

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL Y LAST  
PLANNER 4D PARA LA MEJORA DE LA PLANIFICACIÓN Y  
LA PRODUCTIVIDAD EN EDIFICACIONES”**

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

**ELABORADO POR**

**CHRISTIAN ALESSANDER ALMEIDA ROON**

**ASESOR**

**Ing. ALBERTO JULIO RAMÍREZ ERAZO**

**Lima- Perú**

**2023**

## ÍNDICE

<b>Resumen</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Prólogo</b> .....	7
<b>Lista de tablas</b> .....	8
<b>Lista de figuras</b> .....	10
<b>Lista de símbolo y siglas</b> .....	14
<b>Capítulo I: Introducción</b> .....	16
1.1 Generalidades .....	16
1.2 Problemática .....	19
1.3 Justificación .....	22
1.4 Objetivos .....	22
1.4.1 Objetivo General .....	22
1.4.2 Objetivos Específicos .....	22
1.5 Hipótesis .....	23
1.6 Definición de las Variables .....	23
1.6.1 Variables Independientes .....	23
1.6.1.1 <i>Definición de variables independientes</i> .....	23
1.6.1.2 <i>Indicadores de las variables independientes</i> .....	24
1.6.2 Variables Dependientes .....	24
1.6.2.1 <i>Definición de variable dependiente</i> .....	24
1.6.2.2 <i>Indicadores de las variable dependiente</i> .....	24
1.6.3 Operacionalización de Variables .....	25
<b>Capítulo II: Fundamento teórico</b> .....	29
2.1 Lean construction .....	29
2.1.1 Definición .....	29
2.1.2 Enfoque del Lean Construction .....	29
2.1.3 Orígenes y difusión .....	30
2.1.4 La Producción Artesanal, Producción en Masa, y la Producción Ajustada .....	31
2.1.5 La nueva filosofía de la producción: Lean Construction y sus elementos claves .....	33
2.1.5.1 <i>Desperdicio (MUDA)</i> .....	34
2.1.5.2 <i>Valor</i> .....	34
2.1.5.3 <i>Cadena de Valor</i> .....	35
2.1.5.4 <i>Flujo</i> .....	36
2.1.5.5 <i>PULL VS PUSH en el manejo de recursos</i> .....	37
2.1.5.6 <i>Perfección y transferencia del proceso</i> .....	39
2.1.5.7 <i>Modelo de conversiones vs modelo de conversiones y flujos</i> .....	40
2.1.6 Diseño de procesos bajo el enfoque Lean Construction .....	43
2.1.6.1 <i>Reducir o eliminar las actividades que no generan valor</i> .....	43
2.1.6.2 <i>Incrementar el valor de salida del proceso mediante la consideración de los requerimientos del cliente</i> .....	44
2.1.6.3 <i>Reducir la variabilidad</i> .....	44
2.1.6.4 <i>Reducir los ciclos de tiempo</i> .....	44
2.1.6.5 <i>Simplificar reduciendo el número de pasos, partes y uniones entre actividades</i> .....	45

2.1.6.6	<i>Incrementar la flexibilidad de salida</i> .....	46
2.1.6.7	<i>Incrementar la transparencia del proceso</i> .....	46
2.1.6.8	<i>Enfocar el control a todo el proceso</i> .....	46
2.1.6.9	<i>Mejorar continuamente el proceso</i> .....	47
2.1.6.10	<i>Lograr el balance entre la mejora de flujos y actividades de conversión</i> .....	47
2.1.6.11	<i>Practicar el "benchmarking" (información referencial)</i> .....	47
2.2	Construcción tradicional y construcción sin pérdidas .....	48
2.2.1	Actividades, Valor y Flujo de procesos .....	48
2.2.2	Construcción tradicional .....	48
2.2.3	Construcción sin pérdidas .....	50
2.2.4	Comparación entre la construcción tradicional y la construcción sin pérdidas .....	53
2.3	Last planner system.....	54
2.3.1	Control de las unidades de producción .....	56
2.3.2	Seguimiento y control del flujo de trabajo.....	57
2.3.2.1	<i>Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)</i> .....	58
2.3.2.2	<i>Sistema de arrastre (PULL SYSTEM)</i> .....	59
2.3.3	Estructura del Sistema Last Planner.....	60
2.3.3.1	<i>Master Schedule – Cronograma Maestro</i> .....	60
2.3.3.2	<i>Phase Scheduling – Planificación por fases</i> .....	61
<b>Capítulo III: Área de control del proyecto</b> .....		62
3.1	Memoria descriptiva: resumen ejecutivo .....	62
3.2	Planeamiento .....	64
3.2.1	Estructura Desintegrada de Trabajo (EDT).....	64
3.2.1.1	<i>Cliente</i> .....	64
3.2.1.2	<i>Servicios entregables</i> .....	64
3.2.1.3	<i>Productos facilitadores</i> .....	64
3.2.1.4	<i>Servicios facilitadores</i> .....	64
3.2.1.5	<i>Producto</i> .....	65
3.2.1.6	<i>Abastecedor</i> .....	65
3.2.1.7	<i>Sistema de soporte</i> .....	65
3.2.1.8	<i>Historial para elaboración de EDT</i> .....	65
3.2.2	Plan del Proyecto.....	66
3.2.2.1	<i>Parte 1: Definiendo el alcance del proyecto</i> .....	66
3.2.2.2	<i>Parte 2: Designar a los responsables del trabajo</i> .....	66
3.2.2.3	<i>Parte 3: Metodología de trabajo</i> .....	67
3.2.2.4	<i>Parte 4: Designación de recursos con el presupuesto</i> .....	67
3.2.2.5	<i>Parte 5: Determinación de rendimientos para estimar el valor ganado</i> .....	68
3.2.2.6	<i>Parte 6: Establecer la línea base del proyecto</i> .....	68
3.2.2.7	<i>Parte 7: Mantener vigente los costos directos del proyecto</i> .....	68
3.2.2.8	<i>Parte 8: Dar seguimiento al rendimiento</i> .....	69
3.2.2.9	<i>Parte 9: Validación e implementación de los cambios a la línea base del proyecto</i> .....	69
3.2.3	Plan de Ingeniería de detalle .....	69
3.2.4	Plan de Documentación.....	70

3.2.5	Plan de Gestión de recursos humanos .....	70
3.2.6	Plan de Seguridad.....	71
3.2.6.1	<i>Objetivo del Plan.....</i>	71
3.2.6.2	<i>Sistema de Prevención de Riesgos (PDR).....</i>	71
3.2.6.3	<i>Terminología y conceptos de seguridad .....</i>	72
3.2.7	Estructura Desintegrada de Trabajo (EDT/WBS).....	72
3.2.7.1	<i>EDT/WBS: Salidas .....</i>	73
3.2.7.2	<i>Estructura Desintegrada de Trabajo de Estructuras.....</i>	74
3.2.8	Lotización o sectorización del Proyecto .....	75
3.2.9	Cronograma del Proyecto.....	79
3.2.10	Tren de Trabajo .....	79
3.2.10.1	<i>Secuencia específica de trabajo (P-C-T) .....</i>	81
3.2.11	Plan de Trabajo detallado.....	82
3.2.12	Control de Avance: Curva S .....	82
3.2.12.1	<i>Curva S: Muro anclado.....</i>	83
3.2.12.2	<i>Curva S: Losa de techo .....</i>	87
3.2.12.3	<i>Curva S del Proyecto .....</i>	91
3.2.12.4	<i>Curva S Mensual del Proyecto.....</i>	96
3.2.12.5	<i>Calendario de Avance de Obra Valorizado (CAO) .....</i>	98
3.2.13	Plan de Fases.....	102
<b>Capítulo IV: Mejora de la productividad .....</b>		<b>103</b>
4.1	Planificación y control de producción.....	103
4.1.1	Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) .....	103
4.1.1.1	<i>LookAhead Hotel Aloft Costa Verde .....</i>	104
4.1.1.2	<i>Formato del PAC .....</i>	105
4.1.1.3	<i>Formato de las Causas de No Cumplimiento (CNC).....</i>	105
4.1.2	Histórico del PAC .....	107
4.1.3	Planificación diaria.....	109
4.1.4	Histórico del CNC .....	112
4.2	Mejora procesos incidentes – indicadores de mejora.....	117
4.2.1	Control del concreto vaciado en obra.....	117
4.2.1.1	<i>Control del concreto vaciado: elementos horizontales.....</i>	117
4.2.1.2	<i>Control del concreto vaciado: elementos verticales .....</i>	120
4.2.1.3	<i>Control del desperdicio del concreto .....</i>	122
4.2.1.4	<i>Control del encofrado de los elementos en obra .....</i>	123
4.2.1.5	<i>Control del acarreo de materiales .....</i>	126
4.2.1.6	<i>Control del picado, solaqueo y emporrado.....</i>	127
4.2.1.7	<i>Control de inicio de actividades laborales .....</i>	128
4.2.2	Estudio de mejora de procesos e implementación .....	129
4.3	Reuniones de producción: comité de involucrados.....	138
4.3.1	Análisis de Restricciones (AR) .....	143
4.3.2	Seguimiento del cronograma y estado del avance de la Curva S.....	143
4.4	Reportes de productividad.....	144
4.4.1	Informe Semanal de Producción (ISP).....	144
4.4.1.1	<i>Hoja resumen del ISP.....</i>	144
4.4.1.2	<i>Los inputs del Informe Semanal de Producción.....</i>	147
4.4.1.3	<i>Gráficos del Informe Semanal de Producción .....</i>	148

4.4.2	Resumen Ejecutivo Semanal (RES).....	151
<b>Capítulo V: Integración del bim con el área de producción .....</b>		<b>154</b>
5.1	Herramienta bim – sistema last planner 4d para la planificación .....	154
5.1.1	Planificación Semanal 4D .....	154
5.1.2	LookAhead 4D .....	156
5.1.3	Análisis de las actividades cumplidas PAC 4D .....	157
5.2	Entregables para el área de producción.....	158
<b>Capítulo VI: Análisis de costos .....</b>		<b>159</b>
6.1	Presupuesto detallado y adicionales.....	159
6.2	Análisis de precios unitarios (APU).....	160
6.3	Costo mano de obra.....	164
6.4	Costo de equipos .....	165
6.5	Costo directos.....	166
6.6	Costos indirectos .....	167
6.6.1	Costos Indirectos fijos.....	167
6.6.2	Costos Indirectos variables .....	167
6.7	Gastos generales.....	167
6.8	Utilidad.....	169
6.9	Penalidades.....	171
6.10	Análisis de la mejora de procesos .....	171
6.11	Procesos analizados y mejorados .....	172
6.11.1	Encofrado de losa de techo .....	175
6.11.2	Encofrado de vigas.....	176
6.11.3	Encofrado de columnas .....	178
6.11.4	Encofrado de placas .....	179
6.11.5	Encofrado de escalera .....	181
6.11.6	Concreto en elementos horizontales.....	182
6.11.7	Concreto en columnas .....	184
6.11.8	Concreto en placas .....	185
6.12	Análisis del ahorro de los procesos mejorados .....	187
6.12.1	Cálculo del ahorro de los procesos mejorados.....	193
6.13	Validación de las herramientas de control de proyecto.....	195
<b>Conclusiones .....</b>		<b>199</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>202</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>		<b>204</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>207</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo buscamos resaltar el valor de la aplicación de la filosofía Lean Construction y de las herramientas de control de planeamiento como el Look Ahead y Last Planner (último planificador) en los proyectos de construcción de modo que podamos combinar ambas herramientas para lograr un mejor sistema de control de procesos claves. Conocemos como un proceso clave aquellos procesos que tienen una incidencia mayor tanto constructiva como en su repercusión de ejecución en el tiempo y el costo del proyecto.

En cada etapa inicial de un proyecto se debe realizar una planificación, que es una etapa muy importante, donde salen a la luz los principales objetivos, procesos claves, las principales restricciones y la integración de cada área de trabajo que permitirá en conjunto la identificación del alcance del proyecto, los plazos, los costos, la gestión y el seguimiento de las actividades claves, la calidad, la seguridad, el control y mejoramiento de cada proceso llevado a la obra.

Para este caso vamos a tener en cuenta un proyecto de edificación realizado por la constructora inmobiliaria Cosapi S.A. que utiliza las herramientas de planificación y la tecnología BIM para el desarrollo del proyecto. Por otro lado, con ayuda del sistema Last Planner será posible hacer un seguimiento del avance donde podamos controlar el desarrollo de cada proceso y etapa, se podrá también medir el avance del cronograma, identificar aquellos procesos que no contribuyen con la productividad y proponer una mejora, dar alertas a las distintas áreas del proyecto para que justifiquen y se comprometan a levantar las observaciones dadas por éste sistema de control, colaborar con el área de producción notificándole el porcentaje de las actividades cumplidas en el día, en la semana y al mes, y permitir con ayuda del software BIM plasmar el Look Ahead mostrando el avance de toda la obra para supervisarla cada semana.

Todos los datos mostrados han sido tomados del proyecto, y para dar una mejor sensación de los beneficios conseguidos se ha realizado un análisis de costos por cada proceso incidente, clasificados y considerados en el plan de trabajo del proyecto.

## ABSTRACT

In the present work we seek to highlight the value of the implementation of the Lean Construction philosophy and the planning of control tools such as Ahead and Last Planner in the construction projects so that we can combine both tools to achieve a better control system for key processes. We know as a key process those processes that differ from the others due to their repercussion in the time and cost of the projects.

At each initial stage of a project, planning must be carried out, which is a very important stage, where the main objectives appear, key processes, the main constraints and the integration of each work area will allow the identification of the scope of the project, the deadlines, the costs, the management and monitoring of key activities, the quality, the safety, the control and improvement of each process taken to work.

For this case we are going to take into account a building project carried out by the real estate company Cosapi S.A. which uses the planning tools and the BIM technology for the development of the project. On the other hand, with the help of the Last Planner it will be possible to follow up and control the development of each process and stage, it will be possible to measure the progress of the schedule, identify those processes that do not contribute with productivity and propose an improvement, give alerts to the different areas of the project to they justify and commit to lifting the observations given by this control system, collaborate with the production area notifying the percentage of activities completed on the day, on week and on month, and allow with the help of BIM software capture the Look Ahead and show the progress of all the work supervising it every week.

All the data shown have been taken from the project, and to give a better sense of what has been achieved, a cost analysis has been carried out for each process, classified and considered in the work plan of the project.

## PRÓLOGO

Es conocido que a nivel mundial, el sector construcción ya está avanzando en el uso de las tecnologías digitales para la mejora de su desempeño y productividad, sosteniéndose en un mercado competitivo como la industria de la construcción. También es conocido que, en el caso del Perú, muchos proyectos de edificación no cumplen con sus objetivos de entregar un producto con calidad y respetando el medio ambiente. Por muchas razones, entre ellas, la mala formulación del proyecto y de su expediente técnico, procesos constructivos deficientes, falta de capacitación de los trabajadores y profesionales de campo, supervisión deficiente, normatividad compleja y burocrática e inclusive por temas de corrupción de los actores involucrados con los procedimientos de contratación de las obras públicas, los que finalmente ocasionan proyectos que incumplen plazo y presupuesto de obra.

Dejando de lado el tema de la corrupción, la productividad se puede mejorar a partir del uso de técnicas y herramientas para la planificación y control de proyectos, entre otras herramientas digitales.

Tal es el propósito del presente trabajo de investigación, donde se muestran las bondades de recurrir al empleo de técnicas de planificación para el seguimiento y alineamiento de las diversas restricciones que existen en una obra de edificación. En tal sentido, quiero resaltar el trabajo responsable del autor de la presente tesis, quién sin pausa y sin prisa ha llegado a culminar con el objetivo de todo egresado UNI, el cual es culminar exitosamente su tesis de pregrado para acceder al título profesional, brindando un aporte sustantivo para la mejora del desempeño de actuales y futuras empresas del sector construcción y de los conocimientos de los actuales y futuros estudiantes y profesionales de la ingeniería civil del Perú.

Al finalizar, no me queda más que felicitar al autor por el deber cumplido y a las autoridades de la FIC – UNI por las facilidades brindadas para el logro de la presente.

