**

- |   |
|---|
| 1. Lleva a la reunión su PPC y CNC, adicionalmente entrega una apreciación del “por que” no se cumplieron algunas actividades.                                    |
| 2. La información del estado de trabajo.  |
| 3. Lista tentativa de las tareas para la próxima semana.  |
| 4. Una revisión del estado de Liberación de Restricciones de las tareas que se asignaron para liberar o restricciones específicas dentro de la Ventana Lookahead. |
| 5. Listado de las tareas que entrarían en el proceso de Planificación Intermedia y la Planificación Intermedia de la semana anterior.                             |

#### **Coordinador o facilitador:**

- |   |
|---|
| 1. Lleva Programa Maestro y Planificador Intermedia. En este contexto es conveniente llevar a cada Último Planificador una copia de la Planificación Intermedia, con el objetivo de contrastar sus ideas (Últimos Planificadores) con los objetivos del proyecto. |
| 2. Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el propósito de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.   |
| 3. Lleva Inventario de Tareas Ejecutables, con el objeto de tener presentes el buffer de tareas que poseen.   |

Solo siguiendo una estructura determina para la reunión se asegurará que se cumplan sus propósitos, a continuación se señala una estructura que muestra una secuencia básica a tratar en la reunión.

#### **Estructura de la reunión**

Se parte con la muestra del **PPC** de la semana que pasó, analizando **CNC** y tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.

- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las directrices de cada unidad productiva.

Se analiza la Liberación de Restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.

Se crea el ITE con las actividades que poseen una completa Liberación de Restricciones, más las tareas remanentes de la semana anterior.

Con la Planificación Intermedia de la semana anterior y teniendo en cuenta el estado de la liberación de restricciones de la semana siguiente, cada **Último Planificador** entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que

en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, Carga de Trabajo (si son capaces de realizarlo) y si el trabajo seleccionado es practicable o legítimo, ósea, puede ser hecho, para la realización de la Planificación Semanal se debe tener en cuenta el ITE de la semana anterior y definir aquellas que actuarán con este fin durante la semana que viene.

- El coordinador se compromete a entregar al día siguiente el Programa Semanal a cada último planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la Planificación Intermedia en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.
- Luego, y teniendo presente las tareas de cada Último Planificador entregadas como tentativas para ingresar a la **PI**, se verifican las que realmente entran al Plan Intermedio, contrastándolas con el Plan Maestro.
- Posteriormente se designan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la Planificación Intermedia.
- Teniendo la nueva Planificación Intermedia, el coordinador entregará a más tardar al día siguiente la Planificación Intermedia nueva a cada Último Planificador, en donde se resumirán todas las asignaciones que las distintas unidades productivas realizaran durante la semana, e identificando aquellas tareas que actuaran como colchón.

Por último se destaca el compromiso que asume cada Último Planificador haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión. Además se darán las respectivas felicitaciones a los Últimos Planificadores que asumieron compromisos que realmente cumplieron durante la semana pasada.

Es importante mencionar que la creación de la **PI**, **ITE** y la Planificación Semanal debe realizarse en una discusión abierta sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los Últimos Planificadores se sientan partícipes dentro de lo que es la programación de la obra.

El Plan de Trabajo Semanal desarrollado en esta reunión debe ser ajustado al finalizar la semana cuando esté disponible la información de último minuto con respecto a la realización del proceso de preparación y a las asignaciones programadas para la semana recién terminada.

A continuación se resumen los principales puntos a tratar en una reunión de planificación.

**CUADRO 4.3 Puntos a tratar en una reunión de Planificación Semanal**

REVISIÓN DE SEMANA ANTERIOR.	PREPARACION DEL PROGRAMA SEMANAL.	PREPARACION DEL PLAN INTERMEDIO.
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Controlar cumplimiento de actividades.</li> <li>* Calcular PPC.</li> <li>* Determinar CNC.</li> <li>* Tomar acciones correctivas.</li> <li>* Definir actividades pendientes.</li> <li>* Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con actividades críticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisar estado de restricciones del Plan Intermedio anterior.</li> <li>* Definir nuevo ITE.</li> <li>* Contrastar ITE con programa propuesto por los Últimos Planificadores.</li> <li>* Definir el Programa Semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades colchón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Presentación del nuevo Plan Intermedio por parte del planificador de la obra.</li> <li>* Revisar estado de Restricciones del nuevo Plan Intermedio.</li> <li>* Definir un responsable para la Liberación de Restricciones, definiendo acciones para esto.</li> </ul>

**CUADRO 4.4 Documentos e información que deben traer los asistentes**

Planificador	Último Planificador
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Plan Maestro</li> <li>* Plan intermedio antiguo</li> <li>* Plan intermedio nuevo tentativo</li> <li>* Posterior a la reunión entrega plan intermedio definitivo a asistentes.</li> <li>* Posterior a la reunión entrega plan semanal definitivo a asistentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* PPC</li> <li>* CNC</li> <li>* Propuestas de soluciones a las CNC</li> <li>* Información del estado de trabajo</li> <li>* Estado de Liberación de Restricciones bajo su responsabilidad</li> <li>* Plan Semanal tentativo</li> <li>* Plan Intermedio anterior</li> </ul>

Es recomendable que el ciclo de las reuniones se adapte al equipo que trabaje en obra y generalmente se recomienda que estas reuniones sean de tiempo breve para no desmotivar a los participantes, para poder lograr que el tiempo sea corto es necesario que tanto el planificador o facilitador como los Últimos Planificadores o capataces adelanten ciertas tareas el día antes de la reunión.

