

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LAST PLANNER EN  
EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. HINOSTROZA GUTIERREZ DIEGO ALBERTO  
Bach. MANOSALVA MONTESINOS OSCAR OMAR**

**ASESOR: Dr. VELÁSQUEZ JARA ARTURO**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

## **DEDICATORIA:**

### **A Dios,**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Arcadia Montesinos Valladares.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi padre Oscar Manosalva Urrutia.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

**Oscar Omar Manosalva Montesinos**

## **DEDICATORIA:**

### **A Dios,**

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

**Mi padre Freddy Hinostroza Machuca**, por quererme mucho, darme consejos, creer en mí y porque siempre me apoyaste.

**Mi madre Margarita Gutiérrez Narváez**, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Padres míos gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a Uds.

Mis abuelos Alejandrina Narváez, David Gutiérrez (QEPD), Olga Machuca, mi tía Betty Gutiérrez y Melissa Hinostroza por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

**Diego Alberto Hinostroza Gutiérrez**

### **AGRADECIMIENTO:**

Esta tesis de Ingeniería pudo ser realizada gracias a los conocimientos brindados por mi alma mater Universidad Ricardo Palma, como también a los asesores maestros e ingenieros por sus valiosas aportaciones que hicieron mejorar la presente investigación.

Y desde luego, llego al final de este proyecto gracias a Dios; al invaluable apoyo e inspiración que generaron mis padres, familiares, amigos, a quienes siempre los tengo presente.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

**Oscar Omar Manosalva Montesinos**

## **AGRADECIMIENTO:**

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda y bendición. Esta tesis es fruto de los conocimientos obtenidos en mi alma mater Universidad Ricardo Palma, asesores y catedráticos que con sus consejos y conocimientos ayudaron a perfeccionar esta investigación.

Al Ing. David Caycho García, Ing. Cesar Gonzales Gonzales e Ing. Jhessy Cconislla Carrasco que apoyaron a poder obtener información para nuestra investigación, mis familiares y amigos a quienes los tengo presente.

**Diego Alberto Hinostroza Gutiérrez**

## INDICE

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Problema Principal	3
1.2.2 Problemas Secundarios	3
1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.	4
1.3.1 Objetivo Principal:	4
1.3.2 Objetivos Secundarios:	4
1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	4
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	6
1.5.1 Hipótesis Principal:	6
1.5.2 Hipótesis Secundarios:	6
1.6 DISEÑO DE METOLOGIA	6
1.6.1 Diseño de la investigación	6
1.6.2 Población y Muestra	7
CAPITULO II: MARCO TEORICO	8
1.1.- Antecedentes generales.	8
1.1.1- Discusión Bibliográfica	10
1.2 Desarrollo de instituciones sobre Lean Construction	11
1.2.1 Desarrollo en Europa.	11
1.2.2 Desarrollo en Latinoamérica	12
CAPITULO II: LEAN CONSTRUCTION COMO UNA FILOSOFÍA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	15
2.1 Reseña histórica.	15
2.2 Lean Production (Producción sin pérdidas).	16

2.3 Triángulo Lean	20
2.4 La Construcción y el concepto de actividad.	21
2.4.1 La conceptualización tradicional de la Construcción	22
2.4.2 ¿Por qué el modelo convencional ha sido adoptado?	25
2.5 El flujo en los procesos en la construcción.	25
2.5.1 Mediciones que debemos hacer	26
2.5.2 Problemas de flujo causados por conceptos directivos convencionales	30
2.6 Pérdidas, cadena de valor y logística desde el punto de vista de su dirección en la construcción.	32
2.6.1 Pérdidas	33
2.6.2 Cadena de Valor	34
2.6.3 Logística	35
2.7 Los principios de Lean Construction	38
2.7.1 Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)	41
2.7.2 Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.	42
2.7.3 Reducir la variabilidad	43
2.7.4 Reducir el tiempo del ciclo	43
2.7.5 Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones	45
2.7.6 Incrementar la transparencia en los procesos.	47
2.7.7 Enfocar el Control del proceso al proceso completo	47
2.7.8 Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.	48
CAPITULO III: TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (THE LAST PLANNER SYSTEM)	50
3.1 Introducción	50
3.2 Definición	54
3.3 Debería–Puedo- Se hará – Hecho	55
3.4 Control de la Unidad de Producción	59

3.5 Control de los flujos de trabajo	61
3.5.1 Look ahead Planning	61
3.5.2 Análisis de restricciones	65
3.5.3 Sistema de arrastre	66
3.5.4 Equilibrio entre carga y capacidad	67
3.5.5 El sistema del Último Planificador como un todo	68
3.6 Componentes del Sistema del Último Planificador.	69
3.6.1 Programa Maestro	69
3.6.2 Planificación Look ahead	70
3.6.2.1 Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Look ahead	70
3.6.2.2 Definición de las actividades de la Planificación Look ahead	71
3.6.2.3 Análisis de Restricciones	71
3.6.2.4 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)	75
3.6.3 Planificación de trabajo semanal	76
3.6.3.1 Formación del Plan de Trabajo Semanal	77
3.7 Reunión de Planificación Semanal	81
3.8 Estrategia de una metodología de Implementación del sistema del Ultimo Planificador	85
3.8.1 Capacitación	86
3.8.2 Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación.	89
3.8.3 Otras recomendaciones	93
<b>CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO</b>	
<b>PLANIFICADOR: MÉTODO, BARRERAS Y RESULTADOS</b>	<b>95</b>
4.1 Introducción	95
4.2 Metodología utilizada	96
4.3 Métodos y herramientas de planificación aplicadas con anterioridad	97
4.4 Organización para el mejoramiento de la planificación.	100
4.5 Procedimiento para la aplicación del sistema del Último Planificador.	102

CAPITULO V: APLICACIÓN LAST PLANNER EN EDIFICACIONES	
MULTIFAMILIARES	104
5.1 Herramienta del Last Planner - Look ahead Program	104
5.1.1 Definición del intervalo de tiempo del Look ahead	104
5.1.2 Definición de las actividades de la Planificación Look ahead	104
5.1.2.1 Análisis de Restricciones	105
5.1.2.2 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)	107
5.1.2.3 Programación de trabajo semanal	107
5.1.2.4 El último planificador:	114
CAPITULO VI: CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR	
LAS DALIAS	118
6.1 Introducción:	118
6.1.1 El proyecto “EDIFICIO MULTIFAMILIAR LAS DALIAS”	119
6.2 ANALISIS COMPARATIVO: Aplicación del método tradicional vs.	
Last Planner System (LPS) en el edificio las Dalias	120
6.3 Aplicación de Look ahead Semanal Detallado	122
6.3.1 Construcción del sótano 2 (Semana 19)	122
6.4 SECTORIZACION:	126
6.5 COMENTARIOS Y OPORTUNIDADES: De mejoramiento de	
la reunión semanal.	145
6.5.1. Comentario acerca de los Resultados Obtenidos.	145
6.5.2 Planificación Intermedia	145
6.5.3 Programa de Trabajo Semanal	145
6.5.4 Registro del porcentaje de actividades completadas	146
6.5.5 Registro de las causas de no cumplimiento	146
6.5.6 Reunión semanal de planificación	147
6.5.7 Registro histórico de las restricciones	147
6.5.8 Aprendizaje	147
CAPITULO VII: CUADRO COMPARATIVO DE AHORRO EN COSTOS	
USANDO EL LAS PLANNER SYSTEM.	148

7.1 Ahorro de costos en zapatas	148
7.2 Comparativo de costos en presupuesto de losa aligerada en dos sentidos vs presupuesto de losa con diseño firth.	151
7.3 Comparativo general de ahorro en costos en las partidas afectadas en estructuras.	154
<b>CAPITULO VIII: INCONVENIENTES INICIALES A LA APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM</b>	<b>156</b>
8.1 Barreras para la Implementación	156
8.2 Resistencia al cambio	156
8.3 Carencia de autocrítica	156
8.4 Visión de corto plazo	157
8.5 Mala interpretación del indicador PAC	157
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>158</b>
<b>RECOMENDACIONES:</b>	<b>159</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>160</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>162</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia.	162

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muestreo del Trabajo en diferentes países de Sudamérica Fuente: Libro de teoría Lean Construction	9
Figura 2: Reunión de los creadores del Capitulo Peruano del Lean Construction Institute. Fuente: Libro de teoría Lean Construction	11
Figura 3: Triangulo Lean. Fuente: Eugenio Pellicer.	21
Figura 4: Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida. Fuente: Alarcón, 2001	24
Figura 5: Funciones de la Logística. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 6: La producción como el flujo de procesos: Ilustración simplificada. Fuente: Libro de la teoría Lean Construction.	39
Figura 7: Comparación entre las diferentes visiones de producción. Fuente: Libro de la Teoría dl Lean Construction	40
Figura 8: Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	44
Figura 9: Proceso de construcción visible para todos los trabajadores en el interior del ascensor. Fuente: GL constructores.	46
Figura 10: Proceso de mejoramiento continuo en cualquier proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 11: Formación de asignaciones dentro del sistema del Ultimo Planificador. Fuente: Virgilio Ghio Castillo	55
Figura 12: Interacción de actividades planificadas. Fuente: Alarcón, 2001.	56
Figura 13: Interrelación de actividades planificadas. Fuente Alarcón 2001.	57
Figura 14: Interrelación entre los programas. Fuente: Alarcón 2001.	58
Figura 15: Interrelación entre las actividades aplicando Last Planner System. Fuente: Alarcón, 2001.	58

Figura 16: Preparación de actividades en la planificación Look ahead. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	64
Figura 17: Sistema de Planificación Tradicional por empuje de actividades. Fuente: Virgilio Guio Castillo.	66
Figura 18: Sistema del Ultimo Planificador: Un sistema de arrastre. Fuente: Virgilio Guio Castillo.	67
Figura 19: Sistema del Ultimo Planificador. Fuente: Virgilio Guio Castillo.	69
Figura 20: Revisión de actividades antes del programa Look ahead. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	74
Figura 21: Sistema de planificación tradicional por empuje de actividades. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	77
Figura 22: Ejemplo de un programa semanal de actividades. Fuente: GL constructores	79
Figura 23: Medición del desempeño del Ultimo Planificador. Fuente: Virgilio Guio Castillo	80
Figura 24: Veremos una visión global del sistema del Ultimo Planificador con sus distintos elementos. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	80
Figura 25: Fases de una estrategia de implementación del sistema. Fuente: Virgilio Ghio Castillo	86
Figura 26: Acciones detalladas de capacitación y sus posibles impactos. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	89
Figura 27: Algunos factores que pueden afectar la implementación. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	91
Figura 28: Tipos de iniciativas dentro de las empresas. Fuente: GL constructores.	92
Figura 29: Sistema de planificación de proyectos Last Planner. Fuente: Alarcón, 2001.	98
Figura 30: Organización de la empresa para el mejoramiento de la planificación. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	100

Figura 31: Estrategia de implementación del Last Planner en obra. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.	103
Figura 32: Formato de porcentaje del plan cumplido. Fuente: Elaborado por GL constructores.	110
Figura 33: Plantilla de programación semanal de actividades. Fuente: Elaborado por GL constructores.	111
Figura 34: Porcentaje Programa Cumplido. Fuente: Ballard, 2000.	112
Figura 35: Porcentaje de Programa Completado. Fuente: Elaborado GL constructores.	113
Figura 36: Explicación del Last Planner en Edificaciones. Fuente: GL constructores	118
Figura 37: Ubicación del Edificio Multifamiliar Las Dalias. Fuente: Google.	119
Figura 38: Levantamiento digital del edificio Multifamiliar Las Dalias. Fuente: Edificio Las Dalias	119
Figura 39: Aplicación del Last Planner. Fuente: Elaboración Propia.	123
Figura 40: Sectorización de áreas de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.	125
Figura 41: Plano con la sectorización del Sótano 2. Fuente: elaboración Propia.	127
Figura 42: Sectorización semanal del Sótano 2. Fuente: Elaboración propia.	128
Figura 43: Flujo para el vaciado de losa del Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia	129
Figura 44: Análisis de restricciones semanales. Fuente: GL constructores.	132
Figura 45: Jefe de Producción coloca los hitos en el cronograma. Fuente GL constructores.	134
Figura 46: Ingeniero de campo analizar las restricciones que pueden presentar. Fuente: GL constructores.	135

Figura 47: Cuadro resumen de encargados de hacer seguimientos. Fuente: GL constructores.	136
Figura 48: Programa de confiabilidad semanal revisado. Fuente: GL constructores.	139
Figura 49: Cuadro- resumen de porcentaje de plan de cumplimiento semanal. Fuente: GL constructores.	142
Figura 50: Cuadro-Look ahead semanal programado. Fuente GL constructores.	144

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índices de desempeño de resultados globales del proyecto.	27
Tabla 2: Índices de desempeño de los procesos involucrados en un proyecto.	28
Tabla 3: Índices de desempeño de acuerdo a variables presentes en un proyecto.	29
Tabla 4: Producción convencional y producción Lean.	53
Tabla 5: Estado de restricciones Unidad de Producción.	72
Tabla 6: Ejemplo de un Estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable).	72
Tabla 7: Comparación de Sistema Tradicional Vs Last Planner.	99
Tabla 8: Análisis comparativo del Last Planner.	120
Tabla 9: Metrado y costo de Zapatas. Fuente: Elaboración Propia.	150
Tabla 10: Presupuesto de losa aligerada en 2 sentidos.	151
Tabla 11: Presupuesto de losa con diseño Firth.	152
Tabla 12: Comparativo de Presupuesto Obra vs Presupuesto con Last Planner.	154

## **RESUMEN**

A través del programa Maestro (programación macro), se analizará el proceso de planificación Intermedia o Look ahead Planning, sucedido por el plan de trabajo semanal y diario.

La planificación intermedia (proceso Look ahead) es una expansión del programa maestro, que genera un programa de trabajo que, pensamos, puede ser ejecutado usando información del estado actual del proyecto y pronósticos sobre la disponibilidad de recursos.

Como se sabe, el programa Maestro cubre todas las actividades del proyecto, desde el comienzo hasta el término del mismo. En cambio, la planificación Look ahead abarca intervalos de sólo 4 a 8 semanas, según la complejidad del proyecto, en el futuro con relación a la fecha de la planificación porque la incertidumbre sobre lo que vendrá después deja sin sentido un mayor detalle.

El plan de trabajo semanal es la planificación que presenta el mayor nivel de detalle antes de realizar una actividad. Escoger qué trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser hecho, recibe el nombre de asignaciones de calidad. Sólo asignaciones de calidad pueden entrar en un inventario de trabajo ejecutable y posteriormente al plan de trabajo semanal, lo que protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo.

Para ello se tomó como estudio el edificio multifamiliar las Dalias, donde se explica detalladamente la aplicación de look ahead de la semana 19 donde se realizó el vaciado de losa del sótano 2 y se detalla el análisis de programación semanal con sus posibles restricciones y recursos para poder resolverlas, demostrando con ello que aplicando el Last Planner se maximiza la producción y se minimizan los costos.

### **PALABRAS CLAVES**

Construcción sin pérdidas, Planificación maestra, Plan semanal, producción sin pérdida y retroalimentación.

## **ABSTRACT**

Through the Master program (macro programming), the mid-term planning or Look ahead Planning, succeeded by the weekly plan and daily work will be analyzed.

The intermediate planning (Look ahead process) is an expansion of master program, which generates a work program that we think can be executed using information of the current project status and forecasts on the availability of resources.

As is known, the Master program covers all activities of the project from the beginning to the end of it. However, planning ahead Look intervals covers only 4-8 weeks, depending on the complexity of the project in the future in relation to the planning date because uncertainty about what comes next makes it meaningless greater detail.

The weekly work plan is the planning that has the highest level of detail before an activity. Choose what work will be executed in the next week from what we know can be done, is called quality assignments. Only quality assignments can enter an inventory of executable work and then to plan weekly work, protecting the flow of production uncertainties, which aims to create a reliable workflow. For this study was taken as the multifamily building Dahlias, which explains in detail the implementation of look ahead to week 19 where the drain basement slab 2 was performed and analysis of weekly programming with the possible restrictions and resources for detailed to resolve them, demonstrating that applying the Last Planner maximizing production and minimizing cost.

## **KEYWORDS**

Lean Construction, Last Planner, Look ahead, Lean Production y Benchmarking.

## INTRODUCCION

En la actualidad, las empresas constructoras no solo ofrecen trabajos con menor costo, sino también calidad, seguridad y tiempo. Por ello buscan optimizar sus tiempos de trabajos generando eficacia y utilidad a la empresa.

El presente trabajo explica la implementación de Last Planner System en un proyecto un edificio multifamiliar en Lima – Perú.

Los conocimientos previos se obtuvieron al asistir como participantes a la asignatura Lean Construction o Construcción sin Pérdidas del Máster Oficial en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil, dictado por Capitulo Peruano Lean Construction Institute (CPLCI),

La filosofía Lean Construction está siendo aplicada en la práctica por diferentes empresas en nuestro país y dada a conocer por el CPLCI. Este grupo, que ya forma parte de la comunidad Lean internacional, está destinado al desarrollo y mejora de la gestión de proyectos de construcción. Lo forman personal docente y profesionales

La empresa GL CONSTRUCTORES S.A.C, viene aplicando la filosofía del Lean Construction con la herramienta del Last Planner en sus diferentes proyectos de edificaciones.

Asimismo, con el estudio al Edificio Multifamiliar Las Dalias, se han logrado los resultados favorables en aspectos de márgenes de utilidad, productividad, eficiencia de mano de obra y seguridad.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El sector de la construcción siempre ha sido asociado a un mal desempeño. En general la percepción es que la construcción es un sector de baja productividad y de calidad dudosa dada la relativamente escasa especialización que poseen los trabajadores y profesionales del sector. Además, la relativa frecuencia de accidentes que son provocados por las condiciones inseguras en las que trabajan los obreros crea incertidumbre acerca de las condiciones laborales en las que se desempeñan los trabajadores. Pero sin duda la principal característica de este sector es la gran presión de trabajo que deben soportar todos los trabajadores, incluidas las jefaturas, lo cual provoca que no siempre se den soluciones apropiadas a los problemas que se presentan en terreno principalmente porque se vive el día a día.

Muchos de los problemas antes mencionados se generan debido a la falta de planificación de las obras, ya que los problemas se van solucionando a medida que van apareciendo. Si bien es cierto que hay inconvenientes que aparecen en forma inesperada, muchas de las trabas para ejecutar normalmente una actividad son predecibles. Por ejemplo, es muy común en obra que los materiales necesarios para ejecutar una actividad no se encuentren disponibles en el terreno al momento de necesitarlos, lo cual es completamente predecible ya que se puede saber con cierta antelación cuándo se dará inicio a la actividad y qué es lo que necesitamos para poder llevarla a cabo.

### **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

Una de las principales falencias que presentan los proyectos de construcción hoy en día es la dificultad que tienen para cumplir los plazos

previamente establecidos. La principal causa radica en que la ejecución de los proyectos de construcción requieren de un conjunto de disciplinas interrelacionadas entre sí y lograr un adecuado trabajo en conjunto es una tarea muy compleja. Este es un problema siempre presente en el rubro de la construcción y es por esto que las empresas buscan aplicar distintas metodologías que puedan mejorar este aspecto, destinando muchos recursos en ello. Sin embargo, pese al permanente desarrollo de estas herramientas, aún se presentan falencias. Si no fuera así el problema de los plazos estaría solucionado y no sería un dolor de cabeza para las empresas constructoras. De aquí surge la principal motivación para estudiar este tema, evaluando los beneficios y ventajas de aplicar la herramienta de Last Planner en edificaciones multifamiliares, tomando como caso específico el edificio multifamiliar Las Dalias - Miraflores planteando posibles mejoras en los procesos constructivos con el fin de tener una entrega de obra en menor tiempo previsto.

### **1.2.1 Problema Principal**

La baja productividad en los procesos constructivos en obra, ocasionada por el bajo flujo de trabajos realizados por los trabajadores, lo cual incluye la mano de obra y el rendimiento de cada uno de ellos, genera retraso en la entrega de las obras y pérdidas de costo y tiempo.

### **1.2.2 Problemas Secundarios**

- **Problema Secundario 1**

Se cree que las deficiencias en la planificación de obra influyen en el cumplimiento de la entrega de obra.

- **Problema Secundario 2**

De qué manera, las restricciones en obra influyen en el cumplimiento de los procesos constructivos.

### **1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1 Objetivo Principal:**

Comprobar que la baja productividad en los procesos constructivos en obra, se puede mitigar a través del uso de la herramienta del Last Planner, con la finalidad de reducir costos y tiempo de obra.

#### **1.3.2 Objetivos Secundarios:**

- **Objetivo Específico 1:**

Evaluar las deficiencias en la planificación del cronograma de obra, con la finalidad de reducir el cumplimiento de entrega de obra a través de la herramienta del Last Planner.

- **Objetivo Específico 2:**

Estudiar las restricciones en obra para determinar el grado de dificultad que se produce antes, durante y al analizar un proceso constructivo ocasionado por los trabajadores y parte administrativa

### **1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

Un buen sistema de planificación mejora en gran manera los inconvenientes en la Construcción. Por ello durante mucho tiempo se han aplicado métodos de planificación tradicionales, los cuales sin duda han sido de gran ayuda durante muchas décadas. En ellos está la esencia de la planificación como tal, por lo que no hay nunca que olvidar estos fundamentos. Sin embargo, los grandes cambios que han experimentado los proyectos de construcción han acarreado cambios en los métodos constructivos, lo cual es completamente esperable ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos se ha logrado modernizar bastante el sector. Estos cambios han acarreado nacimientos de nuevos métodos de planificación, que tratan de adaptarse de mejor manera a los cambios de la industria.

Por ello, en la tesis se difunde la implementación para añadir a la gestión de una empresa constructiva y explicar las buenas prácticas que se ha logrado

con el Sistema del Último Planificador, impartido no solo en el Perú, sino en varios países del mundo. Dicha gestión no es novedosa para la mayoría de las empresas constructoras; por el contrario, dicho sistema no ha sido difundido como debería en nuestro país; de tal manera que, en esta tesis aplicaremos una metodología entendible para las pequeñas y medianas empresas de nuestro entorno.

Con esta aplicación se quiere tener un mejor concepto de la utilización de los formatos que ayudarían a mejorar el control de productividad.

- **Conveniencia.-**

Esta investigación es necesaria porque contribuye a optimizar la productividad en la construcción, y que se utilice la herramienta de Last Planner ya que reduce los costos y tiempo de obra.

- **Relevancia Social.-**

Mitigar el tiempo de entrega de obra, causada por el bajo flujo de productividad, para así disminuir tiempo y costo evitando multas por retraso de entrega de obra.

- **Implicancias Prácticas**

De acuerdo a una de las aproximaciones del concepto de construcción sostenible, dentro de la industria de la construcción, se debe realizar las edificaciones a corto plazo, ya que utilizando esta herramienta, Last Planner, nos brindará mayor utilidades y recursos.

- **Viabilidad de la Investigación**

Existen estudios, en Europa, sobre la planificación de cronograma de obra en el rubro de la construcción que permitiría tomarlas como referencia, tanto en conceptos como en metodología que ayudaría a viabilizar la investigación.

Se cuenta con toda la información requerida para la tesis.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis Principal:**

Si se maximiza la productividad en los procesos constructivos se minimiza los costos y tiempo de duración de toda la obra.

### **1.5.2 Hipótesis Secundarios:**

#### **• Hipótesis Secundarios 1:**

Aplicando la herramienta de Last Planner minimizo el déficit en la planificación de obra, por ende acelero la entrega de obra.

#### **• Hipótesis Secundario 2:**

Si minimizo las restricciones en obra, se optimizara el tiempo y los trabajos realizados por los trabajadores o parte administrativa.

## **1.6 DISEÑO DE METOLOGIA**

### **1.6.1 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación. Es longitudinal teniendo como referencia desde el 9 de mayo del 2014 hasta la fecha.

**Método.-** La metodología consistirá en:

1. Recopilar información y teoría de Lean Construction de otras investigaciones similares a nivel nacional e internacional para analizarlas
2. Identificación de beneficios de la aplicación de Last Planner en los edificios multifamiliares.
3. Aplicación de la herramienta Last Planner en la edificación “Las Dalias” revisando los procesos constructivos en las partidas de estructuras y arquitectura.
4. Comparación de los resultados obtenidos (tradicional versus Last Planner).
5. Obtener conclusiones para luego hacer las recomendaciones necesarias.

### 1.6.2 Población y Muestra

La construcción está basado por las Empresas Constructoras, Por ello nuestra muestra será tomada en forma radial A la empresa GL Constructores SAC la cual está construyendo el edificio multifamiliar Las Dalias.

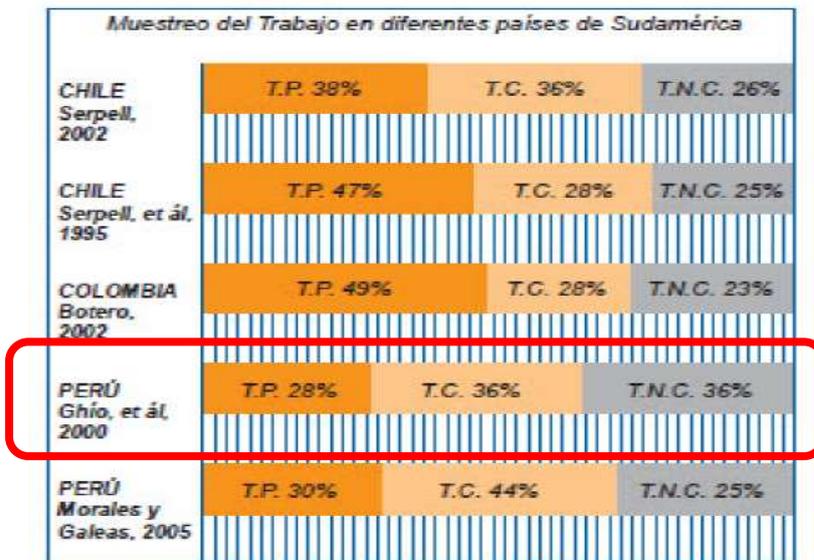
- **Población:** Conjunto de actividades para construir el edificio las Dalias.
- **Muestra:** Partida de estructuras y arquitectura.
- **Técnicas e Instrumentos De Medición:** Revisión de informes de avance y encuestas, metrados y cronogramas.
- **Prueba y verificación de instrumentos:** Se hará una comparación con las planificaciones tradicionales versus el Last Planner.
- **Verificar la consistencia de los datos:** Precisión de datos que se van a utilizar.
- **Técnicas estadísticas:** Se hará los cálculos estadísticos necesarios.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 1.1.- Antecedentes generales.

En 1997, cuando se funda el *Lean Construction Institute* (LC I) el “Último Sistema de Planificación” ya había evolucionado aproximadamente a su forma actual. Lo que quedaba por hacer era mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo por encima de la gama de 35%-65% obtenida hasta ese momento. “*The Last Planner System of Production Control*”, establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad. Actualmente la implementación del “Ultimo Sistema de Planificación” es una de las prácticas más divulgadas que ilustran la introducción de “Lean Construction” en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú.

Lean Construcción es una nueva forma de producción, cuyo objetivo es eliminar y/o minimizar las pérdidas de los recursos que usamos para construir un proyecto, a fin de generar el máximo valor posible para sus clientes. El enfoque hacia la eliminación de las perdidas es muy importante, porque los niveles de desperdicio en la construcción, en todo el mundo, son muy altos. Diversos muestreos de los tipos de trabajo en la construcción los cuales pueden ser PRODUCTIVO (TP), contributivo (TC), y no contributivo (TNC), nos dicen que alrededor de una tercera parte de la producción en las obras de construcción está compuesta por desperdicios. (Ver Fig., 1).



**Figura 1: Muestreo del Trabajo en diferentes países de Sudamérica**

**Fuente: Libro de teoría Lean Construction**

Sin duda alguna, la Construcción está cambiando de una forma impresionante. Manifestándose con cambios significativos en el modo de gestión, que incorporan calidad, seguridad, especialización, productividad, tecnologías, más información y otras disciplinas de gestión.

Una visión similar acerca de la planificación convencional es la que tienen algunos autores como Cornick 1991; Austin 1994; Koskela 1997; Ballard and Koskela 1998; Formoso 1998. Estos autores tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que realizamos, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Muchos son los intentos hechos para mejorar los problemas antes mencionados entre ellos están: La administración de proyectos, la ingeniería concurrente, modelos de procesos, Ingeniería del valor, nuevas formas organizacionales, apoyo de información tecnológica, nuevos índices de desempeño, etc. (Ballard y Koskela 1998). Aunque los enfoques anteriores

contienen interesantes y aparentemente efectivas técnicas, están sumamente fragmentadas y carecen de una sólida base conceptual. Esta base teórica, faltante en las técnicas anteriores, debe ser entendida como una relación entre tres diferentes modelos: conversión, flujo y valor, entendiéndose por valor el nivel de satisfacción del cliente.

Una serie de investigadores, nacionales e internacionales, han realizado un esfuerzo por conceptualizar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que nos permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción. Esta referencia teórica desarrollada recibe el nombre de “*Lean Construction*” o “*Construcción sin Pérdidas*”, cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

### **1.1.1- Discusión Bibliográfica**

Se ha realizado un análisis a las prácticas convencionales realizadas en la planificación actual. Muchos autores por lograr entender las causas por qué la planificación que se hacen a diario en las obras es poco fiable y muchas veces errada, en el proyecto completo incluyendo Ingeniería básica y de detalle, adquisiciones, compras, etc.

Con el fin de conocer y discutir algunas técnicas de “*Lean Construction*”, se reúne la información proveniente de muchos autores, en especial los agrupados en el “Grupo de *Lean Construction*” (LCI), pues los trabajos iniciales hechos por Koskela, Alarcón, Howell, Ballard, entre otros, requieren de un estudio más detallado para poder ser implementado y no sean sólo un Sistema teórico.

Los ejemplos de aplicación publicados por los integrantes del *Lean Construction Institute* servirán como apoyo práctico para aplicar las herramientas del Lean Construction, además de una serie de experiencias en la implementación del sistema del Último planificador, se analizará los

resultados obtenidos en estas puestas en prácticas para comprender sus métodos, barreras y soluciones.

## 1.2 Desarrollo de instituciones sobre Lean Construction

En Perú se ha creado el capítulo peruano del *Lean Construction Institute*, el cual cuenta con el aval y respaldo de *Lean Construction Institute* de los Estados Unidos. (Ver Fig. 2).



**Figura 2: Reunión de los creadores del Capítulo Peruano del Lean Construction Institute. Fuente: Libro de teoría Lean Construction**

### 1.2.1 Desarrollo en Europa.

Después de la implementación del Sistema del Último Planificador en los Estados Unidos, se empezó a implementar esta herramienta en Europa (Reino Unido, Dinamarca, Países Bajos y Finlandia). Uno de los ejemplos más importantes de *Lean Construction* en Europa fue el Proyecto *Channel Tunnel Rail Link (CTRL)*, en Londres.

El proyecto consistía en la transformación de la estación londinense de St. Pancras construyendo un enlace ferroviario con el túnel del Canal de

la Mancha y al principal ferrocarril británico de reciente construcción del último siglo.

El proyecto implicaba la reforma de la estación actual de categoría 1 (el octavo patrimonio más importante del Reino Unido) mediante la ampliación de la estación en 185m, lo que proporcionaría trece nuevos andenes para servicios nacionales e internacionales y una nueva estación subterránea de la línea Thameslink. En junio de 2003, CORBER (una empresa conjunta de Costain, Laing O'Rourke, Bachy, y EMCOR Rail) implementó los conceptos de Lean Construction y teniendo resultados muy positivos.

Se calcula que el ahorro total hasta el final del proyecto ascendió a 6 millones de dólares, un 6,4 % del presupuesto y un rendimiento 6,4 veces mayor que la inversión.

Se estimó un ahorro adicional como resultado de iniciativas que son todavía demasiado recientes como para evaluarse, así como beneficios indirectos en áreas como la seguridad, si bien éstos no se han medido todavía.

Además de los ahorros de costos, se han podido observar otros beneficios en áreas como la participación de los socios partícipes, la transparencia de los procesos, la colaboración en la planificación, análisis y acciones dirigidas a los motivos de los fallos de un plan, integración del producto y diseño de procesos.

### **1.2.2 Desarrollo en Latinoamérica**

#### **CHILE**

El primer país de Latinoamérica en implementar la filosofía Lean Construction fue Chile, siendo Luis Alarcón el gran referente, profesor de la Universidad de Católica de Chile, trajo consigo estos conceptos de

Estados Unidos, viendo cómo se estaba implementando esta filosofía con tan buenos resultados.

Alarcón fue uno de los fundadores del Centro de Excelencia de Gestión de Producción(G.E.P.U.C.), perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile, desde el año 2000 ha llevado a cabo programas que buscan introducir los principios del Lean Construction en empresas constructoras chilenas.

Los registros de los resultados que se han obtenido de la implementación del Sistema Último Planificador hasta el año 2003 ascendían a los 77 proyectos.

## **COLOMBIA**

El año 2003 se aplicó el Last Planner en proyectos de construcción en la ciudad de Medellín, Colombia, en el cual participaron siete empresas nacionales que respondieron a una convocatoria abierta hecha por el grupo de investigación.

A cada proyecto se le revisó el programa maestro y se le elaboró una planificación intermedia para un horizonte de 5 semanas.

Además, se realizó la planificación semanal con la participación de los últimos planificadores y semanalmente se realizaron reuniones de verificación de cumplimiento del programa semanal y causas de no cumplimiento.

Se seleccionó un total de 12 obras representativas de los sistemas constructivos empleados en Medellín para construir viviendas

Se pudo observar que en la medida en que se desarrolla la implementación del nuevo sistema, la confiabilidad aumenta, ya que a

medida que el tiempo pasa el equipo comienza a tener un mayor grado de conocimiento del sistema y el hecho de poder observar los progresos hace que el equipo se entusiasme más y desee continuar en la camino de la mejora.

## **PERÚ**

En 1999, GyM, la constructora del Grupo Graña y Montero, decidió iniciar la aplicación de metodologías Lean en dos proyectos de gran envergadura: el mercado mayorista Minka, en el Callao y el edificio Latino.

Desde entonces, GyM hizo suya la filosofía Lean como fundamento para la gestión de sus proyectos. Doce años han transcurrido desde la culminación de estas importantes obras y muchos conceptos maduraron.

Es así que, cuando la constructora ganó el concurso privado para la construcción del Hotel Libertador Westin, el más alto del país, ya se habían desarrollado las herramientas y metodologías necesarias para garantizar la creación de valor en los clientes.

## **CAPITULO II: LEAN CONSTRUCTION COMO UNA FILOSOFÍA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS**

### **2.1 Reseña histórica.**

Las primeras ideas de la nueva filosofía de producción se originan en Japón en el año 1950, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas, limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas. (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1984, Shingo 1988).

Simultáneamente, los aspectos de calidad han sido implementados por la industria japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum. La filosofía de calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Estas ideas han sido desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales en un largo proceso de pruebas y errores; pero no establecieron una base teórica de fondo. Por consiguiente, hasta el principio de los años 80s, la información que tenía el mundo Occidental fue muy limitado. Sin embargo, las ideas difundidas a Europa y Norteamérica comienzan aproximadamente en 1975, debidas al cambio de mentalidad de la industria automotriz.

Durante los años 1980, una serie de textos fueron publicados para explicar y analizar el acercamiento hacia la nueva filosofía en forma más detallada (Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Henos 1988, O'Grady 1988, Garvin 1988, Berangér 1987, Edosomwan 1990). A principios de los años 90s, la nueva filosofía de producción, es conocida con diferentes nombres (la fabricación de clase mundial, Producción flexible, nuevo Sistema de

producción), la cual ha sido practicada, al menos parcialmente, por grandes empresas de fabricación en América y Europa. El nuevo acercamiento también ha sido difundido a nuevos campos, como la producción personalizada (Ashton y Cook 1989), servicios, administración (Harrington 1991), y el desarrollo de nuevos productos. Mientras tanto, la nueva filosofía de producción ha sufrido un impulso en su desarrollo, principalmente en Japón, nuevas herramientas han sido desarrolladas paralelamente para aumentar el desarrollo de la filosofía, como el Despliegue de Función de Calidad (QFD) (Akao 1990).