Ing. Alberto Ramírez Erazo  
Asesor

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia: problema general.....	25
Tabla 2. Matriz de consistencia: problema específico n°01.....	26
Tabla 3. Matriz de consistencia: problema específico n°02.....	27
Tabla 4. Matriz de consistencia: problema específico n°03.....	28
Tabla 5. Producción artesanal vs producción en masa vs producción ajustada.....	33
Tabla 6. Construcción tradicional vs. construcción sin pérdidas.....	54
Tabla 7. Instructivo para los criterios de no cumplimiento.....	107
Tabla 8. Cuadro resumen de las cnc semana 23.....	113
Tabla 9. Cuadro resumen de las cnc semana 24.....	113
Tabla 10. Cuadro resumen de las cnc semana 25.....	114
Tabla 11. Control de los volúmenes de concreto previstos y reales con el porcentaje de desperdicio semanal.....	122
Tabla 12. Distribución de tiempos de demora por cuadrillas en el inicio de actividades.....	128
Tabla 13. Ejemplo de formato para la medición del estudio de tiempos.....	130
Tabla 14. Clasificación de las actividades en productivas, contributorias y no contributorias.....	131
Tabla 15. Resumen de los tiempos acumulados por paquetes de actividades.....	132
Tabla 16. Distribución del tiempo según el rango del obrero.....	133
Tabla 18. Distribución porcentual del tiempo según los paquetes de actividades por obrero.....	133
Tabla 18. Comparación de los ratios productivos.....	136
Tabla 19. Presentación del ahorro con la implementación de la mejora del proceso.....	137
Tabla 20. Listado de procesos que requieren controlarse.....	147
Tabla 21. Hoja de ingreso de los metrados ejecutados de cada proceso en la semana.....	147
Tabla 22. Hoja de ingreso de las horas hombre de cada proceso en la semana.....	148
Tabla 23. Hoja de ingreso de los metrados originales de cada proceso en la semana.....	148
Tabla 24. Hoja de detalle del metrado, horas hombre y ratio de cada proceso.....	149
Tabla 25. Análisis de precio unitario - concreto simple 100kg/cm <sup>2</sup> en cimentación.....	160
Tabla 26. Análisis de precio unitario - concreto simple 100kg/cm <sup>2</sup> en sobrecimiento.....	161
Tabla 27. Análisis de precio unitario – encofrado y desencofrado muros anclado.....	161
Tabla 28. Análisis de precio unitario - tarrajeo en muros.....	162
Tabla 29. Análisis de precio unitario - solaqueo en muros.....	162
Tabla 30. Análisis de precio unitario - contrapiso.....	163
Tabla 31. Análisis de precio unitario – piso cemento semi pulido.....	163
Tabla 32. Análisis de precio unitario – piso cemento barrido.....	163
Tabla 33. Resumen de escala remunerativa de honorarios personal de construcción.....	165
Tabla 34. Precios de alquiler de equipo.....	165
Tabla 35. Análisis de gastos generales fijos y variables.....	168
Tabla 36. Resumen detallado del presupuesto.....	170
Tabla 37. Información recopilada del ISP – encofrado de losa de techo.....	175

Tabla 38. Disgregado de actividades del proceso encofrado de losa de techo.....	176
Tabla 39. Información recopilada del ISP – encofrado de viga.....	177
Tabla 40. Disgregado de actividades del proceso encofrado de viga.....	177
Tabla 41. Información recopilada del ISP – encofrado de columnas.....	178
Tabla 42. Disgregado de actividades del proceso encofrado de columnas.....	179
Tabla 43. Información recopilada del ISP – encofrado de placas.....	180
Tabla 44. Disgregado de actividades del proceso encofrado de placas.....	180
Tabla 45. Información recopilada del ISP – encofrado de escalera.....	181
Tabla 46. Disgregado de actividades del proceso encofrado de escalera.....	182
Tabla 47. Información recopilada del ISP – concreto en elementos horizontales.....	183
Tabla 48. Disgregado de actividades del proceso concreto en elementos horizontales.....	183
Tabla 49. Información recopilada del ISP – concreto en columnas.....	184
Tabla 50. Disgregado de actividades del proceso concreto en columnas.....	185
Tabla 51. Información recopilada del ISP – concreto en placas.....	186
Tabla 52. Disgregado de actividades del proceso concreto en placas.....	186
Tabla 53. Cálculo de las horas hombre proyectadas de cada proceso mejorado.....	194
Tabla 54. Cálculo de las horas hombre totales de cada proceso mejorado.....	194
Tabla 55. Cálculo del ahorro de cada proceso mejorado.....	195
Tabla 56. Comparativo de los costos originales vs previstos mejorado.....	196
Tabla 57. Ahorros conseguidos por aplicación de herramientas de control y last planner 4D – proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	197

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La reja de la calidad.....	35
Figura 2. Flujo de recursos bajo el sistema “push” .....	38
Figura 3. Flujo de recursos bajo el sistema “pull” .....	39
Figura 4. Modelo de producción como flujo de proceso.....	43
Figura 5. Reducción de ciclos de proceso.....	45
Figura 6. Procesos de diseño y construcción en términos de costo y valor para el cliente .....	51
Figura 7. Proceso de planeación final.....	52
Figura 8. Modelo tradicional de procesos.....	53
Figura 9. Proceso Look Ahead, alistar (make ready) mediante revisión (screening) y arrastre (pulling).....	59
Figura 10. Sistema tradicional de planificación push.....	60
Figura 11. Esquema de planificación por fases – phase scheduling.....	61
Figura 12. Sistema de prevención de riesgos.....	72
Figura 13. Detalle de planta típica en sótanos.....	75
Figura 14. Lotización horizontales de sótano típico.....	76
Figura 15. Lotización verticales de sótano típico.....	76
Figura 16. Lotización horizontal del sótano 2 por presencia de rampa curva.....	77
Figura 17. Lotización horizontal del sótano 1 debido a la doble altura del nivel.....	77
Figura 18. Lotización horizontal de los pisos 1 y 2.....	78
Figura 19. Lotización horizontal de los pisos 3 al 17.....	79
Figura 20. Tren de trabajo de la construcción del muro anclado .....	80
Figura 21. Programación P-C-T del muro anclado.....	81
Figura 22. Plan de trabajo del muro anclado.....	82
Figura 23. Curva S de avance del muro anclado - pestaña ‘Curva S’ del formato.....	83
Figura 24. Cuadro de avance del muro anclado - pestaña ‘Avance’ del formato.....	85
Figura 25. Data del muro anclado - pestaña ‘Data’ del formato.....	86
Figura 26. Programación línea base de lotes de techo de losa por niveles y distribución.....	88
Figura 27. Reprogramación de lotes de techo de losa por niveles y distribución.....	88
Figura 28. Avance real de lotes de techo de losa por niveles y distribución.....	89
Figura 29. Curva S de avance y control de concreto en lotes de losas.....	89
Figura 30. Curva S del proyecto construcción hotel aloft lima costa verde.....	92
Figura 31. Partidas valorizadas de la curva S expresadas porcentualmente.....	93
Figura 32. Avance porcentual semanal de lo planeado y el valor ganado.....	94
Figura 33. Partidas valorizadas de la curva S mensual expresadas porcentualmente.....	96
Figura 34. Balance de la Curva S mensual expresada porcentualmente.....	97
Figura 35. Partidas valorizadas de la Curva S mensual expresadas porcentualmente.....	97

Figura 36. Curva S mensual del proyecto hotel aloft costa verde.....	97
Figura 37. Calendario de avance de obra valorizado – proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	100
Figura 38. Curva s valorizada prevista - proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	101
Figura 39. LookAhead semana 35 – proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	104
Figura 40. PAC semana 35 – proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	106
Figura 41. Porcentaje de actividades cumplidas (PAC) histórico – Hotel Aloft Costa Verde.....	108
Figura 42. Porcentaje de actividades cumplidas (PAC) histórico – Hotel Aloft Costa Verde.....	109
Figura 43. Ejemplo del plan diario 16-12 Hotel Aloft Costa Verde.....	110
Figura 44. Ejemplo del plan diario 22-12 hotel Aloft Costa Verde.....	110
Figura 45. Ejemplo del plan diario 29-12 hotel Aloft Costa Verde.....	111
Figura 46. Ejemplo del plan diario 30-12 Hotel Aloft Costa Verde.....	111
Figura 47. Balance de las causas de no cumplimiento mensual – CNC mensual.....	112
Figura 48. Gráfico resumen de las CNC semana 23.....	113
Figura 49. Gráfico resumen de las CNC semana 24.....	114
Figura 50. Gráfico resumen de las CNC semana 25.....	114
Figura 51. Gráfico resumen de las CNC .....	115
Figura 52. Gráfico pictográfico progresivo semanal y curva del PAC – hotel aloft costa verde.....	116
Figura 53. Control del vaciado de concreto en la losa de techo del sótano 02.....	118
Figura 54. Control del vaciado de concreto en la losa de techo del sótano 01.....	118
Figura 55. Control del vaciado de concreto en la losa de techo del piso 01.....	119
Figura 56. Control del vaciado de concreto en la losa de techo del piso 02.....	119
Figura 57. Control del vaciado de concreto en columnas.....	120
Figura 58. Control del vaciado de concreto en placas.....	120
Figura 59. Control del vaciado de concreto en escalera.....	121
Figura 60. Gráfico del volúmen de concreto real vaciado vs el concreto previsto semanal.....	122
Figura 61. Material de encofrado y reapuntalado en la losa del techo sótano 02.....	123
Figura 62. Material encofrado en la losa de techo del sótano 01.....	123
Figura 63. Material y piezas de encofrado utilizado en el piso 08.....	124
Figura 64. Material y piezas de encofrado utilizado en el piso 07.....	124
Figura 65. Material y piezas de encofrado utilizado en el piso 06.....	125
Figura 66. Material y piezas de encofrado utilizado en el piso 02.....	125
Figura 67. Material y piezas de encofrado utilizado en el piso 01.....	126
Figura 68. Ubicación del material acopiado para ser acarreado a los pisos superiores.....	127
Figura 69. Control de las actividades de picado, solaqueo y emporrado.....	127
Figura 70. Gráfico de la distribución de tiempos demora por cuadrillas en el inicio de actividades.....	128
Figura 71. Diagrama del proceso asentado debloquetas.....	131

Figura 72. Gráfico circular del tiempo productivo, tiempo contributorio y tiempo no contributorio.....	132
Figura 73. Gráfico de barras de la distribución de tiempos por actividades.....	132
Figura 74. Gráfico de barras de la distribución según tiempos de recurso.....	134
Figura 75. Resumen de las mediciones iniciales y luego de la implementación de mejora.....	135
Figura 76. Comparación de las mediciones realizadas y el impacto en los tiempos no contributorios.....	136
Figura 77. Gráfico circular del ahorro del proceso.....	137
Figura 78. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en columna.....	138
Figura 79. Análisis de la composición del ratio de concreto en columna.....	139
Figura 80. Presentación semanal en la reunión: encofrado de losa de techo.....	140
Figura 81. Informe semanal de producción: encofrado de losa de techo.....	140
Figura 82. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en losa de techo (1).....	141
Figura 83. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en losa de techo (2).....	141
Figura 84. Informe semanal de producción: encofrado de losa de techo.....	142
Figura 85. Análisis de la composición del ratio de concreto en losa de techo.....	142
Figura 86. Hoja de resumen del formato isp – metrado y ratio.....	145
Figura 87. Hoja de resumen del formato isp – análisis del valor ganado.....	146
Figura 88. Gráfico de la progresión semanal de los ratios del encofrado de losas.....	150
Figura 89. Resumen ejecutivo semanal – indicadores de desempeño.....	151
Figura 90. Resumen ejecutivo semanal – planeamiento.....	152
Figura 91. Resumen ejecutivo semanal – producción.....	153
Figura 92. Resumen ejecutivo semanal – costos.....	153
Figura 93. Uso del sistema last planner 4d para la planificación semanal.....	155
Figura 94. Uso del sistema last planner 4d para la elaboración del LookAhead.....	156
Figura 95. Uso del sistema last planner 4d para el análisis de las actividades cumplidas.....	157
Figura 96. Análisis de las actividades cumplidas con la utilización de la herramienta BIM.....	158
Figura 97. PAC histórico – variaciones por el arranque de la partida estructura.....	173
Figura 98. Análisis porcentual de las cnc – proyecto hotel aloft.....	174
Figura 99. Informe semanal de producción (ISP) – encofrado de losa de techo.....	175
Figura 100. Informe semanal de producción (ISP) – encofrado de viga.....	176
Figura 101. Informe semanal de producción (ISP) – encofrado de columnas.....	178
Figura 102. Informe semanal de producción (ISP) – encofrado de placas.....	179
Figura 103. Informe semanal de producción (ISP) – encofrado de escalera.....	181
Figura 104. Informe semanal de producción (ISP) – concreto en elementos horizontales.....	182
Figura 105. Informe semanal de producción (ISP) – concreto en columnas.....	184
Figura 106. Informe semanal de producción (ISP) – concreto en placas.....	185
Figura 107. PAC histórico – validación del pac producto de la mejora de procesos.....	188

Figura 108. Mejora de proceso: encofrado de losa de techo – ISP.....	189
Figura 109. Mejora de proceso: encofrado de vigas – ISP.....	189
Figura 110. Mejora de proceso: encofrado de columnas – ISP.....	190
Figura 111. Mejora de proceso: encofrado de placas – ISP.....	190
Figura 112. Mejora de proceso: encofrado de escaleras – ISP.....	191
Figura 113. Mejora de proceso: concreto en elementos horizontales – ISP.....	191
Figura 114. Mejora de proceso: concreto en columnas – ISP.....	192
Figura 115. Mejora de proceso: concreto en placas – ISP.....	192
Figura 116. Resumen del metrado y ratio por proceso mejorado – ISP.....	193
Figura 117. Gráfico del análisis del costo – beneficio proyecto Hotel Aloft Costa Verde.....	197
Figura 118. Curva S del proyecto – validación del avance por implementación de mejora.....	198

## LISTA DE SÍMBOLO Y SIGLAS

ISP: Informe Semanal de Producción  
RES: Resumen Ejecutivo Semanal  
PAC: Porcentaje de actividades cumplidas  
PPC: Percent Plan Complete  
CAO: Calendario de avance de obra valorizada  
RO: Resumen operativo  
CNC: Causas de no cumplimiento  
SPI: Schedule Performance Index  
CPI: Cost Performance Index  
BIM: Building Information Modeling  
CPM: Método de la Ruta crítica  
RUP: Ratios unitarios de productividad  
LCI: Lean Construction Institute  
IAP: Incumplimiento de actividad predecesora  
SC: Subcontratista  
MIT: Michigan Institute of Technology  
MRP: Programa de requerimiento de material  
ASTM: American Society of Testing and Materials  
F<sup>'c</sup>: Resistencia del concreto  
F<sub>y</sub>: Resistencia del acero  
F<sub>pu</sub>: Acero de presfuerzo  
NTE: Normas técnicas de Edificación  
ACI: Insitute American Concrete  
PU: Production unit  
APU: Análisis de precios unitarios  
FF: Componente de planado  
FL: Componente de nivelado  
WBS: Work Breakdown Structure  
EDT: Estructura de Descomposición del trabajo  
PMI: Institute Managent Project

PMBOK: Project Management Body of Knowledge  
MRC: Critical Path Method  
P-C-T: Secuencia específica de trabajo  
LB0: Línea base  
AR: Análisis de Restricciones  
DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve y Control  
BUC: Bonificación unificada en construcción  
ONP: Oficina Nacional de Pensiones  
AFP: Administradora de Fondo de Pensiones  
SCTR: Seguro contra todo riesgo  
HH: Horas Hombre  
HH<sub>Orig</sub>: Horas Hombre Originales  
HH<sub>Reales Acum</sub>: Horas Hombre reales acumuladas  
HH<sub>Proyec</sub>: Horas Hombre proyectadas  
HH<sub>Totales</sub>: Horas Hombre totales  
R<sub>Proyec</sub>: Ratio proyectado  
C<sub>HH</sub>: Costo de la Hora Hombre

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

#### 1.1.1 Antecedentes

En el ámbito internacional, la industria de la construcción es un sector muy importante del aparato económico de un país; por tanto merece especial atención, la verificación de los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo y en donde se obtienen excelentes resultados. *Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy yo Construction.*

A nivel nacional, **Quispe, O. (2014)** realizó la aplicación de un sistema de control para el mejoramiento de la productividad en un proyecto de edificación. Determinó que las herramientas del Lean Construction aplicados al proyecto permitieron obtener, en forma ordenada, las mediciones de los indicadores propuestos; siguiendo la secuencia de la planificación inicial, la planificación maestra y finalmente el resultado de los procesos. Para el funcionamiento del Look Ahead detalló que es imprescindible que se especifique los procesos que pueden iniciar en ese tiempo proyectado y esto lo indicaba el last planner, levantando con su respectivo análisis y planificación todo tipo de restricciones y procesos claves.