El último planificador deberá entregar el día anterior a la reunión los resultados de los PPC y CNC, con motivo que no se pierda tiempo en la reunión en recolectar estos datos y se puedan establecer rápidamente estrategias para atacar las CNC. Del mismo modo el planificador debe llevar procesado el valor del PPC y CNC. Además el planificador debe llegar con un Análisis de las Restricciones que impiden liberar alguna actividad para preguntar sobre el estado de ellas en la reunión y elaborar estrategias para liberarlas.

Por otra parte debe contrastar los objetivos del proyecto con el avance de la obra para tomar directrices de trabajo en la próxima reunión. Conjuntamente con lo

anterior, el planificador debe llegar a la reunión con el Plan Intermedio nuevo y tentativo, de manera que durante ella se ajuste el definitivo.

La cronología de las reuniones deberá ser semana a semana y pasara a formar parte fundamental para la Implementación del LPS. Es necesario que se deje establecido el día y la hora de la reunión, de manera que todos los participantes se enteren adquiriendo el compromiso de respetar los acuerdos como una forma de trabajo rutinario.

#### 4.2.4.4 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Si al finalizar la semana alguna asignación no ha sido completada, el Último Planificador debe buscar el por qué. Los motivos por los que puede fallar una planificación se pueden clasificar en dos grupos.

**Primero:** agrupa instrucciones, trabajos y recursos previamente requeridos.

**Segundo:** agrupa fallas en los procesos.

Después de detectarse las razones, el Último Planificador debe analizar la raíz del problema, la razón aparente inicialmente detectada, puede ser consecuencia de otras acciones o eventos desarrollados en el proyecto. El Último Planificador debe manejar el curso de las acciones o la cadena de eventos para aprender como las fallas repetitivas pueden prevenirse, el propósito no es reprochar a la persona por su falla, sino ayudar al individuo a entender como un cambio en sus acciones puede ayudar a prevenir futuras fallas en la planificación

**CUADRO 4.5 Problemas frecuentes en el cumplimiento de la Planificación**

	DISEÑO	CONSTRUCCION
<b>Instrucciones</b>	Cambios en criterios de diseño sin considerar requerimientos claves	Cambios en las instrucciones del Proyectista no informadas en forma adecuada.
<b>Requisitos Previos de Trabajo</b>	Información necesitada por el dueño esperando confirmación del vendedor	Materiales no llegaron. Información requerida no llega Otro contratista aun trabaja. No hay accesos al área.
<b>Recursos</b>	Fallas en equipos	Falta de equipos y herramientas Escasez de mano de obra
<b>Procesos o Productos</b>	Tiempo insuficiente, error de cálculo descubierto	Tiempo insuficiente, Falta de coordinación, clima, Emergencias

Fuente: Alarcon 2003

Para lograr mejoramientos efectivos en los proyectos se requiere un trabajo colaborativo de los diversos actores del proyecto. Las **CNC** de la planificación generalmente provienen de diversos orígenes. Si solo se actúa al interior de una de las organizaciones, se podrá actuar solo sobre una fracción menor de las **CNC** y se ve limitada la capacidad de mejorar. Por ese motivo, los mandantes debieran

ser los principales interesados en participar y promover el uso de estas prácticas en la gestión de sus proyectos, ya que sus beneficios alcanzan a cada uno de los participantes del proyecto.



**FIGURA 4.9 Origen de las causas de no cumplimiento de la planificación**

Fuente: Elaboración propia

En el aspecto técnico del sistema el PPC debe ser medido sobre las actividades completadas de manera conforme lo que significa que debe representar el grado de cumplimiento de acciones que se consideran en el Plan Maestro y que están en estrecha relación con el avance de la obra. Un ejemplo de trabajo no conforme son los trabajos rehechos ya que son producto de un error y ni deben ser considerados al momento de calcular el **PPC** semanal.

Las **CNC** deben ser claras y no deben permitir generar ambigüedades al momento de analizarlas y tomar acciones pertinentes. Es necesario mencionar que la clasificación general de las causas debe estar apoyada, si es necesario, por un detalle que explique el problema claramente por ejemplo "Mala Planificación" o "Área no Liberada" son muy generales, se necesita más detalle.

#### 4.2.4.5 Reunión Diaria

Esta reunión sirve para reforzar la Planificación Semanal, donde se concilia el trabajo del día para evitar interrupciones entre los distintos frentes de trabajo y coordinaciones de los recursos a utilizar. Se realiza a primera hora del día y solo asisten las jefaturas de cada área, tanto de Soporte como de Construcción.



## **CAPÍTULO V : RESULTADO, COMENTARIOS Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO**

Después de leer diversos informes y publicaciones de especialistas en el tema; y tener entrevistas con profesionales de nuestro medio que aplican la **Filosofía Lean** y el **Last Planner System (LPS)**, en sus obras. Se plantea Directrices y Recomendaciones en común, para una buena implementación del nuevo sistema.

### **5.1 Directrices para Implementar el Last Planner System**

#### **5.1.1 Iniciativas que Promueven la Implementación del Last Planner System (LPS)**

Para la implementación de **Sistemas Lean** dentro de una empresa debe haber compromiso y participación de todas las personas que trabajan en ella. Para obtener estos compromisos, es fundamental el saber a qué tipo de motivación responde cada uno de los involucrados y que factores que resultan críticos para una correcta puesta en marcha de estrategias de implementación de sistemas.