El Lean Production o Sistema Toyota 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, en su libro *La Meta, Teoría de las restricciones, Las cadenas críticas y No fue la suerte* (2° parte de *La Meta*), que ha revolucionado la administración de negocios y por su extensión a la Construcción. Paralelo a la propuesta de Goldratt se crea una nueva filosofía de Planificación de proyectos, que nace a comienzos de los años 90s en Finlandia, teniendo como modelo el Lean Production Japonés, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y Controlar obras. Koskela propone esta nueva filosofía de Control de producción en su tesis de Doctorado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992.

## **2.2 Lean Production (Producción sin pérdidas).**

Al finalizar la década de los años veinte se presenta en Estados Unidos una crisis de sobreproducción, manifestada en un sub consumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, lo que hace necesario implementar ajustes que dan paso al establecimiento generalizado del fordismo, un modelo productivo y distributivo innovador, ya que logra generar un mercado de masas

para la gran producción acumulada. En el fordismo, la forma organizacional o el control del proceso de trabajo se da a través de las normas incorporadas al dispositivo automático de las máquinas, o sea, es el propio movimiento de las máquinas (caso de la cadena de montaje) quien dicta la operación requerida y el tiempo asignado para su realización (Coriat B et Al, 1988). Con Ford, la cadena de montaje viene a sustituir las técnicas taylorianas de medición de tiempos y movimientos y a someter a acciones del personal a una cadena regulada de producción. Las reglas generales para eliminar el trabajo sobre asignado y la escala de producción cambian por completo.

En efecto, gracias a los transportadores de materiales se eliminan los tiempos muertos del taller y con ello se logra una mayor efectividad de la jornada de trabajo. De la misma manera se reduce el trabajo complejo al lograr una importante parcelación de la ejecución, una máxima de la subdivisión del trabajo. Aquí la producción de partes estandarizadas y en grandes cantidades se convierte en la norma, el resultado es una mayor producción, la producción en masa, y una combinación de aumento de Productividad y de intensidad de trabajo.

Después de la Segunda Guerra Mundial la expansión de las organizaciones de producción en masa fue notable, la estabilidad de sus ambientes, esto es de sus mercados, generó grandes estructuras burocráticas; rígidas, pesadas, previsibles, que respondían totalmente a dichos mercados, sin embargo, a fines de los 60s el modelo empezó a erosionarse con la ostensible disminución de Productividad.

Alain Lipietz (1985) es claro cuando dice, al cabo de medio siglo de Taylorismo y Fordismo se volvió natural esperar que cada año un obrero produjera más que el año precedente y no se encontraba la causa para constatar que ese crecimiento disminuía, pero la productividad en el ingenio humano, no pueden ser explotados por los métodos taylorianos; los del embrutecimiento, los de la

parcelación de las tareas, los de la dedicación de turnos de trabajo de una forma definitivamente repetitiva.

El modelo llegaba a su límite y habría que readecuarlo, y justamente en las innovaciones que incorpora el toyotismo a la organización del proceso de trabajo, se encuentran algunas salidas a la inflexibilidad de la estructura burocrática de la producción en masa, aunque el problema de reactivación económica aún no se resuelva. Aquí hay que destacar que el Sistema Toyota tuvo su origen en la necesidad particular de Japón de producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos. Por tanto el Sistema que se deriva de esta necesidad es fundamentalmente competitivo en la diversificación, por su flexibilidad, en contraposición al sistema de producción en serie, contrario al cambio.

El aporte principal de Toyota es haber generado un sistema, una forma de organización del trabajo para lograr producir a bajos costos y volúmenes limitados de productos bien diferenciados. (Coriat B., 1992)

Su fundador el Ing. Ohno (1978) considera las diferencias con el método estadounidense al indicar que en la rama automotriz norteamericana se utiliza un método de reducción de costos al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, mientras que en Toyota se fabrica a un buen precio pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. En esa vertiente el reto para los japoneses fue lograr ganancias de productividad que no usaran los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana. La racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de costo mínimo o "fábrica mínima", que aduce a la reducción de stocks, materiales, equipos, espacios y trabajadores y se complementa con el principio de "fábrica flexible" sustentada en la flexibilidad del trabajo en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y pronta atención a la demanda.

El resultado es un nuevo tipo de fábrica: la fábrica ligera transparente y flexible, sus pilares son la producción en el momento preciso y la auto activación, de

estas ideas nace el término “Lean” que ya lo podemos definir como un sinónimo de mínimo, ligero, flexible u otros muchos términos afines, tales como; pobre, magra o sin pérdidas.

Ciertamente, la celeridad del cambio y la complejidad ambiental elevan las presiones competitivas y aumentan el interés por encontrar la forma organizacional y la estrategia adecuada para lograr ventaja competitiva. Las características del Modelo Japonés han sido bien resumidas (Womack J.P., Jones D.T., Roos D. 1990; Golhar D., Stamm C.L. 1991; Bonnazzi G., 1993) en los términos siguientes:

1. Eliminación de los recursos redundantes considerados como pérdidas y la implantación del Lean Production, la diferencia con el modelo fordista reside en la necesidad de menos existencias, menos espacio, menos movimiento de materiales, menos tiempo para preparar la maquinaria, menos sistemas informativos y tecnologías más austeras y menos trabajadores. El suministro justo a tiempo (JIT) de los materiales que se van a utilizar o ensamblar es la forma de conseguir esos objetivos. El JIT regula también la relación con el cliente final y los programas de producción que son elaborados con el objeto de que presenten la mayor flexibilidad y sensibilidad posible a las variaciones del mercado.
2. Los subcontratistas son elegidos no por el costo total de su trabajo, sino dependiendo de su capacidad para colaborar con la empresa líder en proyectos a largo plazo. El resultado es el desarrollo de una compacta red cooperativa basada en relaciones de confianza, de recíproca transparencia y contratos a largo plazo.
3. La participación del personal en las decisiones sobre producción, lo que presupone una elevada capacidad profesional de los trabajadores, la cual no se limita a la destreza en las operaciones rutinarias sino que se manifiesta en la “**multi especialización de los trabajadores** ”, en la

decisión autónoma de interrumpir el flujo cada vez que se observan anomalías y defectos, a fin de eliminarlos de inmediato y en la colaboración para solucionar los problemas planteados por la introducción de innovaciones tecnológicas.

4. El objetivo de la Calidad Total o Cero Defectos, sin aumento de costos, se basa en el concepto de que la eliminación de un defecto es tanto más rápida y económica cuanto más próximo se está al momento en que se ha detectado el defecto. La consecuencia es que la calidad se incorpora al proceso productivo con la progresiva eliminación de los controles posteriores. Las diversas fases del proceso productivo se conciben como una relación entre el proveedor y el cliente regulada por el auto certificación de la calidad del material o de la prestación efectuada.

Hay mejoramiento continuo (Kaizen) pues cada uno de los aspectos del proceso de producción está sujeto a discusión y experimentación de posibles soluciones.

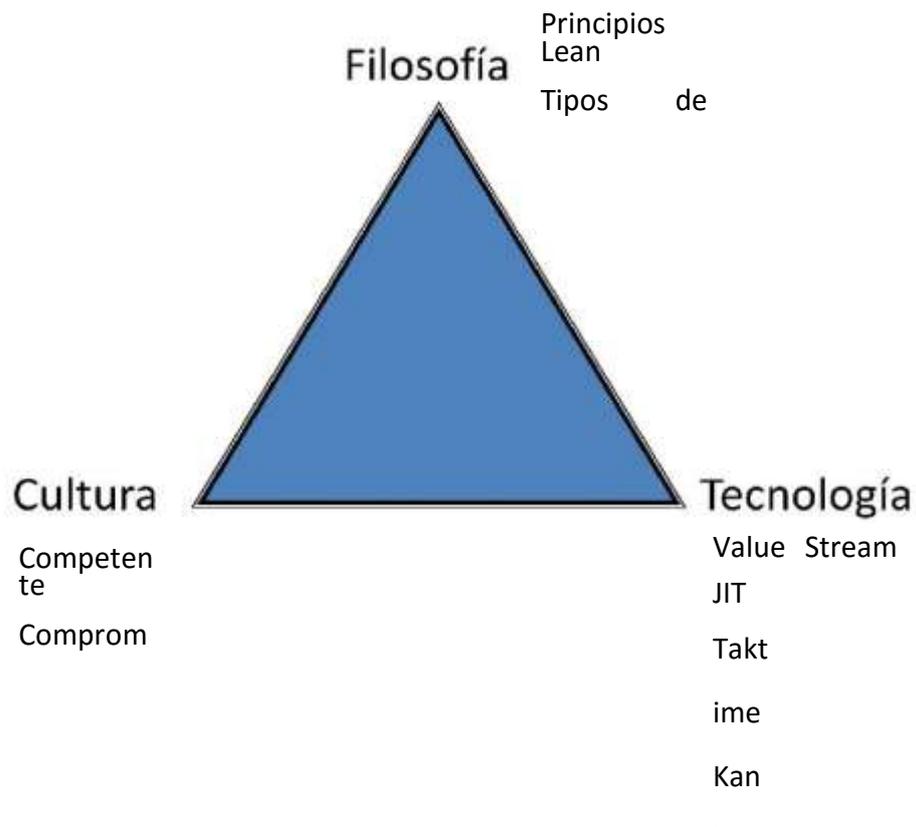
Finalmente el sistema de premios se basará en incentivos grupales por innovación y producción de alta calidad de la producción en lugar de incentivos para producción individual. El control debe ser por autorregulación, tendiendo a disminuir los controles externos, tales como inspecciones técnicas y controles de calidad posteriores a la ejecución.

### **2.3 Triángulo Lean**

El pensamiento Lean es principalmente añadir valor y eliminar pérdidas.

Si lo viésemos como un triángulo lo encontraríamos como:

- Filosofía, dado que Lean no es un método de control más, puesto que en sus fundamentos aparecen una serie de principios y se redefinen conceptos como valor, pérdidas o cliente.
- La cultura, ya que la aplicación de Lean es continua, los agentes se comprometen y es adaptable a los proyectos.
- La tecnología, dado que es a través de herramientas es como se aplica Lean. (Ver Fig. 3).



**Figura 3: Triangulo Lean. Fuente: Eugenio Pellicer.**

#### **2.4 La Construcción y el concepto de actividad.**

Se analizará si el grado de problemas que existen en la visión convencional de la producción en las edificaciones multifamiliares tradicionales, se presentan de la misma manera en el campo de la construcción. También se analizará los

conceptos básicos de la producción en el campo de la construcción, para después enfocarnos a los problemas tradicionales causados por estos conceptos convencionales que forman parte de la “física” de la Construcción.

#### **2.4.1 La conceptualización tradicional de la Construcción**

Estudios han demostrado que la planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total de un proyecto, sin embargo, regula la ejecución global de éste. Por lo tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y, por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad (Lira, 1996).

Sin embargo, en general la planificación ha sido resumida a la creación de presupuestos, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas durante un proyecto (Bernardes, 2001). Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernardes 2001):

- a) La planificación de producción normalmente está basada solamente en la experiencia de los administradores.
- b) El control está basado en general, en el intercambio de informaciones verbales entre el ingeniero con el jefe de obras, cubriendo solamente un corto plazo de ejecución sin ninguna relación con los plazos más largos cubiertos en los planes de ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia en la utilización de los recursos.
- c) La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en la industria de la

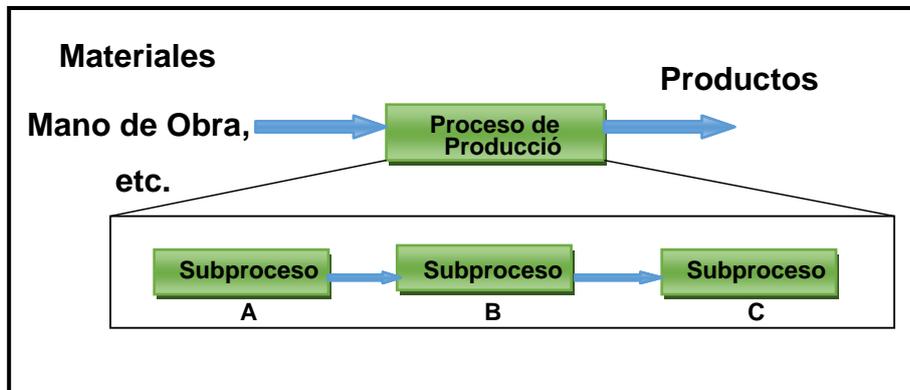
construcción, se orienta más bien al control de las actividades. Un control orientado solo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas.

- d) Se olvida la incertidumbre inherente de los procesos productivos en los proyectos de construcción; esto se observa en planes de largo plazo muy detallados que llevan a realizar constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
  
- e) En general, se aprecian fallas en la aplicación e implementación de software para planificación, adquiridos y utilizados sin antes haber identificado las necesidades reales de sus usuarios y directivos de la empresa. Sin esa identificación, estos programas computacionales generan una gran cantidad de datos apenas relevantes y/o innecesarios.

Después de la Segunda Guerra mundial, hubo varias iniciativas diferentes para entender la física de la construcción y sus problemas, además de desarrollar soluciones correspondientes a mejorar parte de sus métodos. Reconocemos antiguas iniciativas estratégicas para mejorar como la industrialización, la integración de la computación, y la dirección de calidad total.

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Conversión, el cual se muestra en la Figura 4. Este proceso puede ser dividido en subprocesos. Este modelo también considera

subprocesos, denominados genéricamente, subprocesos de conversión. (Ver Fig. 4).



**Figura 4: Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida.**

**Fuente: Alarcón, 2001**

Este modelo posee los siguientes errores (Lira, 1996):

- f) No diferencia entre las actividades de conversión, tales como hormigonado, albañilería, etc (actividades que agregan valor) y las actividades de flujo, tales como esperas, controles, movimientos, etc (actividades que no agregan valor). Este modelo considera que todas las actividades agregan valor.
- g) Una de las premisas fundamentales del modelo, estima que el costo total del proceso puede reducirse minimizando los costos de cada subproceso, ignorando los efectos producidos por la interdependencia entre subprocesos. El modelo no considera la variabilidad de los resultados y los trabajos rehechos, pues se asume que el trabajo pasa linealmente y secuencial mente a través del sistema de producción.
- h) No existe preocupación por el impacto que produce en el producto final, la mala calidad de los recursos, la variabilidad y la incertidumbre.

La insuficiencia de un marco conceptual adecuado ha sido estudiada a fondo por Sanvido (1988), Laufer y Tucker (1987) que sugieren una

reexaminación total de la filosofía de Proyectos. Aunque esta carencia de un marco unificado conceptual y teórico ha sido persistente a pesar de la realización de crecientes esfuerzos por mejorar los defectos del modelo de actividad.

#### **2.4.2 ¿Por qué el modelo convencional ha sido adoptado?**

¿Por qué el modelo de conversión ha sido usado en primer lugar, cuándo sus desventajas, al menos por la experiencia, son tan evidentes? Johnson y Kaplan (1987) dan una pista a una posible respuesta.

El modelo de conversión fue establecido en siglo XIX, cuando las empresas y plantas manufactureras se centraban solamente en conversiones. Hacia el final del siglo, la tendencia era formar empresas jerárquicamente organizadas, controlando varios procesos de conversión. Los procesos de producción eran simples, flujos más corto y organizaciones más pequeñas, pero los problemas debido a la base conceptual permanecieron indiferentes. Sólo más tarde, cuando el modelo de conversión fue aplicado a la producción más compleja, surgen problemas evidenciados claramente.

### **2.5 El flujo en los procesos en la construcción.**

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. Entonces, daremos una mirada inicial a los proyectos de construcción basados en flujos, enfocados en su valor y pérdidas asociadas.

El modelo de proceso de producción según los principios de Lean Construction se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo (Bernardes, 2001), puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción. El impacto sobre éstos tiene una influencia muy superior en el proceso de

producción entero, en comparación a los procesos de conversión, que sólo representan entre un 3% a un 20% de los pasos que agregan valor (Alarcón, 2000).

### **2.5.1 Mediciones que debemos hacer**

La medición de datos se requiere por dos motivos: para conducir el mejoramiento interno de la organización, y para comparar los datos obtenidos de los indicadores escogidos. Para las organizaciones directamente implicadas en la construcción el primer motivo es el principal, mientras que para el cliente final el segundo pasa a ser mucho más importante.

Los indicadores más importantes enfocados en los flujos, según la visión de *Lean Construction*, deben ser:

- Pérdidas: Tales como la cantidad de defectos, adaptaciones, el número de errores de diseño u omisiones, la cantidad de órdenes de cambio, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total.
- Valor: El valor se define como el grado de satisfacción del cliente final, o sea que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. El valor debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción.
- Tiempo de Ciclos: Los tiempos del ciclo principal y de sus subprocesos son uno de los indicadores más poderosos.
- Variabilidad: La producción en la construcción variará con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes instalados, facilidad de instalación, tolerancias de fabricación y elevación, etc. Esta desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable (*Tommelein et. al. 1998*).

En la filosofía de Lean Construction, como marco conceptual, clasificaremos los indicadores de desempeño en tres categorías: Por resultados, por procesos y por variables. Estos indicadores deben cumplir los siguientes requisitos:

- Especificidad: Deben estar relacionados con aspectos, etapas y resultados claves del proyecto o del proceso.
- Simplicidad: Deben ser de fácil aplicación, comprensión y medición.
- Bajo costo: El costo de la medición debe ser significativamente menor que el potencial ahorro.
- Representatividad: Debe dar información veraz y confiable del proceso evaluado. (Ver Tablas 1, 2 y 3).

**Tabla 1: Índices de desempeño de resultados globales del proyecto.**

Resultados	Parámetros	Unidades
Costo	Desviación del Costo	Costo Real / Costo Presupuestado
Plazo	Desviación del Plazo	Plazo Real / Plazo Presupuestado
Mano de Obra	Eficiencia de la M.O	HH Real / HH Presupuestada
		Costo Real / Costo Presupuestado
<b>Alcance de Obra</b>	<b>Cambio en alcance del Proyecto</b>	<b>Costo de órdenes de Cambio/ Costo Presupuestado</b>
Calidad	No Conformidad	Nº de no cumplimientos
		Costo del No cumplimiento / Costo total de la Obra
	Cuadrillas de Remate	Costo de M.O de cuadrilla / Costo M.O Total

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 2: Índices de desempeño de los procesos involucrados en un proyecto.**

Procesos	Parámetros	Unidades	
Construcción	Productividad Rendimiento	Real vs. Presupuestada	
		HH / ton	\$ / ton
		HH / m3	\$ / m3
		HH / ml	\$ / ml
	Etc.	Etc.	
Trabajo Rehecho	HH trabajo Rehecho / HH totales		
Pérdida de Materia	% de pérdidas de materiales con respecto al Total Completado		
Equipos	HM Reales / HM Presupuestadas		
Abastecimiento	Atrasos	N° de pedidos atrasados / N° total de pedidos	
		N° de actividades en espera / N° de actividades en el periodo	
	Conformidad con especificaciones	N° de pedidos con errores / N° total de pedidos	
Planificación	Efectividad de la Planificación	% de actividades Completadas = N° de actividades totalmente Completadas / N° de actividades planificadas	
Gestión	Avance	HH vendidas / HH presupuestadas	
Diseño/Ingeniería	Cambios de Diseño	N° de cambios / Total de Planos	
	Errores/Omisiones	N° de errores / Total de Planos	

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 3: Índices de desempeño de acuerdo a variables presentes en un proyecto.**

Variables	Parámetros	Unidades
Seguridad	Índice de Accidentes	$(N^{\circ} \text{ de accidentes}) \times 100 / N^{\circ} \text{ total de trabajadores}$
	Tasa de Riesgo	$(N^{\circ} \text{ Días perdidos}) \times 100 / \text{Promedio anual de trabajadores}$

**Fuente: Elaboración propia.**

Existen varios problemas que se presentan en el desarrollo de las mediciones en la construcción:

- El carácter de único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.)
- La dificultad de tomar datos en terreno.
- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.
- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Uno de los indicadores que no podemos dejar de lado es el desempeño de la mejor empresa del mercado y sus promedios, además del promedio de la industria completa el cual puede ser algunas veces contra productivo pues en un nivel de funcionamiento es interesante, pero tiende a producir la autocomplacencia en aquellas empresas que están sobre el promedio. Para aquellas empresas bajo la media, el primer objetivo implícitamente señalado debe ser alcanzar el promedio.

## 2.5.2 Problemas de flujo causados por conceptos directivos convencionales

El *Lean Construction* acepta los criterios de diseño del sistema de producción desarrollados por Ohno como un estándar de perfección. ¿Pero cómo podemos aplicar el Sistema Toyota en la construcción? La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas de la industria automotriz y manufacturera debido a la creencia que la construcción es diferente. En un sentido logístico, en la industria de la construcción existe una fuerte interdependencia entre proveedor-constructor-cliente, incluidos los clientes internos, tal como en la industria manufacturera. En este contexto la construcción debe ser gerenciada de la misma manera.

Las pérdidas en la construcción y la fabricación provienen del mismo pensamiento centrado en la visión de conversión: *“Mantener la presión intensa sobre la producción y sobre cada actividad porque la reducción del costo y la duración de cada paso es la llave del mejoramiento”*. Autor: Alarcón

Esta presión se mantiene mediante un riguroso control, que de entregar malos resultados, los esfuerzos apuntan a reducir el costo y la duración de la tarea que le sigue o cambios en la secuencia de trabajo. Si estos esfuerzos no solucionan el problema, se recurre a negociar el costo del programa si es posible. Dicha focalización en las actividades oculta las pérdidas generadas por la incertidumbre de la finalización de alguna actividad necesaria para continuar con nuestra secuencia lógica planificada o la llegada de recursos necesarios.

Manejar la interacción entre actividades, los efectos combinados de dependencia y la variabilidad, son esenciales si debemos terminar proyectos en un corto tiempo. La reducción al mínimo de los efectos combinados de dependencia y variación se hace una cuestión central para la planificación y el sistema de control para lograr la reducción de la

duración de cualquier proyecto de gran complejidad. La necesidad de mejorar la fiabilidad en circunstancias complejas y rápidas es obvia pues la complejidad es directamente proporcional al número de actividades que pueden interactuar. Requerimos entonces mejorar nuestras formas de planificación y control.

El primer objetivo del *Lean Construction* es entender "la física" de producción en la Construcción, los efectos de dependencia y la variabilidad a lo largo de las cadenas de actividades y el suministro de éstas.

La física de la construcción no se refiere al concepto típico usado en la educación de la construcción, asociado al comportamiento de los materiales.

Las críticas de los conceptos directivos convencionales pueden ser estructurados en tres grupos: método secuencial de realización del proyecto, carencia de consideraciones de Calidad y Controles segmentados.

A continuación se explican cada uno de estos puntos brevemente:

- a) Método secuencial de realización de proyectos: durante la planificación, la totalidad de las tareas son ordenadas en forma secuencial, las cuales son asignadas a diferentes especialistas para su completa ejecución, no existiendo una visión global de la interacción entre ellas.
- b) Carencia de consideraciones de calidad: en el enfoque administrativo tradicional, no se efectúa un esfuerzo especial por eliminar fallas, errores, omisiones, etc., ni para reducir su impacto; y se piensa que existe un nivel óptimo de calidad pues son eliminados en controles posteriores (Koskela 1992). Además nuevos sistemas de Gestión de Calidad son usados como herramientas de Marketing para la adjudicación de propuestas y no como un medio que apunta a aumentar la productividad mediante la eliminación del trabajo rehecho.
- c) Controles segmentados: en el enfoque tradicional, se controlan sólo las partes componentes de los procesos, en vez de inspeccionarlos en su

totalidad. En la mayoría de la ocasiones la razón de esta situación recae sobre la estructura jerárquica de la organización (Koskela 1992)

De los procesos de fabricación, nace la evidencia de los efectos contraproducentes de estos principios directivos. Además de estos conceptos genéricos, la mala utilización del CPM (el método de camino crítico) o los métodos de red son una cuarta fuente de problema específica en la construcción.

El problema de la Planificación tradicional es que, planificamos como si todas las actividades se fueran a cumplir, por lo que la Productividad colapsa en cadena, cuando alguna de las actividades claves no se cumplen. (Alarcón, 1994) Los defectos de estos métodos han sido observados en algún u otro grado y han sido buscadas muchas alternativas. Sin embargo, careciendo de una teoría sólida, dichos esfuerzos han permanecido insuficientes o simplemente han quedado en nada.

Presentamos a continuación los principios de Lean Construction como una solución a los problemas antes mencionados.

## **2.6 Pérdidas, cadena de valor y logística desde el punto de vista de su dirección en la construcción.**

Como fuente principal de mejoramiento de la producción en la construcción, Lean Construction se centra en el mejoramiento de la logística de la producción, tanto de la cadena de los suministros como de la secuencia de actividades constructivas del proceso. En este sentido los conceptos de pérdidas, valor, logística y compromisos cobran una gran importancia para cualquier intento de mejoramiento del proceso, sin importar el sector productivo al cual la empresa pertenezca.

Los conceptos mencionados anteriormente, en el marco del estudio realizado por el autor, serán definidos a continuación:

### 2.6.1 Pérdidas

La nueva filosofía de “Construcción sin pérdidas” acepta el concepto adoptado por Ohno como: “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”.

Para eliminar pérdidas en la construcción, primero debemos saber las fuentes de ellas. Si buscamos clasificaciones de pérdidas podremos encontrar diferentes tipos de clasificaciones como la de Shingo en su estudio del Sistema Toyota, y Plosslen en su análisis de la dirección de producción enfocado a la manufactura, pero la visión más reciente y adecuada al campo de la construcción es entregada por Borcharding en 1986 quien propone un modelo cualitativo para identificar las causas de reducción de productividad en la construcción. Postula que la pérdida de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

1. Pérdidas por esperas (inactividad)
2. Pérdidas por traslados
3. Pérdidas por trabajo lento
4. Pérdidas por trabajo inefectivo
5. Pérdidas por trabajo rehecho

A su vez pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

- a) Administración: Requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
- b) Uso de Recursos: Exceso o falta de cantidad, falta de cantidad, mal uso, mala distribución o disponibilidad.
- c) Sistemas de Información: No necesaria, defectuosa, atrasada o poco clara.

El enfoque en la productividad de la “Construcción sin Pérdidas” propone nuevas herramientas de diagnóstico, medición y

mejoramiento para este propósito. Encuestas de detección a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de materiales y otras herramientas han sido desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

El objetivo fundamental es eliminar “las restricciones de la organización” propias de la naturaleza de la producción en la construcción, por ejemplo: reducir el tiempo de transporte para la provisión de materiales o almacenaje de herramientas próximas al lugar de construcción, modificar la distribución de las instalaciones, proveer de grúas o elementos de transporte de materiales para las eliminaciones de los tiempos de transporte y traslado.

### **2.6.2 Cadena de Valor**

Definiremos en un principio las actividades que agregan y no agregan valor:

- Actividad que agregan valor: La Actividad que convierte un material y/o la información hacia los requerimientos del cliente. En suma, son las actividades que el cliente reconoce en un estado de pagos del proyecto como ejecutadas. Por ejemplo, hormigonado de un elemento, albañilería de un muro, etc.
- La actividad que no agregan valor (pérdidas): aquellas que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto.

Se define a la dirección de la cadena de valor a "la manera de controlar, manejar, y de dirigir una secuencia de actividades que una empresa realiza para crear productos (servicios) que aumenten beneficio, disminuyan tiempo y costo, y mejoren la calidad para la empresa y generan beneficio

(valor) para el cliente. Donde el “**valor**” se define como "cantidad, que crece cuando la satisfacción de cliente aumenta o los costos asociados disminuyen de un determinado producto (Lindfors, 2000). Usar el término de dirección de la cadena de valor, implica que el valor tiene que ser agregado en todos los puntos del proceso.

### **2.6.3 Logística**

En la discusión acerca de la real eficacia de herramientas emanadas de la industria manufacturera en la industria de la construcción, se pretende dejar en claro que la filosofía de “Construcción sin pérdidas” apunta al mejoramiento de la Logística como herramienta principal de eliminación de pérdidas y en si es el concepto que se pretende aplicar a los sistemas productivos tradicionales. Recordemos que el proceso de producción se entiende no solamente como secuencia de las actividades de la conversión sino también como un proceso del flujo de materiales y de información y como proceso de generación de valor para el cliente.

De este concepto, se deduce que en un proceso de producción, la ventaja competitiva no puede venir solamente de mejorar la eficacia de las actividades de conversión, sino también reducir los tiempos de espera, del almacenaje, de movimientos improductivos e inspecciones. Todas estas actividades son inherentes a un proceso logístico.

El concepto de dirección basada en la logística está definido como "el proceso de planificación, implementación, control de la ejecución eficiente de los flujos, el almacenamiento y aprovisionamiento de materiales, y de la administración eficiente de la información relacionada desde el punto de origen del flujo hasta el punto de ejecución con el fin de satisfacer los requisitos del cliente".

En términos de la construcción, la logística se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo y la calidad del proceso:

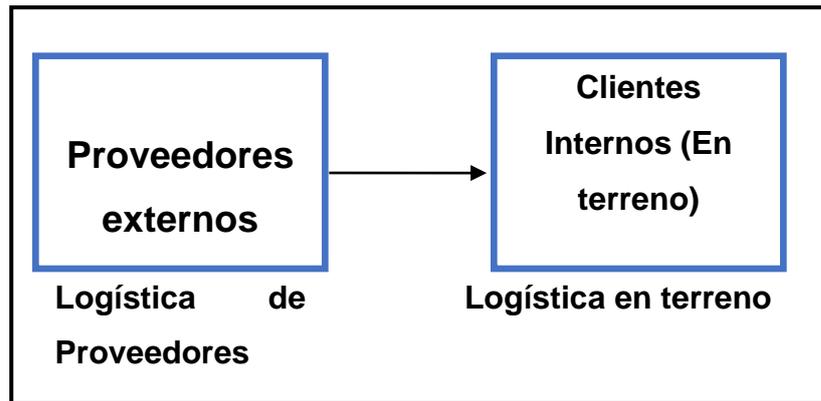
- Suministro de materiales, su almacenaje, procesamiento y dirección;

- Suministro de mano de obra;
- Control de los programas de construcción;
- Movimiento de la maquinaria de construcción en terreno;
- Dirección de los flujos de construcción;
- Dirección de los flujos de información relacionada con los flujos en el proceso de ejecución.

Esto se logra con el mejoramiento en las actividades de planificación, organización y el control antes, durante y después de los trabajos de construcción.

Las funciones de la logística en una empresa constructora se pueden dividir en logística de recursos y la logística en terreno del proceso (Figura 8) La logística de proveedores se relaciona con las actividades que son cíclicas en el proceso de producción. Estas actividades son básicamente: proveer los recursos necesarios (materiales, equipo y mano de obra), planificación de los suministros, adquisición de recursos, transporte al terreno y su entrega y control de almacenaje.

La logística en terreno se relaciona con la planificación física del flujo mediante la organización, dirección y control en terreno. Esto significa, dirección de los sistemas de información, equipos de seguridad, disposición de las cuadrillas en terreno, definición de la secuencia de la actividad y resolución de interferencia entre actividades de los equipos y las cuadrillas de construcción en terreno. (Ver Fig. 5).



**Figura 5: Funciones de la Logística. Fuente: Elaboración propia.**

Los objetivos principales de un sistema logístico son maximizar el nivel de información hacia el cliente y reducir al mínimo costo total de las actividades del proceso. Es decir los objetivos son generar valor al cliente y reducir el costo en el proceso de producción.

El nivel de información hacia el cliente se puede medir en relaciones exteriores entre la empresa constructora y sus clientes finales, en relaciones exteriores entre la empresa y sus proveedores, y en relaciones internas entre la empresa y sus cuadrillas de construcción en terreno.

En el primer caso (relación: el cliente-empresa), el nivel de satisfacción de cliente, pueden ser medidos por la capacidad de la empresa de cumplir el período de la ejecución con la calidad y el presupuesto previsto. En el segundo caso (relación: empresa-proveedores) y el tercer caso (relaciones internas), el nivel de compromiso está determinado por la capacidad de la empresa de proporcionar los recursos a las cuadrillas en terreno en el tiempo y en el lugar preciso.

Una discusión pendiente en términos de la logística, está basado en el costo total, ya que algunas acciones que apuntan reducir algún costo individual de una actividad de logística pueden causar a un aumento en otros costos de la actividad (Lambert and Stock 1993). Por lo tanto, hay un conflicto pendiente en los costos de la logística. Por ejemplo, el costo de la carga puede ser reducido al mínimo por la adquisición en cantidades más

altas, pero éste causará probablemente un aumento en costos de almacenamiento e inventarios.

El análisis de costo total de los procesos se debe asociar siempre al análisis del nivel de disponibilidad de los recursos. Es un análisis de la compensación, porque un aumento en el nivel de disponibilidad de los recursos generará un aumento del costo total.

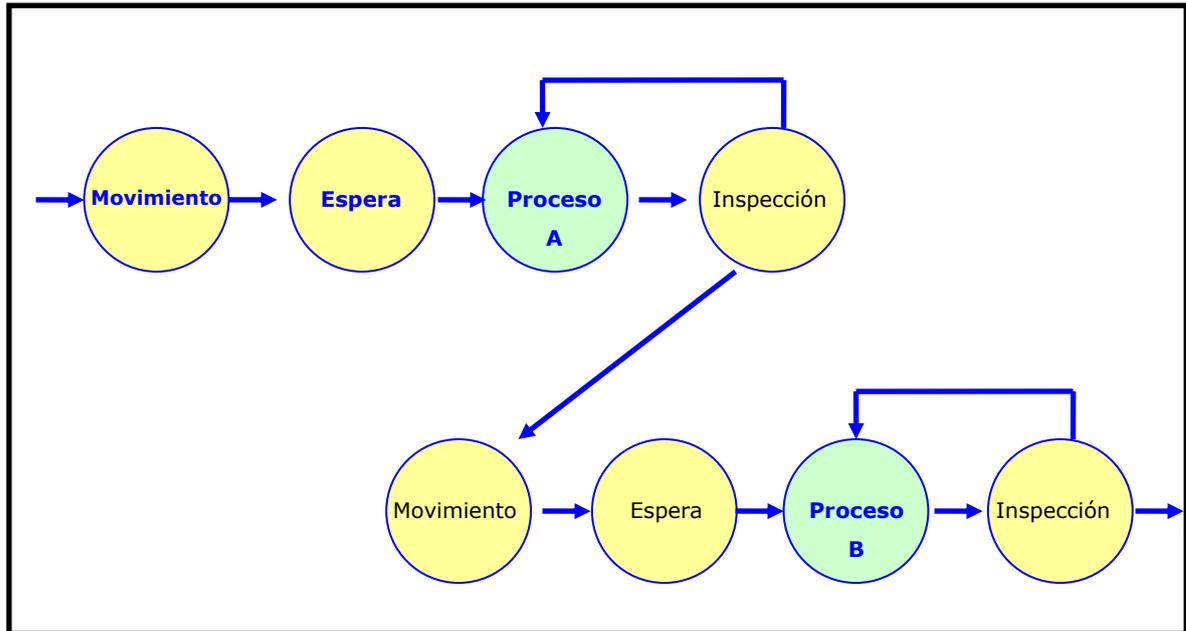
Dicha discusión no será resuelta, sólo serán planteadas algunas herramientas de mejoramiento basadas en la filosofía de la “Construcción sin pérdidas”, que tienden a reducir a largo plazo los costos producto de la reducción de la dependencia y variabilidad de los procesos a corto plazo.

## **2.7 Los principios de Lean Construction**

El nuevo modelo conceptual es una síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común, como el pensamiento JIT (Shingo 1984) y la visión de Calidad (Pall 1987).