De acuerdo al sistema de control implementado, se observó una variación en el tren de actividades de 80% a 85% de lo planificado en ese plazo. Además realizó un análisis de las causas de incumplimiento donde observó un mayor número de IAP (incumplimiento de actividad predecesora) con un porcentaje del 29%, seguido por SC (subcontratista) con 27% y con esto último se analizó la eficiencia de cada subcontratista. Finalmente, con el seguimiento y control de los procesos claves obtuvo que 6 de los 28 procesos analizados resultaron con disminución del tiempo de ejecución dando esto el 21% de partidas con disminución de tiempo y 79% de partidas con el control de tiempo estimado.

**Ramírez, J. (2016)** realizó un estudio de los factores de productividad y su aplicación en dos obras diferentes para su mejora. Respecto a su análisis pudo obtener que los valores hallados, en su mayoría, eran los esperados de los factores del contexto claramente influenciados por el RUP (ratios unitarios de productividad). Estos datos (RUP) el autor menciona que deben ser materia de

estudio ya que son obtenidos en su ponderación mediante la experiencia de obras realizadas y lo que se busca es marcar un lineamiento como referencia para obras futuras. De tal forma que en su proyecto de tesis realiza la comparación de estos factores con los obtenidos en las obras estudiadas para analizar el cumplimiento de la productividad. Para que haya mayor confiabilidad en estos factores se requiere un mayor registro detallado e información. Por ello es necesario verificar y optimizar los procesos de toma de datos para generar estos registros

**Loayza, J. y Hernandez, A. (2012)** en su tesis de pregrado “Plan integral, control, construcción y análisis técnico ejecutado en un centro comercial Mall en Arequipa” tuvo como objetivo realizar el plan y control de la etapa de construcción de este centro comercial; para ello dividieron en sectores para facilitar el tren de trabajo, luego obtuvieron el cronograma valorizado y la curva S del proyecto. Con esta información elaboraron el diagrama de Gantt, calculando la ruta crítica y obteniendo calendarios detallados de trabajo. Utilizando herramientas de planificación como el Look Ahead y el Last Planner y medidas de control tales como reportes de programación, análisis de restricciones y porcentaje de actividad cumplida (PAC) concluyeron que con respecto al planeamiento se obtuvo mejores rendimientos, mejor distribución control de recursos. La curva S detallaba y permitía prever la cantidad de recursos consumidos en cada una de las etapas del proyecto de tal manera que si la curva real de avance estaba por encima de la curva prevista podía determinar que el proyecto estaba más adelantado de lo previsto o que los costos directos estaban siendo mayores a los previstos (pérdida) y, si la curva de avance real se encontraba por debajo de la curva prevista indicaba que el proyecto se encontraba con retraso o que los costos eran menores (ahorro); en cuanto a los índices de productividad permiten contribuir al manejo, programación y control de las actividades en obra. Ayudan, además, a ir calculando los costos de acuerdo al consumo de recursos y plantean indicadores para evaluar su impacto al proyecto.

**Oroz, C. (2015)** en su tesis “Aplicación de herramienta de planeamiento Look Ahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos” abarca principalmente la importancia del uso de la filosofía Lean Construction y la aplicación que puede tener el “último planificador” junto a la herramienta de planificación “Look Ahead” ya que considera como importante descartar todos los procesos a iniciar y liberar las restricciones de manera que solo los procesos

claves den paso a iniciarse en la programación del cronograma maestro. De esta forma, al utilizar la herramienta Look Head fue posible rebajar el plazo inicial establecido. Para el caso estudiado, el casco estructural fue rebajado de 18 semanas (plazo estimado en el cronograma contractual) a solo 14 semanas. En cuanto al cumplimiento de las actividades se logró obtener un PAC de 94% lo cual es un logro muy por encima del promedio esperado del 80%. Además, con la aplicación de las herramientas de planificación se encontró una vez más que el tren de actividades desarrollado en el cronograma contractual presenta demasiadas holguras dando una estimación falsa del cumplimiento del plazo estimado inicialmente en el proyecto.

**Gutiérrez, C. (2017)** ejecutó la implementación del sistema Last Planner en una edificación en altura. Consideró que si bien es cierto que el porcentaje de actividades cumplidas fue elevado, esto no reflejaba el avance físico real de cada obra. Según explica la autora que se debe a un caso en particular donde el porcentaje de actividades solo reflejaba el cumplimiento de los procesos internos y no evidenciaba la continuidad de flujo entre procesos lo cual permita que se diera un retraso evidente en lo programado y, considerando que la información no se contrastaba con un cronograma de avance o diagrama de Gantt todo lo obtenido no tenía simetría con el avance real ya que ambas obras se encontraban en atraso. También considera que si bien la implementación de un sistema Last Planner es trabajoso y costoso su utilidad es imprescindible en los proyectos ya que permite obtener un grado de calidad que genera una planificación adecuada, una reducción de procesos y una mejora de sus flujos para el cumplimiento eficiente del proyecto y la satisfacción del cliente. Es por ello que considera importante hacer un cronograma lo más real y detallado posible, la dedicación de un profesional a cargo exclusivamente del Last Planner, hacer reuniones semanales donde se exponga las causas de no cumplimiento y motivar a los involucrados a gestionar su avance y compromiso a levantar todas las no conformidades, realizar una planificación detallada de las actividades a realizarse en la semana y presentársela, con un tiempo anticipado, a cada jefe de cuadrilla para que pueda percibir la exigencia y comprometerse con una estrategia a ejecutarla en la semana siguiente y, llevar un control del desempeño de cada contratista para referencia futura en los proyectos que se tenga para de esta manera afianzar un compromiso más leal.

De otro lado, en la presente tesis, se busca mostrar la aplicación de las herramientas de planificación Look Ahead y Last Planner en una obra de edificación donde se pueda visualizar, a través de plantillas de Excel, gráficos y análisis comparativo de costos, el cumplimiento de los plazos mediante el control de cada proceso (los más críticos respecto al cronograma), el mejoramiento de la productividad con ayuda de reportes informativos, indicadores de avance, planes de acción, ratios de productividad, resúmenes operativos a nivel global para que la gerencia tenga en cuenta el progreso diario, semanal y mensual, y además facilitar mediante el software BIM láminas detalladas con el avance de la obra, lo que se realizó en la semana anterior, lo que se realizará en la semana presente y lo que se realizará en 4 semanas. De esa manera proporcionar la información al personal de campo y a los ingenieros de producción para que tomen las medidas y estrategias iniciales correspondientes.

## **1.2 PROBLEMÁTICA**

### **1.2.1 Planteamiento de la realidad problemática**

El crecimiento del desarrollo de los proyectos inmobiliarios en la gran mayoría de distritos de Lima y su importancia de obtener mayor confianza en el mercado actual, condiciona que las diferentes empresas inmobiliarias se interesen, muy a parte de los estándares de calidad en los procesos constructivos que es una tendencia de extremo cuidado que se ha visto imprescindible su control y supervisión en todos los proyectos, y muy aparte de cumplir con acabados rigurosamente controlados, confiables materiales e insumos de excelente calidad, etc. Es vital entregar los proyectos de edificación en los plazos correspondientes y con porcentajes de utilidad comparados y considerados al inicio de todo de proyecto.

Uno de los tantos problemas que lidian las empresas inmobiliarias(ing residente) pequeñas, medianas e inclusive grandes, que han aparecido para ejecutar proyectos de vivienda en el país y que se han consolidado para dar rienda a lo que actualmente se conoce como el “boom de la construcción”, es la falta de planeamiento y control para terminar con éxito los plazos contractuales considerados en las diferentes etapas del proyecto, la falta de control de las

actividades cumplidas, la escasa proyección del plan de trabajo a futuro y el levantamiento de las restricciones y no conformidades encontradas al inicio y a lo largo del proyecto.

En el transcurso del año 2001 se crean una gran cantidad de empresas producto de que el gobierno peruano decretó una serie de leyes y normas para promover la construcción en el país. La problemática se da a conocer por las empresas que aun utilizan los procesos tradicionales en la construcción y control de obras de los proyectos inmobiliarios. Durante el 2003 y el 2010 surge un aumento considerable en la construcción de proyectos de viviendas por el desarrollo de los programas sociales "Mi Vivienda", y entre otros más. De tal manera que la falta de aplicación de un sistema de gestión, al criterio del tipo o filosofía que use, le quita competencia a una empresa y, por ello, no favorece con el progreso tecnológico y crecimiento de nuestro país. Es imprescindible destacar que la utilidad de estos sistemas de gestión no solo le corresponde a las empresas grandes, que cuentan con un respaldo de inversionistas y mayores recursos, sino también en todo proyecto por más simple que sea. La competitividad se encuentra en todos los estándares, y les brinda a los involucrados una mejora continua de sus estrategias y aprendizajes, más conocimientos de sus procesos internos y flujos y, por consiguiente, mejoras a nivel integral que benefician a todos.

Partiendo de la visión de organización de una ciudad que crece con planificación en forma ordenada y progresiva, de igual forma las empresas inmobiliarias y constructoras deben seguir esa línea de crecimiento y consolidarse en el tiempo con sus políticas de control y planeamiento de los diferentes proyectos que lleven a cabo, con resultados empresariales satisfactorios, de los profesionales e involucrados en el proyecto y del país en general. Vega, E. (2019). "Crecimiento inmobiliario vertical de Lima muestra comportamientos diferenciados". *Diario El Comercio*.

## 1.2.2 Formulación del problema

### 1.2.2.1 Problema general

¿En qué medida es posible mejorar los resultados de productividad del trabajo en proyectos de edificación hotelera en Miraflores, Lima, mediante el uso de las herramientas de control de proyectos, indicadores de productividad, estudios de

los procesos constructivos y uso del Last Planner 4D durante el proceso de gestión de obra?

### **1.2.2.2 Problemas específicos**

Problema específico 1: ¿Cómo mejora la productividad del trabajo en obra con la aplicación de las herramientas de control de proyecto basado en la filosofía Lean Construction, tales como el Look Ahead, Curva S y Last Planner 4D para identificar las actividades claves a realizar, levantar las restricciones encontradas y controlar el avance de cada proceso?

Problema específico 2: ¿Cómo mejora la productividad del trabajo al implementar los indicadores de productividad, reportes de producción sobre el avance diario, el plan diario a ejecutarse e identificar las causas de no conformidad, indicadores de porcentaje de actividades cumplidas, control de los ratios de producción diario, programación y realización de reuniones semanales a nivel gerencial y elaboración de informes semanales de producción?

Problema específico 3: ¿Cómo impacta los estudios de procesos constructivos en los márgenes económicos del proyecto mediante la comparación de los costos presupuestados inicialmente, dando un detallado global del consumo de horas hombre y costo por proceso de todo el proyecto mediante reportes mensuales?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

En el año 2017 se inicia la implementación del sistema Last Planner 4D y nuevas herramientas de control en todas las obras de la empresa constructora COSAPI S.A., de la cual se extrae los datos para esta investigación, con el fin de poder disminuir los atrasos y pérdidas que estaba obteniendo la empresa. Con la asesoría de un consultor externo (ubicado en la sede central) se analizó caso por caso, presentando un informe ante gerencia y directorio semanalmente, de acuerdo a lo ejecutado por cada obra. *Cosapi SA (2020). Cuadrilla, Nuestro 60 Aniversario. Revista informativa de Cosapi año 45. N°187. Pag.15. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/revista\\_cuadrilla\\_187.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/revista_cuadrilla_187.pdf)*

En consecuencia, la presente investigación se realiza con la finalidad de mostrar los resultados que arrojó la aplicación de la metodología antes mencionada, para difundir la utilidad de este sistema en la constructora y las acciones correctivas que se pueden hacer para lograr un mejor desarrollo. Así mismo, el objetivo del presente trabajo es mostrar la importancia de la aplicación de las herramientas de planificación y control de proyectos de edificación para la mejora de la productividad y sostenibilidad de las empresas constructoras del país.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 Objetivo General

Demostrar que mediante las herramientas de control de proyectos, los indicadores de productividad y los estudios de procesos constructivos se puede mejorar la productividad en obra y por lo tanto los resultados en los márgenes económicos en los proyectos de edificación.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

Objetivo específico 1: Aplicar la filosofía Lean Construction con el uso de las herramientas de planeamiento Look Ahead y Last Planner para identificar las actividades claves a realizarse, levantar las restricciones encontradas y controlar el avance de cada proceso mediante hojas de cálculo, plantillas y layout.

Objetivo específico 2: Mejorar la productividad en obra con los indicadores productivos elaborando entregables de reporte de producción sobre el avance diario, el plan diario a ejecutarse e identificar las causas de no conformidad, el seguimiento al porcentaje de actividades cumplidas, realizando el control de los ratios de producción diario y programando reuniones semanales de producción a nivel gerencial.

Objetivo específico 3: Implementar en el proyecto de edificación los estudios de procesos constructivos comparándolo con los costos presupuestados inicialmente dando un detallado global del consumo de horas hombre y costo por proceso mejorado mediante reportes mensuales ejecutivos.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Mediante el uso de las herramientas de planificación y control de proyectos, los indicadores productivos y los estudios de procesos constructivos se puede mejorar la productividad y por lo tanto llegar a tener mejores resultados en tiempo y costo, en los márgenes de ganancia del proyecto.

## **1.6 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES**

### **1.6.1 Variables Independientes**

#### ***1.6.1.1 Definición de variables independientes***

X1: Herramientas de control y Last Planner 4D

La utilización de las herramientas de control permiten dar seguimiento a las actividades que comprenden los procesos, junto con diferentes mecanismos de control e indicadores ayuda a mejorar las desviaciones que presentan los procesos permitiendo incrementar la productividad. Y el uso del sistema Last Planner 4D mejora significativamente la planificación generando unos entregables en Layout que favorecen además al análisis de cumplimiento.

X2: Curva S del proyecto

Con el aseguramiento y control del cumplimiento de las actividades se puede mostrar un progreso en el avance de la obra por lo que las valorizaciones se mantendrán con mayor rotación permitiendo generar los ingresos económicos para el beneficio de la empresa y sus colaboradores.

#### **1.6.1.2 Indicadores de las variables independientes**

Para variable X1: Gráficos interactivos, cuadros de control y análisis estadísticos

Para variable X2: Validación del avance y control de procesos semanal

### **1.6.2 Variables Dependientes**

#### **1.6.2.1 Definición de variable dependiente**

Y: Mejora en la productividad de la empresa mediante el uso de las herramientas de planificación y control de proyectos.

#### **1.6.2.2 Indicadores de las variable dependiente**

Curva gráfica que muestra los balances semanales del progreso o retraso de la obra, Gráfico que contempla los parámetros originales y previstos del proyecto, en función al metrado y las horas hombre, determinar las desviaciones productivas de los procesos y mejorarlas, uso de entregables Layout BIM representar la planificación semanal, LookAhead y el análisis de cumplimiento de la obra.