Tomando como base una metodología también desarrollada en Chile y que tuvo éxito al momento de implementar sistemas Lean, se proponen 5 etapas para seleccionar los **tipos de incentivos** para promover y aumentar las acciones que ayuden en esta implementación:

##### **5.1.1.1 Identificar una estrategia que facilite la Implementación del sistema:**

- El Jefe de Proyecto será clave para generar el compromiso con el fin de eliminar barreras para promover la implementación.
- Será fundamental que todos los involucrados en el proceso tengan un conocimiento suficiente de los conceptos **Lean** y del **LPS**
- Se deberán definir las funciones de cada participante, sus responsabilidades y los niveles de autoridad de los responsables, cuya participación será crítica en el proceso. Por ejemplo, del Maestro de obra.

##### **5.1.1.2 Provocar un cambio en la forma de ver las cosas:**

- La interacción entre todos los involucrados, mediante reuniones periódicas en donde se presenten los conceptos y se hagan referencia a experiencias relacionadas con el tema, enfocándose en los beneficios que se obtuvieron.

### **5.1.1.3 Realizar un diagnóstico interno de la empresa:**

- Básicamente se basará en la identificación y análisis de los factores que podrán afectar la implementación al interior de la empresa y de la obra. Una vez identificados, deberán ser filtrados, ya que no todos estos factores podrán contar con el tiempo necesario para saber si serán o no serán críticos. Por ejemplo, problemas personales entre trabajadores.

### **5.1.1.4 Análisis de resultados:**

- Identificar los incentivos para alcanzar una alta motivación dentro de la empresa. Los principales incentivos que se podrán dar serán el reconocimiento al trabajador o trabajadores, ya sea en privado o frente al resto de la empresa, destacando sus mejoras (las felicitaciones públicas siempre hacen efecto sobre el orgullo propio); otra será el saber que van a poder salir en hora, pudiendo pasar más tiempo con la familia; otra será el trabajar más tranquilo al tener todo lo necesario listo y a tiempo. Dependiendo de las posibilidades de la empresa, también se podrán considerar como incentivos el incluirlo o incluirlos en cursos y talleres extras de capacitación y entrenamiento para mejorar la calidad del trabajo, actividades de confraternización, premios económicos, entre otros.
- La Gerencia podrá ser observado en términos de su participación en la implementación, sin embargo es crucial que se identifique claramente al líder en este proceso de implementación del LPS, que por estructura organizacional si fuese una empresa constructora pequeña, será el Residente.
- El nivel de información que se maneja referido al progreso y avance de la implementación (conocimientos, dificultades, metas y logros conseguidos a la fecha) también tiene una influencia significativa sobre el comportamiento y la actitud de las personas que pertenecen a la empresa. Les da una referencia de cómo están cumpliendo sus responsabilidades, cuanto se ha conseguido, cuanto falta por hacer, etc. Esto funciona como motivación adicional.

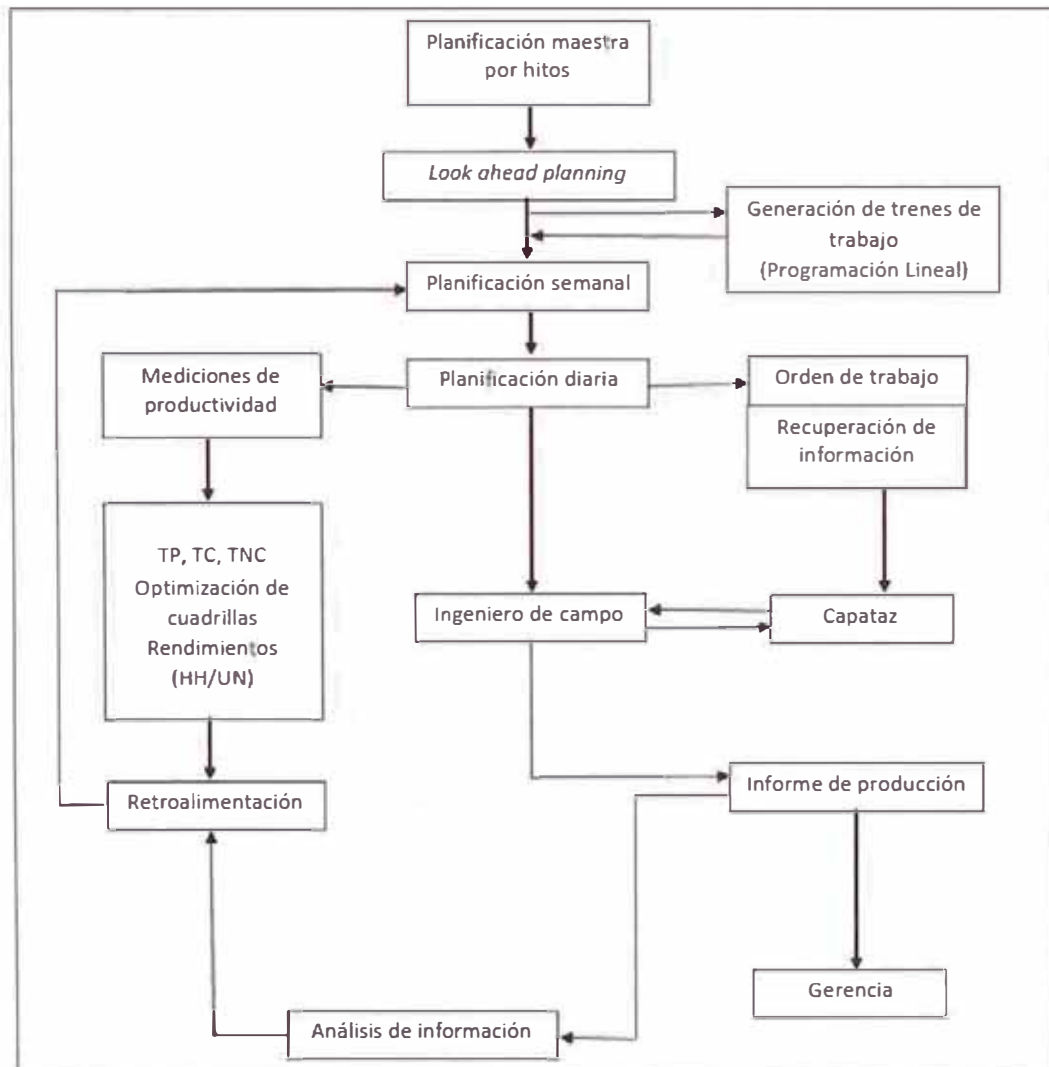
### **5.1.1.5 Cambios y futuras acciones:**