La tarea fue desarrollar un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, sobre todo de los que carece el modelo de conversión. El nuevo modelo de producción puede ser definido de la siguiente forma:

La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima al producto final (Ver Fig. 6). En este flujo, el material es procesado dentro de este flujo, se producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente. Este proceso de actividades intrínsecamente diferentes representa la visión de conversión de producción; la inspección, el movimiento y la espera representa el aspecto de flujo de producción.



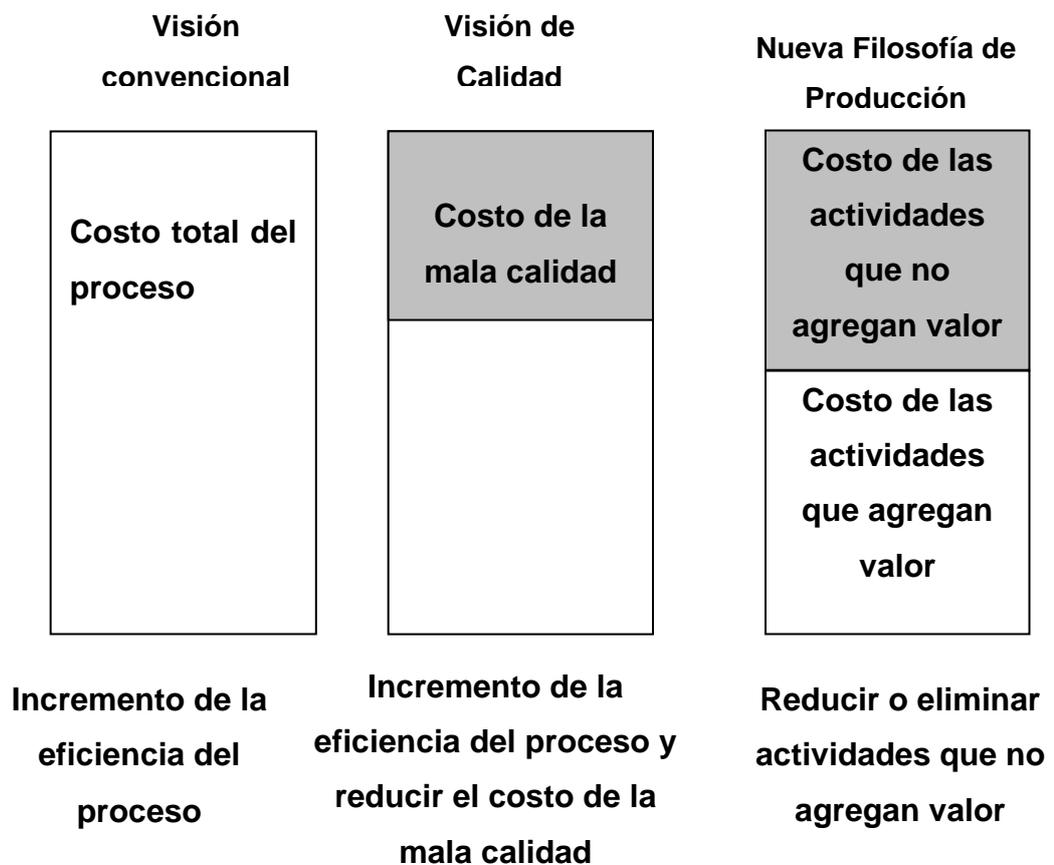
**Figura 6: La producción como el flujo de procesos: Ilustración simplificada. Fuente: Libro de la teoría Lean Construction.**

Los círculos en gris representan actividades que no agregan valor, en contraste con las actividades que sí agregan valor al proceso.

En esencia, la nueva conceptualización implica una doble visión de producción: esto consiste en conversiones y flujos. La eficacia total de producción es atribuible a la eficacia de ambas; el nivel de tecnología, las habilidades, la motivación, etc. de las actividades de conversión realizadas, así como la cantidad y la eficacia de las actividades de flujo por las cuales las actividades de conversión se entrelazan entre sí.

Mientras todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor al material o a la información, siendo transformada en un producto final. Así, el mejoramiento de actividades de flujo principalmente debería ser enfocado en su reducción o eliminación, mientras que actividades de conversión deben ser más eficientes. La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del

costo y del plazo total. La segunda visión de calidad, apunta a reducir la mala calidad del producto terminal, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción, por ende reducir el costo del proceso final. Finalmente, la visión de *Lean Construction* se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor (actividades de conversión). (Ver Fig. 7).



**Figura 7: Comparación entre las diferentes visiones de producción.**

**Fuente: Libro de la Teoría dl Lean Construction**

¿Cómo debería ser diseñado, Controlado y mejorado un proceso de flujo? La nueva filosofía de producción propone los siguientes principios heurísticos<sup>6</sup>.

- Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas).
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo del ciclo.
- Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones.
- Incrementar la transparencia en los procesos.
- Enfocar el Control del proceso al proceso completo.
- Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
- Balancear el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión.
- Referenciar permanentemente los procesos. (Benchmarking).

Se explica a continuación los principios de la nueva filosofía para el diseño de procesos de flujo en la construcción y su mejoramiento.

Debemos notar que la mayor parte de los principios de la nueva filosofía de producción provienen de un principio central. Unos son más fundamentales que otros, pero es importante que notemos que el origen de estos principios es muy reciente, por supuesto que su conocimiento crecerá y serán sistematizados muy rápidamente.

### **2.7.1 Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)**

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan

---

<sup>6</sup> Heurístico: Técnica de la indagación y del descubrimiento. En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, experimentos o la experiencia (RAE).

valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990). ¿Por qué están allí las actividades que no agregan valor en primer lugar? Parecen haber tres causas de origen: el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de producción en la construcción tocada anteriormente.

La mayor parte de los principios presentados más adelante están dirigidos a eliminar actividades que no agregan valor. Sin embargo, es posible directamente atacar las pérdidas más visibles solamente por diagramas de flujo del proceso, luego señalar y medir actividades que no agregan valor, como para el diseño de la obra se usan P&ID (Diagramas de procesos e instrumentación), para la ejecución de ésta es fundamental crear diagramas de flujo de procesos constructivos claves.

Para la aplicación de este principio debemos realizar un diagramas de flujo de lo que se está haciendo actualmente, luego analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, luego realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

### **2.7.2 Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.**

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final. Como esto parece evidente, otra vez tenemos que preguntar por qué las exigencias de cliente no han sido consideradas.

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa, por ejemplo cuando planificamos nuestras tareas semanales, y analizadas sus

exigencias, los planes de corto plazo o intermedios, deben ser mejorados en su diseño. El sistema del Ultimo Planificador propone mejores planes intermedios o Lookahead, en donde los clientes internos o sea las actividades siguientes, son planificados a través de una consideración sistemática de sus requerimientos.

### **2.7.3 Reducir la variabilidad**

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. Taguchi propone que cualquier desviación de un valor objetivo en el producto causa una pérdida al cliente interno y al externo (Bendell, 1989).

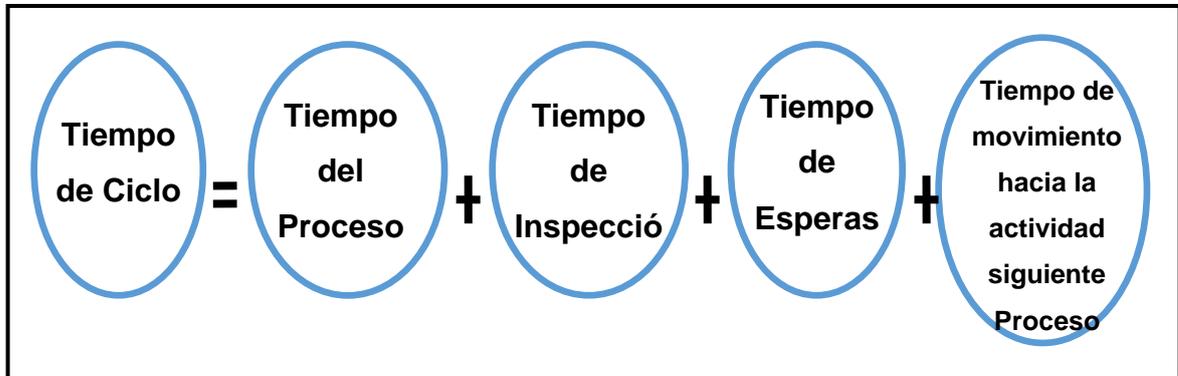
En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas que la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso (Krupka 1992, Hopp 1990).

Recordemos que la desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad" y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable. Demostraremos más adelante, con la aplicación del sistema del Ultimo Planificador, que generando planificaciones más confiables, reduciremos considerablemente la variabilidad. Experiencias nacionales descritas en el capítulo IV, demostrarán lo antes mencionado.

### **2.7.4 Reducir el tiempo del ciclo**

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos. (Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede ser representado en la figura 8.



**Figura 8: Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

En cada escalón de la pirámide jerárquica de organización agrega generalmente un organismo de control al proceso. Este hecho nos motiva en la búsqueda de disminuir capas de esta organización jerárquica, así autorizando a las personas que trabajan directamente dentro del flujo a

tomar decisiones: *“Un obrero mejor capacitado, puede tomar mejores decisiones de control y de calidad”*. Ejemplos prácticos de la reducción de tiempos de ciclo son los siguientes, desarrollados más en extenso por Hopp 1990 & Plossl 1991, Stalk & Hout 1990:

- La eliminación de los movimientos entre procesos (original del JIT) con el objetivo de reducir tiempos de espera y así el tiempo del ciclo.<sup>7</sup>
- Cambiar la disposición de planta con el fin de reducir las distancias al mínimo.
- Cuidar el movimiento de los elementos; parcelando y sincronizando los flujos.
- Atención con las actividades que se podrían cambiar de orden secuencial a orden paralelo.

Uno de los requisitos más importantes para la reducción del tiempo del ciclo, es el mejoramiento para la toma de datos en terreno.

### **2.7.5 Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones**

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad: sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples.

Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

---

<sup>7</sup> Existen mejores esfuerzos por la aplicación del JIT en la Construcción. Uno de los acercamientos más interesantes de la nueva filosofía de producción están propuestas en “Toward Construction JIT” (Ballard & Howell, 1994)

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor, que pueden ser eliminadas por unidades independientes (equipos multidisciplinarios y autónomos). Esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen: (Ver Fig. 9).



**Figura 9: Proceso de construcción visible para todos los trabajadores en el interior del ascensor. Fuente: GL constructores.**

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Debemos evaluar constantemente la calidad y el grado de aprendizaje de la mano de obra mediante sistemas de calificación del personal a corto plazo.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.

### **2.7.6 Incrementar la transparencia en los procesos.**

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. De la figura 9, pág. 46 muestra una simple información en terreno del proceso que estamos llevando cabo y es de mucha utilidad para los participantes en el proceso constructivo. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el Control y el mejoramiento para: "hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados" (Stalk & Hout 1989).

Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados, figura anterior.
- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.

### **2.7.7 Enfocar el Control del proceso al proceso completo**

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas, provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El sistema del Ultimo Planificador es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas.

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

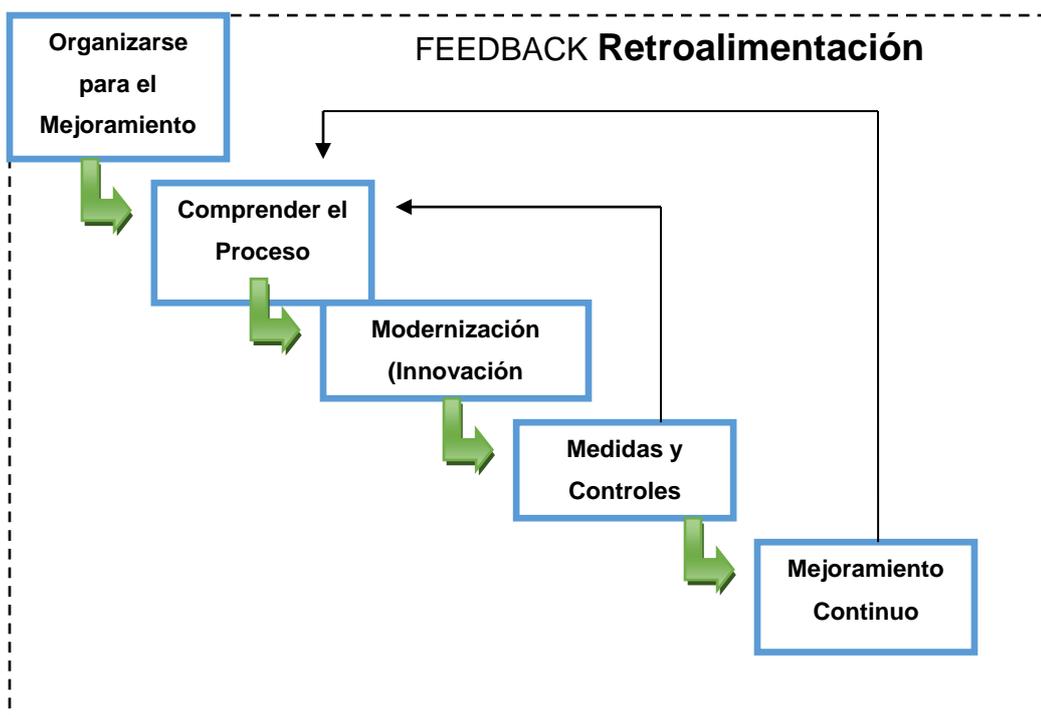
Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias

alternativas son usadas en la actualidad. En organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos (Stewart 1992).

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental elegir los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no sólo con el pedido individual.

### 2.7.8 Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida u por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor. La figura 10, presenta un esquema simplificado del proceso de mejora continua.



**Figura 10: Proceso de mejoramiento continuo en cualquier proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.**

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 prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos. Una metodología útil para identificar y medir estadísticamente las razones de no conformidad.

## **CAPITULO III: TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (THE LAST PLANNER SYSTEM)**

### **3.1 Introducción**

El sistema del Último Planificador es una herramienta para controlar interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad entre éstos y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación dentro de la filosofía "*Lean Construction*".

El Último Planificador es un sistema de control de producción en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a capataces, subcontratistas, entre otros actores. Con el fin de lograr compromisos en la planificación.

El concepto de planificación no debe ser entendido simplemente como la utilización de un programa computacional para organizar las actividades del proyecto. La planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. En este sentido, y con el fin de implementar un sistema de planificación que incorpore los puntos antes mencionados (por lo general ampliamente aceptados, pero pocas veces implementados), Glenn Ballard, propone el sistema del Último Planificador, basado en los principios del Lean Construction, que apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia (Planificación Lookahead) y planificación semanal.

La orientación de la planificación utilizada en Lean Construction así como las técnicas de control empleadas, reducen las pérdidas principales a través de mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. El punto de partida es incrementar la confiabilidad de las asignaciones de trabajo a nivel de la producción misma.

Los sistemas de gestión tradicionales, al carecer de un sistema que permita predecir con cierta exactitud el flujo de trabajo, por lo general diseñan cuadrillas que deben adoptar un esquema de flexibilidad para mantenerlos ocupados. Desafortunadamente, la aplicación de la flexibilidad en un punto de trabajo, requiere de flexibilidad en toda la línea de producción. Por lo tanto, los sistemas de gestión de producción actuales inyectan incertidumbre en el flujo de trabajo y por consiguiente pérdidas.

Un flujo de trabajo predecible, en cualquier punto de la producción hará posible que se reduzca la variación de los requerimientos de recursos, así disminuir el rediseño de las operaciones siguientes. Las técnicas propuestas basadas en los principios de Lean Construction han sido probadas tanto en diseño como en construcción, en proyectos pequeños y grandes, fast track y secuenciales, así como en el trabajo de subcontratistas especializados.

De acuerdo con Ballard (1994), en los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción, se invierte mucho tiempo y dinero en generar presupuestos y planificaciones de obra. El esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en un esfuerzo de control. Todo funcionaría bien si viviésemos en un mundo perfecto. La planificación se suele desviar de los planes originales prácticamente el primer día de la obra, causando una reacción en cadena que genera la necesidad de re-planificar gran parte del proyecto. Al ir reduciendo las holguras dentro de la planificación general, se va generando una presión mayor por terminar más rápido. Esto hace que las cosas se pongan, por lo general, aún peor. Los costos de mano de obra y equipo suben radicalmente. En estos casos se usa una gran cantidad de recursos, a una eficiencia muy baja, para lograr terminar la obra en los plazos establecidos.

Como respuesta a la costumbre de planificar y controlar los proyectos de forma global, se han desarrollado una serie de metodologías para resolver el problema de la falta de confiabilidad de las planificaciones en forma diferente.

En principio, el enfoque para resolver el problema, es la planificación de horizontes de tiempo más cortos, y por tanto más predecibles, más confiables. Podemos comenzar el desarrollo del nuevo sistema respondiendo la siguiente pregunta que el lector se debe estar formulando. ¿Quién es el último planificador?

El Último Planificador es la persona que directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción. El Último Planificador típicamente es responsable de la capacidad de las unidades de producción, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El Último Planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en una construcción específica puede ser el jefe de obra o el capataz a cargo.

Tradicionalmente, se asocia el nacimiento de *Last Planner System* a la tesis “*The Last Planner System of Production Control*” de Glenn Ballard para optar al grado de Doctor, pero realmente supone una evolución y mejora de las herramientas tradicionales de programación en cascada. En 1997, cuando se funda el *Lean Construction Institute* (LCI) el *Last Planner System* ya había evolucionado aproximadamente a su forma actual. Lo que quedaba por hacer era mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo por encima de la gama de 35%-65% obtenida hasta ese momento. “*The Last Planner System of Production Control*” (Ballard, 2000) establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad.

Actualmente la implementación de *Last Planner System* es una de las prácticas más divulgadas que ilustran la introducción de “*Lean Construction*” en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú.

La metodología *Last Planner System* supone una revolución en la construcción, dado que no se trata simplemente de otro método de control de la producción. Se introducen conceptos como la colaboración entre los diferentes agentes, se cambia la planificación de oficina por una planificación conjunta, donde todos los agentes implicados (técnicos, capataces, subcontratos, encargado de materiales, técnico en prevención de riesgos...) deciden qué, cómo y cuándo se realizarán los trabajos, consiguiendo un compromiso de los últimos planificadores (subcontratistas, capaces) del avance de las actividades que son posible realizar. En Last Planner System el cliente no sólo es el último beneficiario del producto sino cada uno de los agentes que en la cadena de producción recibirá un subproducto. (Ver Tabla 4).

**Tabla 4: Producción convencional y producción Lean.**

Tabla 1. La producción convencional y la producción sin pérdidas (Campero y Alarcón, 2008)		
	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la producción	La producción consiste de conversiones (actividades) todas las actividades añaden valor al producto que no agregan valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que agregan valor y actividades
Control	Coste de la actividades	Dirigido hacia el coste, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

**Fuente: Campero y Alarcón, 2008.**

Se conocen algunos casos donde su aplicación ha dado resultados notables en comparación con las prácticas tradicionales, como por ejemplo, un aumento del 90% en beneficio operativo para el contratista peruano en edificación (GyM, 2002).

En los próximos apartados expondremos alguno de los conceptos claves a partir de los cuales se estructura la herramienta del Last Planner System.

### **3.2 Definición**

En primer lugar analizaremos el concepto de variabilidad en la construcción. Por ejemplo, si la tasa de progreso de una actividad a menudo es medida por medio de un simple número, digamos, "Planeamos montar 80 toneladas de componentes de acero por día". Incluso aunque todas las actividades puedan planearse para marchar al mismo paso, cada tasa de producción en forma aislada es insuficiente para medir la velocidad de producción como un todo. El simple número solamente representa un promedio y la actual producción variará con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes, facilidad que la instalación alcance y acceda a su ubicación final, tolerancias de fabricación y elevación, etc. Esta desviación estándar representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein et. al. 1998).

La planificación y el control son dos herramientas esenciales para la construcción. Estas herramientas son realizadas por diferentes personas, en sitios diferentes dentro de la organización y durante varias veces en la vida del proyecto. Una buena planificación debe ser enfocada hacia los objetivos globales y sus restricciones.

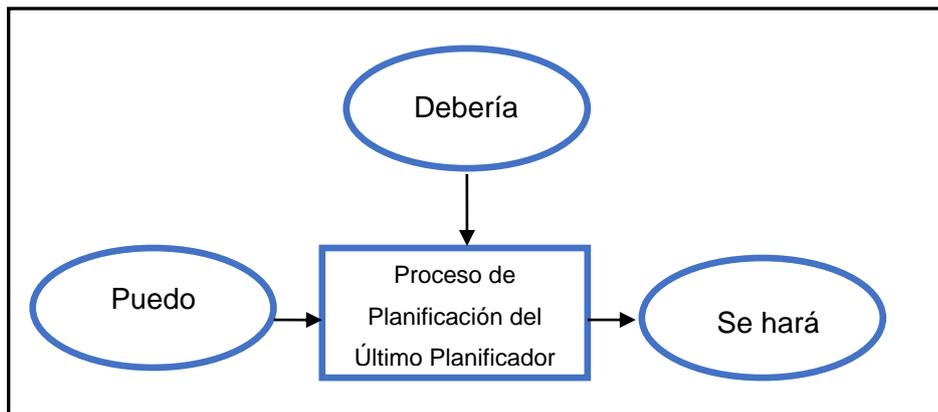
Últimamente, alguien (individuo o grupo) decide el trabajo físico y específico que será ejecutado mañana. Este tipo de planes han sido llamados "asignaciones". La persona o grupo de personas que realiza asignaciones es llamado "El último planificador" (Ballard y Howell 1994).<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> El último planificador se refiere tanto a la persona que planifica como al proceso. (Alarcón, 2002)

### 3.3 Debería–Puedo- Se hará – Hecho

Los últimos planificadores dicen lo que SE HARÁ, que debe ser el resultado de un proceso de planificación que DEBERÍA ser ejecutado, en contraste con lo que PUEDE ser ejecutado. A continuación se presenta en la figura 11 el funcionamiento básico del sistema.



**Figura 11: Formación de asignaciones dentro del sistema del Último Planificador. Fuente: Virgilio Ghio Castillo**

Lamentablemente, el rendimiento del Último Planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre DEBER y PODER. "¿Qué haremos la semana que viene?", "Sin embargo, ¿está en el programa semanal?" o "¿Es una tarea que nos apremia?". Cualquier supervisor de las actividades programadas considera estas actividades como si su responsabilidad sea la de ejercer presión sobre sus subordinados a pesar de cualquier tipo de obstáculo.

Asumiendo que es necesario vencer obstáculos, la entrega errática de recursos tales como la información de entrada y el impredecible término de alguna tarea que necesitamos terminada para la iniciación de otra, invalida la ecuación supuesta de HARÉ con DEBERÍA, y rápidamente causa el abandono de la

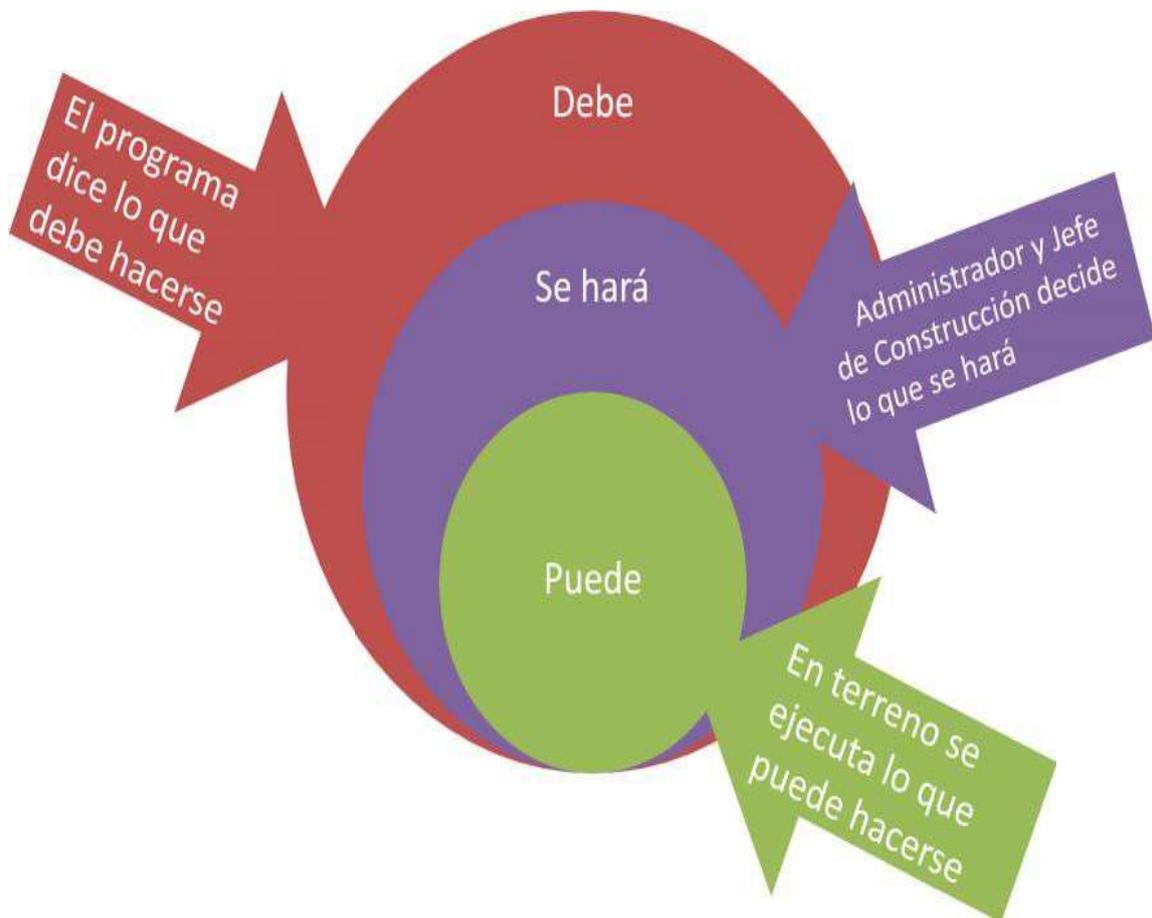
planificación que habíamos realizado. Caemos entonces en planificaciones tentativas que pocas veces cumplimos. (Ver Fig. 12).



**Figura 12: Interacción de actividades planificadas. Fuente: Alarcón, 2001.**

En la mayoría de los proyectos lo que se puede y lo que se hará son ambos subconjuntos de lo que debería hacerse. Si el plan (se hará) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse, el resultado será la intersección de ambos conjuntos.

Así mismo lo descrito anteriormente es representado por Alarcón como tres círculos concéntricos en donde la gestión tradicional el más pequeño representa aquello que SE PUEDE haciendo hacer, siendo el más pequeño que aquello que se decidió que SE HARÁ. (Ver. Fig.13).



**Figura 13: Interrelación de actividades planificadas. Fuente Alarcón 2001.**

Para poder revertir esta situación Last Planner System usa la programación en cascada como se muestra en la figura 14: la programación a largo plazo indica qué SE DEBE realizar, el programa a medio plazo o Look ahead 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 al cumplimiento del programa SE HARÁ



**Figura 14: Interrelación entre los programas. Fuente: Alarcón 2001.**

Una vez aplicado el Last Planner System representaríamos la interrelación entre las actividades como muestra la figura 15, siendo mayor aquello que SE PUEDE hacer que lo que realmente SE HARÁ.



**Figura 15: Interrelación entre las actividades aplicando Last Planner System. Fuente: Alarcón, 2001.**

El fracaso de controlar activamente en el nivel de unidad de producción (los trabajadores por ejemplo) aumenta la incertidumbre y priva a los trabajadores de la planificación como una herramienta para proyectarse hacia el futuro. Es necesario cambiar el foco del control, desde los trabajadores en si, a los flujos de trabajo que los une. El sistema de control de producción del “*Último Planificador*” es una filosofía, reglas y procedimientos para lograrlo.

En cuanto a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: la unidad de control de producción y el control de flujos de trabajo. El trabajo del primero es hacer progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas. La función de control de flujo de trabajo es quizás evidente de su nombre, se refiere a que debemos hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables.

### **3.4 Control de la Unidad de Producción**

Un punto clave en el funcionamiento de un Sistema de Planificación en el nivel de unidad de producción es su calidad de salida; esto es la calidad de los planes producidos por el Último Planificador. Las siguientes son algunas de las características críticas de una asignación:

- Que la asignación esté bien definida.
- Seleccionar la secuencia correcta de trabajo.
- Seleccionar la cantidad correcta de trabajo.
- El trabajo seleccionado sea práctico para la cadena completa; esto es, puede ser hecho (en el tiempo deseado).

“Bien definido” significa que está descrito suficientemente para que cualquier actividad pueda ser preparada y su terminación inequívocamente determinada.

“La secuencia correcta” es aquella secuencia compatible con la lógica interna del trabajo propiamente tal, compromisos del proyecto, objetivos, y estrategias

de ejecución. "La cantidad correcta" es aquella cantidad que los planificadores juzgan de sus unidades de producción capaz de completar después de la revisión de costos del presupuesto y después de examinar el trabajo específico que puede ser realizado. "Práctico" significa que todo el trabajo previamente necesario está hecho y todos los recursos requeridos están disponibles.

El porcentaje de actividades completadas (PAC) es el número de actividades planificadas Completadas dividido por el número total de actividades planificadas, expresadas como porcentaje. El PAC se transforma en un patrón estándar para el control ejercido sobre la unidad de producción, derivado de un conjunto sumamente complejo de directrices: programas del proyecto, estrategias de ejecución, presupuestos, etc. Los proyectos de altos estándares de calidad, presentarán entonces mayores PAC, los que corresponden a realizar mejores trabajos con los recursos dados, detrás de un gran nivel de productividad.

El Porcentaje de Actividades Completadas mide principalmente el grado de compromiso del primer supervisor de la planificación. El análisis de no cumplimiento de la planificación puede conducir a encontrar las causas de origen de la no conformidad. La medición del rendimiento en el nivel del último planificador no significa que sólo hagamos cambios en ese nivel. Las causas de un plan fallido pueden ser encontradas en cualquier nivel de organización, proceso o función. El análisis del PAC puede ser un foco poderoso para iniciativas que tiendan a acortar la brecha entre un buen y un mal programa. El análisis de las causas de no-cumplimiento de la planificación que se realizan semanalmente, es el corazón del proceso de mejoramiento continuo y aprendizaje que se genera a partir de la implementación de un nuevo modelo de Planificación.

La primera medida necesaria para el mejoramiento es la identificación de las causas de no-cumplimiento, por los supervisores, Ingenieros residentes o los

constructores, directamente responsables de la ejecución del plan. Los motivos podrían ser:

- Órdenes o información defectuosa proporcionada al Último Planificador; por ejemplo el sistema de información incorrectamente indicó que el trabajo previamente necesario estaba terminado.
- Fracaso en aplicar criterios de calidad de asignaciones; por ejemplo planificar demasiado trabajo.
- Fracaso en coordinación de recursos compartidos; por ejemplo carencia de una grúa en el momento preciso.
- Cambio de prioridad; por ejemplo los trabajadores fueron asignados temporalmente a una tarea "incendio".<sup>11</sup>
- Error de diseño o error de alguna especificación descubierta en el intento de realizar una actividad planificada.

Esto proporciona los datos necesarios iniciales para el análisis y la mejora del PAC, y por consiguiente para mejorar el rendimiento del proyecto.

### **3.5 Control de los flujos de trabajo**

Analizaremos ahora el control de los flujos de trabajo; esto es, el trabajo provocado por el movimiento de unidades de producción dentro de una secuencia y tamaño deseado. El control coordina la ejecución del trabajo dentro de las unidades de producción tales como el movimiento de cuadrillas de construcción.

#### **3.5.1 Look ahead Planning**

En la planificación jerárquica, el proceso Look ahead o planificación Intermedia, cumple la función de controlar los flujos de trabajo. La

---

<sup>11</sup> Los profesionales encargados de la ejecución de las obras de construcción son comúnmente llamados "apagadores de incendios" cuando se presentan atrasos, en actividades que generan un retraso global en la obra.

planificación Look ahead es común en las actuales prácticas, pero típicamente desempeña la función de resaltar lo que DEBERÍA HACER en un futuro cercano. En contraste, el proceso de planificación Look ahead en el sistema del “Ultimo Planificador”, tiene múltiples funciones que se encuentran a continuación:

Las funciones del proceso Look ahead son las siguientes:

- Formar la secuencia del flujo de trabajo y su calcular su costo.
- Proponer el flujo de trabajo y su capacidad.
- Descomponer las actividades del programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable.
- Poner al día y revisar los programas del nivel superior.

Las funciones antes mencionadas deben ser cumplidas por ciertos procesos específicos:

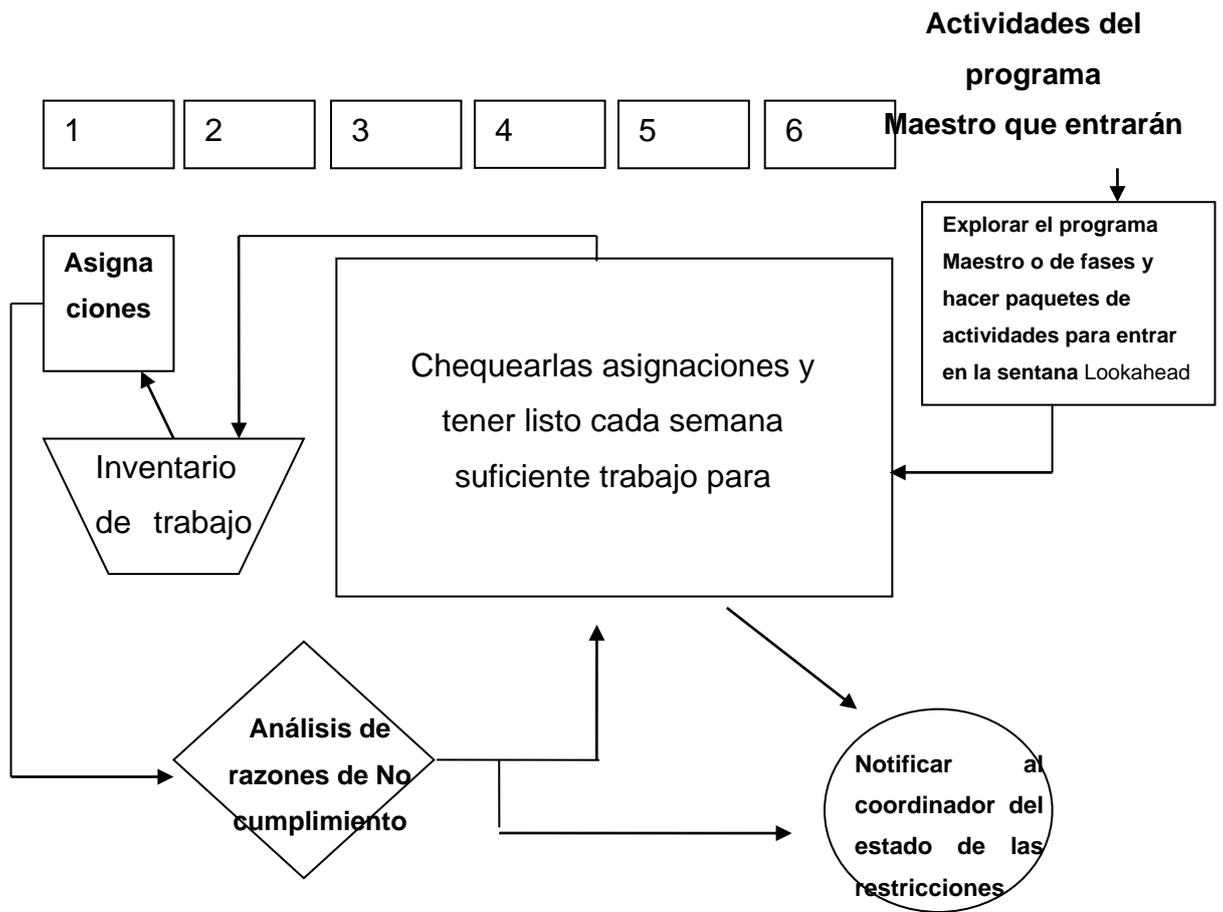
- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Arrastrar el trabajo desde las unidades de producción superiores.
- Balancear la carga con la capacidad.