### 1.6.3 Operacionalización de Variables

Tabla 1. Matriz de consistencia: Problema General

	Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
General	Bajos niveles de productividad en obra, por el uso de herramientas y técnicas de planificación y control tradicionales	La utilización adecuada de herramientas de planificación, los indicadores de productividad y los estudios de procesos constructivos incrementan significativamente la productividad y por lo tanto la utilidad en un 0.5% a 1.5 % en los proyectos de edificación.	<b>INDEPENDIENTE</b>		
			<b>X1:</b> Herramientas de control de proyecto <b>X2:</b> Indicadores de productividad <b>X3:</b> Estudios de procesos constructivos	Para X1: Last planner 4D, Look Ahead, Curva S, SPI, CPI, Curva de control de avance, CAO, estudio de mejora de procesos, RES, RO, registro de CNC. Para X2: PAC, ratios de producción, ISP, DMAIC, planes diarios, control de materiales Para X3: Reportes de estudios de procesos constructivos	<b>Área de Control de Proyecto/BIM:</b> Cumplimiento del avance en la curva S del proyecto.  <b>Área de producción:</b> Mejora de los procesos e implementación de estudios de productividad para el incremento en el cumplimiento de las actividades y mejora de los indicadores productivos.  <b>Área Oficina técnica:</b> El estudio anticipado de los procesos constructivos realizados en obra
			<b>DEPENDIENTE</b>	Mejora en la productividad en obra con la implementación del sistema Last Planner, la tecnología BIM y las herramientas de control.	Resultados obtenidos en el ahorro del proyecto por la mejora de la planificación y productividad de los procesos constructivos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Matriz de consistencia: Problema Específico N°01

	Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
Específico N°01	¿Cómo mejora la planificación y el cumplimiento del avance, en la Curva S del proyecto, con la aplicación de las herramientas de control?	La utilización de las herramientas de control de proyecto asegurarán el seguimiento de la planificación y el cumplimiento del avance de los procesos.	<b>INDEPENDIENTE</b>		Cumplimiento de la planificación y la mejora de la productividad de los procesos
			<b>X1:</b> Aplicación de las herramientas de control y Last Planner 4D	Para X1: gráficos interactivos, cuadros de control y análisis estadísticos	
			<b>X2:</b> Seguimiento de la Curva S del proyecto y control de los procesos	Para X2: Validación del avance y control del proceso semanal	Variación del cumplimiento del avance de la Curva S semanal y mensual.
			<b>DEPENDIENTE</b>		
			Aseguramiento del cumplimiento en el avance con la Curva S en la ejecución de las actividades diarias en obra.	Mediante una curva gráfica que muestra los balances semanales del progreso o retraso de la obra.	Formatos de elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Matriz de consistencia: Problema Específico N°02

Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
Específico N°02 ¿Cómo mejora la productividad del trabajo en un proyecto de edificación con el uso de los indicadores productivos y los reportes al área de producción?	La implementación de indicadores de productividad permiten alertar las desviaciones productivas y corregirlas para la mejora de los procesos constructivos y su cumplimiento según planificado	<b>INDEPENDIENTE</b>	Para variable X1: gráficos interactivos, cuadros de control y análisis estadísticos	Cumplimiento de la planificación y la mejora de la productividad de los procesos
		X1: Aplicación de los indicadores productivos	Para variable X2: Reportes a producción PAC, ratios de producción, ISP, DMAIC, planes diarios, control de materiales	Gráficos con los indicadores de productividad y planeamiento previstos en el proyecto Hotel Aloft Costa Verde.
		<b>DEPENDIENTE</b>	Mediante un gráfico que contempla los parámetros originales y previstos del proyecto, en función al metrado y las horas hombre, determinar las desviaciones productivas de los procesos.	Desviaciones en los indicadores productivos diaria y semanalmente. Formatos de elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde
		Indicadores productivos de los procesos debido a la ejecución de las actividades diarias en obra.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Matriz de consistencia: Problema Específico N°03

Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
Específico N°03 ¿Cómo mejoran los márgenes económicos de un proyecto de edificación con la implementación de estudios de procesos constructivos?	La implementación de los estudios de procesos constructivos en el área de oficina técnica asegurará mejorar los márgenes económicos del proyecto	<b>INDEPENDIENTE</b>		Cumplimiento de la planificación y la mejora de la productividad de los procesos
		<b>X1:</b> Estudios de procesos constructivos	Para variable X1: gráficos interactivos, cuadros de control y análisis estadísticos	
		<b>X2:</b> Cuadro de control comparativo de los márgenes económicos	Para variable X2: Validación en la comparación de los costos presupuestados inicialmente.	Gráficos con los indicadores de productividad y planeamiento previstos en el proyecto Hotel Aloft Costa Verde.
		<b>DEPENDIENTE</b>		Mejora en la ejecución y cumplimiento de los procesos para favorecer el cumplimiento del avance en obra.
		Verificación del cumplimiento del avance con las herramientas BIM debido a la ejecución de las actividades diarias en obra.	Con el uso de los estudios de procesos constructivos se dispone a anticipar las desviaciones en el margen económico de los costos presupuestados.	Formatos de elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 LEAN CONSTRUCTION

#### 2.1.1 Definición

Lean Construction o Construcción Sin Pérdidas es una filosofía de gestión de la producción. Tiene por finalidad el incremento de la productividad considerando como prioridad satisfacer las necesidades de los clientes. Fue elaborada producto de la implementación de ideas del Lean Production al sector de la construcción. De acuerdo con el Lean Construction Institute (LCI), la filosofía Lean Construction se centra sobre los objetivos claves del Lean Production, que son aumentar el valor para el cliente y disminuir las pérdidas para la empresa. De tal manera que se define técnicas determinadas que son utilizadas en cada proceso de entrega y cierre de proyectos. *Project Management Institute (2013). "Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos". Pensilvania, Estados Unidos. Quinta Edición.*

#### 2.1.2 Enfoque del Lean Construction

La traducción del término "lean" al español hace referencia a magro, enjuto, frugal, sin grasa, pobre o escaso, la definición, al borde de una traducción, implica una concepción nueva de ejecutar las cosas empleando menos recursos. Es decir, esta tendencia de la producción tiene como objetivo hacer mucho más con menos materiales, menos fuerza humana, menos maquinaria y equipo, menos tiempo y menos espacio. Y mezclado con la satisfacción del cliente y los bajos costos al proveer exactamente los productos y servicios que el cliente necesita, se trasluce en formas competitivas de las industrias o empresas. En adelante, utilizaremos el concepto de "Producción Ajustada". *Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. California, Estados Unidos. Stanford University.*

Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

### 2.1.3 Orígenes y difusión

Los pensamientos acerca de la nueva filosofía de la producción se remota a la industria automotriz en Japón en los años 50. Posterior a la segunda guerra mundial Japón enfrentaba el siguiente escenario:

- Mercado doméstico escaso y demanda de una gran variedad de vehículos.
- Mano de obra con un costo cambiante o a ser considerado como partes intercambiables.
- Su economía tenía falta de capital y de moneda extranjera.
- Restricciones para adquirir buena tecnología.
- Fuerte competitividad a nivel global por el sector automotriz occidental y europeo.

Paralelamente, en la definición de la **Producción Ajustada** (*Lean Production*) se agregaron conceptos de calidad al sistema progresando de un manejo estadístico de la calidad a conceptos mucho más sofisticados en los que conciernen a los procesos de calidad. Estos pensamientos fueron implementados y procesados por los profesionales mediante un engorroso método de ensayo y error. Pese a que en América del Norte y parte de Europa a mediados de los años 70 se tenía poco alcance de estos conocimientos. Era importante renovar el marco teórico de estos conceptos. Es por ello que en los años 80 van encaminándose nuevas publicaciones que tratan de tomar detalles innovadores producto de la experiencia hasta ese momento. En la actualidad, la filosofía del Lean Construction se halla en progresivo desarrollo y la aplican principales compañías de manufactura en Norte América, Europa y Japón. El planteamiento se ha expandido a otros rubros en la industria, de los cuales se detallan: servicios, administración y desarrollo de productos, entre otros. *Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. California, Estados Unidos. Stanford University.* Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

El cambio de toda esta ideología de la producción en la industria automotriz fue inspeccionado en un programa de estudio a cargo de James Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos como iniciadores de un proyecto de investigación del MIT (Michigan Institute of Technology)<sup>1</sup>. Dicho programa empezó en 1985 y reunió a investigadores de todo el mundo durante un lapso de 5 años. Los puntos clave se

---

<sup>1</sup> Womack, Jones Roos, Op. cit. (p. 16)

enfocaron en realizar un comparativo de las técnicas de producción de América del Norte y Europa y las técnicas de producción japonesas, en el rubro de la industria automotriz. Es por ello que su muestra de estudio abarcó 90 plantas ensambladoras de vehículos en todos el mundo. Las conclusiones a las que llegaron son las que engloban el marco de conceptos de ésta nueva filosofía de la producción dentro de la industria automotriz: la Producción Ajustada.

*Womack, J., Roos, J. (1990). The Machine that Changed the World.* Recuperado de: <https://www.amazon.com/Machine-That-Changed-World-Revolutionizing/dp/0743299795>

#### **2.1.4 La Producción Artesanal, Producción en Masa, y la Producción Ajustada**

Una de las mejores maneras de detallar este mecanismo de producción innovador es ponerlo en comparación con la producción del tipo artesanal y en masa, que son otros dos métodos de realizar y ejecutar las cosas pensadas por los contemporáneos de aquellas épocas.

El trabajador artesano utiliza a obreros muy competentes e instrumentos simples para hacer debidamente lo que el cliente les pide. El artesano elabora un elemento único e irrepetible por proceso de fabricación en el cual pone mucho de su esfuerzo para lograr la perfección en cada detalle. La problemática que plantea la producción artesanal es evidente: los elementos fabricados con el método artesano implican demasiados costos y la cantidad producida es muy escasa. Pero se pueden notar ventajas competitivas que vendrían a ser: la plena satisfacción del cliente, la variedad de las herramientas y producción, como también el nivel de especialización de los obreros. Algunos ejemplos de la producción artesanal en nuestros días son: la producción y puesta de satélites, la industria relojera Suiza, la industria zapatera, así como también la industria de la construcción. *Sanchez, J. (2004). Proceso de Transformación en la empresa con Sistema de Producción en Masa al Sistema de Producción Ajustada*". Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/1599/1/1020150051.PDF>

Caso contrario, el productor en masa cuenta con trabajadores poco competentes para diseñar los productos que realizan trabajadores no calificados o semi-calificados manejando máquinas costosas y un propósito. Se elaboran con difusión productos estandarizados. Y pese a que la maquinaria tiene un costo

elevado y no tolera las intromisiones, el productor en masa añade muchos más elementos, cosas o suministros, y más trabajadores para tener la seguridad de que la producción continúa en progreso. En vista a este cambio de un producto tiene un mayor costo y en la medida el productor en masa mantiene los diseños iniciales. El resultado es que los consumidores obtienen menores costos, pero exigencias de la variedad y mediante mecanismos de trabajo que la mayor parte de los trabajadores encuentran cansados y desalentadores.

El productor ajustado realiza todo lo contrario, mezcla las ventajas de la producción en masa y de la artesana, al margen que evita los elevados costos. De esta forma los productores ajustados emplean equipos de trabajadores multi-calificados o multi-funcionales a todos los órdenes de la organización e implementan máquinas muy manejables y progresivamente más automatizadas para elaborar grandes masas de productos con la mayor variedad posible. La producción ajustada utiliza menos de todo en comparación con la producción en masa, menor esfuerzo humano de sus trabajadores, poca área en la elaboración de sus productos, la mitad de inversión en herramientas, menos horas de trabajo de ingeniería para obtener un producto nuevo. Además requiere mucho menos inventario, menos defectos de fabricación y produce una variedad de productos.

La diferencia más destacada entre producción en masa y producción ajustada se origina en sus objetivos finales. Los productores en masa se proponen un objetivo "bastante bueno", que se proyecta en un número de defectos pasables, un máximo número de inconsistencias aceptables y una apretada variedad de productos categorizados. Si se elabora de una mejor manera, los expertos consideran que costaría demasiado o sobrepasaría las capacidades humanas. No obstante, los productores ajustados se basan únicamente en la perfección: reducción continua de los costos, cero errores, cero inventarios y una increíble variedad de productos. Para mencionar las principales diferencias entre la producción artesana, en masa y la producción ajustada han sido sintetizadas en la siguiente tabla N°5:

*Sanchez, J. (2004). Proceso de Transformación en la empresa con Sistema de Producción en Masa al Sistema de Producción Ajustada". Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/1599/1/1020150051.PDF>*

Tabla 5. Producción artesanal vs Producción en masa vs Producción ajustada

	<b>PRODUCCIÓN ARTESANAL</b>	<b>PRODUCCIÓN EN MASA</b>	<b>PRODUCCIÓN AJUSTADA</b>
<b>Mano de obra</b>	Trabajadores altamente calificados	Trabajadores no calificados o semi calificados	Trabajadores multi calificados o multi funcionales
<b>Herramientas, maquinaria y equipo</b>	Herramientas sencillas y flexibles	Máquinas costosas y con un solo proposito	Máquinas altamente flexibles y automatizadas
<b>Sistema de Producción</b>	Sistema de producción flexible (al proporcionar exactamente lo que el cliente desea).	Sistema de producción rígida (producción estandarizada)	Sistema de producción flexible (variedad de productos)
<b>Volumen de producción I</b>	Producción de un ejemplar a la vez, único e irrepetible	Producción de grandes volúmenes estandarizados	Producción de grandes volúmenes enormemente variados
<b>Relación con clientes</b>	Se provee al cliente exactamente con el producto y/o servicio que quiere (énfasis en sus necesidades y valor)	Se sacrifican los gustos y necesidades del cliente con el fin de estandarizar procesos y reducir costos	Infinita variedad de productos con base en las necesidades (valor) del cliente
<b>Costos de producción</b>	Altos costos de producción por unidad	Costos bajos de producción por unidad	Reducción continua de costos
<b>Volumen de producción II</b>	Volúmenes de producción reducidos, necesidades mínimas de inventario	Gran cantidad de inventarios y espacios físicos en exceso para su almacenamiento y manejo	Cero inventarios y reducción de espacios para su almacenamiento y manejo
<b>Desempeño</b>	Énfasis en la perfección del más mínimo detalle	Gran cantidad de defectos los cuales son corregidos al final de la línea de producción con la finalidad de no detener el proceso	Cultura de cero defectos (si se detecta algún defecto, la línea de producción se detiene para detectar el problema y corregirlo)

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.5 La nueva filosofía de la producción: Lean Construction y sus elementos claves

Tratando de eliminar los paradigmas de la producción tradicional, la Producción Ajustada tiene cinco principios básicos acondicionados en las técnicas de los japoneses de la industria automotriz. Dichos elementos que permitieron que las

empresas japonesas pudieran obtener mejor posicionamiento en el mercado frente a las tecnologías occidentales y que redujeron los costos operativos, tiempos improductivos y un incremento en la satisfacción del cliente son:

*Porras, H., Sánchez O., Galvis J. (2014). "Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual". AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 11. No. 1.*

### **2.1.5.1 Desperdicio (MUDA)**

La "muda" es un término de origen japonés que tiene por significado el desperdicio y encierra todo el esfuerzo, los materiales y el tiempo consumidos en cada una de las actividades que no generan valor a un determinado proceso. En todos los procesos y organizaciones se encuentran presentes los desperdicios. Algunos ejemplos típicos son los que ocurren en el transporte de materiales, cantidad por exceso de elementos en el inventario, los tiempos de espera, subsanar los defectos y re trabajos, etc.

El valor en sí de la filosofía de la **Producción Ajustada** radica en el progreso sistemático y la continua eliminación de todo aquello que genera desperdicio que siempre va a estar inherente a los procesos ya sea de producción o en la ejecución de un servicio. Es por ello que se necesita de tener identificados los procesos que generan mayores desperdicios y eliminar las causas que lo generan mediante herramientas de planificación, técnicas y métodos que se detallarán a lo largo del desarrollo del presente capítulo.

### **2.1.5.2 Valor**

Como se ha mencionado anteriormente, el término desperdicio reconoce a todo aquello que no genera o agrega valor a un producto o servicio, y el valor se entiende como un reconocimiento de la capacidad del producto o servicio brindado al cliente en el tiempo adecuado y a un precio justo. De esta manera, la Producción Ajustada se rige en el concepto del valor de un producto o servicio en detalle con ciertas características mencionadas mediante un tema de diálogo y entendimiento

de las necesidades de clientes específicos<sup>2</sup>. Ya que no tiene ningún propósito producir y ofrecer un producto o servicio de manera insatisfactoria.



Figura 1. La reja de la calidad

Fuente: Lauri Koskela, "Lean Production in Construction". A.A. Balkema, Róterdam, 1997.