- Se tomarán las acciones de mejoramiento basadas en el diagnóstico y en el análisis de los resultados de las etapas anteriores.
- Se monitorearán y controlarán las acciones tomadas de mejoramiento, sus impactos y resultados, con la participación de la gerencia de la empresa y todos los responsables de impulsar la implementación.

Cada empresa debe diseñar un sistema de incentivos que promuevan la utilización de herramientas de mejoramientos de los procesos en la empresa, pero estos tienen que responder a cierta lógica y ser justos. Por ejemplo, un incentivo económico solo al Residente puede resultar injusto para el resto de los involucrados, pues sin el compromiso de éstos, los resultados obtenidos no se hubiesen logrado.

### 5.1.2 Propuesta para el Flujo de Información del Last Planner System (LPS)

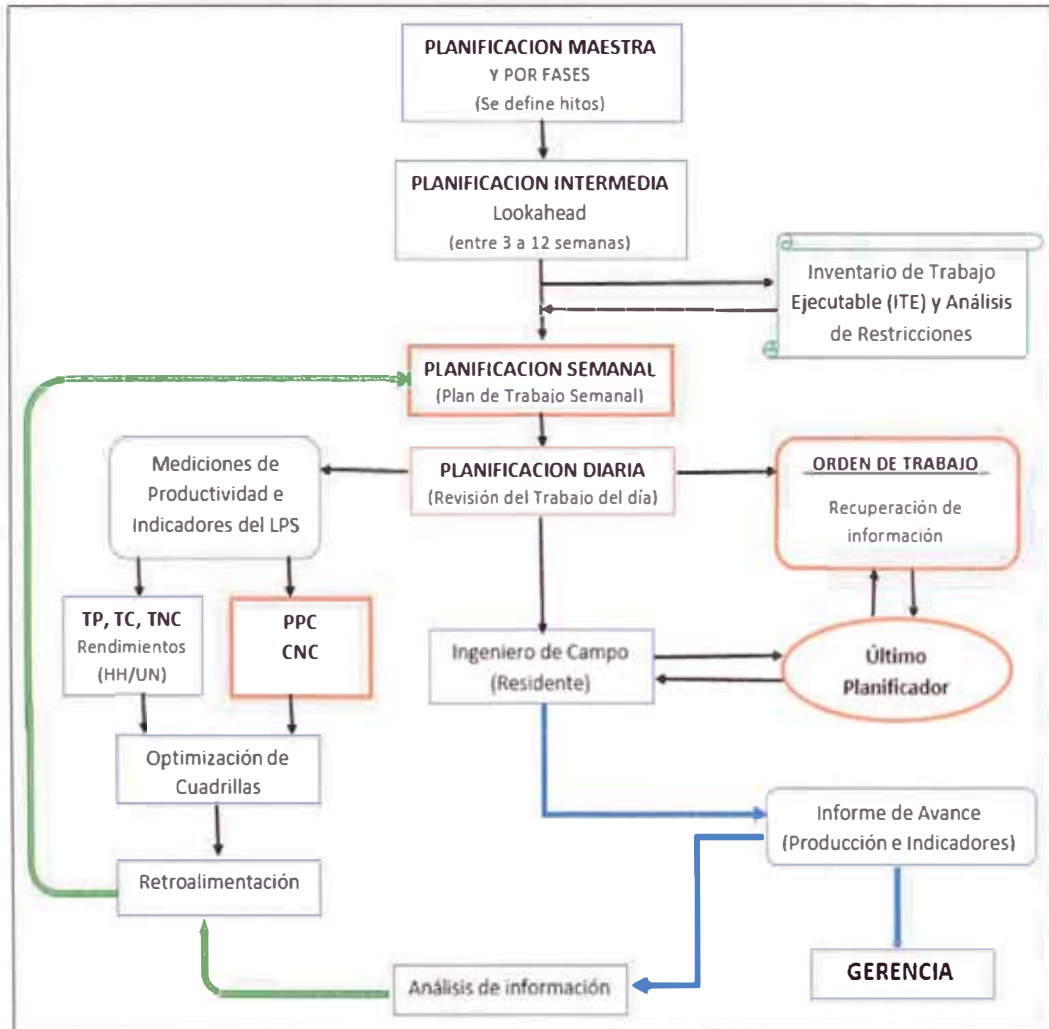
Usando como base el flujo de información del Sistema CVG, de la empresa del Ing. Virgilio Ghio, se plantea una propuesta para el flujo de información del Last Planner System (LPS).