Las ventanas Look ahead se basan en un grupo potencial de asignaciones para las siguientes 3 a 12 semanas. El número de semanas sobre el cual se extiende esta planificación Intermedia es decidido basado en las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y el tiempo de respuesta en la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Además, la planificación Look ahead no es fácil de determinar del programa maestro. De hecho, es frecuentemente

beneficioso formar un equipo que esté haciendo el trabajo de proyectar colectivamente el programa maestro para la próxima fase del proyecto.

La planificación Look ahead, es apropiado para la asignación del plan de trabajo semanal, en el cual típicamente se rinden múltiples asignaciones para cada actividad.

Luego cada asignación está sujeta a un análisis de restricciones para determinar lo que debe ser hecho de tal forma que la actividad quede lista para ser ejecutada. La regla general es permitir dentro de la ventana Look ahead, sólo aquellas actividades que pueden ser realizables, para completar el programa. Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas. En la figura 16, se presenta el proceso de planificación Look head.



**Figura 16: Preparación de actividades en la planificación Look ahead.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

Las asignaciones potenciales entran a la ventana Look ahead en la sexta semana del programa de ejecución del ejemplo. Luego se mueven hacia delante, semana a semana, hasta que les este permitido ingresar al ITE (Inventario de Trabajo Ejecutable), sólo si todas las restricciones han sido removidas y se encuentran en una secuencia apropiada de ejecución. Si el planificador percibe una restricción en una de estas actividades, no podrá

dejarla avanzar hacia delante. El objetivo es mantener un inventario que sea ejecutable.<sup>12</sup>

Los planes de trabajo semanal son formados desde el ITE, mejorando así la productividad de quienes reciben estas asignaciones e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para la siguiente unidad de producción.

### **3.5.2 Análisis de restricciones**

Una vez que las asignaciones son identificadas e ingresadas en la planificación Look ahead, estarán sujetas al análisis de restricciones. Estas restricciones pueden ser: contrato, diseño, materiales, prerrequisitos de trabajo, espacio, equipos, mano de obra, otros. Además de las restricciones nombradas, pueden existir otras que sean apropiadas para un proyecto en particular: permisos, inspecciones y aprobaciones, etc.

La función principal del análisis de restricciones es analizar por qué una actividad no puede ser ejecutada, es estudiar cuales son las restricciones que impiden realizar la actividad; lo anterior complementado con una estrategia que permita liberar a la actividad de sus restricciones para ser ejecutada según lo planificado.

Un Análisis de Restricciones requiere de buenos proveedores y servicios para administrar activamente la producción y entrega, y proporcionar una coordinación adecuada y oportuna ante los problemas que se generen, esperando con suficiente “tiempo de respuesta” para planificar a su alrededor.

---

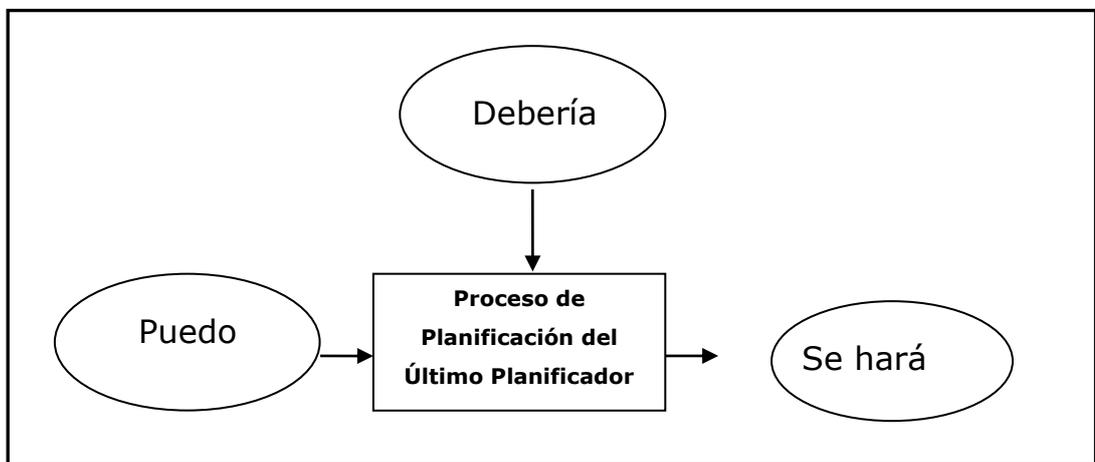
<sup>12</sup> Los inventarios de trabajo realizable pueden parecer contradictorios a los objetivos del justo a tiempo. Para clarificar, todos los inventarios de cualquier tipo deben ser reducidos al mínimo, pero tal como hay variabilidad en el flujo de materiales y de información, poner protección a la producción es necesario para absorber esa variabilidad. La reducción de variabilidad permite la reducción de los inventarios para proteger la producción (Por ejemplo, el inventario de trabajo realizable).

### 3.5.3 Sistema de arrastre

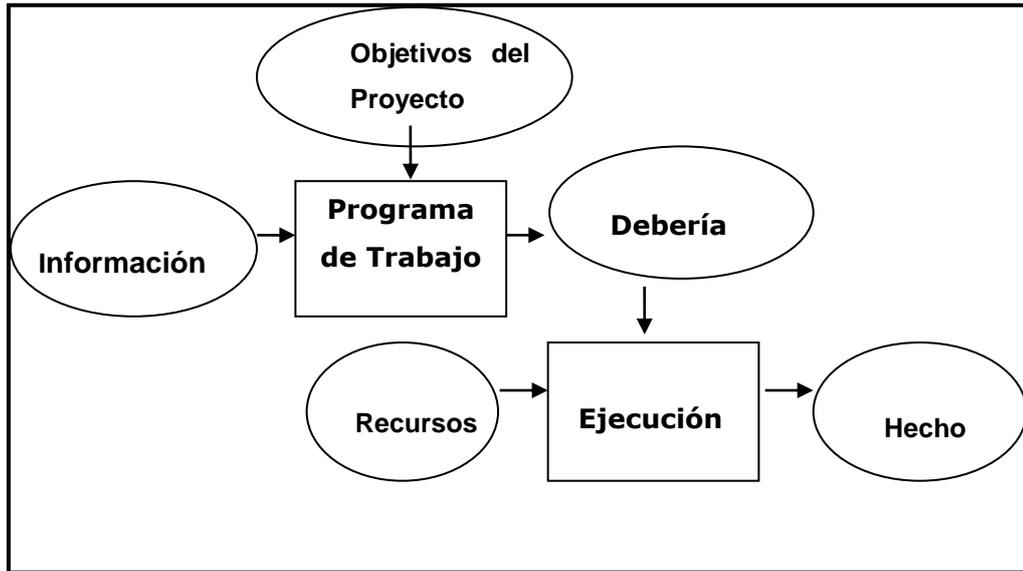
El sistema de Arrastre es un método para introducir la información y recursos en un proceso productivo. En contraposición a este método está el sistema de Empuje que está basado en entregar objetivos o datos de realización.

La construcción ha sido tradicionalmente un sistema de empuje, buscando causar la intersección en el futuro de acciones interdependientes.

Por el contrario, el sistema de arrastre, permite introducir información y recursos en el proceso de producción, solo si el proceso es capaz de hacer el trabajo. En este sentido, en el sistema del Último Planificador, conforma asignaciones con criterios de calidad, lo que constituye un chequeo de capacidad, secuencia, legitimidad, etc. Además, haciendo buenas asignaciones del proceso de planificación Look ahead, constituye explícitamente una técnica tipo. Por lo tanto el sistema del Último Planificador es un tipo de sistema de Arrastre. A continuación las figuras 17 y 18 enmarcan las diferencias de los sistemas de Empuje y Arrastre en la planificación tradicional y en el sistema del último Planificador.



**Figura 17: Sistema de Planificación Tradicional por empuje de actividades. Fuente: Virgilio Guio Castillo.**



**Figura 18: Sistema del Último Planificador: Un sistema de arrastre.**  
**Fuente: Virgilio Guio Castillo.**

### 3.5.4 Equilibrio entre carga y capacidad

El equilibrio de carga y capacidad dentro de un sistema de planificación es crítica para la productividad de las unidades de producción por las que el trabajo fluye en el sistema de producción, y es también crítico para el tiempo del ciclo.

Con sus otras funciones, el proceso Look ahead, como se supone, mantiene un inventario de asignaciones realizables para cada unidad de producción. De ser así se requiere la estimación de la carga de todas las partes del plan que realizará cada unidad de producción y las capacidades de cada una para lograr la finalización del trabajo. Los métodos convencionales calculan una cantidad para cada unidad de producción, basados en los mejores promedios de datos históricos, como por ejemplo las horas de trabajo para modular y colocar un metro cuadrado de moldaje, pero cargados de una gran cantidad de pérdidas.

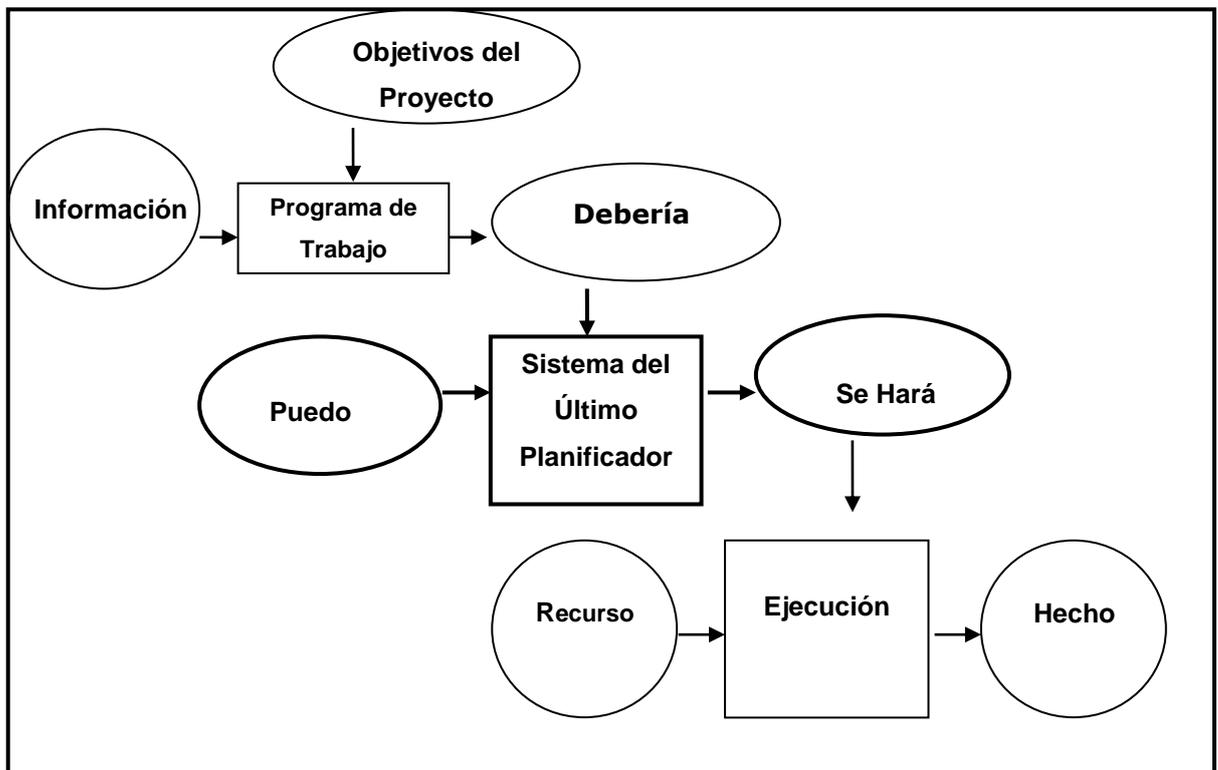
Nos cabe hacer las siguientes preguntas: Cuándo estimamos la carga y la capacidad, ¿asumimos la utilización del 30 % o el 60 % de los recursos?, ¿Qué suposiciones fueron hechas sobre la variación alrededor del promedio? ¿Podemos esperar que las cantidades de unidades reales sean reducidas a la mitad con respecto a lo planificado? Claramente necesitamos muchos más datos exactos que los típicamente disponibles. Independientemente de la exactitud de carga y estimaciones de capacidad, el planificador todavía debe hacer algunos ajustes. O sea, comúnmente, la carga puede sufrir un cambio para equilibrar la capacidad, la capacidad puede ser modificada para emparejar la carga o una combinación de las dos. Considerando las ventajas de mantener una mano de obra estable y evitar cambios frecuentes, la preferencia es a menudo adaptar la carga a la capacidad. Sin embargo, no será el caso cuando haya apremios, hitos previstos o fechas finales.

La carga puede ser modificada para emparejar la capacidad debido a un retardo o una aceleración en el flujo de trabajo. El arrastre ayuda a equilibrar la carga pues las unidades de producción pueden solicitar lo que necesitan o aumentar la cantidad de sus requerimientos y la cantidad de ellos.

### **3.5.5 El sistema del Último Planificador como un todo**

El último planificador agrega componentes de control al sistema convencional. Como se muestra en la figura 19, el Último Planificador es un mecanismo que nos muestra la real transformación de lo que DEBERÍA ser HECHO en lo que PUEDE ser HECHO, así formando un inventario de trabajo realizable, para ser incluidos en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanales son un

compromiso de los últimos planificadores (supervisores, grupo de jefes, etc.) de lo que ellos en realidad HARÁN.



**Figura 19: Sistema del Último Planificador. Fuente: Virgilio Guio Castillo.**

### 3.6 Componentes del Sistema del Último Planificador.

#### 3.6.1 Programa Maestro

El programa maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de éste. Esta etapa es de vital importancia para que el sistema Último Planificador proporcione los beneficios esperados. El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al sistema Último Planificador, ya que

se estarán supervisando tareas que, en la realidad, representan la forma en que trabaja la empresa.

### **3.6.2 Planificación Look ahead**

El proceso de planificación Look ahead es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación. Resalta las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano.

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Luego, para poder cumplir las funciones de la planificación Look ahead, existen determinados procesos específicos. A continuación se explicarán cada uno de los procesos específicos que permiten desarrollar una adecuada planificación Look ahead.

#### **3.6.2.1 Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Look ahead**

Recordemos que el número de semanas sobre el cual se extiende la PL es escogido de acuerdo a las características 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 respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro. Empresas nacionales que están implementando estos nuevos procesos de planificación, han sistematizados sus procesos

de planificación Look ahead a intervalos de cuatro semanas para poder comparar de una mejor forma sus resultados.

### **3.6.2.2 Definición de las actividades de la Planificación Look ahead**

Para preparar la Planificación Look ahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación inicial sea bajo. Lo anterior es de vital importancia, ya que obtendremos en la PL un nivel de detalle que nos permitirá clarificar de mejor forma las restricciones que nos impiden realizar una determinada tarea.

Lo que obtendremos en la planificación Look ahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse. Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción involucra requisitos previos o recursos.

Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Look ahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

### **3.6.2.3 Análisis de Restricciones**

Una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones. Veremos en la tabla 2, una simple construcción de un análisis de restricciones para el proceso Look ahead, las que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos y además una categoría ampliable para otras restricciones. Las cuales podrían incluir permisos, inspecciones, aprobaciones, etc. Las restricciones de diseño prácticamente pueden

ser extraídas de la definición del modelo de actividad: la claridad de las directrices (el nivel de exactitud requerida), el trabajo previamente necesario (datos, evaluaciones, modelos), y recursos técnicos para la ejecución. (Ver tabla 5 y 6).

**Tabla 5: Estado de restricciones Unidad de Producción.**

Actividad	Diseño	Materiales	Mano de Obra	Equipos	Pre-Requisitos
A	Si	No	Si	Si	Si
B	No	Si	Si	Si	No
C	Si	No	Si	Si	Si
D	Si	No	No	Si	No
E	Si	Si	Si	Si	Si
F	Si	No	Si	Si	No

Fuente: GL constructores.

**Tabla 6: Ejemplo de un Estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable).**

ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE REQUISITOS
<b>A</b> MOTIVOS RESPONSABLE TIEMPO RESPUESTA	SI	NO	SI	SI	SI
<b>B</b> MOTIVOS RESPONSABLE TIEMPO RESPUESTA	NO	SI	SI	SI	NO
<b>C</b> MOTIVOS RESPONSABLE TIEMPO RESPUESTA	SI	NO	SI	SI	SI
<b>C</b> MOTIVOS RESPONSABLE TIEMPO RESPUESTA	SI	NO	NO	SI	NO

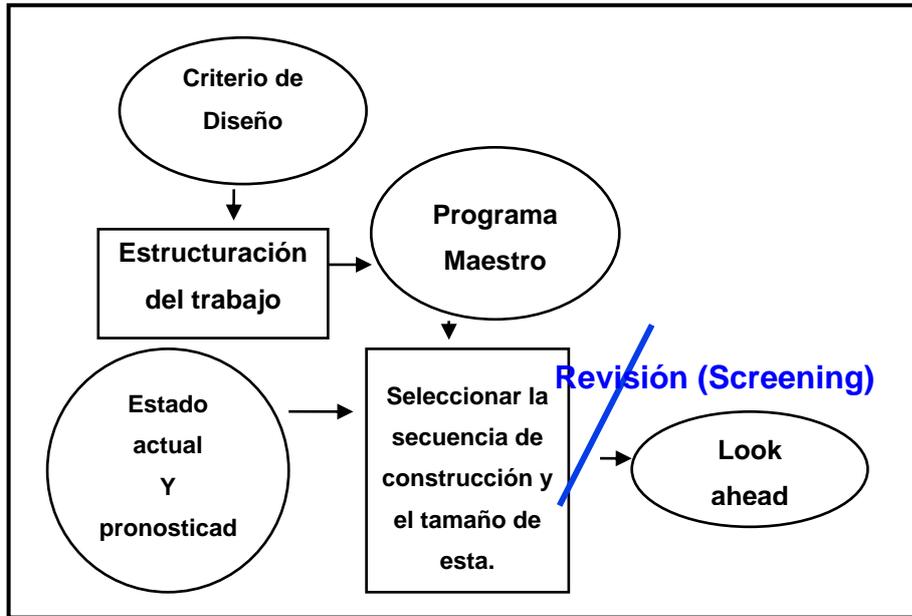
Fuente: GL constructores.

En el Apéndice A muestra un ejemplo de una planificación Look ahead con su respectivo análisis de restricciones más completo utilizado por la empresa Bravo Izquierdo y Fuenzalida, participante en el proyecto de implementación del sistema del Ultimo Planificador.

Hay que dejar en claro que el Análisis de Restricciones no sólo involucra poner un “Si” o un “No”, ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

### **A) REVISIÓN**

Consiste en determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia 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 programa maestro. El concepto de “Revisión” es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden. La figura 20, muestra que la labor del proceso de revisión es filtrar por última vez la información que entrará en la Planificación Look ahead.



**Figura 20: Revisión de actividades antes del programa Look ahead. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

La revisión se hace primero cuando las actividades son consideradas para entrar a la planificación Look ahead, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. Esto se repite en cada ciclo de planificación, cuando el planificador actualiza la planificación Look ahead y se adelanta para la próxima semana. Posteriormente vienen revisiones de las restricciones de las tareas que se encuentran dentro del intervalo de planificación intermedia, la cual tiene como objetivo determinar el estado en que se encuentran éstas.

## **B) PREPARACION DE RESTRICCIONES**

Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede

remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene 3 pasos:

Confirmar el “tiempo de respuesta”: el remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Look ahead o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

Arrastrar: El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.

Apresurar: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable ITE.

#### **3.6.2.4 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)**

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está

conformado por las tareas de la planificación Look ahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas.

Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador)

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana.

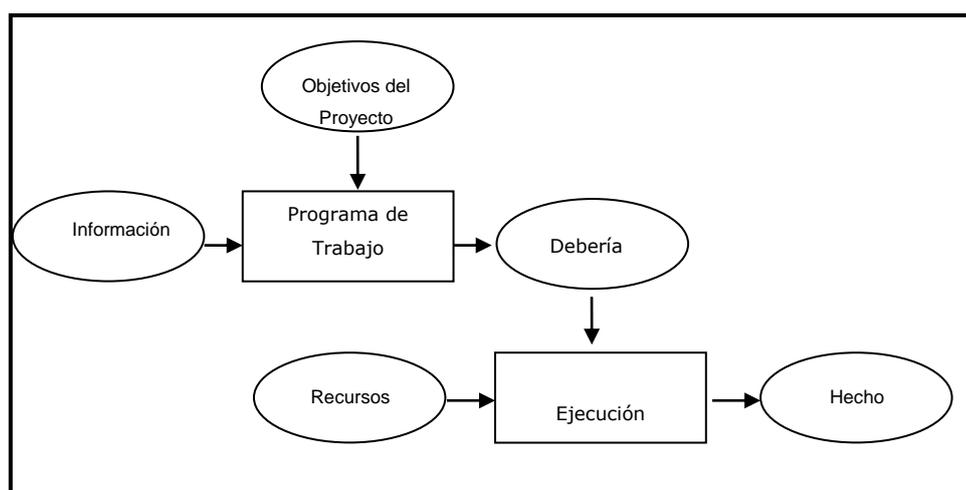
Luego de haber creado el inventario de trabajo ejecutable, estamos en condiciones de crear un Plan de Trabajo Semanal (PTS), que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

### **3.6.3 Planificación de trabajo semanal**

La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

La gestión de proyectos tradicional aborda la planificación semanal definiendo actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, en términos de lo que DEBE ser ejecutado. Las actividades son identificadas, se estima su duración y se organizan secuencialmente para cumplir de la mejor forma los objetivos del proyecto. Se realiza el trabajo, diseñando cuadrillas, que son encomendadas por la administración para hacer lo que el programa señala DEBE ser ejecutado, sin considerar si PUEDE realmente hacerse en un intervalo de tiempo específico. Los recursos se asumen disponibles cuando se necesiten, lo que debe presumiblemente garantizar la ejecución de lo programado.

Después que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos: materiales y mano de obra, y se termina adaptándolos al programa de la mejor manera posible. Este sistema de trabajo se puede observar gráficamente en la figura 21.



**Figura 21: Sistema de planificación tradicional por empuje de actividades. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

### 3.6.3.1 Formación del Plan de Trabajo Semanal

Como mencionamos anteriormente, el Plan de Trabajo Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE. Escoger que

trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser ejecutado (ITE), recibe el nombre de “asignaciones de calidad”. Sólo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el plan de trabajo semanal, lo que protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo para la unidad de producción que ejecutará el plan de trabajo semanal.

Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen los cinco criterios de calidad:

Definición: ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?

Consistencia: ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras especialidades que trabajarán en la misma área. No obstante, debemos hacer el esfuerzo de terminar el trabajo en la semana en que se planificó.

Secuencia: ¿La selección de asignaciones fue hecha en base a la secuencia provista por la red CPM inicial, en orden de prioridad y contractibilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables, es decir, existen tareas de calidad para suplir a otras en caso de fallar la productividad o de exceder las expectativas?

Tamaño: ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?

Retroalimentación o aprendizaje: Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?

En la figura 22 vemos un plan de trabajo semanal de actividades, en donde sólo se deben incluir asignaciones de calidad, que realmente vamos a ejecutar.

Ítem	Descripción de la Actividad	Responsable	% Completado		Logrado		Análisis del No-cumplimiento
			Planificado	Real	SI	NO	
1	A	Ing. Campo 1	80	60		X	Razón A
2	B	Ing. Campo 1	100	100	X		
3	C	Ing. Campo 2	40	20		X	Razón B
4	D	Ing. Campo 2	20	20		X	Razón C
5	E	Ing. Campo 3	100	100	X		
6	F	Ing. Campo 3	100	100	X		
		# actividades Completadas	9				
		% de cumplimiento (PAC)	60%				

**Figura 22: Ejemplo de un programa semanal de actividades. Fuente: GL constructores**

El sistema del último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Actividades Completadas. El PAC evalúa hasta qué punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación. (Ver Fig. 23 y 24).

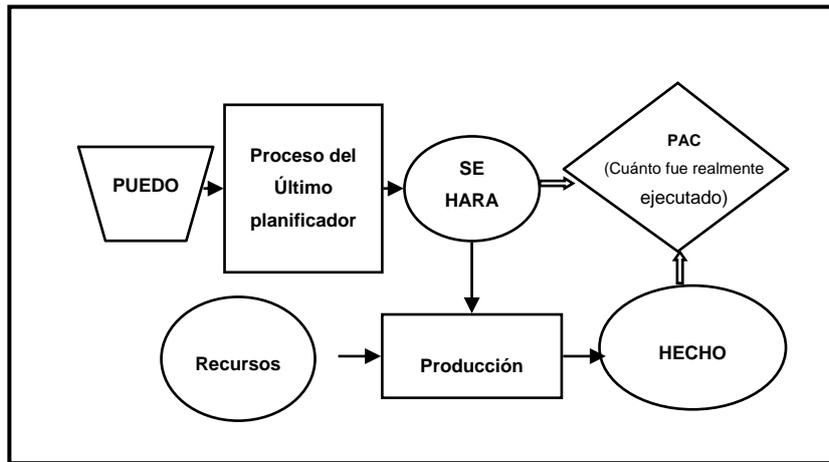


Figura 23: Medición del desempeño del Ultimo Planificador. Fuente: Virgilio Guio Castillo

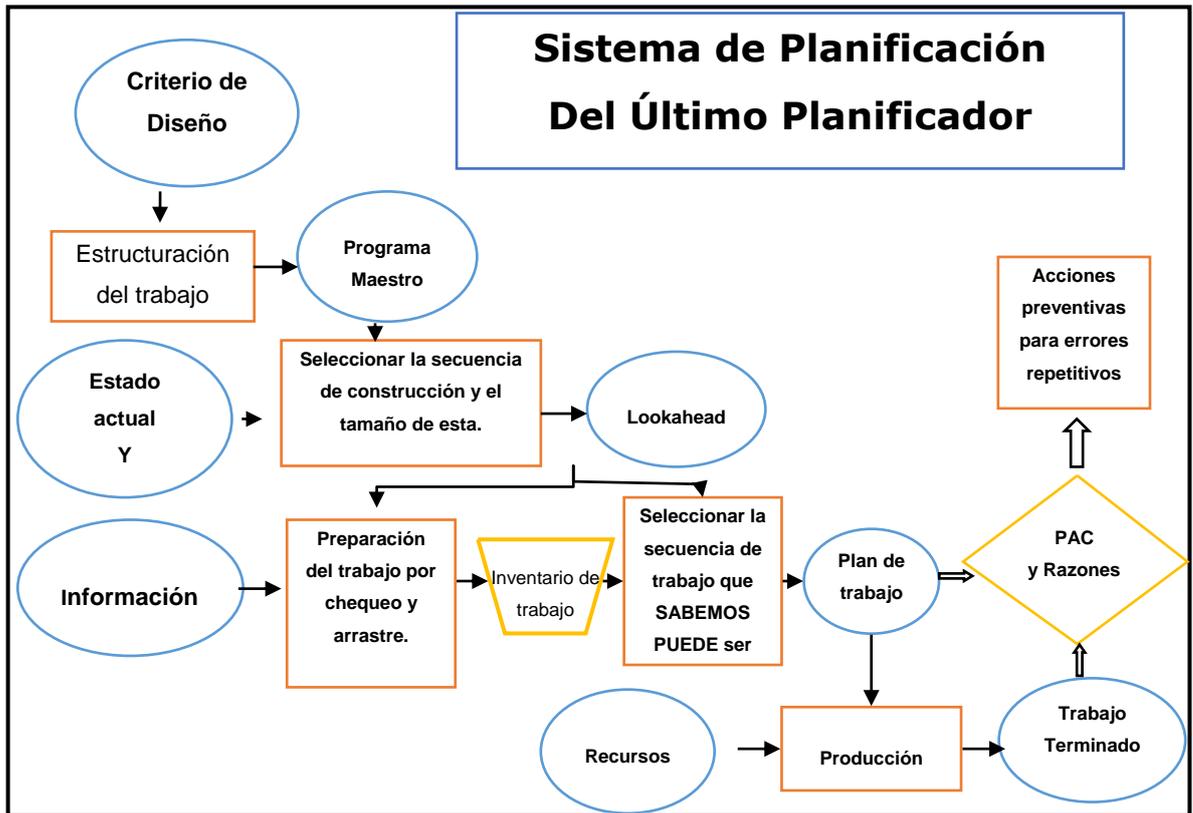


Figura 24: Veremos una visión global del sistema del Ultimo Planificador con sus distintos elementos. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.

### **3.7 Reunión de Planificación Semanal**

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerrequisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Look ahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.
- Determinar la preparación necesaria a desarrollar en la semana en curso.

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:

- Lleva a la reunión su PAC y causas de no cumplimiento, adicionalmente entrega una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Look ahead.

- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Look ahead, además de la planificación Look ahead de la semana anterior.

#### **COORDINADOR:**

- Lleva programa Maestro y la planificación Look ahead.
- Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.
- Actualiza y lleva el ITE.

La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión.

#### **ESTRUCTURA DE LA REUNION:**

- Se parte analizando el PAC de la semana anterior, las causas de no cumplimiento, 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 responsabilidades de todos los involucrados.
- Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la planificación Look ahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado 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 ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.

- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Look ahead 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 que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Look ahead, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Look ahead contrastándolas con el programa Maestro.
- Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Look ahead.
- Teniendo la nueva planificación Look ahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.
- Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la planificación Look ahead, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

**ASISTENTES:**

- administrador de obra.
- facilitador, jefe de terreno o encargado de planificación.
- supervisión y capataces.
- representante de la of. Técnica.
- Subcontratistas.
- adquisiciones (bodeguero).

**REVISIÓN DE LA SEMANA ANTERIOR:**

- controlar el cumplimiento de las actividades.
- calcular el PAC.
- determinar las causas de no cumplimiento.
- tomar acciones correctivas para las causas de no cumplimiento.
- definir actividades pendientes.
- tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas.

**PREPARACION DE PROGRAMA SEMANAL:**

- revisar el estado de restricciones del plan look ahead anterior
- definir el nuevo inventario de trabajo ejecutable
- contrastar el inventario con el programa propuesto por el ultimo planificador
- definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas (buffers)

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN LOOKAHEAD:**

- presentación del nuevo plan look ahead por parte del planificador de la obra.

- revisar el estado de restricciones del nuevo plan look ahead
- definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

## **DOCUMENTOS E INFORMACIÓN QUE DEBEN TRAER LOS ASISTENTES:**

### **PLANIFICADOR O FACILITADOR DE LA REUNIÓN**

- programa maestro.
- plan look ahead antiguo.
- plan look ahead nuevo tentativo.
- posterior a la reunión entrega el plan look ahead definitivo a los asistentes.
- posterior a la reunión entrega el plan semanal definitivo a los asistentes.

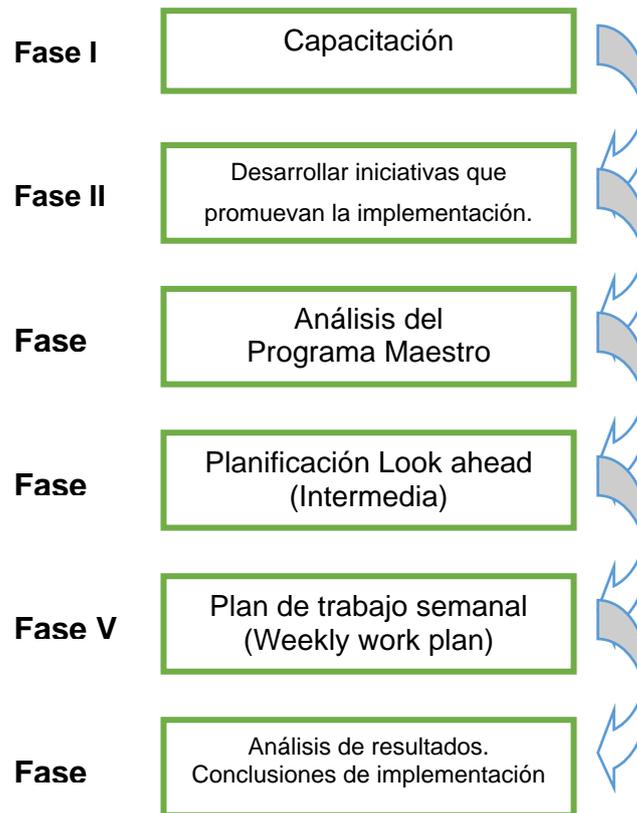
### **ULTIMO PLANIFICAR:**

- PAC.
- causas de no cumplimiento.
- propuestas de soluciones a causas de no cumplimiento.
- información del estado de trabajo.
- estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad.
- plan de trabajo tentativo.
- plan intermedio anterior.

## **3.8 Estrategia de una metodología de Implementación del sistema del Ultimo Planificador**

Para analizar más a fondo el sistema del Ultimo Planificador, revisaremos la metodología de implementación del sistema en muchas empresas constructoras chilenas. Nos concentraremos en conocer cuáles son los pasos para una exitosa puesta en práctica.

Las fases, inicialmente propuestas, en la implementación del sistema del Ultimo Planificador se complementaran con 2 fases claves: capacitación y desarrollo de iniciativas que promuevan el uso del sistema. Nos centraremos a analizar estas dos fases que son fundamentales para el éxito de cualquier iniciativa de mejoramiento en cualquier sector productivo. (Ver Fig. 25).



**Figura 25: Fases de una estrategia de implementación del sistema.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo**

### 3.8.1 Capacitación

Uno de los factores críticos en la implementación del sistema del Ultimo Planificador es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permiten que el personal de cualquier proyecto realice buenas prácticas. La capacitación es un proceso fundamental para producir un cambio en la visión de los agentes en el proceso. La figura 26, propone los contenidos

a revisar de cada taller o sesión de entrenamiento y las acciones que deben ser coordinadas por los encargados de la implementación (Entrenadores y miembros de la gerencia).

Investigadores proponen un plan de 6 a 8 semanas de capacitación en tres talleres en donde se proponen los contenidos de cada sesión, sus tareas y los impactos que puedan provocar en la puesta en práctica.(Ver Fig. 26).

Taller N°	Contenidos	Tareas	Impactos	Semana N°
1 (4 hrs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencias entre el foco tradicional y el Last Planner.</li> <li>• Impactos de la variabilidad</li> <li>• Descripción del sistema del Ultimo Planificador</li> <li>• Discusión acerca de barreras.</li> <li>• Medición del PAC.</li> <li>• Importancia de las reuniones semanales</li> <li>• Análisis de las causas de no cumplimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de reuniones</li> <li>• Consolidación del programa maestro</li> <li>• Medir el PAC</li> <li>• Registrar las causas de no cumplimiento</li> <li>• Seleccionar un indicador de desempeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de visión</li> <li>• Incorporar nuevos actores en el proceso de planificación</li> </ul>	1
2 (3-4 hrs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la información recogida</li> <li>• Revisión de los conceptos</li> <li>• Discusión de las barreras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidar las tareas iniciales</li> <li>• Inculcar procesos Look Ahead</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la variabilidad</li> <li>• Mejor protección de la producción</li> <li>• Mas promesas confiables</li> </ul>	3 a 5

3 (3-4 hrs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de la reunión de planificación</li> <li>• Análisis de las causas de no cumplimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correlacionar la información y los indicadores</li> <li>• Tomar acciones contra las razones de falla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar las practicas negativas del sistema</li> <li>• Eliminar casi todas las barreras</li> <li>• Comenzar el mejoramiento continuo</li> <li>• Incrementar la productividad</li> </ul>	6 a 8
-------------------	---	--	---	-------

**Figura 26: Acciones detalladas de capacitación y sus posibles impactos.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

### **3.8.2 Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación.**

Este trabajo presenta una metodología que ha sido desarrollada por un grupo de empresas constructoras chilenas para seleccionar que tipos de incentivos se pudieran ocupar para promover y aumentar las acciones que llevan a la utilización de nuevas acciones de mejoramiento de la gestión dentro de sus organizaciones.