De acuerdo al concepto de valor mencionado, algunas de las actividades que generan valor la producción de un bien o servicio se clasifican en<sup>3</sup>:

- **Actividades que agregan valor a los procesos.** Se les conoce a estas actividades como actividades de conversión ya que transforman las materias primas en productos finales o para la prestación de un servicio.
- **Actividades que no agregan valor a los procesos pero son inevitables.** Se debe a las restricciones de la tecnología del momento o algunas particularidades de cada proceso en sí y, por lo tanto, no pueden ser eliminadas del todo.
- **Actividades que no le agregan valor a los procesos y pueden ser suprimidas o eliminadas.** Normalmente todas aquellas actividades vinculadas con determinadas acciones tales como supervisión, inspección, tránsito inesperado del material, cantidad de elementos en exceso en los inventarios, y demás casos.

### 2.1.5.3 Cadena de Valor

Se conoce como cadena de valor del proceso al conjunto de acciones necesarias para movilizar un producto o servicio de una fase de conceptualización a una

<sup>2</sup> Womack, James and Jones, Daniel. Lean Thinking Banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster, 1996.

<sup>3</sup> Lauri Koskela, "Lean Production in Construction", Lean Construction. Luis F. Alarcón (editor), A.A. Balkema, Róterdam, 1997.

transformación terminada del producto o servicio. La identificación de la cadena de valor se da a través de diagramas de flujo de procesos permitiendo reconocer la información necesaria y materiales de primera instancia en todas las etapas del proyecto y la manera en cómo se reparte el trabajo de manera proporcional a cada una de las etapas<sup>4</sup>.

Para ser más específicos, la gran variedad de acciones que engloba la cadena de valor se pueden clasificar en actividades de conversión y actividades de flujo que son imprescindibles para unir las actividades de conversión. No obstante, existen en el interior de cada proceso actividades que de por sí solas generan y agregan valor al mismo, las consideradas como actividades de conversión, y también aquellas actividades que no generan ni agregan valor alguno a los procesos, y éstas últimas son consideradas como desperdicios. La filosofía de **Producción Ajustada** encierra la obtención y categorización de todas las actividades que tiene cada proceso de tal manera que se puede obtener la importancia del aporte como valor al mismo y decidir su reducción o eliminación ya que son elementos que generan fuertes desperdicios al proyecto.

#### **2.1.5.4 Flujo**

Con respecto al flujo que se da en un proceso, se le entiende al intercambio de información y materiales del proceso. En la actualidad, los mecanismos de producción están sistematizados en funciones que al hacer un desglose detallado se dividen en tareas o actividades. Se puede decir que este nivel de organización no permite la fluidez continua de la información y recursos a los diferentes sistemas que se traducen lo que genera en dicho mecanismo variabilidad y demoras. Cuando se logra poner estable el flujo en una cadena de valor, es decir, disminuir las variaciones del proceso, permite reducir significativamente los tiempos de espera. Para conseguir estos resultados es importante contar con una buena organización de los tiempos y una correcta secuencia de los flujos, llevando todo ello de la mano de una eficiente programación de las actividades predecesoras y supervisando el cumplimiento de todas las actividades consecuentes para obtener excelentes mejoras en la cadena de valor. La filosofía de **Producción Ajustada** permite eliminar esos tiempos de espera y conseguir

---

<sup>4</sup> Greg Howell and Glenn Ballard, "Implementing Lean Construction: Understanding and Action", Proceedings IGLC, Guaruja, Brasil, 1998.

tener un flujo continuo en el desarrollo de las actividades que comprende la cadena de valor, disminuye la incertidumbre de variación, y el caótico mecanismo del proceso. Para lograr una correcta secuencia del flujo y velar por su desarrollo, se tiene que hacer primero una detallada planificación de todas las actividades que contengan un traslape en donde todas ellas puedan desarrollarse no necesariamente en la totalidad de la actividad predecesora; y en segundo, permitiendo que todos los recursos sean aplicados en el tiempo y espacio concernientes para su utilidad. Ballou, R. (1999). *"Business Logistics Management Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain"*. Prentice Hall.

#### **2.1.5.5 PULL VS PUSH en el manejo de recursos**

Se le conoce como inventario a los bienes que son almacenados y que se utilizan con el fin de satisfacer un hecho actual o en progreso. Estos recursos son reservados en un lugar por un determinado tiempo previo a ser usados, manteniéndose en una etapa no productiva, de espera u ocio<sup>5</sup>. En cuanto al manejo de inventarios existen dos filosofías:

- Inventarios tipo "PUSH".
- Inventarios tipo "PULL".

Por lo general, el uso de los recursos a nivel de las organizaciones es mediante sistemas de requerimiento de material que se le conoce como MRP. Se basan en la demanda, orden del material, la ubicación del material en los distintos puntos de almacén, el tiempo de entrega que ofrecen los proveedores y los tiempos en la producción o elaboración del producto. Con esta filosofía que los nombre como tipo "PUSH", en lo que respecta al uso de inventarios "empuja" al sistema de la producción todos los recursos que son relevantes para la elaboración de cada una de las diferentes actividades. En otras palabras, identifica los recursos necesarios que serán utilizados en todo el proyecto y los conservan o almacenan en un determinado lugar de la producción que pueden ser más de una según el criterio estratégico de su localización. En la plantilla de costos de los proyectos se le agrega y considera como costos de almacén y estipulan además los costos por el

---

<sup>5</sup> Ballou, Ronald Business Logistics Management Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain. Prentice Hall, 1999.

traslado y manejo de los mismos. En cuanto al exceso de inventario, se los considera en costos de inventario por exceso.

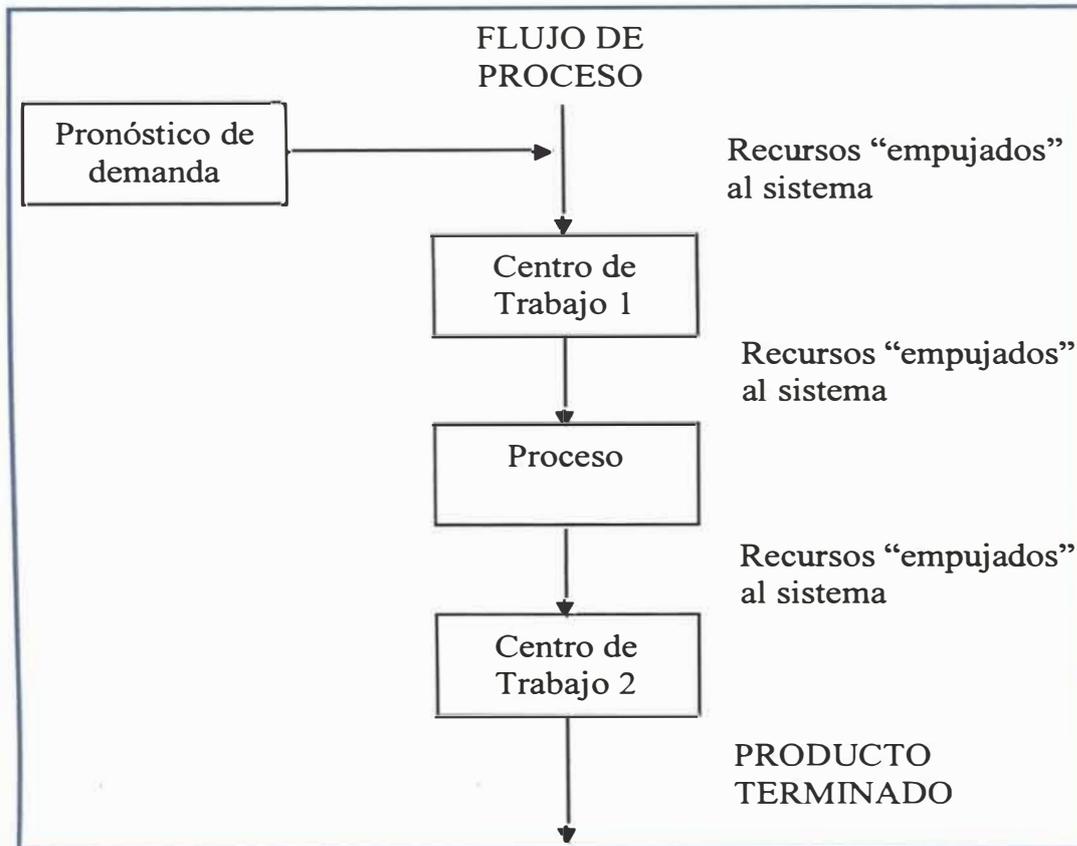


Figura 2. Flujo de recursos bajo el sistema "PUSH" (Hernández, 1993)

Contrariamente la filosofía del tipo "PULL" en lo que respecta a inventarios "jala" de los sistemas de recursos para que sean ejecutados en una determinada actividad y son ubicados por lo general en espacios específicos para su uso o consumo. Como resultado y buena práctica reduce los costos de traslado o manejo del material y almacenamiento (inventario cero). Los sistemas de manejo del tipo PULL para que puedan ser implementados requiere de no producir nada hasta el momento que sea necesario y de hacerse, deberá de ser de manera rápida. Es por ello que las empresas tienen que tener conocimiento a nivel de detalle de las urgencias del cliente, ofrecerle buenos tiempos de manejo en entrega y ser adaptables para poder satisfacer todos los escenarios posibles del actual mercado de la construcción. Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. California, Estados Unidos. Stanford

University.

Recuperado

de:

<https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

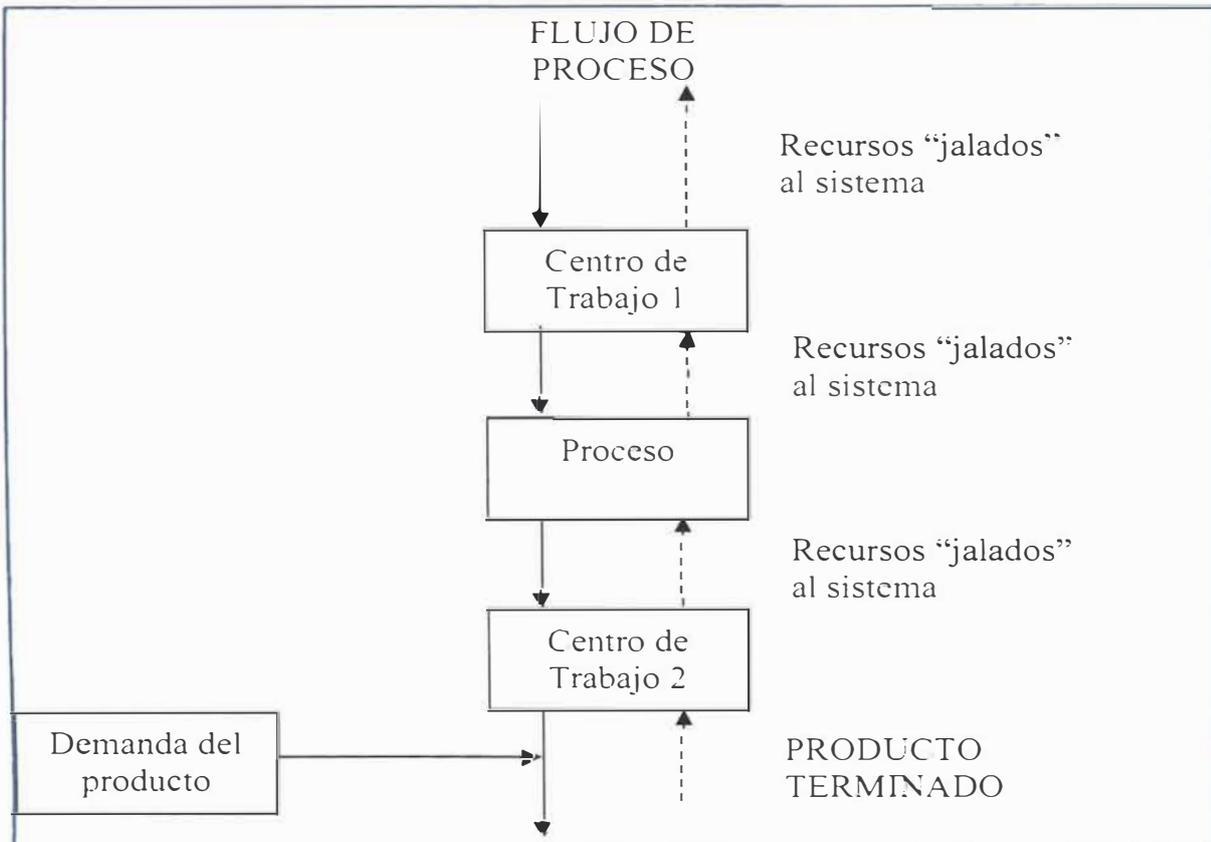


Figura 3. Flujo de recursos bajo el sistema "PULL" (Hernández, 1993)

### 2.1.5.6 Perfección y transparencia del proceso

Lo ideal en toda organización es poder eliminar, de todos sus procesos, los tiempos de espera y poder generar la plena satisfacción de los clientes. Para poder llegar a este objetivo se tiene que admitir el reconocimiento de los resultados del ensayo error para poder llegar a la perfección. Existe el *Kaizen* que es parte de la filosofía de los japoneses de poder alcanzar este ideal mediante niveles regulados gradualmente. Vale decir que no existe organización que haya alcanzado ese grado de perfección en sus procesos, ni siquiera los japoneses. No obstante, las organizaciones pueden alcanzar ese ideal de perfección. Puede resultar muy utópico hablar de perfección pero se debe entender que la perfección a la que se refiere es la visión que tienen las empresas de saber a dónde se dirigen. De esa manera, se puede escoger, de manera progresiva, las técnicas o

buenas prácticas que los llevarán a ese objetivo, y se puede decir que de cierta manera alcanzar la perfección.

En cuanto a la transparencia se entiende como el involucramiento y compromiso de todos por alcanzar esa perfección. Es entonces que el único medio para poder llevarla a cabo es mediante un proceso que sea transparente y que cada uno de los involucrados pueda tomar decisiones para alcanzar el mismo objetivo de aportar nuevas ideas de mejora. Este es el origen de la participación colectiva que permite la toma de decisiones aleatorias, mayor compromiso de los trabajadores y la transferencia de las responsabilidades de los involucrados que son fundamentales para la mejora de los procesos. De que existe una mejor forma para mejorar un determinado proceso, siempre la habrá es por ello que se busca que de todas esas maneras posible la más eficiente y quienes los manejan con mayores facilidades son los mismos que ejecutan y conocen: trabajadores de primera instancia. Con ello la Producción Ajustada, atendiendo las demandas de los clientes y a los trabajadores que generan valor a los productos o servicios interesados, se busca la perfección. Pese que la perfección sea inalcanzable, el trabajo por conseguir mejoras permitirá hacer que cada proceso tenga mejor desarrollo en la práctica y sirva como ejemplo para futuros cambios<sup>6</sup>.

*Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. California, Estados Unidos. Stanford University. Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>*

#### **2.1.5.7 Modelo de conversiones vs modelo de conversiones y flujos**

La raíz de la Producción Ajustada considera que hay dos criterios fundamentales en los sistemas productivos: conversiones y flujos. Si bien es cierto que todas las actividades tiene un costo determinado y un tiempo para su ejecución, algunas de éstas, las actividades de conversión, generan valor al recurso o se traducen en información que terminará transformándose en producto final o servicio concedido. De esta manera para mejorar las actividades que no van a generar o agregar valor alguno, ya sea del traslado de material, tiempos de espera, revisión o inspección, etc., con las cuales se van a unir a las actividades de conversión, se deberá

---

<sup>6</sup> Koskela Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction, CIFE Technical Report #72, Stanford University, 1992.

concentrar en disminuirlas o eliminarlas, y por su parte las actividades de conversión deberán orientarse en volverse cada vez más eficientes. Los criterios por costumbre en las organizaciones han considerado actualmente todas las actividades como actividades de conversión o erróneamente creen que todas agregan valor a los procesos. Es por ello que la filosofía de la Producción Ajustada se concentra en los flujos de los recursos y la de la información concerniente en cada uno de los procesos.

*Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. California, Estados Unidos. Stanford University. Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>*

### **Modelo de Conversión**

Hasta ahora la teoría sobre procesos, tiene sus fundamentos que se usan en la práctica a manera de un lenguaje simple que permite englobar los siguientes conceptos:

- Un proceso en el rubro de la producción consiste en la transformación o conversión de un “input” (que viene a ser la mano de obra, los recursos) en un “output” (que son los productos, los servicios).
- Todo proceso de conversión puede desprenderse o dividirse en sub-procesos, que a su vez cada uno de ellos representa a los procesos de conversión.
- Si nos referimos al costo total del proceso, éste puede ser disminuido, minimizando los costos de todos aquellos subprocesos que encierra.
- En cuanto al valor del output del proceso se relaciona a los costos y valor de los “inputs” del proceso a tratar.