**FIGURA 5.1 Flujo de información del Sistema CVG**

Fuente: Ing. Virgilio Ghio Castillo 2001

Para poder emplear el Flujo de Información del Last Planner System, propuesta en este informe debe haber el compromiso en conjunto (Empresa y Colaboradores), ya que depende fundamentalmente de las personas comprometidas con el sistema para conseguir una implementación con éxito.



**FIGURA 5.2 Propuesta para Flujo de información del LPS**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3 Detalle de Encuestas y Entrevistas realizadas sobre Lean Construction y Last Planner System a profesionales del medio.

La encuesta se realizó a 16 profesionales del rubro construcción que se presenta en el cuadro 5.1, a quienes se les hizo preguntas sobre la implementación del Lean Construction y Last Planner System (LPS).

En el cuadro 5.2, se muestra los resultados de las preguntas más importantes de la entrevista realizada.

**CUADRO 5.1 Profesionales Encuestados**

PROFESIONAL	CODIGO	TAMANO EMPRESA	SECTOR
1	10	GRANDE	PRIVADO
2	20	MEDIANA	PRIVADO
3	30	GRANDE	PRIVADO
4	40	MEDIANA	PUBLICO
5	50	PEQUEÑA	PRIVADO
6	60	MEDIANA	PUBLICO
7	70	MEDIANA	PUBLICO
8	80	MEDIANA	PUBLICO
9	90	PEQUEÑA	PRIVADO
10	100	MEDIANA	PRIVADO
11	110	GRANDE	PRIVADO
12	120	GRANDE	PRIVADO
13	130	GRANDE	PRIVADO
14	140	MEDIANA	PRIVADO
15	150	GRANDE	PRIVADO
16	160	GRANDE	PRIVADO

**CUADRO 5.2 Resultados de las encuestas**

RESULTADO DE ENCUESTAS																		
CODIGO	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	TOTAL	%
<b>* Conoce la Filosofía Lean Construction (Construcción sin Perdidas)</b>																		
Si	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16	100%
No																	0	0%
<b>* Como considera ud. que sea la implementación del Lean Construction en las Empresas Constructoras.</b>																		
Muy Fácil																	0	0%
Fácil							X			X							2	13%
Normal			X	X	X	X					X	X	X			X	8	50%
Difícil		X						X	X					X	X		5	31%
Muy Difícil	X																1	6%
<b>* Conoce la Metodología del Last Planner System LPS (Sistema del Ultimo Planificador)</b>																		
Si	X	X	X						X		X	X	X	X	X	X	10	63%
No				X	X	X	X	X		X							6	37%
<b>* En los profesionales y trabajadores en la construcción en que rango de edades sería más sencillo la implementación del Last Planner System (LPS).</b>																		
18 - 25	X				X		X			X					X		5	31%
25 - 30		X	X	X		X		X	X		X	X	X		X	X	11	69%
30 - 40																	0	0%
40 - 50																	0	0%
Otro Rango																	0	0%

De la encuesta realizada se puede concluir que el 100% conoce o ha escuchado sobre la filosofía Lean Construction; y que para su implementación 50% lo considera Normal, 31% Difícil, 13% Fácil y 6% Muy Difícil. Del mismo modo se tiene que el 63% conoce la herramienta del Last Planner System; y que para su implementación el 69% considera que el rango de edades debe ser 25-30 años, el 31% 18-25 años.

La entrevista se realizó a 5 profesionales que implementaron el Last Planner System (LPS) en la empresa que laboran y que se presenta en el cuadro 5.3, a quienes se les hizo preguntas sobre la implementación del LPS.

**CUADRO 5.3 Profesionales Entrevistados sobre el LPS**

PROFESIONAL	CODIGO	TAMAÑO EMPRESA	SECTOR
1	30	GRANDE	PRIVADO
2	110	GRANDE	PRIVADO
3	130	GRANDE	PRIVADO
4	150	MEDIANA	PRIVADO
5	170	GRANDE	PRIVADO

De la entrevista se puede sacar las siguientes conclusiones.

- Consideran que los indicadores PPC y CNC ayudan a comprender el estado del proyecto.
- Consideran que el Look Ahead(4 semanas) y el ITE son fundamentales en la Planificación Intermedia para darle confiabilidad a las Programaciones semanales que se realizan.
- Consideran fundamental elaborar el Planificación Semanal, verificando que las actividades estén libres de restricciones.
- Consideran fundamental que los proyectos de edificación sean complementados con algún modelado en 3D, si fuese posible por la tecnología BIM.
- Indicaron que los compromisos no solo deben decirse en voz alta, sino también deben transmitirse por escrito y ser recordados por correo.
- En los proyectos de edificación también consideraron fundamental la planificación por Sectores y Niveles en los diversos pisos del Edificio (principalmente la logística)

#### **5.1.4 Directrices para Implementar el Last Planner System (LPS)**

- Compromiso al 100% de la Gerencia para Implementar el Last Planner System (LPS).
- Implementación de la Filosofía Lean en la Empresa de manera progresiva.
- Implementación del Last Planner System (LPS) de manera estratégica (detallado en el capítulo IV).
- Hacer participar en la implementación del Sistema a todos los involucrados con el proyecto (Cliente, Contratista, Subcontratistas, Proveedores, etc.).
- Conseguir el compromiso de los Últimos Planificadores con el LPS, ya que ellos son los últimos en dar la orden de ejecución en la obra.
- La Capacitación y Entrenamiento en cada fase de la Implementación es fundamental para tener éxito.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

### 6.1 Conclusiones

En este último capítulo del Informe, se brindan conclusiones sobre el **Last Planner System (LPS)** y sobre el proceso de Implementación en proyectos de Edificación.