La implementación de metodologías “Lean” dentro de la organización, requiere de niveles de compromisos y participación. Para obtener estos compromisos, es fundamental la investigación de los motivos y factores que resultan críticos en la puesta en marcha de estrategias de implementación. Las etapas desarrolladas en esta metodología son las siguientes:

**Etapa 1:** Identificar un sistema de incentivos, como una estrategia que facilite su implementación.

- Los jefes del proyecto o los líderes de cada especialidad son claves, para generar el compromiso con el fin de quitar de barreras para promover la implementación.
- Es fundamental para los participantes en el proceso tener un conocimiento suficiente de los conceptos “Lean” y el plan de puesta en marcha.
- Debemos definir las funciones de cada participante, sus responsabilidades y niveles de autoridad de los jefes de proyecto y/o profesionales cuya participación sea crítica.

**Etapa 2:** “Provocar en las empresas un cambio en la forma de ver las cosas”

- La interacción directa entre los involucrados en la producción mediante reuniones periódicas de trabajo en donde se presenten todos los conceptos y experiencias relacionadas con el tema.

**Etapa 3:** “Diagnóstico dentro de las empresas”

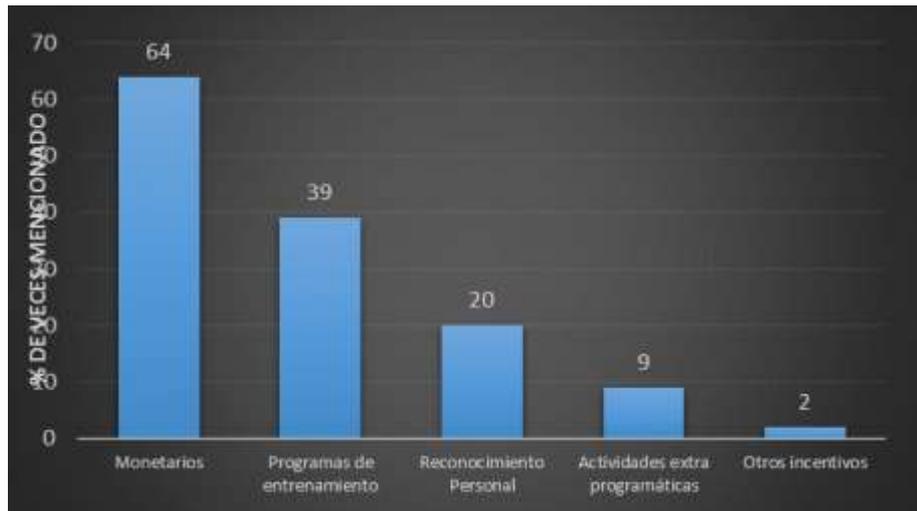
- Básicamente se basa en la identificación y análisis de los factores que pueden afectar la implementación. Una vez identificados deben ser filtrados, pues no todos estos factores pueden contar con el tiempo necesario para su análisis o no son necesariamente críticos (Figura 27).



**Figura 27: Algunos factores que pueden afectar la implementación.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

- La búsqueda de incentivos para el personal, en la necesidad de motivación para la puesta en práctica, deben ser buscado justamente dentro de la organización. Encuestas a los involucrados pueden ser de mucha utilidad para buscar el incentivo más indicado dentro de los recursos disponibles por la empresa. Algunas de los incentivos existentes dentro de las organizaciones pueden ser las mostradas la figura 28.



**Figura 28: Tipos de iniciativas dentro de las empresas. Fuente: GL constructores.**

#### **Etapa 4: “Análisis de resultados”**

- Identificar los incentivos para alcanzar una alta motivación dentro de la organización. Mediante encuestas al personal involucrado, también se pueden obtener estos elementos que pueden ser: el reconocimiento del personal, una efectiva participación, el entrenamiento para mejorar el trabajo en progreso, premios económicos o estabilidad laboral.
- Por otra parte, si bien un compromiso de la gerencia puede ser observado en términos de la participación en el programa de mejoramiento así como la creación de condiciones para la participación del personal en ello, la existencia de una persona que conduzca el proyecto de mejoramiento claramente es fundamental. Los resultados en empresas chilenas muestran que hay un 40 % de los involucrados en la planificación, claramente no identifican al líder que debe motivar la puesta en práctica del proyecto (Alarcón & Seguel, 2002). Por ello es crucial que la gerencia identifique claramente al líder en este proceso de mejoramiento.
- El nivel de información que se maneja en lo que concierne al progreso del proyecto de mejoramiento (conocimientos, dificultades) también tiene

una influencia significativa sobre el comportamiento y la actitud de las personas que pertenecen a la organización. Sin embargo, en empresas chilenas, el 55 % de los involucrados se declara inconsciente del progreso del proyecto para la empresa, y además, el 33 % no había recibido ningún tipo de información antes de su puesta en marcha en cuanto al proyecto, metodología y alcance (Alarcón y Seguel. 2002).

#### **Etapa 5: “Cambios y futuras acciones”**

- Tomar las acciones de mejoramiento basado en el diagnóstico realizado en las fases anteriores.
- Junto con la activa participación de la gerencia de la empresa y los líderes de implementación, monitorear y controlar las acciones y sus impactos.

#### **3.8.3 Otras recomendaciones**

- Cronología de Reuniones

La cronología de las reuniones deberá ser semana a semana y pasará a formar parte fundamental para la implementación del sistema. Es necesario que se deje establecido el día y hora de la reunión en la semana y respetar estos acuerdos como una forma de trabajo permanente.

- Secuencia de Implementación

Se recomienda realizar una secuencia de implementación evolutiva, es decir ir implementando partes del sistema hasta llegar a su implementación total. A continuación se da un ejemplo de una secuencia de implementación (Alarcón 2000)

**MES 1:**

- Formación del trabajo semanal
- Medición del PAC
- Análisis de las causa de no cumplimiento y toma de acciones

**MES 2:**

- Creación del Plan Look ahead
- Revisión y análisis de restricciones.

**MES 3:**

- Implementar algún indicador de desempeño de procesos que de validez al PAC y medir la variabilidad del indicador.
- Afinar conceptos de revisión y asignaciones de calidad.

## CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR: MÉTODO, BARRERAS Y RESULTADOS

### 4.1 Introducción

El objetivo del siguiente capítulo es aplicar parte de las técnicas de Lean Construction en una empresa constructora nacional. Esto se hará a través de la aplicación del sistema del Último Planificador. La implementación se hará desde el punto de vista de la oficina central y su forma de organización para aplicar nuevas herramientas de gestión. Serán analizadas las formas y métodos de administración de la información enviada por las obras de la empresa hacia la oficina central, para cumplir con el objetivo fundamental de la presente memoria, el cual es; demostrar que la aplicación de estas nuevas técnicas de gestión de producción aumenta considerablemente la productividad de la empresa.

Desde su conocimiento en Perú, el *Lean Construction*, la aplicación de sus técnicas han sido dirigidas actualmente a través de un programa de investigación llevado a cabo por el departamento de gestión de la construcción de la Universidad Pontificia Católica del Perú (GEPUCP), tendiente desarrollar y difundir conocimientos sobre gestión y tecnologías de producción en el sector de la construcción, llevando a cabo las siguientes iniciativas:

- Implementación de métodos para identificar y reducir pérdidas en sus proyectos de construcción. A través, de la aplicación de cartas de balance y el muestreo del trabajo.
- Medir indicadores de desempeños, comparados en un Benchmarking realizado en la industria chilena, a través del Sistema Nacional de Benchmarking.
- Implementación del sistema del Ultimo Planificador (*Last Planner*).

Se llevará a cabo la aplicación de esta última iniciativa en una empresa constructora nacional, pues es la más importante para los objetivos de esta memoria. Además gracias a esta herramienta, se demostrará de forma

fehaciente que la aplicación de Lean Construction puede generar un considerable aumento de la productividad.

#### **4.2 Metodología utilizada**

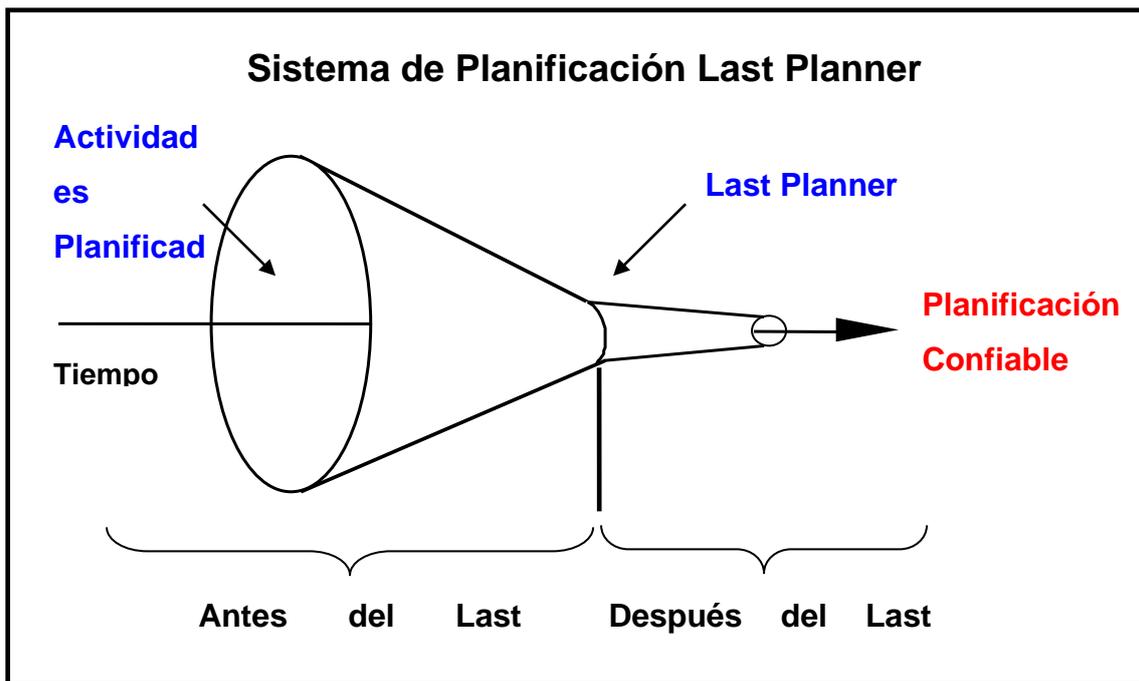
Los pasos siguientes son un buen ejemplo a seguir, para realizar una buena aplicación del sistema del Último Planificador para una empresa constructora nacional, pues como repasaremos más adelante, la empresa GL CONSTRUCTORES obtuvo muy buenos beneficios con esta aplicación. Los pasos a seguir, para llevar a cabo la implementación y obtener los resultados con los objetivos planteados inicialmente, son los siguientes:

- Descripción de la organización de la empresa para la implementación de nuevas herramientas de gestión: Se realizará un análisis de la estructura organizacional de la empresa junto con el análisis de cada uno de los niveles jerárquicos y su relación con el sistema del Último Planificador.
- Análisis de la capacitación realizada por la empresa para la aplicación del sistema y nuevas herramientas de gestión.
- Descripción y análisis del procedimiento adoptado por los últimos planificadores para la asignación de actividades en todos los niveles de planificación; esto es, Plan Maestro, Planificación Intermedia (Look ahead) y Planificación Semanal. Además será revisada detalladamente la utilización de las planillas estandarizadas para la planificación de obras y cuáles de los datos, que el último planificador obtiene, son los más importantes para tomar decisiones de gestión.
- Análisis de los datos anteriores y la aplicación de medidas correctivas aplicadas en la empresa para el mejoramiento de la gestión. Cabe destacar, que tras analizar las causas de no cumplimiento de la planificación de la empresa, la principal causa fue el mal desempeño de los subcontratistas, antes de la aplicación del sistema del Último Planificador. Se repasarán las medidas correctivas adoptadas.
- Demostrar que; tras la aplicación del sistema del Último Planificador en la empresa, ha disminuido la variabilidad de la planificación y por ende

aumentado su confiabilidad. Recordando que la disminución de la variabilidad de la planificación implica un aumento de la confiabilidad de la planificación y por ende un aumento de la productividad. Este resultado se obtendrá tras el análisis de los datos de PAC obtenidos por la empresa en cada actividad.

#### **4.3 Métodos y herramientas de planificación aplicadas con anterioridad**

La figura 29 muestra la diferencia que existe entre el sistema tradicional de planificación de proyectos, aplicado con anterioridad por la empresa GL CONSTRUCTORES, en contraste con la actual aplicación del sistema del Ultimo Planificador. En el sistema tradicional, las actividades del plan maestro que corresponden al periodo en el cual se está planificando entran al plan de trabajo semanal sin pasar por un estricto y participativo control de las restricciones que estas actividades pudieran tener, tales como; cancha, materiales, mano de obra o equipos. Es decir, que la falta de compromiso entre el planificador y los involucrados en la producción provoca muy poco cumplimiento de las actividades que fueron planificadas. Es así como el análisis de restricciones que con el que cuenta el sistema es fundamental para producir certeza de que la actividad puede realmente ejecutarse.



**Figura 29: Sistema de planificación de proyectos Last Planner. Fuente: Alarcón, 2001.**

Los proyectos ejecutados antes de la aplicación del sistema del Último Planificador, sólo cuentan con métodos de planificación de proyectos a total criterio del administrador de la obra. Principalmente se cumple una serie de pasos básicos para la administración de proyectos, estos son:

- Programación del plan maestro por la oficina central y el administrador de obra, basado en el método CPM con planes expresados en forma de carta Gantt.
- El Administrador de obra subdivide al trabajo anterior en paquetes de trabajo y centraliza las decisiones de trabajo a criterio personal, en un plan de trabajo semanal. No existe ningún tipo de planificación intermedia entre el plan maestro y el plan de trabajo semanal. Además sólo jefes de terreno, en algunas obras, participan en las decisiones de producción.

- El administrador de obra prepara informes periódicos para la gerencia de la empresa o cuando estos sean solicitados (Período variable según la obra). Se destaca que el formato y la cantidad de información que llega a la oficina central no estaba estandarizada para cada obra.

Tras el análisis de los procedimientos tradicionales aplicados, se contrastan ambas estrategias de planificación, con el objetivo de destacar las virtudes de las herramientas de la nueva filosofía Lean Construction en la tabla 7:

**Tabla 7: Comparación de Sistema Tradicional Vs Last Planner.**

<b>Sistema Tradicional</b>	<b>Last Planner</b>
Se circunscribe a la utilización de un software (Por ejemplo Primavera o Microsoft Project)	Aplicación de plantillas específicas
Requiere de una alta mantención en post de seguir la ruta crítica propuesta inicialmente.	Baja mantención, pues cada involucrado realiza el seguimiento de sus propios compromisos.
Su principio fundamental es seguir la ruta crítica.	Su principio fundamental es el seguimiento de la variabilidad.
Se focaliza en el cumplimiento de las fechas propuestas.	Se focaliza en la dirección de los flujos de producción.
Se basa en los cumplimientos de los subcontratos principalmente.	Se focaliza en la interdependencia de todos los involucrados.

Fuente: Elaboración Propia.

Una de los puntos fundamentales del sistema es como éste aborda la planificación de las actividades críticas. Éstas deben ser las primeras que deben pasar la barrera del inventario de trabajo ejecutable, en donde se realiza el análisis de restricciones. Pues, al pasar al plan de trabajo semanal, todas las actividades planificadas para la presente semana pasarán a ser críticas. Cabe recordar que las primeras actividades a las que se les debe retirar sus

restricciones son las actividades críticas, pues el primer paso en la reunión semanal de planificación es las revisiones del plan maestro y su respectiva carta Gantt de seguimiento, lo que indicará al último planificador, qué actividades deben ser incluidas en primera línea en la planificación intermedia.

#### 4.4 Organización para el mejoramiento de la planificación.

Se adoptó la siguiente estructura organizacional para implementar del sistema del Ultimo Planificador; además, de todas las acciones de mejoramiento de su sistema de gestión:

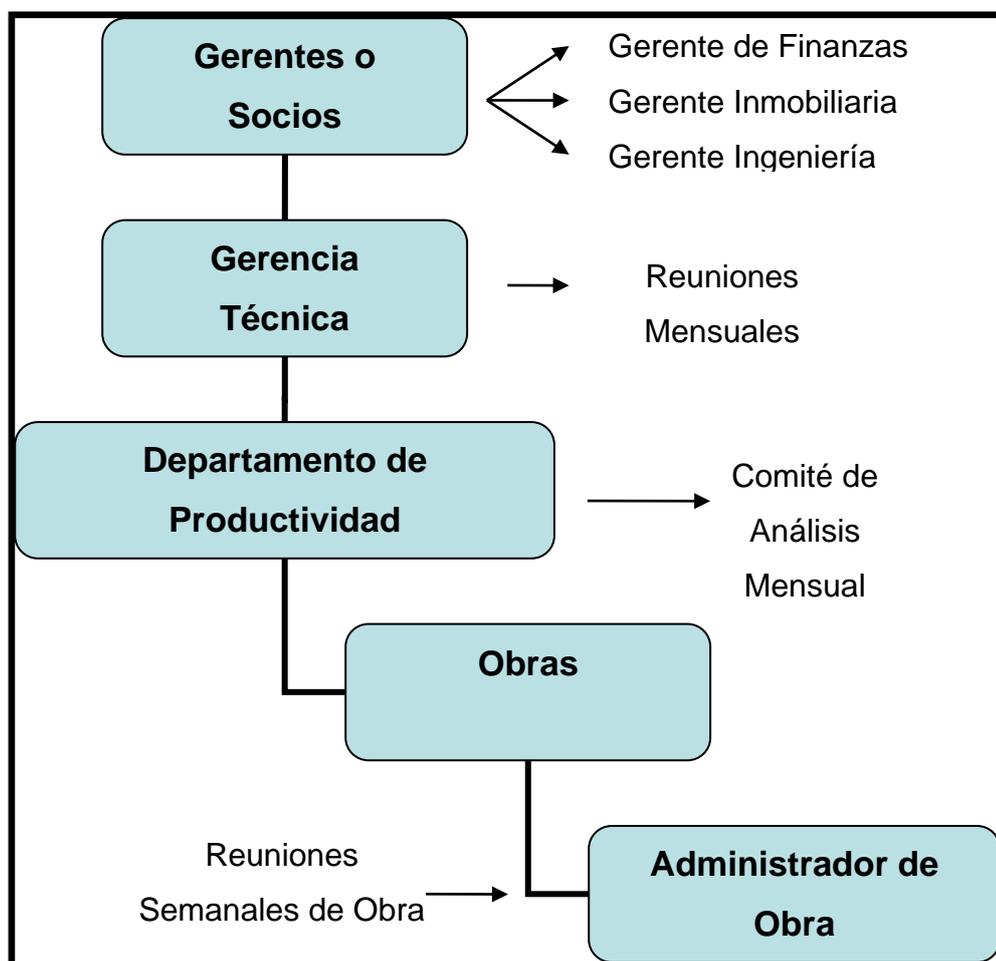


Figura 30: Organización de la empresa para el mejoramiento de la planificación. Fuente: Virgilio Ghio Castillo.

La figura 30 muestra la organización para llevar a cabo la implementación, pero cabe destacar que cada empresa debe analizar su propia organización, pues dada sus características particulares: tamaño de la empresa o área de la construcción en la que se desempeña, pueden resultar crítico para el buen resultado de la implementación del sistema.

A continuación se detallan las funciones que cumple cada nivel de organización dentro de la implementación del sistema del Ultimo Planificador.

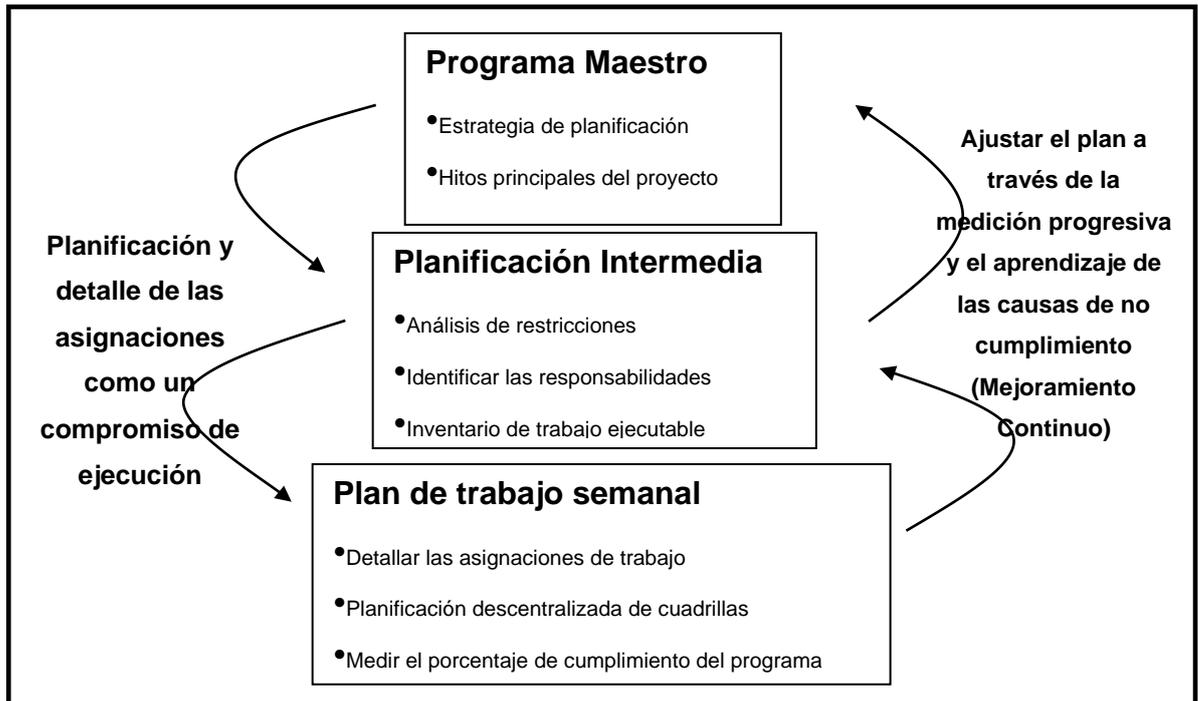
4.4.1 Gerencia de la empresa: Brinda apoyo a todos los niveles intermedios y debe ser capaz de generar la fuerza necesaria para que el trabajo perdure. Una de las principales medidas adoptadas en esta materia es que todos los procedimientos, instrucciones e informes realizados por el departamento de productividad van acompañado con la firma de los socios de la empresa, demostrando un serio compromiso en el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente. Se debe mostrar la información resumida por el departamento de productividad, la cual debe ser revisada y discutida mensualmente en la reunión mensual de gestión por la gerencia. Dicha información es el resumen de los resultados entregados por cada una de las obras al departamento de productividad, estandarizada en su cantidad y formato.

4.4.2 Gerencia Técnica: Evalúa la información entregada por el departamento de productividad, toma acciones correctivas junto a éste y genera las metodologías de trabajo. Estas acciones deben ser tomadas en la reunión de planificación mensual, junto a la gerencia de la empresa tomando las acciones correctivas, las cuales deben tender a la disminución de las causas de no cumplimiento. Una de las acciones correctivas más importantes tomadas para el mejoramiento del desempeño de los subcontratos que era una de las mayores causas de no cumplimiento.

- 4.4.3 Departamento de Productividad: Recopila la información desde las obras, las analiza, las comunica a la gerencia con el fin de controlar la ejecución del sistema. En la reunión semanal de productividad se analizan los resultados estandarizados obtenidos de cada obra y deben ser encontrados los problemas de producción para ser presentados en la reunión mensual de gestión.
- 4.4.4 Obras en Ejecución: Implementan el sistema directamente y aportan con la información necesaria para el control del sistema al departamento de productividad. De ahí se desprenderá la conclusión más importante de la tesis: Demostrar que tras la utilización de Sistema del Último Planificador, que al minimizar el tiempo se maximiza los costos.

#### **4.5 Procedimiento para la aplicación del sistema del Último Planificador.**

La figura 31 recuerda la estrategia resumida de aplicación del sistema del Último Planificador propuesta en esta memoria y posteriormente los pasos a seguir para generar la planificación de una obra particular ejecutada por la empresa.



**Figura 31: Estrategia de implementación del Last Planner en obra.**

**Fuente: Virgilio Ghio Castillo.**

Se revisarán los pasos a seguir para efectuar el proceso de programación siguiendo los principios del sistema del Último Planificador (Last Planner). Esto es llevado a cabo, utilizando las herramientas tecnológicas disponibles (planillas computacionales) e informadas por el departamento de productividad mediante la capacitación realizada a todos los involucrados y la investigación bibliográfica desarrollada por el autor.

Todo Ing. De Producción de obra debe utilizar, por política de la empresa (aquí nace el compromiso de la empresa), este sistema de planificación, el que además de ser efectivo en cuanto a la programación y control de la obra, es fuente de información homogénea entre las obras de esta empresa. Esta información, es analizada en la oficina central por el departamento de productividad, y utilizada para definir las estrategias respecto a recursos utilizados en obras, por la gerencia de la empresa, a través del análisis del PAC y las causas de no cumplimiento.

## **CAPITULO V: APLICACIÓN LAST PLANNER EN EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES**

### **5.1 Herramienta del Last Planner - Look ahead Program**

El Look ahead es el segundo nivel en la jerarquía de Last Planner System, en él se resaltan las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano.

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recursos humanos, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo.

Para poder cumplir las funciones del Look ahead, existen determinados procesos específicos. A continuación se explicarán cada uno de esos procesos.

#### **5.1.1 Definición del intervalo de tiempo del Look ahead**

El número de semanas sobre el cual se extiende el Look ahead es escogido de acuerdo a las características 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 respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro.

#### **5.1.2 Definición de las actividades de la Planificación Look ahead**

Para preparar el Look ahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido. Lo que obtendremos en el Look ahead es un conjunto de tareas para un

intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse. Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Look ahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

#### **5.1.2.1 Análisis de Restricciones**

Una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos etc.

##### **Revisión**

Consiste en determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia 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 programa maestro. El concepto de “Revisión” es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrán realizarse por tener restricciones que lo impiden. La Figura 16 muestra que la labor del proceso de revisión es filtrar por última vez la información que va a entrar en el Look ahead.

La revisión se hace primero cuando las actividades son consideradas para entrar a la planificación Look ahead, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. Esto se repite en cada ciclo de planificación, cuando el planificador actualiza el Look ahead y se adelanta para la próxima semana. Posteriormente vienen revisiones de las restricciones de las tareas que se encuentran dentro del intervalo de planificación intermedia,

que tienen como objetivo determinar el estado en que se encuentran éstas.

### **Preparación de Restricciones**

Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene 3pasos:

Confirmar el “tiempo de respuesta”: el remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Look ahead o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre puede presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

Arrastrar: El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.

Apresurar: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable (ITE).

### **5.1.2.2 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)**

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas del Look ahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas.

Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.

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

Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Si una actividad del Programa de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el Inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo.

Luego de haber creado el inventario de trabajo ejecutable, estamos en condiciones de crear un Programa de Trabajo Semanal, que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

### **5.1.2.3 Programación de trabajo semanal**

La programación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, jefes de terreno, jefes de obra, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

## **Formación del Programa de Trabajo Semanal**

El Programa de Trabajo Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE. Se debe escoger que trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser ejecutado (ITE), recibe el nombre de “asignaciones de calidad”. Sólo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el Programa de Trabajo Semanal, de modo que se protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo.

Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen los cinco criterios de calidad:

Definición: ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?

Consistencia: ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras especialidades que trabajarán en la misma área. No obstante, debemos hacer el esfuerzo de terminar el trabajo en la semana en que se planificó.

Secuencia: ¿La selección de asignaciones fue hecha en base a la secuencia provista por la red CPM inicial, en orden de prioridad y constructibilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables para suplir a otras en caso de fallar la productividad?

Tamaño: ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?

Retroalimentación o aprendizaje: Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?

La siguiente plantilla se usó para ver un programa de Trabajo Semanal de actividades, en donde sólo se deben incluir asignaciones de calidad, que realmente vamos a ejecutar. (Ver Fig. 33 y 34).

PORCENTAJE DEL PLAN CUMPLIDO																																									
NOMBRE DE PROYECTO			AREA / DPTO					FECHA																																	
Las Dalias			EDIFICACIONES					sábado, 30 de agosto de 2014																																	
CODIGO DE PROYECTO			PROPIETARIO					UBICACION																																	
1			GL Constructores S.A.C.					Calle Aljovín con Calle Las Dalias																																	
Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	Metrado Realizado	Metrado Programado						ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO																															
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA																											
ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)											%		AVANCE																												
<table border="1"> <tr><td>PROG</td><td>PROGRAMACION</td><td></td></tr> <tr><td>LOG</td><td>LOGISTICA</td><td></td></tr> <tr><td>QA/QC</td><td>CONTROL DE CALIDAD</td><td></td></tr> <tr><td>EXT</td><td>EXTERNOS</td><td></td></tr> <tr><td>SUP/PLU</td><td>SUPERVISION / CLIENTES</td><td></td></tr> <tr><td>EJEC</td><td>ERRORES DE EJECUCION</td><td></td></tr> <tr><td>SIC</td><td>SUBCONTRATOS</td><td></td></tr> <tr><td>EQ</td><td>EQUIPOS</td><td></td></tr> <tr><td>ADM</td><td>ADMINISTRATIVOS</td><td></td></tr> </table>											PROG	PROGRAMACION		LOG	LOGISTICA		QA/QC	CONTROL DE CALIDAD		EXT	EXTERNOS		SUP/PLU	SUPERVISION / CLIENTES		EJEC	ERRORES DE EJECUCION		SIC	SUBCONTRATOS		EQ	EQUIPOS		ADM	ADMINISTRATIVOS					
PROG	PROGRAMACION																																								
LOG	LOGISTICA																																								
QA/QC	CONTROL DE CALIDAD																																								
EXT	EXTERNOS																																								
SUP/PLU	SUPERVISION / CLIENTES																																								
EJEC	ERRORES DE EJECUCION																																								
SIC	SUBCONTRATOS																																								
EQ	EQUIPOS																																								
ADM	ADMINISTRATIVOS																																								

Figura 32: Formato de porcentaje del plan cumplido. Fuente: Elaborado por GL constructores.

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO SEMANAL



PPC ACUMULADO				
Semanas	Actividades Cumplidas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.
Semana 25				
Semana 26				
Semana 27				
Semana 28				
Semana 29				
Semana 30				
Semana 31				
Semana 32				
Semana 33				
Semana 34				
Semana 35				
Semana 36				
Semana 37				
Semana 38				
Semana 39				
Semana 40				
Semana 41				
Semana 42				
Semana 43				
Semana 44				
Semana 45				
Semana 46				
Semana 47				

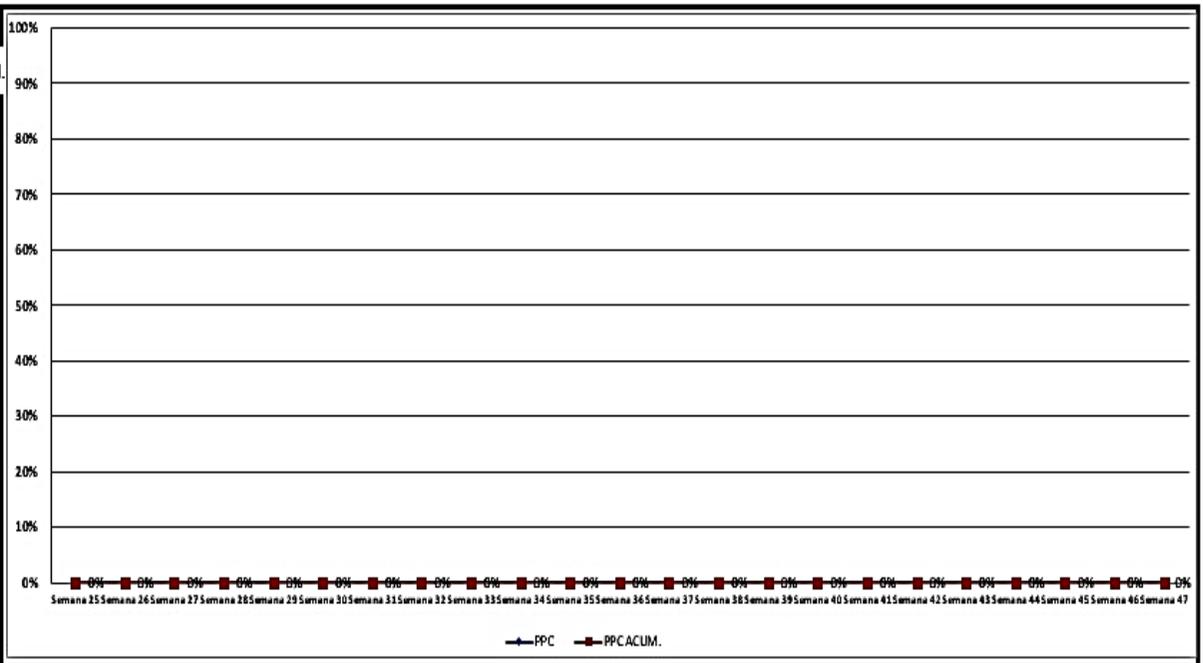
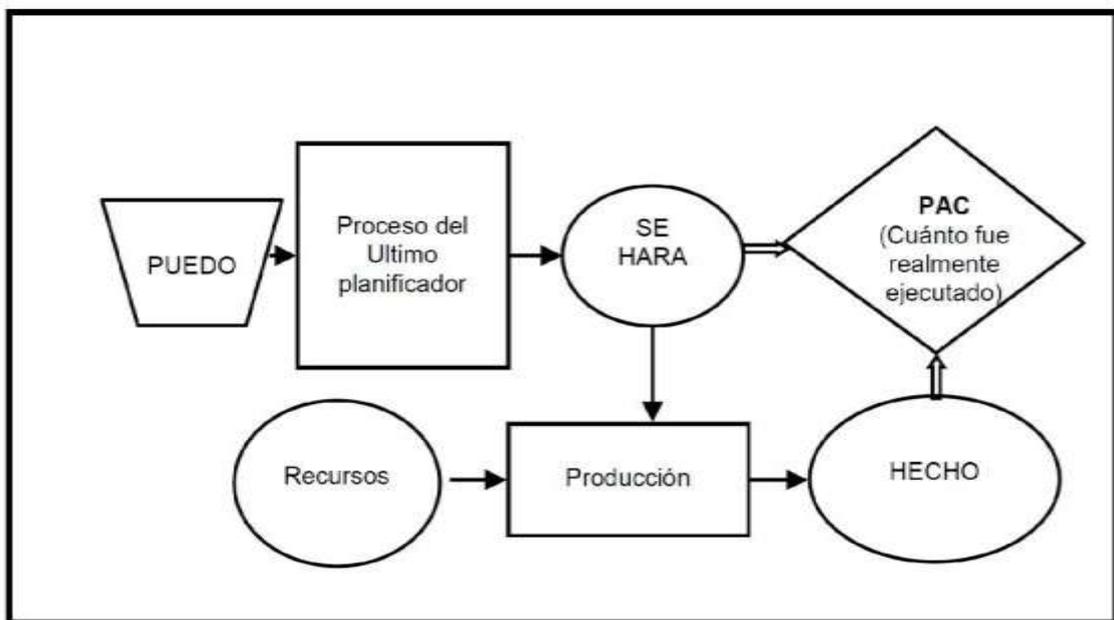


Figura 33: Plantilla de programación semanal de actividades. Fuente: Elaborado por GL constructores.