Sin lugar a dudas este enfoque de modelo presenta sus críticas, de acuerdo con Koskela, se inclina hacia dos caminos. Primeramente este modelo no tiene en cuenta los flujos físicos y de información por centrarse específicamente en actividades de conversión. Para un cliente, sí es válido este esquema ya que solamente las actividades de conversión son las que generan valor al proceso o servicio. No obstante, traducido a la práctica, este enfoque no es el correcto ya que las actividades que no agregan valor (los desperdicios o esperas) no se consideran o se aceptan las actividades como que sí agregan valor al proceso en totalidad. *Howell, G., Ballard, G. (1998). “Implementing Lean Construction: Understanding and Action”, Proceedings IGLC, Guarujá, Brasil.*

Seguidamente en segundo lugar, visto desde la perspectiva del cliente, todos los elementos de salida (output) tiene por característica su gran variabilidad, esto quiere decir, que no necesariamente cumplen con las especificaciones concernientes al producto y/o servicio. Es por ello, que existe una enorme cantidad de productos mal terminados, en estado defectuoso o servicios mal realizados. Con respecto a las especificaciones, son imperfectas ya que no representan las necesidades del cliente en las características requeridas, lo que trae como consecuencia cambios regulares en el producto y/o servicio que necesita. *Howell, G., Ballard, G. (1998). "Implementing Lean Construction: Understanding and Action", Proceedings IGLC, Guarujá, Brasil.*

### **Modelo de conversiones y de flujos**

Este modelo considera que la producción es un flujo de materiales y/o información que parte de un origen (materia prima) hasta la realización de los productos y/o servicios. Durante el desarrollo de este flujo, los recursos son procesados (conversión), son observados, se mantienen en espera y logran trasladarse a su destino. Todas estas actividades son diferentes en esencia. El proceso netamente está conformado por actividades de conversión y la supervisión, tiempo de espera y traslado corresponden a los flujos del proceso.

El flujo de un proceso está amarrado por un tiempo, valor y costo. Respecto al valor se mide por la satisfacción en el cumplimiento de las necesidades del cliente. Se puede mencionar que, mayormente las actividades de conversión son las que generan o agregan valor al proceso. Para identificar una actividad de conversión basta en inspeccionar si ha habido alteración de la forma o sustancias de la materia prima, también si es que se ha dado un ensamble o desensamble, etc. Los flujos de un proceso están integrados por un tiempo, costo y valor. El valor se refiere a la satisfacción de las necesidades del cliente. En la mayoría de los casos, sólo las actividades de conversión agregan valor al proceso. *Howell, G., Ballard, G. (1998). "Implementing Lean Construction: Understanding and Action", Proceedings IGLC, Guarujá, Brasil.*

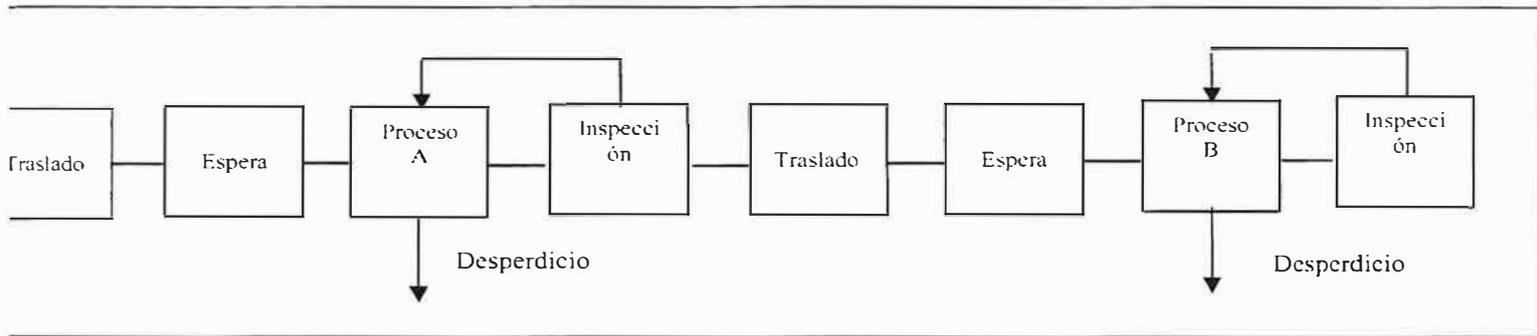


Figura 4. Modelo de producción como flujo de proceso (Koskela, 1992)

### 2.1.6 Diseño de procesos bajo el enfoque Lean Construction

Cuando ya se manejan los conceptos básicos y herramientas que conforman la Producción Ajustada, es relevante tener una estrategia para aplicarlo día a día en las empresas, organizaciones o grupos. Para lo cual es necesario tener en cuenta los procesos bajo la filosofía Lean Construction. De manera que para lograr su implementación de manera práctica en una empresa deben cumplirse los siguientes criterios de diseño, control y mejora respecto a los procesos<sup>7</sup>.

*Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. California, Estados Unidos. Stanford University. Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>*

#### 2.1.6.1 Reducir o eliminar las actividades que no generan valor

Anteriormente se ha mencionado que en todo proceso aparecen actividades que pueden agregar valor como otras actividades que no. La razón de la existencia de las actividades que no agregan valor se debe generalmente por: el diseño del proceso, desconocimiento o error y debido a causas propias del proceso ligado a la producción del mismo (un factor común es la falta de tecnología para darle seguimiento a los procesos). Se debe resaltar que este principio no puede ser considerado de manera corriente, y aquellas actividades que no generan valor no pueden eliminarse de manera aleatoria ya que existen algunas que son necesarias para empezar con un proceso o que son demandadas internamente por parte del cliente. Visto de esta forma debe realizarse un análisis muy cuidadoso del impacto que tendrá aquellas actividades que se reducirán o eliminarán sobre los

<sup>7</sup> Koskela, Lauri, Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE Technical Report #72, Stanford University, 1992.

determinados procesos (consideración para los clientes internos y externos). Ayuda mucho realizar diagramas de flujo de procesos para la identificación de estas actividades. Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. California, Estados Unidos. Stanford University. Recuperado de: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

#### **2.1.6.2 Incrementar el valor de salida del proceso mediante la consideración de los requerimientos del cliente**

Mediante los requerimientos del cliente se crea o se genera el valor de un producto o servicio. Y es por ello que, la satisfacción del cliente mide el grado en que se generará el valor del producto o servicio. Hay que tener en cuenta que dentro de un proceso existen diferentes tipos de clientes (externos e internos) así como también sus requerimientos que permitirán otorgar ese criterio de valor. En otras palabras, debe ser fundamental escuchar bien al cliente sobre sus necesidades.

#### **2.1.6.3 Reducir la variabilidad**

Por naturaleza siempre va existir variabilidad en los procesos. El impacto se verá en la forma que se conozca esa variabilidad, se pueda identificar a tiempo sus causas y se elimine, lo que permitirá tener mayor eficiencia en el proceso y en la reducción de desperdicios. Hay otras dos razones para disminuir la variabilidad en los procesos. Primeramente, una de ellas importante para el cliente, es que un producto uniforme, que tiene cero defectos y cumple con todas las especificaciones, es mucho mejor que recibir un producto diferente a ello y, en segundo lugar, tener variabilidad en los procesos significa incrementos de tiempo de ciclo de producción. Una solución práctica para poder reconocer, medir y eliminar la variabilidad de los procesos es estandarizar las actividades, mediante tareas y procedimientos además de una implementación de sistemas de ensayo error, a esto se le conoce como "Poka Yoke Systems"

#### **2.1.6.4 Reducir los ciclos de tiempo**

En todo proceso el tiempo es una unidad de medida inherente. La reducción de los ciclos de tiempo de un proceso acarrea consigo ventajas y desventajas. Entre sus principales ventajas tenemos: la reducción de costos, menor tiempo de entrega del producto y disminuye la necesidad de realizar un análisis de demanda

del producto, entre otras muchas más ventajas. La ecuación que rige el ciclo de tiempo de un proceso será dado por:

**Ciclo de tiempo** = tiempo de proceso + tiempo de inspección + tiempo de espera + tiempo de movimiento de recursos

Conforme se vaya reduciendo el ciclo de tiempo con ayuda de actividades de inspección, espera y movilización de recursos se podrá lograr las ventajas anteriormente mencionadas y, por ende, la eliminación de los desperdicios.

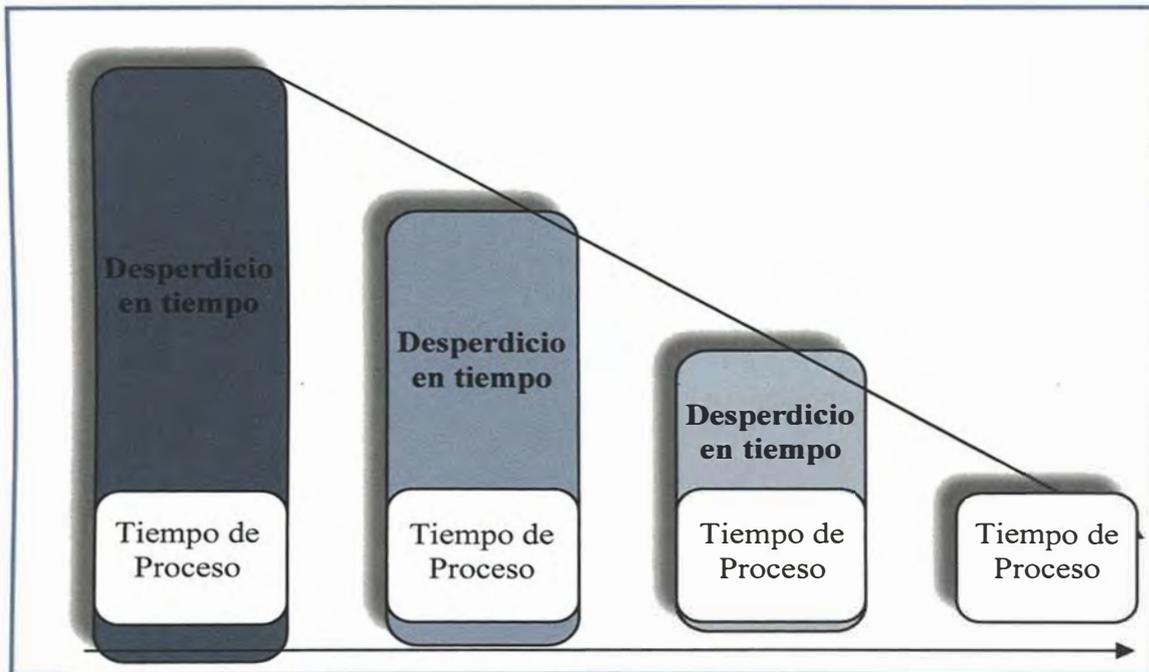


Figura 5. Reducción de ciclos de proceso

Fuente: Koskela, 1992

### 2.1.6.5 Simplificar reduciendo el número de pasos, partes y uniones entre actividades

Mientras más complejo sea un proceso traerá consigo un mayor número de actividades que no generen valor. La idea de este principio es mantener en lo posible la creación de procesos más simples con la reducción del número de pasos, sus partes y uniones entre cada actividad. Para poder lograrlo se hace a

través de la estandarización de los materiales, herramientas y partes así como también de su enlace entre cada actividad.

#### **2.1.6.6 Incrementar la flexibilidad de salida**

Tener una flexibilidad de salida permite conseguir la ventaja de poder satisfacer las variaciones de demanda del mercado. Eso quiere decir que mientras más flexible sea un proceso podrá satisfacer una mayor cantidad de beneficiados con el producto o servicio. Para poder alcanzar la flexibilidad de un producto o servicio se va a lograr mediante un elevado grado de intercambio de partes, disminución de la dificultad para iniciar cada actividad del proceso y mediante una plana laboral muy calificada.

#### **2.1.6.7 Incrementar la transparencia del proceso**

Se le conoce transparencia de un proceso como la capacidad de poder detectar y levantar los errores de dicho proceso. En la práctica, para poder lograrlo es imprescindible que todos los involucrados participen en el proceso. Esto se puede alcanzar, de muchas otras maneras, a través de sistemas de gestión visual, exposición de la información sobre indicadores de desempeño o ratios productivos del proceso, aplicación de las 6'S<sup>8</sup>(*seiri* u organización, *seiton* u orden, *soji* o limpieza, *seiketsu* o pulcritud y bien hacer, *shitsuke* o buena conducta y *shukan* o hecho a la medida), como también un sofisticado layout de producción.

#### **2.1.6.8 Enfocar el control a todo el proceso**

Tener un enfoque de control a todo el proceso se justifica por las restricciones organizacionales que están presentes en los sistemas de organización rígidos o por una organización funcional que por lo general tiende a dividir el trabajo por especialidades que llevarán ciertas actividades de acuerdo al rubro que les corresponde. Para poder conseguir el control de todo un proceso se necesita reconocer los indicadores generales del proceso y contar con un área de control para su supervisión.

---

<sup>8</sup> Las 6S son seis principios japoneses cuyos nombres comienzan con S y que van todos en la misma dirección. Handley William – Manual de Seguridad Industrial – McGraw Hill – 1977

### **2.1.6.9 Mejorar continuamente el proceso**

La capacidad de disminuir el desperdicio y poder elevar el valor en el proceso es considerada una actividad interna, gradual y reiterativa que debe realizarse continuamente. Existen algunos mecanismos que permiten estandarizar la mejora continua en los procesos las cuales son: tener compromiso por medir y controlar las mejores de desempeño., plantearse objetivos de mejora, trasladar responsabilidades a los empleados e involucrados, implementación de formatos de mejora y preservar la integración de mejora continua y control.

### **2.1.6.10 Lograr el balance entre la mejora de flujos y actividades de conversión**

Es importante considerar que las mejoras en los flujos y las mejoras en los procesos de conversión son cada uno dependientes del otro. En otras palabras, mejores flujos van a requerir menor capacidad de conversión y, esto permitirá una menor inversión en cuanto a tecnología, así como también flujos bien controlados hacen que la utilización de nuevas tecnologías en las actividades de conversión sea más simples. Esto último se traduce en menor variabilidad del proceso lo cual implica mejores flujos. El tema aquí es hallar un equilibrio entre la mejora de flujos del proceso y las actividades de conversión. Para facilitar dicho equilibrio se debe reducir en gran cantidad los desperdicios y tomar buenos criterios de ejecución.

### **2.1.6.11 Practicar el “benchmarking” (información referencial)**

En toda organización o empresa debe prevalecer el avance progresivo y continuo de las mejores prácticas para alcanzar el liderazgo en todo el mercado, muy a parte de los avances tecnológicos lo cuales son mostrados a través de grandes campañas de marketing. Para lograr este punto existe una herramienta muy simple y exacta conocida como el Benchmarking. La organización tendrá la opción de poder llegar a conocerse más de sí misma y a nivel de toda la industria o mercado en la manera que pueda buscar estas mejores prácticas, ya se trate de competidores o no competidores, de un proceso en primera instancia o secundaria, y mantendrá esta progreso de crecimiento en todos los empleados que buscarán alcanzar desarrollarse cada uno.

## 2.2 CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL Y CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS

### 2.2.1 Actividades, Valor y Flujo de procesos

La administrativa actual de la construcción se enfoca en el detallado o desagregado de un proyecto en actividades para poder definir su alcance. Aquellas actividades son controladas mediante indicadores de costo, tiempo y calidad. Para lograr que un proyecto sea más óptimo y viable se ejecuta con la idea de hacer más eficiente el desarrollo de cada una de sus actividades y el valor del proyecto se considera en la etapa de diseño tomando en cuenta siempre las necesidades del cliente final. En resumidas cuentas, la directiva de proyectos tradicional se basa en detallar las actividades (para el diseño y construcción), determinar una secuencia lógica para ser ejecutada y considerar la estimación del plazo y recursos necesarios para realizar cada actividad. Todas estas actividades son desglosadas hasta establecer paquetes de trabajo de tal manera que se designa a un especialista para su ejecución. El área de control de proyecto tiene como labor llevar el control de cada una de las actividades o paquetes de trabajo en función de las proyecciones en tiempo, costo y calidad. Si hay alguna diferencia entre lo proyectado y ejecutado, se hacen diligencias para restablecer y ajustar el costo, tiempo o calidad de la actividad que sufra una variación.