#### 6.1.1 Conclusiones sobre el Last Planner System (LPS)

- El LPS es una metodología que nos ofrece una serie de herramientas que sirven para mejorar la productividad y confiabilidad al momento de ejecutar nuestros proyectos, al mismo tiempo ayuda a disminuir la variabilidad e incertidumbre. Sin embargo, no solo es seguir los pasos que nos dice la metodología, sino en entender el fundamento que hay detrás. Es necesario entender la metodología y que es lo que se busca alcanzar. Porque no se trata solo de conocer el sistema, sino el saber implementarlo adecuadamente a la realidad de la empresa. Para ello es necesario manejar los conceptos de producción, calidad, seguridad, dependencia y variabilidad que se presentan en la construcción de Edificaciones.
- En las diversas experiencias donde se aplicó el LPS se comprobó que se puede tener una **Programación Semanal** confiable, debido a que las actividades que lo conforman están liberadas de las restricciones, dándonos una alta probabilidad de que se pueda llegar a ejecutar.
- Usando adecuadamente el LPS y apoyándonos en los principios del Lean Construction podemos estabilizar el **Flujo del Trabajo**, ya que mediante el análisis de **Causas de No Cumplimiento (CNC)**, logramos una retroalimentación en los trabajos. Identificando y eliminando las fallas que hemos estado cometiendo en las actividades.
- Se debe tener cuidado en el proceso de revisión, durante el análisis de restricciones, los planificadores no solo ingresen las actividades de fácil ejecución para así poder cumplirlas todas y lograr un PPC alto. En apariencia se lograra estabilizar el flujo de trabajo, pero solo se estaría trabajando con las actividades de una parte de la obra y no se cumpliría con el programa maestro.
- Será preferible desarrollar la Planificación Intermedia en una reunión distinta a la de Planificación Semanal, con el objetivo de tener una visión más global de la obra y poder prevenir los problemas más importantes, además de acortar el tiempo de cada reunión.



### 6.1.2 Conclusiones para el Proceso de Implementación en Edificaciones

- De la investigación realizada en el presente informe se puede concluir que para lograr una Implementación exitosa del LPS debe haber mucho compromiso del personal que está en campo (obra), y la colaboración y respaldo de la gerencia y/o jefes de la empresa. Este compromiso se puede conseguir con presentaciones del LPS donde se explique de manera detallada los beneficios que se pueden obtener al implementar este sistema tanto para la empresa y los trabajadores.
- La implementación sería más sencilla en personal que este en el rango de edades entre 20-30 años de edad.
- Muchas veces por lograr PPC altos los trabajadores descuidan la seguridad y la calidad de las actividades, para evitar esto se debe estandarizar las actividades teniendo en consideración la salud y seguridad de los trabajadores, y realizar controles de calidad que verifiquen los trabajos de acuerdo a las especificaciones, de esa manera se evitaría rehacer trabajos al detectar los errores a tiempo.
- Para el análisis del PPC habrá que tener en cuenta que, en la fase de obra gruesa, los contratistas y subcontratistas asisten a las reuniones de planificación, mostrando un compromiso que se reflejara en un mayor valor del PPC. En cambio, para los acabados, cuando el número de contratistas aumenta, será difícil tener una reunión ordenada, con asistencia completa, por lo que bajara el nivel de compromiso junto con el valor del PPC.
- Las Causas de No Cumplimiento (CNC) son fundamentales para aprender de los errores y la búsqueda de acciones correctivas, son el pilar de la aplicación del principio del Mejoramiento Continuo. El registro de las CNC y de acciones correctivas es un proceso lento y requiere de una gran capacidad de análisis por parte del equipo para encontrar la acción correctiva que corrija la causa raíz del incumplimiento. Si se logra identificar la acción correctiva, no solo se beneficia el proyecto actual sino también los proyectos siguientes.
- Los proyectos de edificación deben complementarse con modelados 3D (en lo posible tecnología BIM), para evitar incompatibilidades en la ejecución.
- Indicaron que los compromisos no solo deben decirse en voz alta, sino también deben transmitirse por escrito y ser recordados por correo
- En proyectos de edificación la planificación debe realizarse por Sectores y Niveles en los diversos pisos del Edificio (principalmente la logística).

## 6.2 Recomendaciones para Implementar el Last Planner System (LPS)

El **LPS** es un sistema efectivo en el mejoramiento de la productividad, siempre y cuando su implementación sea completa y esté adaptada a la realidad de la empresa. Para ello será necesario conocer el método totalmente y crear las condiciones necesarias para su materialización. En este informe se presenta algunas recomendaciones, basadas en experiencias de implementación de este sistema en empresas de Estados Unidos, Colombia, Chile y Perú.