### a) Porcentaje de Programa Cumplido

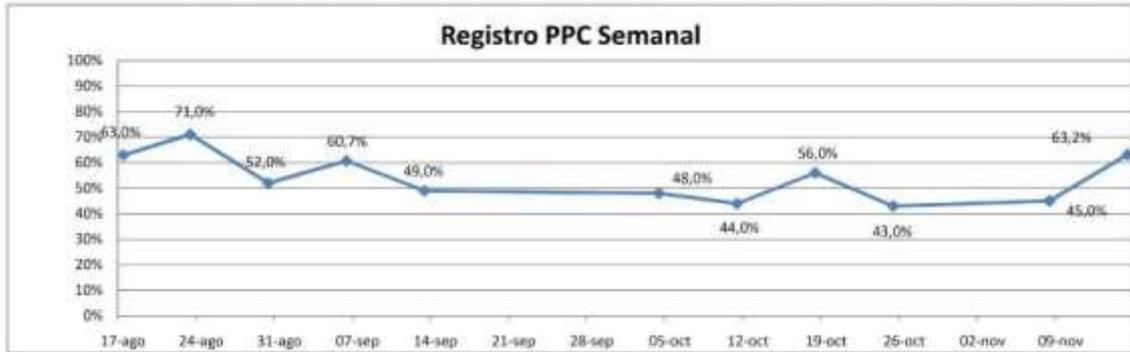
Last Planner System necesita medir el desempeño de cada Programa de Trabajo Semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Programa Cumplido. El PPC evalúa hasta qué punto Last Planner System fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el Programa de Trabajo Semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación. (Ver Fig. 34).



**Figura 34: Porcentaje Programa Cumplido. Fuente: Ballard, 2000.**

En la Figura 35 se representa un ejemplo de una gráfica de Porcentaje de Programa Cumplido.

Es importante destacar el PPC mide el cumplimiento de lo programado, no el avance de obra, es decir, cuán acertado o no han sido los compromisos adoptados, el manejo de las restricciones, etc. de manera que los resultados se miden de forma binaria: 1 si se ha cumplido el compromiso adoptado y 0 si no se ha alcanzado.



**Figura 35: Porcentaje de Programa Completado. Fuente: Elaborado GL constructores.**

b) Reunión de Planificación Semanal

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerrequisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

Revisar y aprender del PPC de la semana anterior.

Analizar las Causas de No Cumplimiento.

Tomar acciones para mitigar las Causas de No Cumplimiento.

Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.

Determinar las actividades que entran en la planificación Look ahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.

Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).

Determinar el ITE para la próxima semana.

Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

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

#### **5.1.2.4 El último planificador:**

Lleva a la reunión su PPC y Causas de No Cumplimiento.

La información del estado del trabajo.

Lista tentativa de las tareas para la próxima semana

Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Look ahead.

Listado de las tareas que entrarán en el proceso Look ahead, además de la planificación Look ahead de la semana anterior.

##### **a.- Coordinador:**

Lleva Programa Maestro y la planificación Look ahead.

Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.

Actualiza y lleva el ITE.

La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión:

##### **b.- Estructura de la reunión:**

Se parte analizando el PPC de la semana anterior, las Causas de No Cumplimiento, 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 responsabilidades de todos los involucrados.

Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.

Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.

Con la planificación Look ahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado 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 ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.

El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.

Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Look ahead 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 que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Look ahead, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Look ahead contrastándolas con el programa Maestro.

Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Look ahead.

Teniendo la nueva planificación Look ahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.

Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la planificación Look ahead, el Inventario de Trabajo Ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

**c.- Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal:**

i. Asistentes

- Administrador de Obra.
- Facilitador, Jefe de terreno o Encargado de Planificación Supervisión y capataces.
- Representante de la Oficina Técnica.
- Subcontratistas.
- Almacenero.

ii. Revisión de la semana anterior

- Controlar el cumplimiento de las actividades Calcular el PPC
- Determinar las Causas de No Cumplimiento.
- Tomar acciones correctivas para las Causas de No Cumplimiento
- Definir actividades pendientes
- Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas

iii. Preparación de programa semanal

- Revisar el estado de restricciones del Look ahead anterior
- Definir el nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable
- Contrastar el inventario con el programa propuesto por el ultimo planificador
- Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas.

iv. Actualización del Plan Look ahead

- Presentación del nuevo plan Look ahead por parte del planificador de la obra
- Revisar el estado de restricciones del nuevo Plan Look ahead

- Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

v. Documentos e información que deben traer los asistentes Planificador o Facilitador de la reunión

- Programa Maestro
- Look ahead antiguo
- Look ahead nuevo tentativo
- Posterior a la reunión entrega el Look ahead definitivo a los asistentes
- Posterior a la reunión entrega el programa Semanal definitivo a los asistentes.

vi. Ultimo Planificador

- PPC
- Causas de No Cumplimiento
- Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento
- Información del estado de trabajo
- Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- Plan de trabajo tentativo
- Plan intermedio anterior

## **CAPITULO VI: CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR LAS DALIAS**

### **6.1 Introducción:**

La empresa GRUPO CR decide implementar la metodología Last Planner en la construcción de su edificio multifamiliar las Dalias. Para ello se contrata a la empresa GL CONSTRUCTORES, Empresa que ya ha estado construyendo edificaciones aplicando el Last Planner es sus respectivos proyectos. Para empezar la obra se llegó a un acuerdo para que la empresa GL CONSTRUCTORES dé un asesoramiento, que consistió en tres talleres teóricos y diez sesiones prácticas de acompañamiento en reuniones semanales en obra.

Se inicia con el Taller 1, donde se reúnen integrantes de las obras donde se va a aplicar Lean Construction. Entre ellos hay Administradores de Obra, Jefes de Terreno, Jefes de Obra y Capataces. La formación se basa en una breve introducción a Lean Construction y a una explicación más detallada del Last Planner System. (Ver Fig. 36).



**Figura 36: Explicación del Last Planner en Edificaciones. Fuente: GL constructores**



## 6.2 ANALISIS COMPARATIVO: Aplicación del método tradicional vs. Last Planner System (LPS) en el edificio las Dalias

Se realizó el estudio comparativo de las condiciones hipotéticas en que se hubiera construido el edificio sin aplicar el LPS, con respecto a los resultados obtenidos realmente en la obra aplicando el LPS, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro. Se presentan las condiciones en una construcción tradicional, las condiciones conforme recomienda el LPS y las condiciones que realmente se dieron, tratando de aplicar el LPS con algunas variaciones propias (Ver Tabla 8).

**Tabla 8: Análisis comparativo del Last Planner.**

	TRADICIONAL	LAST PLANNER	LO QUE SE HIZO	COMENTARIOS
Profesionales asignados a la programación y ejecución	Ing. Residente Ing. Asistente Ing. de Campo	Ing. Residente Ing. Programador Ing. de Producción Ing. De Calidad	Ing. Residente Ing. Programador Ing. de Producción Ing. De Calidad	En el método tradicional se asigna un menor número de profesionales lo cual no cumple con la totalidad de resultados.
Alcance y Programación	Programación semanal de actividades, sin un análisis detallado de restricciones	Uso del Look ahead para realizar la programación semanal y detectar las restricciones	Uso del Look ahead para realizar la programación semanal y detectar las restricciones	El look ahead ofrece un detector de restricciones para la ejecución de las actividades.
Facilidad de aplicación	Sin conocimiento para su aplicación	Es complicado hasta que el personal se familiariza con la herramienta LPS	Se tiene el ejemplo de otras obras y se maneja con soltura LPS	Contar en la oficina técnica con alguien que domine la herramienta facilita el tiempo de asimilación al LPS

Actitud hacia la herramienta LPS	Desconocimiento de las ventajas: se ve como un gasto innecesario.	Se conocen las ventajas, se trabaja en equipo y aumenta la participación: se discuten las asignaciones	Se conocen las ventajas, se trabaja en equipo y aumenta la participación: se discuten las asignaciones	Es tiempo de arriesgar y adaptarnos a las nuevas herramientas y tecnologías.
Identificación y liberación de restricciones	Al no preverse las restricciones no se liberan o se solucionan oportunamente	Se empieza a prever las restricciones: la liberación o solución es más efectiva	Se empieza a prever las restricciones: la liberación o solución es más efectiva	tener las restricciones presentes nos ayuda a facilitar la ejecución de las mismas actividades en otros sectores
Utilización sistemática de plantillas	Plantillas tradicionales en Excel, sin detalles	Plantillas sistematizadas detalladas diarias, semanales y restricciones	Se adopta un nuevo sistema de uso de plantillas para un mayor control de toda la Obra.	Tener plantillas sistematizadas hace el trabajo más ordenado.
Estimación de rendimientos	Rendimientos del presupuesto	Seguimiento del rendimiento real en obra (cuadro de rendimientos)	Seguimiento del rendimiento real en obra (cuadro de rendimientos)	
Control de avance	Se asigna poca importancia a la programación semanal.	Control semanal para detectar restricciones y actividades no realizadas	Control diario	Permitió una dirección más eficiente de la obra
Seguimiento del rendimiento del personal	El control se realiza por cuadrillas	Control individualizado de los trabajadores.	Relación muy directa con los capataces y la jefatura para un buen control individual.	
Grado de compromiso	Se realiza una propuesta de	Se realiza la propuesta de	Se estableció un Sistema de	Incentivar y motivar al personal, hace

	programa en oficina y se presenta en reunión: bajo compromiso del personal	programa en terreno: mayor compromiso	incentivos y reconocimientos por rendimientos: alto grado de compromiso	que el personal cumpla su rendimiento o lo aumente.
--	--	---------------------------------------	---	---

. Fuente: Alarcón, 2001.

### 6.3 Aplicación de Look ahead Semanal Detallado

#### 6.3.1 Construcción del sótano 2 (Semana 19)

Programa general y Programa detallado de actividades

Para este análisis se tomó como ejemplo la semana 19 donde se aplicó el Last Planner, ya que fue donde hubo una mayor planificación por la cantidad de actividades a realizarse como el encofrado y vaciado de losa lo cual nos ayudaría para tener una idea y mejor control en todos los próximos vaciados de losa.

En la ejecución de la obra, en vez de considerar el Programa General para iniciar la planificación, se solicita al Ingeniero Residente que nos entregue en cronograma general de todas las partidas a ejecutar para saber las fechas de entrega (HITOS), para así poder realizar la Programación detallada de fases y sectores semanales y diarios.

Con estas fechas estamos en disposición de elaborar el programa por fases o sectores. Abarcará desde el inicio de la partida hasta su culminación.

Se muestra la aplicación del Last Planner con su herramienta de look ahead. Partiendo de la programación general (macro) se realiza la programación mensual y luego se procede a realizar la programación semanal para todas las actividades. (Ver Fig. 39).

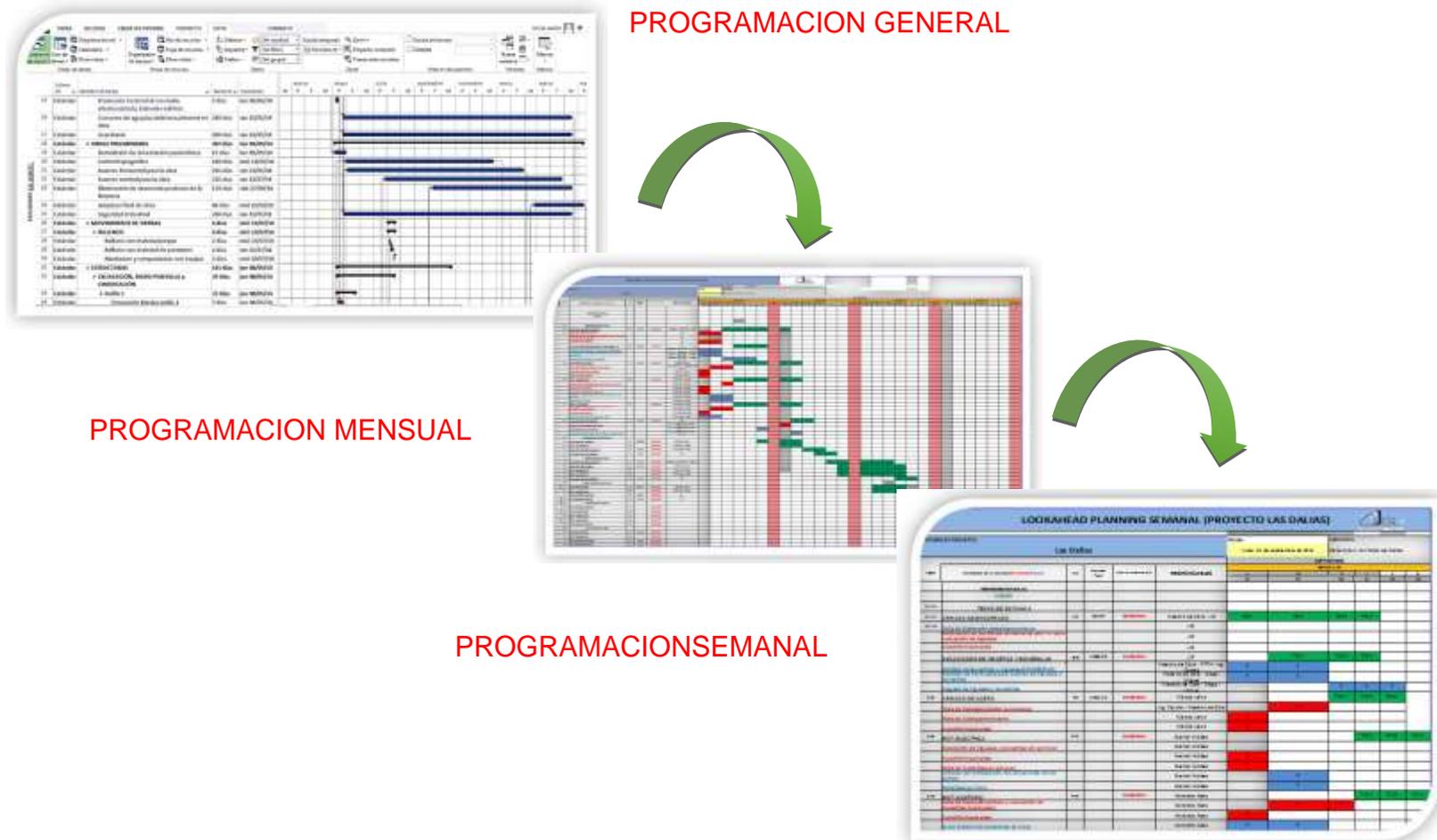


Figura 39: Aplicación del Last Planner. Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que Last Planner System llega en detalle a todas las actividades que se programan en obra, y para poder facilitar el entendimiento y que cada uno de los integrantes pueda centrarse en su sector, se divide los sótanos y pisos de la siguiente forma:

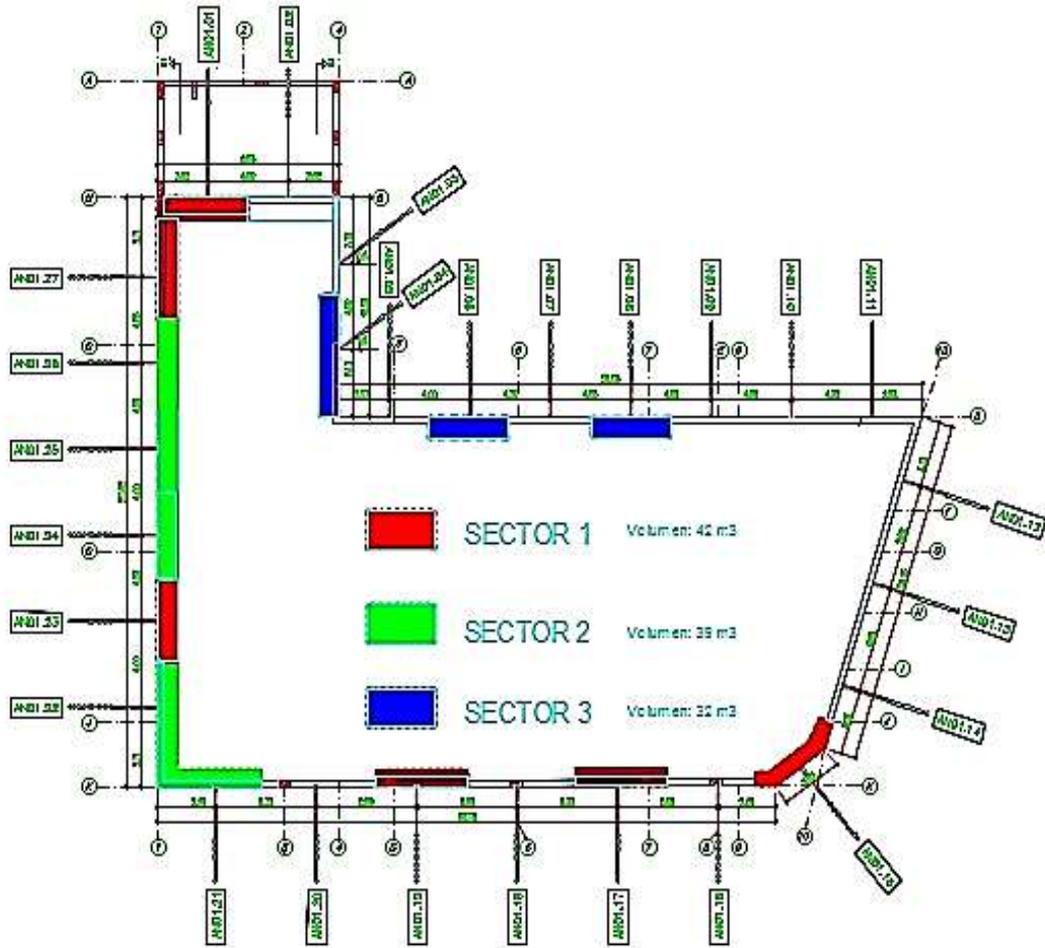
- Sótano 2 ( sector 1, Sector 2, sector 3, sector 4)
- Sótano 1 ( sector 1, Sector 2, sector 3, sector 4)
- Semi - sótano 3 ( sector 1, Sector 2, sector 3, sector 4)
- Piso 1 ( sector 1, Sector 2, sector 3, sector 4)

Cada una de los pisos está supervisado por un capataz y un Ing. de calidad. Los cuales programan los sectores independientemente.

Con la programación look ahead se pudo anticipar algunas situaciones cuya consideración permitieron una organización más eficiente del trabajo, tales como:

Para el sótano 2 en su sector 1, la partida de vaciado de muro pantalla que parecía a simple vista que iba bastante adelantada, al compararla con la programación detallada de look ahead se apreció que se presentarían varias restricciones, lo cual sería necesario inyectar más recursos para poder cumplir en el plazo debido.

Para el sótano 2 en su sector 2, la partida de vaciado de zapatas se realiza al mismo tiempo que los muros pantallas que pertenecían al sector y así se gana tiempo para proceder al sector 3 antes de lo programado. (Ver Fig. 40).



**Figura 40: Sectorización de áreas de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.**

Para el sótano 2 en su sector 3, la partida de vaciado de zapatas se realizó sin encofrar sus 4 caras ya que se realizó un análisis de costos y el mayor concreto que entraba al no encofrar era menor al precio de encofrado total, con ello se gana tiempo y se ahorra costos.

#### **6.4 SECTORIZACION:**

En la obra Las Dalias se realizó la sectorización, una de las herramientas que tiene el Last Planner para poder ejecutar las partidas en orden, verificar y sacar tiempos de vaciados. Esta herramienta ayudó a poder controlar, supervisar, planificar y mejorar con resultados los demás pisos.

La sectorización se aplicó en Estructura (vaciados de losas, columnas, placas y en Arquitectura (los tarrajeos de losa).

Se comprobó que esta herramienta si funciona en cualquier otra obra, teniendo en claro la idea y aplicación de esta herramienta.

SEGUNDO SOTANO: En este piso se aplicó la sectorización en 2 zonas (A: Eje 1-5' / B-I B: Eje 5'-10/D-I).

Se sectorizo en 2 zonas A (color verde) y B (color azul) el vaciado de la losa, lo cual se cumplió en el tiempo estimado. Como se observa en la Fig.41.

Influyo el horario de trabajo establecido por la municipalidad de Miraflores y la atención de los pedidos de concreto UNICON.

Teniendo en cuenta esta restricción de horarios y atención se planteó sectorizar en 2 este techo por el área que cada zona tenia para cumplir con el cronograma.

Sectorizar el área de trabajo es beneficioso, ya que nos mantiene el flujo de trabajo y mayor frente para los trabajadores, mientras se está vaciando en el sector 1, se va encofrando el sector 2 y así sucesivamente. Además podemos ver que restricciones nos pueden aparecer en el sector 1 para solucionarlo a tiempo en el sector 2. (Ver Fig. 41 y 42).

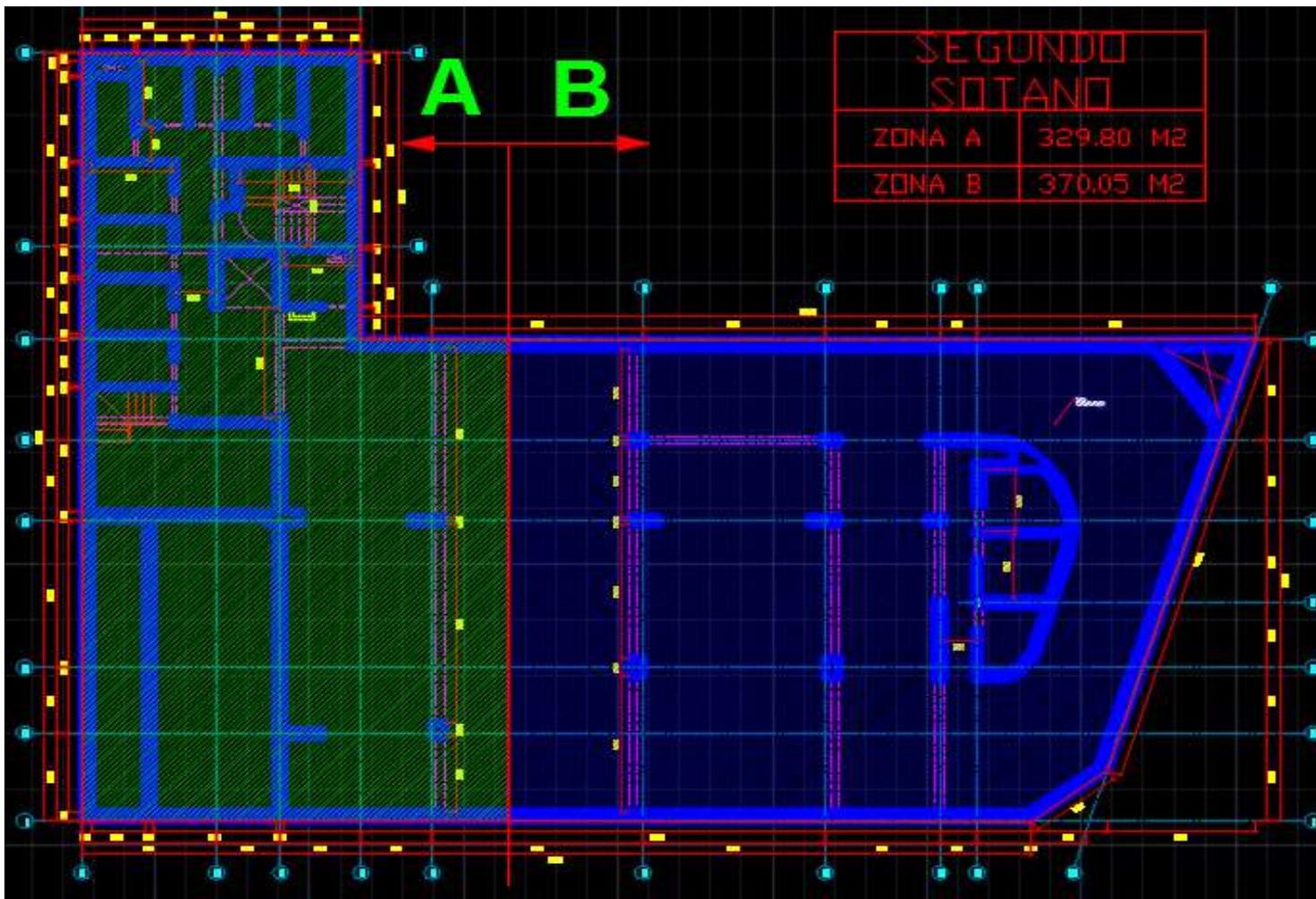
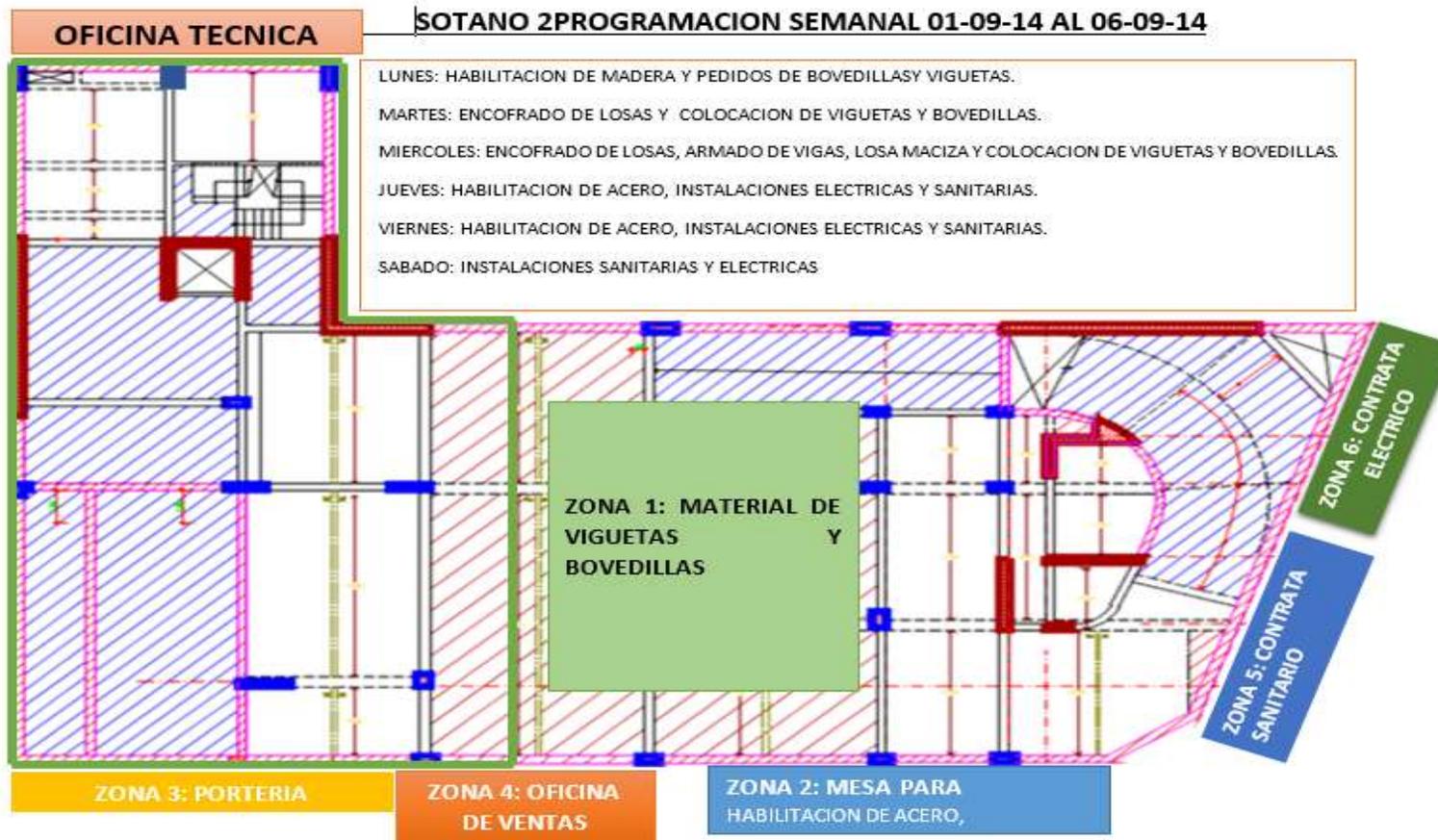


Figura 41: Plano con la sectorización del Sótano 2. Fuente: elaboración Propia.



**Figura 42: Sectorización semanal del Sótano 2. Fuente: Elaboración propia.**

Otro de los beneficios de la sectorización es que también sirve para ubicar las zonas de almacén para cada material o subcontrata, ya que el orden y limpieza es de mucha utilidad para un mejor control de programación semanal.

- Se realizó un diagrama de flujo para el vaciado de losa del sótano 2, el cual fue de mucha utilidad para la distribución de áreas y frentes de trabajo. (Ver Fig. 43).

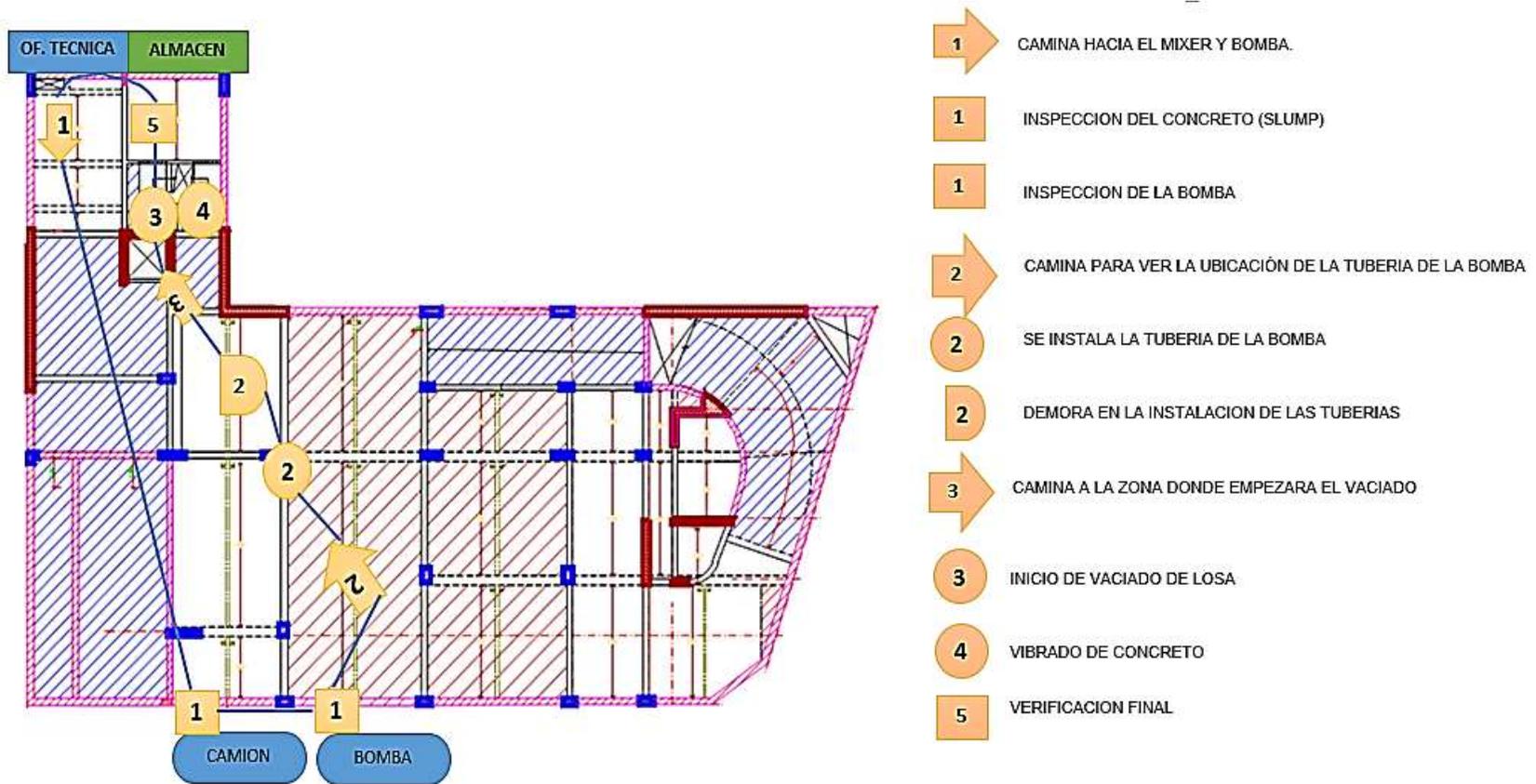


Figura 43: Flujo para el vaciado de losa del Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

a) Restricciones de Obra comunes

Una vez identificado el horizonte de trabajo, se debe desglosar el programa macro y determinar qué actividades se deben realizar durante ese tiempo. En cada una de las actividades, se debe identificar qué factores impiden que la actividad pueda ser realizada. A estos factores le llamaremos restricciones. Las restricciones más comunes en la construcción son:

- i) Diseño: involucra a todas las actividades que no están definidas en el proyecto, ya sea por incongruencia entre las especificaciones técnicas y los planos o simplemente por omisión.
- ii) Materiales: se refiere a que los materiales necesarios para ejecutar la actividad deben estar disponibles en obra antes de la fecha de inicio programada para la actividad.
- iii) Mano de Obra: se debe contar con una claridad sobre la cantidad de mano de obra disponible para realizar la actividad.
- iv) Equipos y Herramientas: corresponde a tener disponibilidad de equipos y herramientas necesarias para realizar la actividad en el momento indicado.
- v) Prerrequisitos: se refiere a que las actividades que deban cumplirse antes que se inicie nuestra actividad ya lo hayan hecho.
- vi) Calidad: se refiere a que si existe un control de calidad por parte de la empresa. En caso de existir este plan de calidad, se debe detallar previamente a la realización de la actividad qué requisitos serán exigidos y evaluados posteriormente a su término.

Para actividades especiales, puede haber otro tipo de restricciones además de las antes mencionadas, como por ejemplo, inspecciones, permisos, etc. En estos casos, también habría que incluirlas en el listado de restricciones y realizar su debido seguimiento para liberarlas.

También se puede mencionar el porcentaje de confiabilidad con el área logística de la empresa. Supongamos que nuestra confiabilidad de predecesor sea 95% y nuestro proceso sea X, si  $N=3$  entonces nuestro porcentaje de confiabilidad sería  $0.95 \cdot 0.95 \cdot 0.95$  igual a 85% de confiabilidad.

Al tener más predecesores nuestra confiabilidad disminuye y producen holguras más grandes.

Además a cada actividad se le asigna un responsable de ejecución y un responsable de seguimiento. Ambos deben liberar las restricciones de la actividad para que pueda ser ejecutada según lo programado. También es recomendable poner las fechas tentativas de inicio y término de cada actividad.



Para nuestro caso se programó 4 semanas entrantes, para ubicar y mencionar las restricciones que se nos puede presentar en nuestro flujo de trabajo.

Las restricciones se ha separado por sectores y actividades:

- Sector 1 (demora de encofrado, equipos, herramientas).
- Sector 2 (demora en llegada de materiales, demora de UNICON).
- Sector 3 (falta de orden y limpieza, correcto llenado de ATS).

b) Como detectar y solucionar las restricciones

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactuará. Para ello, fue necesario reunir al grupo de trabajo que estaría involucrado en la implementación del sistema “Último Planificador”. Se realizó una reunión en donde se explicó brevemente cuáles son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener.

Los integrantes a esta reunión fueron el administrador del proyecto, el jefe de obra, el jefe de terreno, el asistente técnico y Residente de Obra. El nivel de explicación del aspecto teórico fue más bien simple. No se les dio nombre a las etapas del sistema; pero sí se explicó en qué consistía cada una. Se dijo que cada actividad tenía restricciones que impedían que ésta se realizara y había que focalizarse en realizar un seguimiento a cada una de estas restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de la actividad en la fecha que estaba programada. También se habló de los indicadores que se medirían y de los resultados que se esperaban obtener. La idea era ir introduciendo de a poco los conceptos del sistema y, a medida que se fueran poniendo en práctica, fueran aprendiéndolos. En otras palabras, se definieron tareas que permitirían poco a poco ir implementando diferentes elementos del sistema.



necesidades – compromisos, se pide a cada uno de ellos que explique qué indica en los post-it y el motivo, así como si considera que alguna de las actividades no se puede cumplir en el plazo solicitado y los motivos.