### 2.2.2 Construcción tradicional

Haciendo una crítica a la directiva de proyectos tradicionales, notamos que esta división de actividades no considera los principios de diseño de flujo de procesos y la mejora continua obteniendo flujos por debajo del óptimo y, como consecuencia, actividades que no generan valor al proceso debido a:

- Método secuencial en la formación y ejecución del proyecto.
- Falta de especificaciones de calidad en el proyecto (satisfacción de las necesidades del cliente).
- Control desglosado del proyecto.
- Métodos tradicionales de programación (Ruta Crítica o CPM-Critic Path Method).

Además de ello, se tiene que tomar en cuenta las vicisitudes durante la etapa de construcción las cuales traen mayor grado de complejidad y variabilidad. Las más notables son:

- Proyectos únicos.
- Producción en sitio.
- Organización temporal y múltiple.

Se considera que los proyectos de construcción son únicos debido a que siempre va a existir nuevas demandas y necesidades por parte del cliente, por a sus condiciones y el lugar que exigen diferentes soluciones de diseño. Estas diferencias no suceden a un mismo nivel durante la ejecución del proyecto, van a haber tareas o actividades repetitivas para el ingeniero de construcción en cada proyecto.

Respecto a la producción se consideran otros factores, los cuales son:

- *Variabilidad* con la mano de obra y un medio ambiente cambiante, consideraciones de seguridad, detalles del terreno, situaciones climáticas, etc.
- *Complejidad* respecto a la compatibilidad del flujo de materiales, información y mano de obra en el sitio.
- *Transparencia* de la dificultad en la planificación logística para la operabilidad en obra frente a un cambio de lugar constante.
- *Transferencia de conocimiento* sobre la dificultad de instruir de los procedimientos y prácticas de un proyecto a otro.

Con estas consideraciones podemos sintetizar la práctica general de iniciar un proyecto con altas condiciones de incertidumbre y la falta de administración de la producción en la construcción. Es por ello que los proyectos de construcción se caracterizan por:

- Soluciones por abajo del óptimo en cuanto a diseño e ingeniería.
- Falta de constructabilidad.
- Dificultades en la operación de la facilidad construida.
- Alto número de órdenes de cambio.
- Falta de innovación y mejora continua.
- Excesiva variabilidad y complejidad en el proyecto.
- No-detección de variaciones en el proyecto.
- Consideración insuficiente de los requerimientos del cliente.
- Acumulación de trabajo en proceso (trabajo ejecutado en "stock" o inventario) entre actividades y operaciones.

- Interrupciones generadas por la falta de información y/o materiales.
- Falta de transparencia en los procesos.
- Carencia de mejora continua en los procesos.

### 2.2.3 Construcción sin pérdidas

Teniendo como enfoque la **Construcción sin Pérdidas**, los procesos de todo proyecto de construcción tienen como característica no solo estar regidos por un paquete de actividades sino por el flujo de información y materiales que une a esas actividades para poder generarle valor al producto final. Hay que tener en cuenta también la distinción de las actividades que generan y no generan valor al proceso. Ese valor está conformado de dos componentes: desempeño del producto (satisfacción del cliente) y cero defectos (cumplimiento de las especificaciones). Por otra parte, es analizado desde el lado del cliente inmediato dentro del proceso y por el cliente final del mismo. En cuanto al costo y el plazo del proyecto, están ligados al correcto desenvolvimiento de las actividades que generan valor al proceso y del detalle de las actividades que no generan valor al proceso. El costo, así como la duración del proyecto, dependen de la eficiencia de las actividades que agregan valor al proceso y la cantidad de actividades que no agregan valor al mismo.

El costo del diseño está conformado por los costos de las actividades que agregan valor (conversiones) y actividades que no agregan valor (pérdida y/o desperdicio). Tener desperdicio en el proceso significa considerar re-trabajos ocurridos por malos diseños que se han observado durante diseño y por actividades que no generan valor al proceso traducidos en flujos del cliente. El valor de cliente está reconocido por la eficiente manera de haber convertido sus requerimientos en soluciones de diseño, el grado de optimización alcanzado y el manejo sobre los impactos de errores de diseño detectados durante el proceso constructivo.

Se puede afirmar que el proceso de diseño debe aferrarse a minimizar la pérdida de valor en el proyecto y durante el proceso de construcción la disminución de desperdicios. Es importante considerar dos enfoques de tiempo durante el proyecto: el tiempo de duración del proyecto en el cual se desea obtener grande niveles de optimización de costo y valor mediante las buenas prácticas impuestas para lograr una ejecución correcta de sus procesos y, seguidamente, un enfoque

de tiempo a largo plazo en la que refleje la organización de realizar la mejora continua de sus procesos para romper los estándares de la calidad en la construcción.

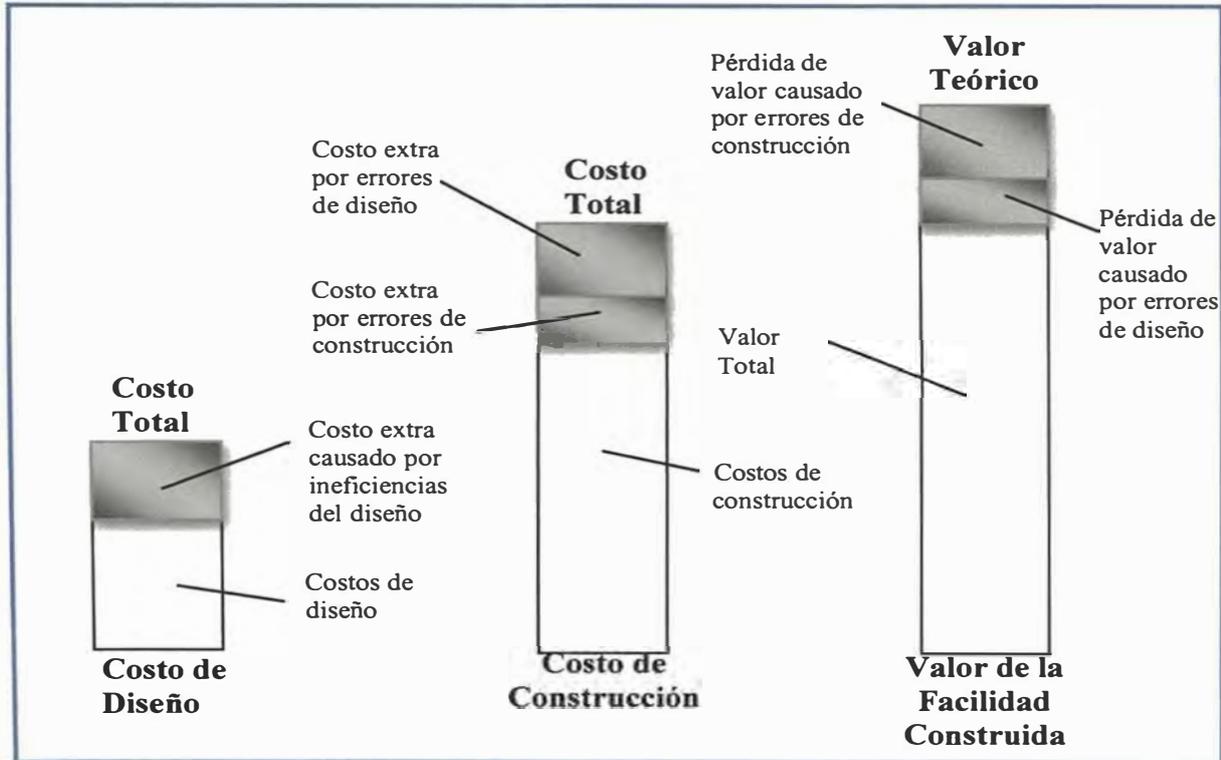


Figura 6. Procesos de diseño y construcción en términos de costo y valor para el cliente

Fuente: Koskela, 1992

Una construcción sin pérdidas proyecta un esquema de planificación para una mejor condición en la construcción mediante el siguiente enfoque: en todo el proyecto y en cada uno de sus niveles se realiza un buen planeamiento que va a visualizar las actividades a ejecutarse, la secuencia, y los recursos necesarios, incluidos métodos, para poder realizarlas. El objetivo de esta planificación permite llevar a una producción física del proyecto de construcción. Esta planificación es llevada por un planeador final (Last planner) y en su planeación no tiene como salida otro proceso, es decir, todo el trabajo que se va a realizar tal cual. Los elementos que intervienen en el proceso de planificación son<sup>9</sup>:

<sup>9</sup> Ballard, Glenn. The Last Planner, Northern California Construction Institute, Monterey, California, 1994.

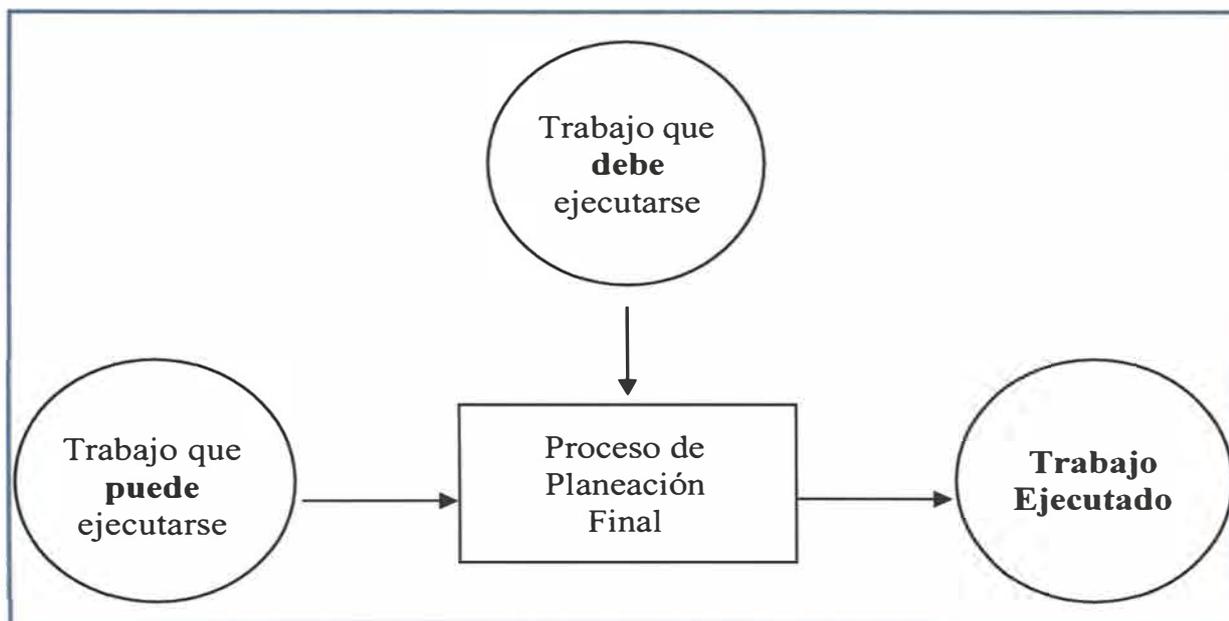


Figura 7. Proceso de planeación final (Ballard, 1994)

1. Trabajo que debe ejecutarse (requerimientos de costo, tiempo y calidad del proyecto).
2. Trabajo que puede ejecutarse (en función de los recursos e información disponibles).
3. Trabajo a ejecutar (en función del compromiso de ejecutar el trabajo que debe ejecutarse sólo si éste puede ejecutarse).

En teoría se define a un proceso como una sucesión de pasos, actividades que convierten las entradas “input” en un producto y/o servicio “output”. Para ello se tiene en cuenta tres elementos simples en cada proceso:

1. Elementos de entrada o “input” del proceso.
2. Aquellas actividades que se integran en el proceso pueden traer actividades de otros sub-procesos.
3. Elementos de salida o “output” del proceso.

No obstante, existe otro paquete de elementos en todo proceso que se debe tomar en cuenta. Estos elementos son importantes en todo proceso o conjunto de procesos, los cuales son:

- Clientes internos y externos del proceso.

- Requerimientos de los clientes del proceso.
- Participantes en el proceso.
- Responsables del proceso.
- Otras personas involucradas en el proceso denominado como accionistas del mismo stakeholders.
- Límites del proceso
- Proveedores.

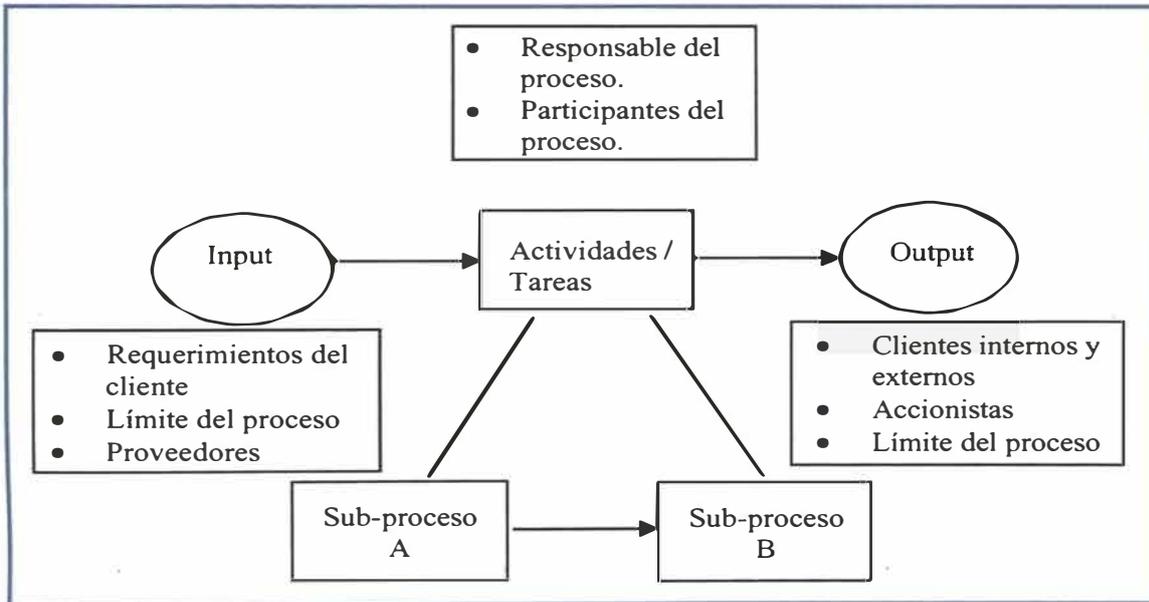


Figura 8. Modelo tradicional de procesos

Fuente: Ballard, 1994

#### 2.2.4 Comparación entre la construcción tradicional y la construcción sin pérdidas

Respecto a la organización estructural existen diferencias en cuanto a la perspectiva de la construcción tradicional y la construcción sin pérdidas a nivel de interpretación del proyecto, organización y toma de decisiones, esquema contractual y especificaciones de costo y tiempo a favor de la mejora continua de los proyectos de construcción. Como resumen, se presenta las principales diferencias entre ambos enfoques:

Tabla 6. Construcción tradicional vs. Construcción sin Pérdidas

Construcción Tradicional	Construcción Lean Construction
Considera a todas las actividades de un proyecto como actividades que aportan valor al mismo.	Distingue entre actividades que generan valor (conversiones), actividades que no generan valor al proceso (pérdidas) y flujos de proceso (recursos e información)
Organización jerárquica y centralización de la toma de decisiones.	Organización con base a flujos y descentralización de la toma de decisiones (participación de los empleados).
Enfoque de proyecto como una combinación de actividades secuenciales.	Enfoque de proyecto con base a proceso o sistema de producción e identificación de la cadena de valor.
Estructura contractual transaccional basadas en el mejor precio / mejor postor.	Estructura contractual relacional (relaciones a largo plazo) y de cooperación mutua.
Aceleración del tiempo de ejecución de actividades.	Programación concurrente de actividades para la reducción de ciclos de tiempo del proyecto.
Reducción de costos con base a mejoras de productividad.	Reducción de costos con base a la reducción de pérdidas (actividades que no generan valor al proceso).