### 6.2.1 Recomendaciones para la Implementación en la Empresa:

- a) Crear una nueva visión de la empresa, enfocada en mejorar la productividad y la competitividad, con un liderazgo fuerte desde la gerencia hacia los diferentes niveles de la empresa hasta llegar a la obra. Esto será fácil en una empresa pequeña, al no tener mucho personal de oficina.
- b) Usando esta nueva visión, será preciso desarrollar estrategias de mejoramiento y facilitar las condiciones para la implementación del LPS
- c) La Gerencia de la empresa deberá planificar y organizar la capacitación y entrenamiento requerido para la implementación del LPS, con el propósito de que todos los trabajadores comprendan el sistema y el rol que ellos deben jugar en él.
- d) Es recomendable utilizar una secuencia de implementación evolutiva, es decir ir implementando partes del sistema hasta llegar a su implementación total, por ejemplo:

**CUADRO 5.4 Secuencia de implementación evolutiva**

Mes 1	Mes 2	Mes 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Formación del trabajo semanal.</li> <li>* Medición del PPC.</li> <li>* Análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Creación del Plan Intermedio</li> <li>* Revisión y preparación de las restricciones.</li> <li>* ITE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar algún indicador de desempeño de procesos que de validez al PPC.</li> <li>* Afinar conceptos de revisión y asignaciones de calidad.</li> </ul>

### 6.2.2 Recomendaciones para la Implementación en la Obra:

- a) Debe haber una persona encargada de monitorear la implementación del LPS en la obra, y será quien ayude a preparar la reunión de Planificación Semanal y vigile que los compromisos asumidos se cumplan. El personal de obra, aunque tenga la disposición para implementar el sistema, no siempre tendrán el tiempo necesario para poder realizar todo el trabajo de oficina que esto requiere. Si no hay alguien que lo realice, será muy complicada la implementación de este sistema. Esta persona será el Asistente del Residente y del Jefe de Proyecto.

**b)** El Maestro de Obra y los Capataces saben perfectamente lo que tienen que hacer, pero usualmente tienden a no escribir las ideas en un papel. Será importante que se transmitan las ideas en forma clara, ya que las instrucciones explicadas oralmente se pueden prestar para malos entendidos. Habrá que acostumbrarlos a que escriban las instrucciones y a revisarlas, ya que de su claridad dependerá el desarrollo óptimo y sin problemas de las actividades.

**c)** Cuando el Maestro de obra y los capataces no están muy involucrados en la implementación, los compromisos que adquieren no son importantes para ellos, por lo que priorizarán las actividades por las cuales serán evaluados. Una mayor participación de ellos en la planificación intermedia y en la planificación semanal, les generará un mayor grado de responsabilidad y compromiso.

**d)** Las Causas de No Cumplimiento (CNC) podrían ser consideradas como excusas del por qué no se ejecuta lo programado y no como una posibilidad de mejora y de tomar acciones correctivas para que esto no vuelva a ocurrir. La carencia de autocrítica impedirá una clara visión de los problemas del proyecto y no permitirá tomar ventajas de las oportunidades que se presenten para tomar acciones de mejoramiento dentro del sistema y de la misma empresa.

**e)** A veces, las Causas de No Cumplimiento (CNC) no se deberán solamente a problemas generados en obra. Un adecuado seguimiento a las CNC podría llevar a descubrir un problema más de fondo, de carácter administrativo.

**f)** Se debe tener cuidado con el mal uso que se le podría dar al PPC. Si alguien considerara como actividades 100% terminadas a algunas que no lo están, conseguiría un PPC inflado que podría utilizarlo para obtener ventajas en negociaciones con la empresa, en justificar extensiones en los plazos, justificar adicionales, etc., por lo que habrá que revisar siempre la forma como se hace el cálculo del PPC.

**g)** Con la información que se tomara en el campo (uso de los recursos, PPC, CNC) se tendrá que crear un historial de la empresa, para no empezar de “cero” en el siguiente proyecto.

**h)** Es fundamental tener en consideración las lecciones aprendidas de los proyectos anteriores para no volver a cometer los mismos errores.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ [1] Ballard H.G. "*The Last Planner System of production control*". Tesis para optar el grado de doctor en filosofía. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Birmingham. Inglaterra, Mayo 2000
- ✓ [2] Barria N.C. Fabiola "*IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS*". Tesis para optar el título de Ingeniero constructor. Escuela de Ingeniería en construcción. Facultad de ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile. Valdivia, 2009
- ✓ [3] Botero B.L. Fernando, Alvarez V.M. Eugenia. "*Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín*". INGENIERÍA & DESARROLLO. Número 17. ISSN: 0122-3461. Medellín Enero-Junio, 2005
- ✓ [4] Castillejo W.R, Valdez C.D. "*Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM*" Editorial Culturabierta E.I.R.L. Lima Junio, 2012
- ✓ [5] Instituto Nacional de Estadística (INEI) "*Producción Nacional Enero – Diciembre 2014*" INFORME TECNICO N° 2. Lima Febrero, 2015
- ✓ [6] Indacochea C.A. "*La creación de valor y la calidad de las actividades económicas*" ESAN Convención Empresarial: Creación de Valor y Gerencia. Lima, 1997
- ✓ [7] Izquierdo R.J. Luis "*Taller de conceptos Lean en la industria de la construcción*" 1er CONGRESO NACIONAL LEA CONSTRUCTION. Lima 2012
- ✓ [8] Orihuela A.P, Ulloa R.K. "*La Planificación de las Obras y el sistema Last planner*" Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°12. Julio 2011
- ✓ [10] Pons A.J. Felipe. "*Introducción a Lean Construction*". Fundación laboral de la construcción – 1ra edición. Madrid. Marzo 2014
- ✓ [11] Rodríguez F.A, Alarcón C.L. Fernando, Pellicer A.E. "*La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador*". Ciencia y Técnica de la Ingeniería civil. Revista de Obras Públicas N° 3.518. Año 158. Santiago, Febrero 2011
- ✓ [12] Sabbatino B.D. Eduardo. "*Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema last planner en proyectos de edificación en Chile*". Memoria para optar al título de ingeniero civil. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Santiago, Febrero 2011
- ✓ [13] Sanchis M.I. "*Last Planner System Un Caso de Estudio*" Santiago, 2013