- El Ing. de Campo y los capataces del sector 1 y sector 2 se comprometen a cumplir con lo propuesto y estar pendiente a las restricciones que ya se han analizado. (Ver Fig. 46).



**Figura 46: Ingeniero de campo analizar las restricciones que pueden presentar. Fuente: GL constructores.**

De las reuniones semanales realizadas se tomaron algunas medidas como:

- La intervención de los subcontratistas es muy beneficiosa, pues pueden aportar plazos, rendimientos, compromisos que no se pueden asumir por la constructora.
- Las conversaciones de los subcontratistas antes de su ejecución de su partida evitan problemas entre ellos ya que se proyectan los problemas que suelen suceder en toda obra, y así evitamos solucionar los problemas, ya no en su momento, sino mucho antes.
- Tenemos presente las restricciones que se nos va presentar, pero ya tenemos las medidas para poder levantarlas antes de llegar a dichas

actividades.

- Para el área técnica se distribuye cada asignación dependiente para poder realizar un buen seguimiento de todo lo acordado.
- Detectar las restricciones sirve de manera importante, ya que ahorra tiempo y evita pérdida de horas hombre y al evitar la pérdida de horas hombre se aumenta la producción lo cual a futuro es ganancia en costos.

Para el seguimiento de lo acordado en las reuniones semanales se definieron los responsables con forme se presenta en el siguiente cuadro.

(Ver Fig. 47).



**Figura 47: Cuadro resumen de encargados de hacer seguimientos.**

**Fuente: GL constructores.**

c) Planificación semanal

- Para llevar el control detallado se aplica el look ahead y programamos las actividades a realizar con sus posibles restricciones para poder superarlas.
- Preferiblemente las reuniones de programación se deben realizar el viernes: Se programa la semana de lunes a viernes, ya que así tenemos una visión de la semana completa.

A continuación se explicará de forma detallada lo que se tiene que realizar para poder llevar un buen seguimiento de lo acordado en las reuniones semanales.

**DÍA 1 (SABADO - REUNIÓN):**

Ni bien se termina la reunión. Es muy importante que se entregue la programación y la hoja de restricciones, ya que se debe programar desde ese mismo día (el programa va de lunes a sábado), si se demora en entregar el programa son días perdidos y ocasiona que los capataces no puedan organizarse.

**DÍA 2 (LUNES):**

Repaso de las zonas, con la programación, para ir viendo el avance. A ser posible con el propio capataz, de manera que todas las actividades que hay en el programa confirmemos que las tiene presente, se están realizando y no tienen restricciones (equipos, material, mano de obra, etc.) También es conveniente llevar la hoja de restricciones siempre en un tablero, de manera que se vaya comprobando con los implicados la liberación de las mismas.

### **DÍA 3 (MARTES):**

Visita a terreno para comentar con los trabajadores el desarrollo de la semana, ver los cumplimientos, estudiar el Look ahead y con ello destacar las nuevas restricciones que puedan aparecer.

Revisión de cada una de las zonas. Es apropiado revisarlo por nosotros mismos, de manera que vamos viendo cómo está el avance, qué problemas pueden surgir para las semanas siguientes. Pero por otro lado también es fundamental revisar el cumplimiento del programa con cada uno de los capataces.

Se comprobará el cumplimiento de cada una de las actividades teniendo en cuenta que aún queda todo el día del viernes para terminar con las actividades programadas, de modo que si alguna de ellas está a punto de finalizar la podemos dar por ejecutada. Si se tiene algunas actividades que según criterio propio no van a poder cumplir con la meta prevista, pero el capataz asegura que sí va a alcanzarse el cumplimiento, la podemos dejar pendiente de revisión para el día siguiente.

### **DÍA 4 (MIÉRCOLES):**

En todas aquellas actividades que no se ha cumplido debemos marcar una causa. Para ello usaremos el método de los “5 Por qué” para poder llegar a la causa raíz.

Ejemplo del método de los 5Por qué:

¿Por qué no se ha cumplido el avance de encofrado? - Porque no teníamos los materiales.

¿Por qué no se tenían los materiales? - Porque tardan tres días y se solicitaron ayer

¿Por qué sabiendo que se necesitaban desde la semana pasada se pidieron ayer? - Porque no teníamos definidas las medidas.

Preguntando tres veces se ha cambiado la causa del problema, llegando a la causa raíz: a simple vista parecía un problema de suministro de materiales, después de coordinación en terreno y finalmente se llega a que el problema de fondo es una indefinición de diseño.

En el presente caso añadimos la causa coordinación en terreno, porque se detectó que muchos de los no cumplimientos se debían a que no se había gestionado la ejecución de la actividad. Para ello llevamos una plantilla para visualizar la confiabilidad del plan semanal ejecutado y ver el porcentaje de avance diario. (Ver Fig. 48).

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL PLAN SEMANAL 																	
PROYECTO:		EDIFICIO LAS DALIAS										F1 F2 F3		FRENTE 1			
SEMANA:		DEL 9 DE JUNIO AL 15 DE JUNIO															
	Unit	Análisis semanal	h	SEMANA 2							PFC			CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO			
				LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIÉ	SAB	DOM	PROMEDIO	SI	NO				
				26	27	28	29	30	31	1							
DEMOLICION CRIBETOS Y CERCO	mL	25.00															
EXCAVACION MASIVA	m3	280.45															
EXCAVACION CALZADURA ANILLO	m3	41.16															
ENCOFRADO CALZADURA ANILLO	m2	90.71															
CONCRETO CALZADURA ANILLO	m3	41.16															
COLOC. CERCO METALICO	m	77.50															
DEMOLICION DE PARED	m3	16.75															
OPINAS DE CERA	g	-															
EXCAVACION CALZADURA ANILLO	m3	66.94															
ENCOFRADO CALZADURA ANILLO	m2	28.85															
CONCRETO CALZADURA ANILLO	m3	55.16															
											45 DIV/01	PFC: PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO					

**Figura 48: Programa de confiabilidad semanal revisado. Fuente: GL constructores.**

Estando a mitad de semana estamos en disposición de centrarnos en la semana siguiente. Tenemos el Look ahead y las restricciones, así se analizará qué actividades pueden ser programadas, teniendo en cuenta el avance de esta semana (las que no se han cumplido deberán volver a ser programadas, y/o analizar sus causas para ver si efectivamente estamos en disposición de cumplirlas o es necesario algún recurso extra, material, diseño de las actividades previstas) en el Look ahead se observó el terreno para ver la disposición, y aquellas marcadas con restricción se verá si han sido liberadas para partir con ella. También es importante mirar en campo que algunas actividades que deben planificarse pero que hasta el momento no se habían contemplado (puede haber un cambio de programa, un imprevisto por errores de ejecución o falta de frente para actividades, por lo que debemos programar otras, etc.

- Con la revisión realizada estamos en disposición de pasar los datos al computador.
- Se rellena la semana anterior, con % y causas, se guarda para comentarlo con el Ing. De Producción, para ver si coinciden los argumentos dados por el capataz con los de la oficina técnica.
- Luego se realiza la programación de la semana siguiente, con los datos que hemos obtenido en terreno, los del Look ahead y los de las actividades pendientes de la semana anterior.
- Sobre las restricciones, se repasan todas con los responsables asignados para así darlas como liberadas (las que sean para fecha de ese día o anteriores, también se les recuerda las futuras.)

#### **DÍA 5 (JUEVES):**

Reunión con el Jefe de campo para contrastar la información de la semana anterior y ajustar la programación futura.

PPC, CNC y Liberación de Restricciones. Una vez realizados los debemos de analizar:

PPC: ¿Qué cumplimiento estamos teniendo? ¿Cuáles son las causas de no cumplimiento?, ¿Hemos programado algo con restricción y ésta todavía no se ha liberado? ¿Ha habido una sobre programación? ¿Se ha realizado muchas actividades fuera de programa? ¿Hemos tenido algún imprevisto? ¿La coordinación en terreno está siendo buena? Subida de material, desplazamiento de operarios “prestados” a las zonas más críticas.

CNC: ¿Cuáles son las predominantes? ¿Hemos de citar a algún agente que no venía a las reuniones por ser más crítico? ¿Hemos tratado con oficina técnica algún asunto antes de la reunión para que se destaque en ella?

LIBERACIÓN RESTRICCIONES: ¿Se están liberando a tiempo? ¿Las fechas de compromiso son adecuadas? ¿Está afectando la no liberación a actividades críticas? ¿Es necesario realizar alguna actuación? Se muestra la plantilla del porcentaje de plan de cumplimiento donde se muestra el porcentaje de avance diario y donde se anota las causas de incumplimiento y las medidas correctivas para solucionarlo. (Ver Fig. 49)

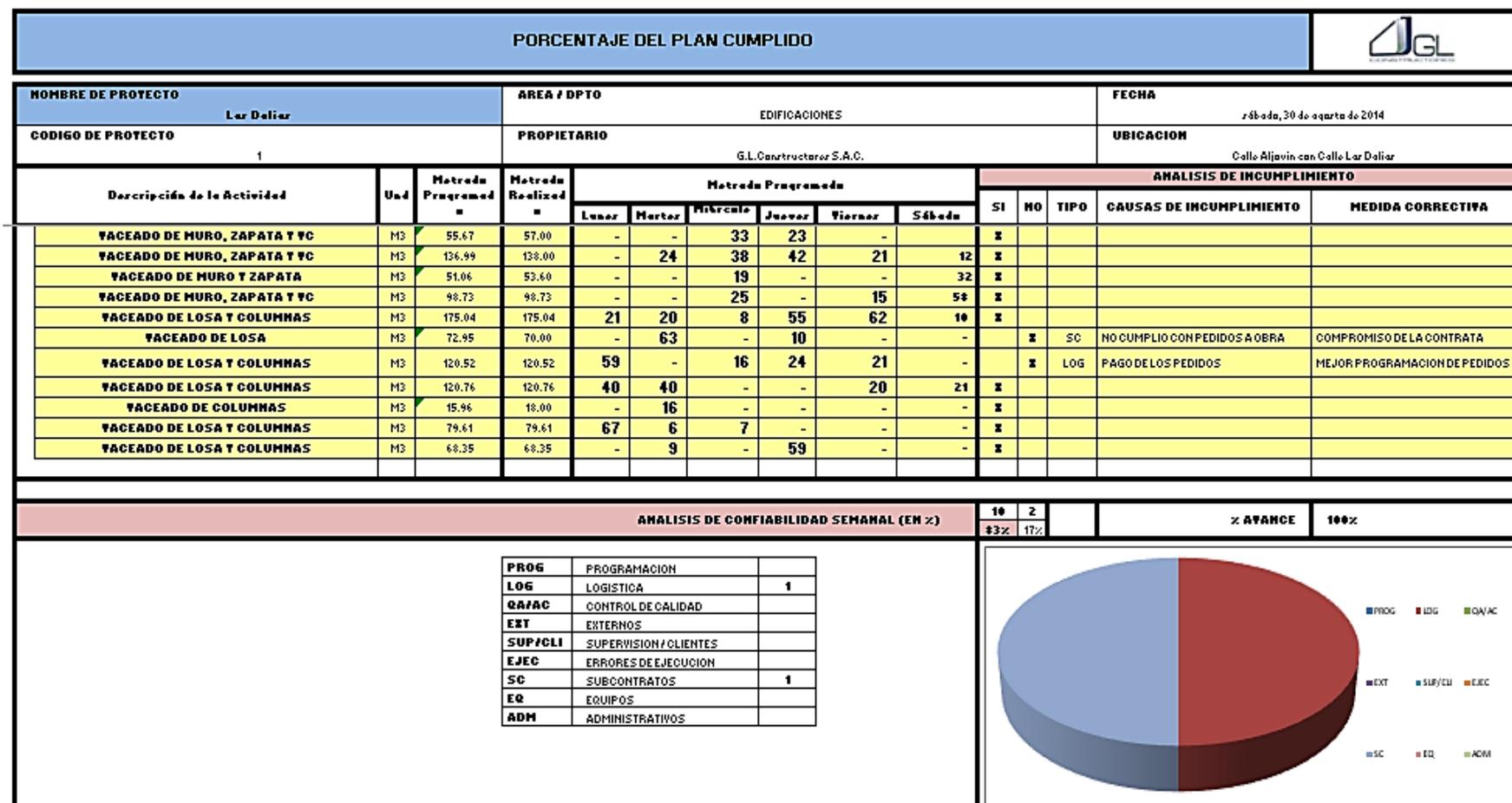


Figura 49: Cuadro- resumen de porcentaje de plan de cumplimiento semanal. Fuente: GL constructores.

## **DÍA 6 (VIERNES):**

Después de ver cada una de las zonas se verá el PPC (Porcentaje de Programa Cumplido), el gráfico de Causas de No Cumplimiento y la tabla de Restricciones, para ver aquellas que no se han liberado (las que ya cumplen plazo e insistir a sus responsables de la importancia de su liberación para el cumplimiento del programa.) También se mostrará el gráfico de liberación de restricciones.

Luego se realizará una relación de las nuevas actividades de la semana entrante con sus posibles restricciones que pueden aparecer y regular alguna actividad que no se haya culminado y anotar el problema que sucedió para no volverlo a cometer en dicha actividad lo cual se le denomina expertos.

También se realizará cuadros de los capataces y personal de obra que cumplieron con la meta programada de la semana, para así felicitarlos e incentivarlos para que sigan trabajando de la mejor manera.

## **DIA 7 (SABADO): REUNIÓN**

Es importante insistir sobre la puntualidad. Todos tenemos trabajo pero nadie puede faltar o llegar tarde. La reunión dura solo 1 hora.

Como se mencionó al inicio, tras la reunión, se imprimirán los programas y se entregarán a los asistentes. Tablas de Restricciones, para ver aquellas que no se ha liberado (las que ya se cumplen plazo para insistir a sus responsables de la importancia de su liberación para el cumplimiento del programa.) También mostraremos el gráfico de liberación de restricciones (para que ya sepan que restricción aparece en cada actividad y lo puedan solucionar ellos mismos).

La reunión de coordinación es muy importante y se debe mantener la hora constante 11:30 es la hora programada. Sobre las 10:30 h. debemos empezar a convocar a los participantes a reunión, como castigo al que llega tarde se propuso que pagaría el almuerzo de todos los asistentes a la reunión.

Se muestra la plantilla de look ahead planning semanal programado en las reuniones semanales con sus respectivas restricciones, recursos y actividades, cabe recordar que el color rojo indica las restricciones, el color azul lo recursos para su ejecución y el color verde la actividad programada.

Se muestra la plantilla de look ahead planning semanal programado en las reuniones semanales con sus respectivas restricciones, recursos y actividades, cabe recordar que el color rojo indica las restricciones, el color azul lo recursos para su ejecución y el color verde la actividad programada. (Ver Fig. 50).

LOOKAHEAD PLANNING SEMANAL (PROYECTO LAS DALIAS)											
NOMBRE DE PROYECTO: <b>Las Dalias</b>						FECHA: <b>lunes, 01 de septiembre de 2014</b>		UBICACION: <b>Calle Aljovin con Calle Las Dalias</b>			
ITEM	Descripción de la Actividad/Restricción/Recurso	Und	Metrado Total	FECHA REQUERIDA	RESPONSABLES	SEPTIEMBRE					
						SEMANA 19					
						L 01	M 02	X 03	J 04	V 05	S 06
	<b>TECHOS SOTANO 2 (A)</b>										
	<b>CASCO</b>										
1.1.1.1	<b>TECHO DE SOTANO 2</b>										
1.2.1.1	<b>ARMADO DE ENCOFRADO</b>	M2	104.37	03/09/2014	Maestro de Obra - JJR	TS2-1	TS2-2	TS2-3	TS2-4		
1.2.1.2	<i>Falta de Madera/Puntales/desmoldante</i>				JJR						
	<i>Perforación en los Muros anclados de e=0.1 m para colocación de viguetas</i>				JJR						
	<i>Cuadrilla Incompleta</i>				JJR						
	<b>COLOCACION DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS</b>	GLB	1,898.00	04/09/2014	JJR		TS2-1	TS2-2	TS2-3		
	<i>Pedidos de Bovedillas y viguetas(CONFIRMAR)</i>				Maestro de Obra - FITRH -Ing. Campo	X	X				
	<i>Revisión de Farhuelas para acarreo de Viguetas y bovedillas</i>				Maestro de Obra - Diego - Miguel	X	X				
	<i>Llegada de Viguetas y bovedillas</i>				Maestro de Obra - Diego - Miguel			X	X	X	
2.20	<b>ARMADO DE ACERO</b>	KG	1,912.45	04/09/2014	Marcos Leiva			TS2-1	TS2-2	TS2-3	
	<i>Falta de frente(encofrado incompleto)</i>				Ing. Caycho - Maestro de Obra		X				
	<i>Falta de Acero para el techo</i>				Marcos Leiva	X					
	<i>Cuadrilla Incompleta</i>				Marcos Leiva	X					
2.30	<b>INST. ELECTRICA</b>	PTO		04/09/2014	Evanan Alcides				TS2-1	TS2-2	
	<i>Instalación de Viguetas y bovedillas sin terminar</i>				Evanan Alcides					TS2-3	
	<i>Cuadrilla Incompleta</i>				Evanan Alcides	X					
	<i>Falta de materiales en almacen conocer con anticipación las ubicaciones de los puntos</i>				Evanan Alcides	X					
	<i>Materiales en Obra</i>				Evanan Alcides		X				
2.40	<b>INST. SANITARIA</b>	PTO		04/09/2014	Honorato Aedo				TS2-1	TS2-2	
	<i>Falta de frente (Encofrado y colocación de bovedillas incompleto)</i>				Honorato Aedo		X	X		TS2-3	
	<i>Cuadrilla Incompleta</i>				Honorato Aedo	X					
	<i>Stock máximo de materiales en Obra</i>				Honorato Aedo	X	X				

Figura 50: Cuadro-Look ahead semanal programado. Fuente GL constructores.

## **6.5 COMENTARIOS Y OPORTUNIDADES: De mejoramiento de la reunión semanal.**

### **6.5.1. Comentario acerca de los Resultados Obtenidos.**

Para evaluar los resultados obtenidos luego de implementar el sistema “Último Planificador” en una obra de construcción es bueno tener una idea de qué grado de implementación fue el alcanzado. A continuación nombraremos las etapas básicas que incluye una buena implementación y comentaremos el desarrollo que alcanzaron en la obra.

### **6.5.2 Planificación Intermedia**

Al inicio no se logró cabalmente desarrollar una planificación intermedia adecuada. La idea inicial era tener un horizonte de 4 semanas, sin embargo, sólo se alcanzó a tener un máximo de 2 semanas. El motivo se debió a la dificultad de reunir toda la información que ellos debían realizar en las actividades. Al inicio de la implementación se distribuyó a los involucrados una lista con las actividades del horizonte en estudio, con el fin de que cada uno revisara las actividades que fueran de su responsabilidad y colocaran el estado de las restricciones. El problema fue la inexperiencia en la aplicación del Last Planner ya que era una herramienta nueva para algunos ingenieros. Por este motivo los primeros meses no se logró tener el horizonte de las 4 semanas futuras, pero con el transcurrir el tiempo los ingenieros y trabajadores de obra pudieron alcanzar la meta pactada inicialmente.

### **6.5.3 Programa de Trabajo Semanal**

Todas las semanas se logró tener un programa de trabajo semanal. Los días sábados de cada semana se discutía con el Ingeniero de Producción y el Ingeniero Residente el posible programa para la semana siguiente (hay que recordar que comenzaba los días lunes). Este “programa tentativo” era

nuevamente revisado el día miércoles en la mañana, luego de medir el porcentaje de actividades completadas, para incorporar las actividades que no pudieron ser finalizadas la semana anterior. Es decir, se realizaba una actualización del programa semanal definido el viernes. Así, el día sábado en la mañana durante la reunión de planificación se distribuía el programa actualizado y se realizaba una nueva revisión de él. Se pedía a los concurrentes que si tenían alguna actividad no considerada en la lista la agregaran y que revisaran las fechas propuestas para cada actividad. Así finalmente se tenía el plan de trabajo semanal definitivo, el cual era distribuido a todos los asistentes. Entonces, podemos considerar un 100% de cumplimiento de este punto.

#### **6.5.4 Registro del porcentaje de actividades completadas**

Durante todas las semanas de implementación se midió el P.A.C., tanto a mitad como a fines de cada semana. Lo cual era solicitado por el ingeniero de producción para verificar el avance diario de las actividades como también los cumplimientos de los ingenieros de campo. El grado de implementación alcanzado fue de un 100%.

#### **6.5.5 Registro de las causas de no cumplimiento**

Este indicador se comenzó a controlar alrededor de la segunda semana de implementación. Cada vez que se medía el P.A.C. se anotaban las causas de no cumplimiento. Incluso, se clasificaron las causas en externas o internas para poder determinar si fueron o no responsabilidad directa de la empresa constructora. Este objetivo fue alcanzado en un 90%.

### **6.5.6 Reunión semanal de planificación**

Todos los días sábados se realizó la reunión de programación semanal. Objetivo logrado 100%.

### **6.5.7 Registro histórico de las restricciones**

Se llevó un registro de todas las restricciones medidas semanalmente. Lo cual se cumplió en un 100%.

### **6.5.8 Aprendizaje**

El porcentaje de aprendizaje fue a su 100%, ya que es una herramienta que muy pocas constructoras lo aplican porque lo ven como un gasto innecesario, pero cada semana se comprueba el ahorro de tiempo y costos al mantener el flujo de trabajo constante y mantener los frentes abiertos para todos los trabajadores, los cuales son muy importantes en toda obra.

## **CAPITULO VII: CUADRO COMPARATIVO DE AHORRO EN COSTOS USANDO EL LAS PLANNER SYSTEM.**

### **7.1 Ahorro de costos en zapatas**

- En el siguiente cuadro se muestra el metrado del encofrado y vaciado de zapatas donde se aplicó el Last Planner System, ya que la herramienta de Last Planner no solo es nos ayuda a llevar un mejor control sino que también se mide por la utilidad que se puede brindad a la entidad constructora.
- El ahorro de costos en la partida de encofrado se logró ya que de las 4 caras de la zapata se encofraron solo 2 y las otras 2 caras fueron encofradas con el mismo terreno, lo cual ahorra no solo costos sino tiempo, porque la cuadrilla encofraba más zapatas de lo programado.
- El ahorro de concreto fue básicamente por un metrado exacto en campo, ya que había una pequeña diferencia en lo real con lo pactado. (Ver Tabla 9).

DESCRIPCION	METRADO PLANO					COSTO PRESUPUESTO		COSTO CON LAST PLANNER		DIFERENCIA	
				2	3	ENCOF./DESENC	CONCRETO	ENCOF./DESENC	CONCRETO	ENCOF./DESENC	CONCRETO
						S/. 34.12	S/. 277.00	S/. 34.12	S/. 277.00		
ZAPATA 1	.20	.20	.80	.44	.11	S/. 185.61	S/. 585.02	S/. 111.37	S/. 570.40	S/. 74.25	S/. 14.63
ZAPATA 2	.00	.40	.10	.68	.62	S/. 330.28	S/. 1,279.74	S/. 198.17	S/. 1,247.75	S/. 132.11	S/. 31.99
ZAPATA 3	.20	.20	.80	.44	.11	S/. 185.61	S/. 585.02	S/. 111.37	S/. 570.40	S/. 74.25	S/. 14.63
ZAPATA 4	.00	.60	.80	5.36	.88	S/. 524.08	S/. 1,905.76	S/. 314.45	S/. 1,858.12	S/. 209.63	S/. 47.64
ZAPATA 5	.25	.30	.70	1.97	2.13	S/. 408.42	S/. 3,359.32	S/. 245.05	S/. 3,275.33	S/. 163.37	S/. 83.98
ZAPATA 6	.00	.72	.80	1.84	.38	S/. 403.98	S/. 1,489.15	S/. 242.39	S/. 1,451.92	S/. 161.59	S/. 37.23
ZAPATA 7	.30	.50	.70	.12	.78	S/. 277.05	S/. 1,599.68	S/. 166.23	S/. 1,559.68	S/. 110.82	S/. 39.99
ZAPATA 8	.50	.70	.80	.92	.56	S/. 338.47	S/. 2,094.12	S/. 203.08	S/. 2,041.77	S/. 135.39	S/. 52.35
ZAPATA 9	.10	.80	.60	.88	.35	S/. 200.63	S/. 927.40	S/. 120.38	S/. 904.21	S/. 80.25	S/. 23.18
ZAPATA 10	.50	.60	.70	.14	.55	S/. 243.62	S/. 1,260.35	S/. 146.17	S/. 1,228.84	S/. 97.45	S/. 31.51

ZAPATA 11	.90	.00	.80	.24	.32	S/. 212.91	S/. 642.64	S/. 127.75	S/. 626.57	S/. 85.16	S/. 16.07
ZAPATA 12	.20	.00	.60	.64	.72	S/. 90.08	S/. 199.44	S/. 54.05	S/. 194.45	S/. 36.03	S/. 4.99
ZAPATA 13	.90	.20	.70	.14	.47	S/. 243.62	S/. 1,237.08	S/. 146.17	S/. 1,206.15	S/. 97.45	S/. 30.93
ZAPATA 14	.90	.20	.80	.76	.42	S/. 333.01	S/. 2,056.45	S/. 199.81	S/. 2,005.04	S/. 133.20	S/. 51.41
ZAPATA 15	5.05	.00	.80	5.68	2.04	S/. 876.20	S/. 3,335.08	S/. 525.72	S/. 3,251.70	S/. 350.48	S/. 83.38
ZAPATA 16	.20	.00	.60	.64	.72	S/. 90.08	S/. 199.44	S/. 54.05	S/. 194.45	S/. 36.03	S/. 4.99
ZAPATA 17	.60	.90	.60	.40	.96	S/. 184.25	S/. 821.03	S/. 110.55	S/. 800.50	S/. 73.70	S/. 20.53
ZAPATA 18	.50	.80	.70	.42	.90	S/. 253.17	S/. 1,357.30	S/. 151.90	S/. 1,323.37	S/. 101.27	S/. 33.93
ZAPATA 19	.00	2.91	.60	6.69	.75	S/. 569.53	S/. 2,145.64	S/. 341.72	S/. 2,092.00	S/. 227.81	S/. 53.64
ZAPATA 20	.00	4.46	.60	3.38	.68	S/. 456.53	S/. 2,403.25	S/. 273.92	S/. 2,343.17	S/. 182.61	S/. 60.08
										S/ 2,562.85	S/ 737.07

**Tabla 9: Metrado y costo de Zapatas. Fuente: Elaboración Propia.**

- El ahorro en costos en el encofrado de zapatas fue de S/. 2562.85
- El ahorro en vaciado de concreto de zapatas fue de S/. 737.07

**7.2 Comparativo de costos en presupuesto de losa aligerada en dos sentidos vs presupuesto de losa con diseño firth.**

**Tabla 10: Presupuesto de losa aligerada en 2 sentidos.**

Fase	Partida	Descripción	Und.	Metrado	P.Unit. S/.	ORIGINAL
						Costo Total
	3.3100	Losa Aligerada de dos sentidos H=0.20		-	-	-
	3.3101	LADRILLO 15X30X30	M2	1,832.50	20.51	37,584.58
	3.3102	Acero fy = 4,200 kg/cm2	Kg	2,836.24	3.27	9,274.51
	3.3103	Encofrado y desencofrado	M2	293.20	32.50	9,529.00
	3.3104	Concreto f'c = 210 kg/cm2	M3	35.18	274.00	9,640.42
	3.3105	Curado de superficie	M2	293.20	1.44	422.21
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>66,450.71</b>

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 11: Presupuesto de losa con diseño Firth.**

Fase	Partida	Descripción	Unid.	Metrado	P.Unit. S/.	ORIGINAL
						Costo Total
	3.3100	Losa aligerada de 2 sentidos H=0.25		-	-	-
	3.3101	LOSA ALIGERADA DOS SENTIDOS - VIGUETA Y BOVEDILLA DE H=0.20	M2	294.04	44.00	12,937.76
	3.3102	Acero fy = 4,200 kg/cm2	Kg	823.32	3.27	2,692.26
	3.3103	Encofrado y desencofrado	M2	294.04	22.00	6,468.88
	3.3104	Concreto f'c = 210 kg/cm2	M3	35.29	274.00	9,669.46
	3.3105	Curado de superficie	M2	294.04	1.44	423.42
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>32,191.77</b>

TOTAL DIFERENCIA EN COSTO DIRECTO		34,258.93
GASTOS GENERALES VARIABLES UTILIDAD	11.10%	3,802.74
D	8.00%	2,740.71
SUB - TOTAL		40,802.39
I.G.V.	18.00%	7,344.43
<b>TOTAL</b>		<b>48,146.82</b>

El presupuesto base de la obra Las Dalías indicaba que se debía realizar una losa aligerada en dos sentidos, pero la oficina analizó que era más beneficioso realizar la losa con diseño firth que consiste en colocar bovedillas en vez de

ladrillo de techo y colocar viguetas pre-fabricadas. El análisis de costo resulto que al realizar el diseño firth había un ahorro de S/. 48,146.82 nuevos soles, además el diseño firth es mejor que el método tradicional ya que tiene mejor resistencia y es más práctico para su ejecución lo cual brinda un ahorro de tiempo.

- Fue muy beneficioso aplicar el diseño firth, ya que redujo el tiempo en armado y vaciado de losa y en una partida que pertenecía a la ruta crítica. (Ver Tabla 10 y 11. Pag. 151 y 152).

### 7.3 Comparativo general de ahorro en costos en las partidas afectadas en estructuras.

**Tabla 12: Comparativo de Presupuesto Obra vs Presupuesto con Last Planner.**

Partida	Descripción	Und.	Metrado	P.Unit.	PRESUPUESTO DE OBRA	PRESUPUESTO CON LAST PLANNER
3.0000	<b>ESTRUCTURAS</b>					
3.1000	<b>CONCRETO SIMPLE</b>					
3.1020	Subzapatas					
3.1021	Concreto en subzapatas 100 kg/cm <sup>2</sup>	M3	11.32	S/. 190.48	S/. 2,156.23	S/. 2,109.00
3.1022	Encofrado y desencofrado en subzapatas	M2	9.34	S/. 30.10	S/. 281.13	S/. 150.30
3.1023	Curado de superficie de subzapatas	M2	12.04	S/. 1.44	S/. 17.34	S/. 5.20
3.1030	Cimientos para tabiquería					
3.1032	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> en cimientos para tabiquería	M3	7.36	S/. 278.93	S/. 2,052.92	S/. 1,989.21
3.1033	Encofrado y desencofrado en cimientos	M2	27.28	S/. 30.44	S/. 830.40	S/. 0.00
3.1034	Curado de superficie de cimientos	M2	20.32	S/. 1.44	S/. 29.26	S/. 29.26
3.1040	Losa de piso					
3.1050	Dados de concreto para muro pantalla					
3.1051	Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	10.00	S/. 278.93	S/. 2,789.30	S/. 1,903.34
3.1052	Encofrado	m2	31.00	S/. 30.09	S/. 932.79	S/. 321.34
3.1053	Acero para gancho	Kg	25.80	S/. 3.63	S/. 93.65	S/. 30.40
3.3000	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
3.3010	Zapatas					
3.3012	Encofrado y desencofrado	M2	183.09	S/. 34.12	S/. 6,247.03	S/. 3,684.18
3.3013	Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	M3	117.55	S/. 277.00	S/. 32,561.35	S/. 31,824.28
3.3020	Cimientos de muros reforzados					
3.3022	Encofrado y desencofrado	M2	89.14	S/. 34.12	S/. 3,041.46	S/. 2,567.67
3.3023	Concreto f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup>	M3	57.66	S/. 273.00	S/. 15,741.18	S/. 14,273.32
3.3042	Encofrado y desencofrado	M2	12.56	S/. 40.00	S/. 502.40	S/. 389.45
3.3050	Muro Pantalla					
3.3052	Encofrado y desencofrado	M2	1,000.64	S/. 52.49	S/. 52,523.59	S/. 4,250.32
3.3054	Curado de superficie	M2	1,000.64	S/. 1.44	S/. 1,440.92	S/. 980.34
3.3060	Placas y columnas					
3.3062	Encofrado y desencofrado	M2	3,783.91	S/. 40.64	S/. 153,778.10	S/. 152,732.78

- **Resultados:**

**Costo y Presupuesto: S/. 1´917,000.92**

**Costo Last Planner: S/. 1´847,033.24**

**Ahorro: S/. 70,624.68.**

- Se observa que al final de obra en el análisis general de la obra las Dalías para la partida de estructuras al usar la herramienta Last Planner hubo un ahorro de S/. 70,624.68 nuevos soles lo cual evidencia que si es beneficioso su aplicación.
  
- Se puede mencionar que antes de la construcción el Ingeniero proyectista comentó que se aplicó Lean Construction (ver mejoras y utilidad a la entidad) y llevo a un cambio de diseño estructural del edificio multifamiliar las Dalías. A principio estaba diseñado para una losa de 80cm en los sótanos y pisos, pero el Ing. Proyectista que tenía anteriormente experiencia en otras edificaciones de la misma escala, comprobó a través de comparación de análisis de costos y estudios estructurales que si añadía a la edificación refuerzo pos tensado a las losas se reduciría el espesor de las losas los cuales si sumáramos los espesores de todas las losas se reducía la altura de toda la edificación como también la excavación y vaciado de concreto y varillas de acero, claro que la aplicación de pos tensado tiene un monto de gasto pero era mucho menos a comparación del monto de: vaciado de concreto, varillas de acero, excavación, encofrado, mano de obra y lo más importante tiempo.

## **CAPITULO VIII: INCONVENIENTES INICIALES A LA APLICACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM**

### **8.1 Barreras para la Implementación**

Durante el uso del sistema del Ultimo Planificador, los diversos factores humanos se convirtieron en importantes barreras que obstruyeron los esfuerzos de implementación y afectaron el comportamiento del equipo. Las barreras identificadas en este ambiente se discuten en los párrafos siguientes.

### **8.2 Resistencia al cambio**

Un principal obstáculo para alcanzar una implementación acertada, es el miedo al cambio. Este problema se hizo evidente por síntomas tales como la temprana negación para asumir las comisiones, negación para incluir subcontratistas en reuniones de planificación o reacciones negativas a los conceptos teóricos del sistema del Ultimo Planificador y a su uso en el proyecto. La investigación para identificar los elementos que motivan cambio se está realizando actualmente, para facilitar la puesta en práctica de técnicas de Lean Construction debemos realizar un fuerte debate dentro de las empresas, nuestras obras y en el ámbito académico (Alarcón y Seguel 2002).

### **8.3 Carencia de autocrítica**

La carencia de autocrítica impidió una clara visión de los problemas del proyecto y limitó la capacidad de aprender de errores puesto que solamente una parte de los problemas fue percibida. Inicialmente, los problemas de la no conformidad, asociados exclusivamente a los subcontratistas y a los dueños o a los diseñadores, fueron identificados completamente. Esta situación no permite tomar ventajas de las oportunidades de acciones de mejoramiento

dentro de la misma organización del contratista. En este caso, preguntarse a uno mismo puede transformarse en la primera oportunidad de mejora.

#### **8.4 Visión de corto plazo**

La visión a corto plazo no permite visualizar los problemas con bastante tiempo de anticipación para tomar decisiones correctas. Un ejemplo visto en algunas de las obras de la empresa estudiada es la falta de preparación de la logística necesaria para los ciclos de aprovisionamiento de la obra. Una solución posible en desarrollo por la empresa, es la preparación de un benchmarking de materiales al comienzo de la obra, esto es la referencia miento de los proveedores de la obra en donde se deben medir todos los indicadores de desempeño de cada uno de los proveedores, tales como: precio, tiempo de entrega, stock disponible, servicio de venta. Esto fue un obstáculo para ejecutar los planes en varios proyectos. Sin embargo, en estos proyectos situados a una gran distancia de los centros de aprovisionamiento, el real beneficio de los planes Look ahead fueron realmente apreciados.

#### **8.5 Mala interpretación del indicador PAC**

Algunos administradores intentaron utilizar el indicador de PAC para medir el progreso físico de los trabajos cambiando su fórmula de cálculo, considerando como actividades 100% terminadas a algunas que no habían sido ejecutadas totalmente. Así el uso de este indicador como forma de controlar y de evaluar la terminación individual de tareas afectó seriamente la implementación y generó barreras a todos los niveles de la organización.

Estos proyectos concentraron todos los esfuerzos de la implementación en el valor del PAC. Sin embargo, este foco sirvió para incitar su utilización y las medidas de PAC fueron utilizadas por los administradores del proyecto para obtener ventajas en negociaciones con los mandantes y la gerencia de la empresa. Por ejemplo las medidas de PAC ayudaron a justificar los pedidos de extensiones en los plazos, justificar inversiones, rompiendo fácilmente la inercia inicial para la implementación.

## CONCLUSIONES

1. El Last Planner es una herramienta eficaz con sólida técnica, que según se aprecia en el análisis efectuado permite mejorar la productividad promedio en las obras.
2. El seguimiento de las cuadrillas en el cumplimiento de lo programado es un procedimiento que sirve de base para la mejora continua en la producción que queremos obtener, siendo lo más importante transmitir la información a los trabajadores y lograr se trabaje en equipo.
3. Para aumentar el redimiendo de los trabajadores es recomendable motivarlos e incentivarlos reconociéndolos por su avance o trabajo mediante una premiación una vez al mes con el nombre de “el mejor trabajador del mes”, ya que así obtendremos la cooperación, participación y asistencia del personal, para así mejorar y aumentar la eficiencia los trabajos. Cabe recordar que se puede pagar a la persona por su tiempo, por su esfuerzo físico, por permanecer en un cierto lugar, etc. Sin embargo no es posible comprar su entusiasmo, iniciativa y/o lealtad, pero si son aspectos que se pueden ganar a través de un buen manejar apropiado de las relaciones humanas y motivación.
4. Para obtener los mejores resultados con la subcontratación de servicios en la se debe realizar las reuniones semanales con todos los subcontratistas involucrados para prevenir las restricciones que comúnmente aparecen y así se puedan sectorizar las áreas de trabajo sin perjudicar a otros subcontratistas.
5. La herramienta Last Planner nos enseña que al tener mayores predecesores y procesos la confiabilidad disminuye, y que se debe precaver que el flujo de trabajo sea constante y no solo constante sino eficiente y sin ningún mayor costo.

## RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda que los ingenieros civiles se actualicen en las nuevas metodologías que buscan la optimización de los procesos de producción en la construcción, deben tener la mente abierta y poder adaptarse a los cambios o nuevas metodologías de los procesos constructivos, debemos de formar un equipo de trabajo y generar formas de mejora continua, solo así se mejorará de manera significativa.
2. Se recomienda una mayor difusión de los software que permiten el uso e de las metodologías de optimización.. La únicas empresas que tienen programas computacionales en el Perú son Graña Montero y Motiva los cuales son los representantes de grupo peruano de Lean Constructiton.
3. Debemos tener presente que la aplicación de Last Planner, permite darle a la entidad constructora mayor utilidad mientras también se gana experiencia. Ya que la competitividad de las empresas no solo se gana minimizando costos sino con las políticas de mejora de calidad y producción del servicio.
4. Los conocimientos y experiencias obtenidas se deben llevar a futuras obras, ya que el Last Planner también es una herramienta que da utilidad al accionista y eso se obtiene con los conocimientos y experiencias antiguas, denominados Expertices.
5. Con los resultados obtenidos en la obra Las Dalias se demuestra que se cumplió el objetivo de maximizar las utilidades y minimizar costo y tiempo, se recomienda aplicar estas herramientas en viviendas multifamiliares y con una oficina técnica ordenada y comprometidos con esta nueva metodología.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Luis Fernando. “Mejorando la productividad de Proyectos con Planificaciones más confiables”. Investigación Revista BIT, Junio 2002, Chile.
- Alarcón Luis Fernando, “Organizándose para implementar prácticas Lean en empresas constructoras”, Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.
- Alarcón Luis Fernando & Seguel Loreto, “Desarrollando estrategias que incentiven la implementación de Lean Construction” 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.
- Alarcón, Diethelmand & Rojo “Collaborative implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies” 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.
- Ballard Glenn, “Look ahead Planning: The missing link in production control”, Informe técnico N°97-3, University of California, Berkeley.
- Ballard, G. and Howell, G. (1997) “Shielding Production: An Essential Step in Production Control.” Technical Report 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.
- Ballard Glenn. "The Last Planner." Northern California Construction Institute, Monterey, California. Abril 22-24, 1994.
- Ballard Glenn, “Lean Project Delivery System”. LCI white paper-8. 2000, 7 p.
- Coriat, B. “Pensar al Revés. Trabajo y organización en la empresa japonesa. Siglo XXI”, 1992
- Cruz Juan Carlos (1998). Diagnóstico, Evaluación y Mejoramiento del Proceso de Planificación de Proyectos, Revista de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de

Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Volumen 16, N° 2, Julio-Diciembre 1997, Páginas 36-50.

- Howell, Gregory A. "What is Lean Construction". In: Conference of the international Group of Lean Construction, 1999, Berkeley University of California, 10 p.
- Howell and Ballard, "Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation". Presentación 2° Congreso del LCI. Universidad Católica de Chile, 1994, 7 p.
- Koskela, L. (1992) "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University.
- Melles, B. and Wamelink, J. (1993). Production control in construction. Delft University Press, The Netherlands.
- Ohno, Taiichi. 1988. Toyota production system. Productivity Press, Cambridge, MA. 143 p.
- Revista BIT, "Cambio de Gestión en la Industria de la Construcción", Reportaje especial, Junio 2002.
- Shingo, Shigeo. 1984. Study of 'TOYOTA' Production System. Japan Management Association, Tokyo. 359 p.
- Serpell, A & Alarcón, L.F (2000). Planificación y Control de Proyectos, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 264 páginas.
- Womack, J. P., Jones, D.T., Roos, D. (1990) "La máquina que cambió el mundo". Mac Millan.
- Alarcón Luis Fernando, "Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de Construcción", Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología	Tipo y Diseño
<b>Problema general</b> Se cree que la <b>baja productividad en obra</b> está por debajo de los índices lo cual influye en la <b>economía y tiempo de la obra</b>	<b>Objetivo general</b> Comprobar que, la <b>baja productividad</b> en los procesos constructivos en obra, se puede mitigar a través del uso del método de Last Planner, con la finalidad de reducir la <b>economía y tiempo de obra</b> .	Maximizar la <b>productividad</b> de los procesos constructivos, para minimizar la <b>economía y tiempo</b> de la duración de Obra.	<b>VI.</b> <b>Baja productividad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recopilación de información.</li> <li>Estudiar las propiedades del método de Last Planner.</li> </ul>	La investigación es de enfoque cualitativo, de diseño transversal El tipo de investigación de alcance exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo
			<b>VD.</b> <b>Economía y tiempo.</b>		
<b>Problema sec. 1</b> Se piensa que el <b>déficit en la planificación de Obra</b> , influye en el <b>cumplimiento de la entrega de obra</b> .	<b>Objetivo específico 1</b> Evaluar el <b>déficit de la planificación</b> con la finalidad de reducir el <b>cumplimiento de entrega de obra</b> a través del método de Last Planner.	Aplicando el método de Last Planner en el <b>déficit de la planificación de obra</b> , se adelantara el <b>cumplimiento entrega de Obra</b> .	<b>VI.</b> <b>Déficit en la planificación de Obra.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtener un rango de déficit en la planificación de Obra.</li> </ul>	
			<b>VD.</b> <b>Cumplimiento de entrega de Obra</b>		
<b>Problema sec. 2</b> De qué manera la <b>baja productividad de los procesos constructivos</b> influye en el <b>bajo flujo de los trabajos y rendimientos</b> en el personal lugar	<b>Objetivo específico 2</b> Estudiar la <b>baja productividad de los procesos constructivos</b> para determinar el grado del <b>bajo flujo de trabajos y de rendimientos</b> ocasionado por los trabajadores.	La <b>baja productividad de los procesos constructivos</b> , causa <b>bajo flujo de trabajos y de rendimientos</b> ocasionado por los trabajadores.	<b>VI.</b> <b>Baja productividad en los procesos constructivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar flujos de trabajo y rendimiento de trabajadores.</li> </ul>	
			<b>VD.</b> <b>Bajo flujo de trabajos y de rendimiento</b>		

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS



NOMBRE DE PROYECTO		Las Dalias		AREA / DPTO		EDIFICACIONES		FECHA:	
CODIGO DEL PROYECTO		1		PROPIETARIO		G.L.Constructores S.A.C.		UBICACION	
Cantidad	Und.	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable			
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
				Residente Ingeniero de Campo Ingeniero Asistente de Campo Ingeniero de Oficina Técnica Ingeniero Calidad Administración Logística, Almacén Prevencionista de Riesgo Proyectos Maestro de Obra		Ing. David Caycho Ing. Diego Hinostraza Ing. Oscar Manosalva Ing. Diego Hinostraza Miguel Cotrina Adm. Miguel Coronado Adm. Miguel Coronado Giovanna García Las Dalias Sr. Ricardo Palomino			
ELABORADO POR:				APROBADO POR:				FIRMA:	

## **ANEXO 02**





## FORMATO DE PEDIDOS

Formato GO-CP-R-001

Persona de contacto \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Fecha : \_\_\_\_\_

Cliente : \_\_\_\_\_

Obra : \_\_\_\_\_

A/C: \_\_\_\_\_ Código de cliente \_\_\_\_\_

Elemento	Fecha	Hora solicitada		Código del Diseño	Vol(m3)	Frecuencia *	Espaciamiento **	Tipo de Slump			Servicio de Bombeo		Observaciones		
		Inicio	Restricción de Horario					Slump	Máx	S/R***	SI	NO		Alternativa 1	Alternativa 2

Tipos de Concreto: N, A1, A3, A4, A5, A7, C, CF, I, D, E, R3, CR, Ligero

Piedra Huso # 57 (1"), # 67 (3/4"), # 89 (3/8") (Tamaños máximos)

Morteros: 1:3, 1:4, 1:5, Tarrajeo, Asentado,

Rellenos Fluidos: RF10, RF20

\* **Frecuencia:** Es la velocidad real de colocación, sin incluir el tiempo que demora en instalarse el mixer.

\*\* **Espaciamiento:** Tiempo esperado de llegada por camión. Debe ser superior a la frecuencia.

\*\*\* **S/R :** Sin restricción.

**SOLICITAMOS QUE LA INFORMACION CONSIGNADA EN ESTE FORMATO SEA LA MAS PRECISA POSIBLE**

PORCENTAJE DEL PLAN CUMPLIDO

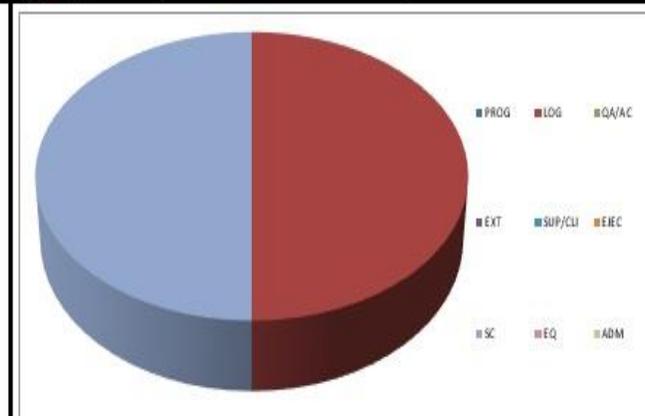


<b>NOMBRE DE PROYECTO</b> Las Dalias	<b>AREA / DPTO</b> EDIFICIO LAS DALIAS	<b>FECHA</b>
<b>CODIGO DE PROYECTO</b> 1	<b>PROPIETARIO</b> G.L.Constructores S.A.C.	<b>UBICACION</b>

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	Metrado Realizado	Metrado Programado						ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO					
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
YACEADO DE LOSA Y COLUMNAS	M3	120.76	120.76	40	40	-	-	20	21	X					
YACEADO DE COLUMNAS	M3	15.96	18.00	-	16	-	-	-	-	X					
YACEADO DE LOSA Y COLUMNAS	M3	79.61	79.61	67	6	7	-	-	-	X					
YACEADO DE LOSA Y COLUMNAS	M3	68.35	68.35	-	9	-	59	-	-	X					

<b>ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>		10	2	<b>% AVANCE</b>	<b>100%</b>
		83%	17%		

PROG	PROGRAMACION	
LOG	LOGISTICA	1
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD	
EXT	EXTERNOS	
SUP/CLI	SUPERVISION / CLIENTES	
EJEC	ERRORES DE EJECUCION	
SC	SUBCONTRATOS	1
EQ	EQUIPOS	
ADM	ADMINISTRATIVOS	



<b>ELABORADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>FIRMA:</b>
-----------------------	----------------------	---------------

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS



NOMBRE DE PROYECTO		Las Dalias		AREA / DPTO		EDIFICACIONES		FECHA:	
CODIGO DEL PROYECTO		1		PROPIETARIO		G.L.Constructores S.A.C.		UBICACION	
Cantidad	Und.	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción		Fecha Requerida en Obra	Responsable		
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
				Residente Ingeniero de Campo Ingeniero Asistente de Campo Ingeniero de Oficina Técnica Ingeniero Calidad Administración Logística, Almacén Prevencionista de Riesgo Proyectos Maestro de Obra		Ing. David Caycho Ing. Diego Hinostroza Ing. Oscar Manosalva Ing. Diego Hinostroza Miguel Cotrina Adm. Miguel Coronado Adm. Miguel Coronado Giovanna García Las Dalias Sr. Ricardo Palomino			
ELABORADO POR:				APROBADO POR:				FIRMA:	

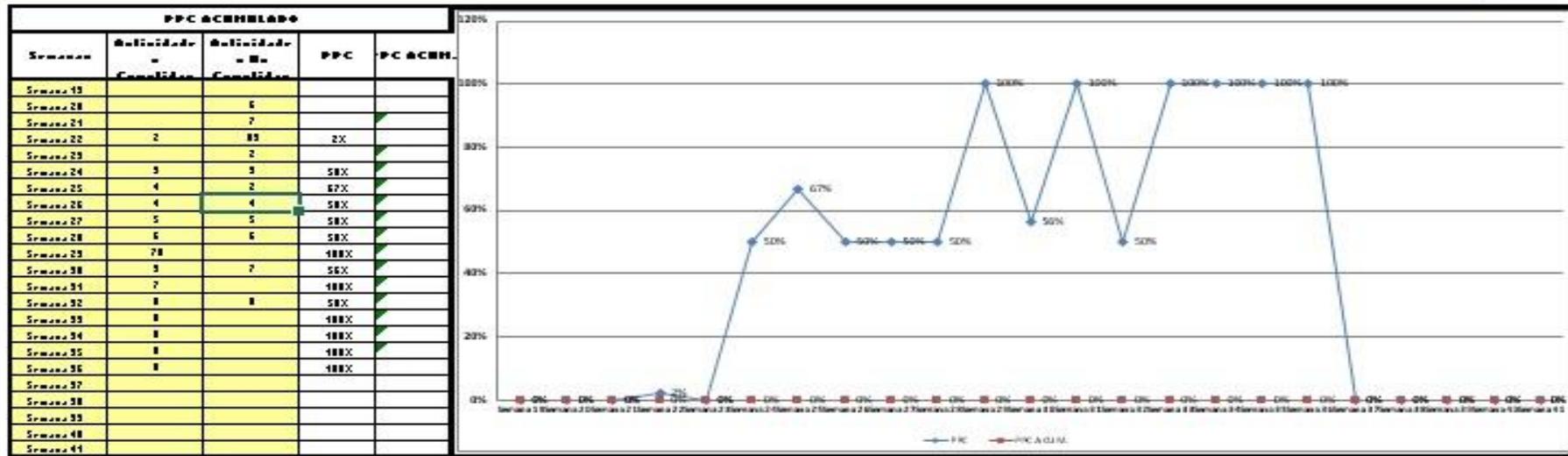
## CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	PROGRAMACION(PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO SEMANAL



ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO



SEMANAS	PROG	LOG	QA/QC	EXT	SUP/CLI	EJEC	SC	EQ	ADM
Semana 13									
Semana 20									
Semana 21									
Semana 22									
Semana 23									
Semana 24									
Semana 25									
Semana 26									
Semana 27									
Semana 28									
Semana 29									
Semana 30									
Semana 31									
Semana 32									
Semana 33									
Semana 34									
Semana 35									
Semana 36									
Semana 37									
Semana 38									
Semana 39									
Semana 40									
Semana 41									

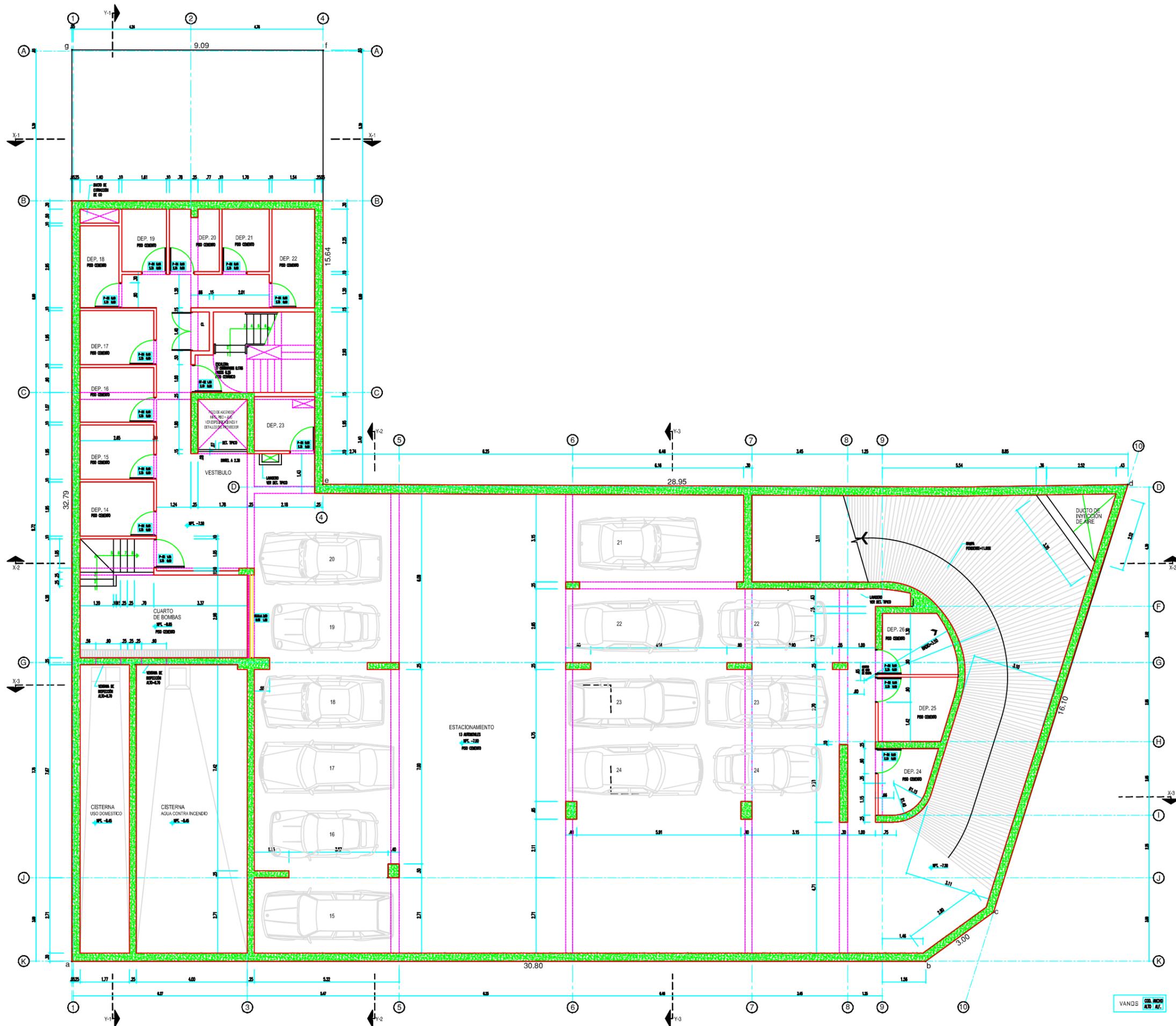
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADA

- PROG
- LOG
- QA/QC
- EXT
- SUP/CLI
- EJEC
- SC
- EQ
- ADM

INMOBILIARIA ALJOBIN SAC

Id	Nombre de tarea	Duración																		
			1er trimestre		2º trimestre			3er trimestre			4º trimestre			1er trimestre			2º trimestre			
			feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	
1	<b>PROYECTO LAS DALIAS</b>	<b>309 días</b>																		
2	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>	<b>291 días</b>																		
18	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	<b>307 días</b>																		
26	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS</b>	<b>6 días</b>																		
27	<b>RELLENOS</b>	<b>6 días</b>																		
31	<b>ESTRUCTURAS</b>	<b>141 días</b>																		
32	<b>EXCAVACIÓN, MURO PANTALLA y CIMENTACIÓN</b>	<b>70 días</b>																		
92	<b>ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO</b>	<b>88 días</b>																		
93	<b>SÓTANO 2</b>	<b>18 días</b>																		
106	<b>SOTANO 1</b>	<b>18 días</b>																		
119	<b>SEMISÓTANO</b>	<b>18 días</b>																		
132	<b>PISO 1</b>	<b>16 días</b>																		
145	<b>PISO 2</b>	<b>16 días</b>																		
158	<b>PISO 3</b>	<b>16 días</b>																		
171	<b>PISO 4</b>	<b>16 días</b>																		
184	<b>PISO 5</b>	<b>16 días</b>																		
197	<b>PISO 6</b>	<b>16 días</b>																		
210	<b>PISO 7</b>	<b>16 días</b>																		
223	<b>AZOTEA</b>	<b>15 días</b>																		
236	<b>ARQUITECTURA</b>	<b>178 días</b>																		
459	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTROMECHANICAS</b>	<b>84 días</b>																		
462	<b>INSTALACIONES SANITARIAS-CONTRAINCENDIO</b>	<b>110 días</b>																		
466	<b>ENTREGA DE DEPARTAMENTOS EN OBRA BLANCA</b>	<b>48 días</b>																		
477																				
478	<b>PROGRAMACIÓN DE CONTRATACIONES E INSUMOS "PROYECTO LAS DALIAS"</b>	<b>317 días</b>																		

Proyecto: 18.03.14 Progra Fecha: lun 23/11/15	Tarea		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
	División		Hito inactivo		Sólo fin	
	Hito		Resumen inactivo		Fecha límite	
	Resumen		Tarea manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Sólo duración		División crítica	
	Tareas externas		Informe de resumen manual		Progreso	
	Hito externo		Resumen manual			



Rev. 30.09.2014

**ISMAEL VINATEA**

ARQUITECTO

PROPIETARIO:  
INMOBILIARIA ALJOVIN S.A.C.

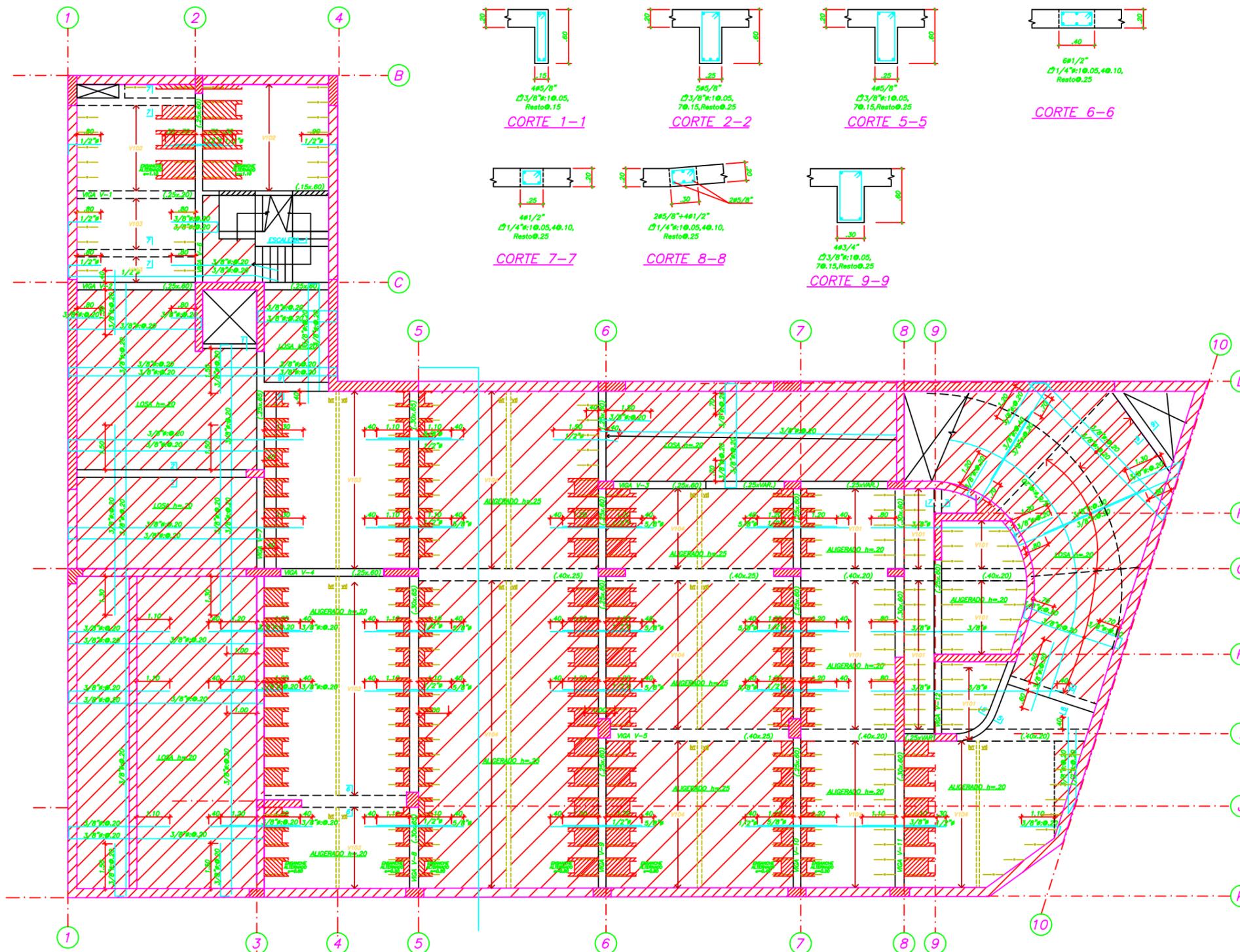
PROYECTO:  
EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

UBICACIÓN:  
CALLE LAS DALIAS ESQUINA CON  
CALLE ARISTIDES ALJOVIN  
DISTRITO DE MIRAFLORES

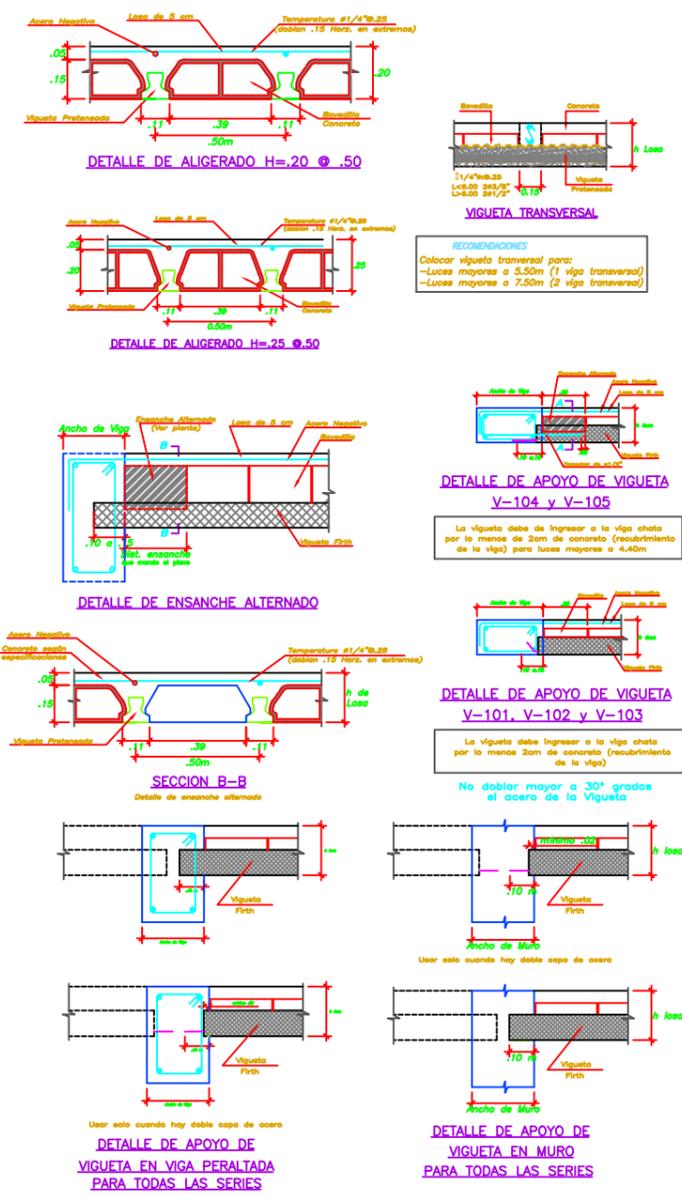
PLANO:  
**PLANTA SOTANO 2**

ESCALA: 1:50  
FECHA: JULIO 2014

LAMINA:  
**A-01**



**ENCOFRADO 2° SOTANO (NFP.-4.50)**  
 ALIGERADO h=20 (ZONA SIN ACHURADO)  
 ALIGERADO h=25 (ZONA ACHURADA CON LINEA DISCONTINUA)  
 LOSA h=20 (ZONA ACHURADA CON LINEA CONTINUA)  
 S/C=250 kg/m<sup>2</sup>



VIGUETA FIRIN CONVENCIONAL	
SERIE	ACERO CONVENCIONAL
V101	1 e 1/2" x 1 e 3/8"
V102	2 e 1/2"
V103	1 e 1 3/4" x 1 e 5/8"
V104	1 e 1/2" x 1 e 5/8"
V105	2 e 5/8"

CLASIFICACION DE ENLACES	
CANTIDAD LIBRE DE PASO(m)	
Menor a 6m	Mayor a Igual 6m
APoyo NO CONTINUO	(#3/8") (#1/2")
L1	0.150
L2	0.20
APoyo CONTINUO	(#3/8") (#1/2")
L1	(*)
L2	0.20

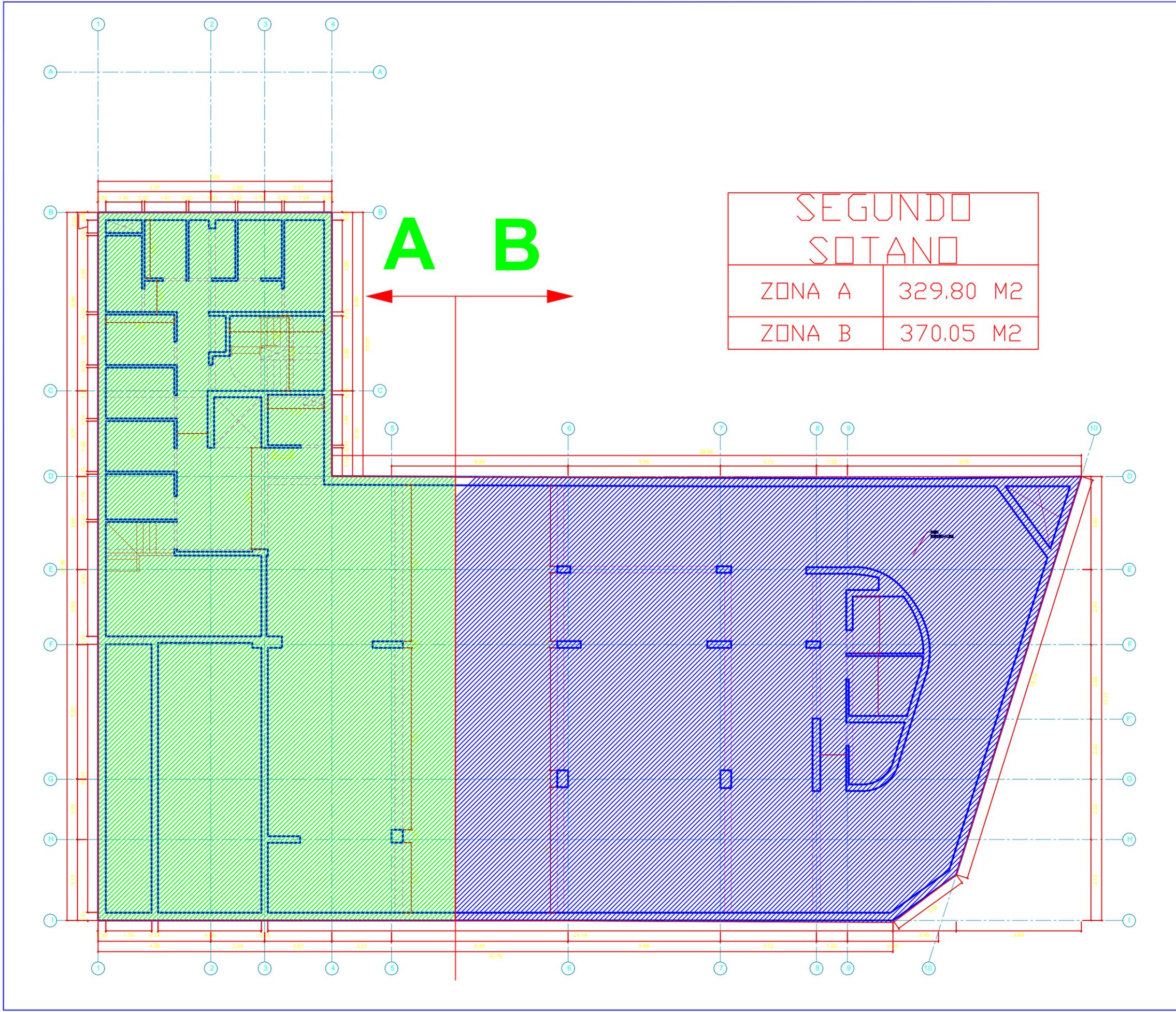
  

ESPECIFICACIONES GENERALES					
ESPECIFICACIONES VIGUETAS PRETENSADAS					
SERIE	V101	V102	V103	V104	V105
f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	350	350	450	450	500
h (cm)	200	250	250	250	250
h <sub>ef</sub> (cm)	150	200	200	200	200
h <sub>ef</sub> (cm)	150	200	200	200	200

**ESTE PLANO SE LEERA CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL**

**RECOMENDACIONES**  
 Colocar malla de temperatura en 02 sentidos en el último techo (zozate) cuando no se coloque ladrillo pastadero, y en luces mayores a iguales a 5.00m.

REVISION 25-06-2014	<b>ANTONIO BLANCO BLASCO INGENIEROS E.I.R.L.</b> ANTONIO BLANCO - JESÚS SOLANO - JOSÉ ANTONIO CHÁVEZ - ANDRÉS ARANDA JOSÉ ANTONIO TERRY - MARITZA RAMOS - RICARDO ARAUJO-ÁLVAREZ - ROSARIO MOSCOSO	
PROYECTO :	INMOBILIARIA ALJOVIN S.A.C. EDIFICIO DEPARTAMENTOS	PROYECTO N° 5726
REVISIONES	PLANO : ENCOFRADO 2° SOTANO	FECHA MARZO 2013
SELLO Y FIRMA	DISEÑO ANTONIO BLANCO BLASCO INGENIERO C.M.L. 12748	ESCALA 1/75-1/25
	DIBUJADO G. DELGADO	E-7



SEGUNDO SOTANO	
ZONA A	329.80 M2
ZONA B	370.05 M2

**A B**