- ✓ [14] Womack J.P, Jones D.T, Roos D. *“La máquina que cambió el Mundo”*  
Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) McGraw-Hill, Madrid, 1992

### ANEXO 1: Los 8 desperdicios de la construcción

DESPERDICIOS	DESCRIPCION
<b>SOBREPRODUCCION</b>	Producción en cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.
<b>ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD</b>	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escases de equipos, repetición de trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
<b>TRANSPORTE INNECESARIO</b>	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdidas de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
<b>SOBREPROCESAMIENTO</b>	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
<b>EXCESO DE INVENTARIO</b>	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo); persona adicional para gestionar ese exceso de material y costos financieros por la compra anticipada.
<b>MOVIMIENTOS INNECESARIOS</b>	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipos inadecuados, método de trabajos ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas labores.
<b>DEFECTOS DE CALIDAD</b>	Errores en el diseño, mediciones y planos: desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco calificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
<b>TALENTO</b>	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco calificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Fuente: Pons Achell 2014

**ANEXO 2: Criterio de agrupamiento de los 11 principios de Lean  
Construction**

Etapa		Criterio	Principios
Diseño	Planificación	Ejecución (Construcción)	<p><b>Valor - Cliente</b></p> <p>P2: Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.</p>
			<p><b>Reducir Perdidas</b></p> <p>P1: Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.                      P3: Reducción de la variabilidad.                      P4: Reducción del tiempo de ciclo.                      P5: Simplificar mediante la reducción del número de pasos, partes y relaciones.                      P6: Incrementar la flexibilidad de las salidas (producto terminado)                      P7: Incrementar la transparencia de los procesos.</p>
			<p><b>Mejorar Procesos</b></p> <p>P8: Focalizar el control en los procesos globales o completos.                      P9: Introducir la mejora continua en los procesos.                      P10: Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y en las conversiones.                      P11: Hacer benchmarking .</p>

### ANEXO 3: Programa de Capacitación del Last Planner System (LPS)

TALLER N° / SEMANA N°	TEMAS	TAREAS	IMPACTOS
<b>1</b> <b>(4 hrs.)</b> <b>/</b> <b>(1 y 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Diferencias entre el enfoque tradicional de Planificación y el Last Planner system (LPS).</li> <li>* Impacto de la Variabilidad en las Obras.</li> <li>* Descripción del Last Planner system (LPS).</li> <li>* La Planificación Semanal</li> <li>* Medición del PPC</li> <li>* Análisis de las Causas de No Cumplimiento CNC</li> <li>* Discusión acerca de las barreras que impidan la implementación de esta etapa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desarrollo de las reuniones.</li> <li>* Registro de las Causas de No Cumplimiento (CNC).</li> <li>* Selección de un indicador de desempeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cambiar la Visión de la forma de trabajo</li> <li>* Incorporar nuevos actores al Proceso de Planificación</li> </ul>
<b>2</b> <b>(3-4 hrs.)</b> <b>/</b> <b>(3 a 5)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La Planificación Intermedia (Lookahead).</li> <li>* Análisis de la información recogida.</li> <li>* Análisis de las restricciones.</li> <li>* Revisión de los conceptos</li> <li>* Discusión acerca de las barreras que impidan la implementación de esta etapa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Consolidación de las tareas iniciales.</li> <li>* Comprensión de los procesos de la Planificación (Lookahead).</li> <li>* Registro de las Restricciones.</li> <li>* Creación de un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Disminuirá la Variabilidad</li> <li>* Mejora la protección de la Producción.</li> <li>* Aumentaran las promesas confiables</li> </ul>
<b>3</b> <b>(3-4 hrs.)</b> <b>/</b> <b>(6 a 8)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estudio de la reunión de Planificación</li> <li>* Análisis de las Causas de No Cumplimiento CNC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Compatibilización de la Información y los Indicadores.</li> <li>* Decisión para tomar acciones correctivas contra las CNC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Eliminar las practicas negativas del sistema tradicional de Planificación.</li> <li>* Eliminar casi todas las barreras de la implementación.</li> <li>* Comenzará el Mejoramiento Continuo.</li> <li>* Incrementará la Productividad.</li> </ul>



**ANEXO 4: Causas de No Cumplimiento (CNC)**

<b>TIPO</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>FALTA DE MATERIAL</b>	No llego material en fecha solicitada
	Llegó material, pero en forma defectuosa
	Llegó material, no corresponde al especificado
	Mal estado del material
	Mal contabilizado el material
	No se ha comprado el material faltante
	Material no se pidió con tiempo
<b>FALTA MANO DE OBRA</b>	No llega
	No hay
	Mala ejecución
<b>CAMBIO DE PROYECTO</b>	Arquitectura
	Calculo
	Falta definición
<b>FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA</b>	No llega por parte de proveedor
	No llega por parte de la obra
	Se encuentra en mal estado
	Ocupado en otras faenas
	Se encuentra en reparación
	No está disponible en el mercado
	Equipo inadecuado
<b>FALLA SUBCONTRATO</b>	Falta de mano de obra subcontrato
	Falta de materiales
	Falta o falla de equipos
	Mala estimación de rendimientos
	No llega subcontrato
	Mala ejecución
<b>PLANIFICACIÓN</b>	Cambio de planificación
	Mala planificación
<b>OTROS</b>	Condiciones climáticas
	Accidente de trabajo
	Actividad predecesora no termino a tiempo