Fuente: Elaboración propia

### 2.3 LAST PLANNER SYSTEM

Este sistema fue elaborado por Heerman Glenn Ballard y Gregory A. Howell en base a los principios de la filosofía Lean Construction. Este sistema es una herramienta que permite controlar las interdependencias que se presentan entre los procesos y disminuye la variabilidad que existe entre estos, de esta manera se asegura que pueda velarse el cumplimiento de casi todas las actividades propuestas en la planificación. Este control se sustenta ya que con la ausencia de la variabilidad se traduce todo ello en una producción confiable<sup>10</sup>. Para poder controlar la variabilidad se debe tener funcionamientos fiables y empleándose procedimientos simples con estándares para poder predecir fácilmente su

<sup>10</sup> Tommelein, I. D. (1998), Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. J. Const. Engr. Mgmt., ASCE, Vol 124, N° 4, pp. 279-288.

desempeño. Ballard, G. (2000). *"The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham. U.K.*

En la tesis de doctorado, Glenn Ballard menciona el término Last Planner de la siguiente manera<sup>11</sup>: "En última instancia, alguien (individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones". Estas asignaciones son únicas ya que controlan el trabajo de manera directa en vez de la elaboración de más planes que no tendrán la relevancia necesaria. Aquella persona o grupo que producen las asignaciones son llamadas el "Last Planner". De tal manera que la traducción al español es de "Último Planificador" debido a que esta persona o grupo son las que se encargan en última instancia en definir claramente las asignaciones para el día a día de la obra. Ballard, G. (2000). *"The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham. U.K.*

Debemos considerar que la planificación no se trata un común desglose de actividades que están interconectadas por sus precedentes unas a otras para obtener el presupuesto, poder cuantificar su costo y elaborar una programación inicio y fin del proyecto. La planificación lo que busca es poder establecer qué se debe hacer, qué es lo que se puede hacer, qué es lo que se hará, qué acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación y luego considerar a los involucrados y responsables de la planificación. El sistema Last Planner tiene como objetivo aumentar la fiabilidad de la planificación mejorando su desempeño en el cumplimiento de todas sus actividades. Para aumentar la fiabilidad se cuenta con la planificación intermedia (Look Ahead Planning) y el plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan).

Un enfoque muy importante de Ballard respecto al Last Planner System mencionado es<sup>12</sup>: "El Last Planner System de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la

---

<sup>11</sup> BALLARD, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. Ph D Dissertation, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, U.K.

<sup>12</sup> BALLARD, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. Ph D Dissertation, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, U.K.

implementación de esos procedimientos. En relación a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo”. En la construcción se le conoce a unidades de producción a una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se dedican a un determinado tipo de trabajo (Production unit-PU). *Ballard, G. (2000). “The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham. U.K.*

Ambos componentes están relacionados con la fase de control de producción, de tal manera que el control de flujo de trabajo se ejecuta mediante la planificación intermedia (Look Ahead Planning), y el control de las unidades de producción se realiza con el plan de trabajo semanal (Weekly work plan) con ello se puede incrementar la fiabilidad del desempeño de las actividades. De esta manera Ballard da a conocer un esquema donde se puede interpretar la aplicación de estos conceptos mediante un esquema durante la planificación de asignaciones (Ver Figura 7).

Además, los elementos que forman parte de la estructura del Last Planner System son los siguientes pero serán explicados a detalles a lo largo del desarrollo de la tesis:

- Cronograma maestro (Master Schedule)
- Planificación por fases (Phase Schedule)
- Planificación intermedia (Look Ahead Planning)
  - o Análisis de restricciones
- Reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog)
- Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)
  - o Porcentaje de plan cumplido (Percent Plan Complete – PPC)
  - o Causas de no cumplimiento (Reasons for Non-conformances)

### **2.3.1 Control de las unidades de producción**

Uno de los principios más importantes para que se de el funcionamiento de un sistema de planificación bajo un enfoque de unidades de producción es la calidad de su producción, lo que quiere decir que existe calidad de los planes elaborado por el Last Planner. EL trabajo se refleja en los pnaes de trabajo semanales

(Weekly Works Plan). Hay que tener en cuenta cuáles son los criterios de calidad para la asignación de una tarea en el plan de trabajo semanal:

- La acción debe estar bien definida. Lo que significa que debemos comprender de qué trabajo se trata.
- Considerar si el trabajo puede realizarse.
- Escoger una secuencia correcta para el desarrollo del trabajo.
- Establecemos cuánto de trabajo se va a realizar.
- Aprender del trabajo realizado.

Si queremos conocer la calidad de lo planificado, debemos utilizar un indicador conocido como “porcentaje de plan cumplido” (PPC – Percent Plan Complete). Otros lo conocen como “porcentaje de actividades diarias, llamado también PAC”. Este indicador te permite mantener un control y seguimiento de todas las unidades producción a nivel semanal lo cual hace que se haya estandarizado en muchas empresas debido a su buen uso. Tener un PPC elevado indica que se ha realizado más trabajo con los recursos proporcionados, en otras palabras, se hace incidencia a un mayor nivel de productividad y avance<sup>13</sup>.

En conclusión, el PPC mide el grado en el que la asertividad y responsabilidad del planificador fue puesto en práctica. Si existiera el caso en que haya algunas actividades que no fueron ejecutadas, sirve de una retroalimentación para poder realizar las acciones correctivas y fomentar la mejora continua del proceso. En estos casos es necesario realizar un análisis de causa de no cumplimiento (Reasons for Non-Conformances). Con el apoyo de esta herramienta se puede mejorar el PPC en las siguientes semanas y, por ende, aumentar los niveles de índices de productividad de cada proceso comprendido en el proyecto.

### 2.3.2 Seguimiento y control del flujo de trabajo

El control del flujo de trabajo es también una de las partes que componen los sistemas de planificación, y lo que busca es que exista un flujo que encamine a todas las unidades de producción a un ritmo deseado. El alcance de tener un control del flujo de trabajo te permite coordinar con la ejecución del trabajo y por

---

<sup>13</sup> Ballrad, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. Ph D Dissertation. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, U.K.

ello mejorar los flujos de diseño, pedidos, transporte e instalación, mediante las unidades de producción.

### **2.3.2.1 Planificación Intermedia (Look Ahead Planning)**

Se ha mencionado con anterioridad que el control y seguimiento del flujo de trabajo se realiza con una planificación intermedia o conocido también como Look Ahead Planning.

El Look Ahead tiene un propósito que te permite, durante su proceso, darte una visión en un rango de 4 a 6 semanas (que esto lo establece el área de control del proyecto o la manera de trabajo de la empresa) de todo el paquete de actividades contempladas y planificadas para ejecutarse a lo largo de esas semanas, a ésta proyección se le hace llamar Look Ahead Window. En ese espacio se muestra el desglose de todas las actividades que están comprendidas en el cronograma maestro (Master Schedule) lo cual te permite realizar el análisis de las restricciones y de esta manera tener una lista de trabajos pendientes a ejecutarse (Workable Backlog). Posteriormente, luego de ejecutadas todas estas actividades contempladas se realiza un análisis de causas de no cumplimiento.

Durante el desarrollo del LookAhead se realiza el análisis de las restricciones (Constraints Analysis) en los que se puede contemplar los procesos de alistar tareas mediante la revisión (Screening) y el arrastre (Pulling). En la siguiente Figura 9 se muestra las tareas para la realización de la planificación Look Ahead:

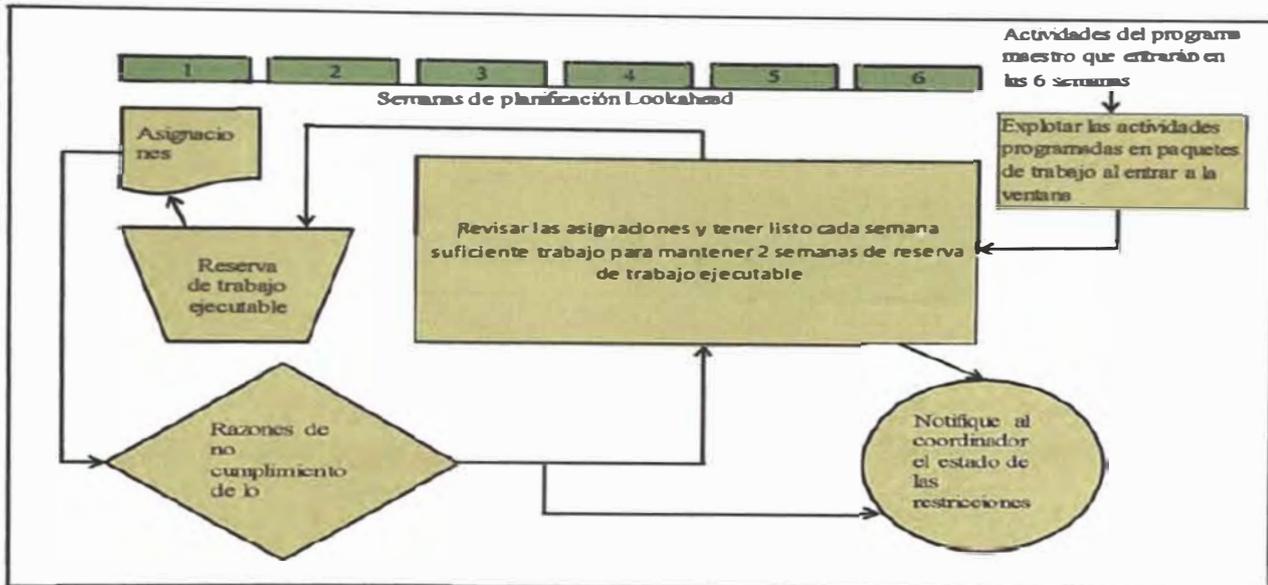


Figura 9. Proceso Look Ahead, alistar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling)

Fuente: Ballard, 2000 Last Planner System

### 2.3.2.2 Sistema de arrastre (PULL SYSTEM)

El sistema de arrastre o Pull System es un método complementario que consiste en insertar materiales o información durante el proceso de producción. Mencionado lo anterior, se conoce también un sistema de empuje o Push System, el cual consiste en empujar las entradas al proceso que contempla entregas o fechas límites.

La construcción tradicional siempre se ha tratado de un sistema push, debido a que buscaba con sus cronogramas era lograr la intersección a futuro de tareas interdependientes, como se muestra en el siguiente esquema.

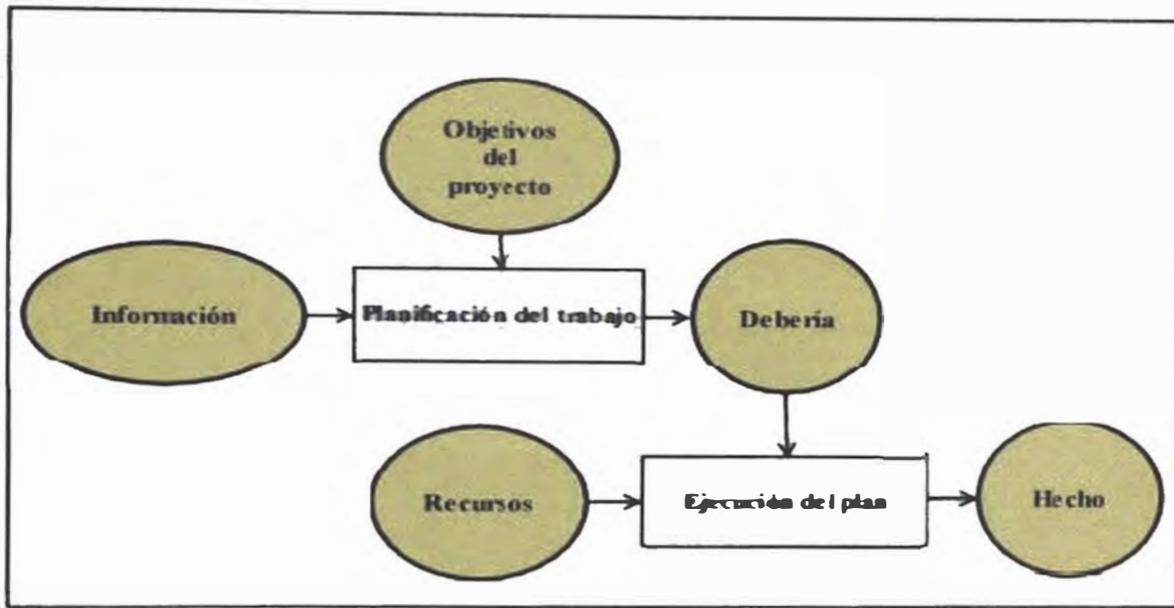


Figura 10. Sistema tradicional de planificación Push

Fuente: Ballard, 2000

### 2.3.3 Estructura del Sistema Last Planner

#### 2.3.3.1 Master Schedule – Cronograma Maestro

Los proyectos de construcción tienen contemplado una planificación general, en la cual depositan todos los objetivos que se consideraron en el piloto inicial con el que generalmente muchas empresas postulan en los concursos para ganar dichos proyectos. Este inicio de planificación se denomina cronograma maestro (Master Schedule). El cronograma busca plantear las metas principales de todo el proyecto estipuladas con fechas bien definidas, aquellas fechas de cumplimiento por meta se le conoce como Hitos. De esta manera, el cronograma maestro nos sirve para identificar los hitos de todo el proyecto. El verdadero labor del Last planner se ve cuando controla las tareas que representan la eficiencia y el desempeño real comprometidos por la empresa.

Para la elaboración del cronograma maestro se utiliza por lo general los programas o software como el Ms Project, Primavera P6, entre otros. Luego de su elaboración nos permite identificar los principales hitos a desarrollarse y realizar el presupuesto de la obra.

### 2.3.2.3 Phase Scheduling – Planificación por fases

De acuerdo con la tesis publicada por Ballard en el 2000, la planificación por fases tiene como finalidad elaborar un plan de fases para cada trabajo<sup>14</sup>:

- Incrementa la generación de valor a las actividades que desglosa cada fase.
- Permite que todos los involucrados entiendan y se comprometan.
- Especifica la transferencia de trabajo a los grupos o cuadrillas.
- Marca que todas las actividades programadas se elaboran mediante el proceso de planificación del Look Ahead.

Las personas que se integren para la elaboración de la planificación por fases deben ser aquellas que tienen trabajo por hacer en la fase de análisis. Ballard da como un ejemplo que para programar una fase de construcción debería involucrar a la Contratista, la subcontrata y en su medida a las partes interesadas (stakeholders), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras.

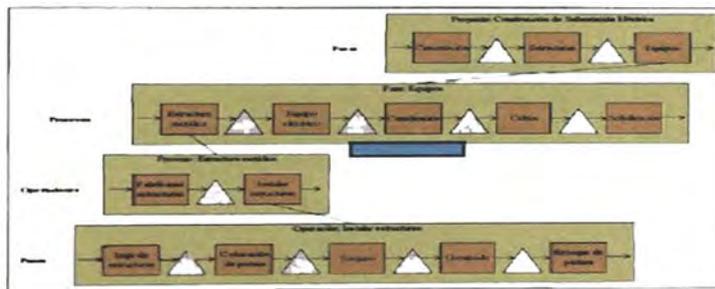


Figura 11. Esquema de planificación por fases – Phase Scheduling

Fuente: Ballard, 2000

<sup>14</sup> Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. Ph D Dissertation. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, U.K.

## CAPÍTULO III: ÁREA DE CONTROL DEL PROYECTO

### 3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA: RESUMEN EJECUTIVO

En colaboración con el grupo de profesionales destacados que laboran en Cosapi SA se puso en marcha la construcción del proyecto Hotel Aloft Costa Verde el cual se encuentra ubicado en el Malecón de la Reserva N° 729, Urbanización Armendariz en el distrito de Miraflores, provincia de Lima, departamento de Lima. De acuerdo con las especificaciones lugar, terreno dispone con título de propiedad un área de 930.01 m<sup>2</sup> indicado en la partida N° 46809718 de los Registros Públicos de Lima. Arquitectónicamente el edificio es una estructura aporticada de concreto armado. La edificación está destinada para el uso comercial hotelero de 5 estrellas con 17 niveles sobre la superficie y 04 sótanos. El primer y segundo piso son las áreas comunes del hotel. Cuenta con un total de 150 habitaciones: 92 habitaciones simples, 50 habitaciones dobles y 08 habitaciones suite, 46 estacionamientos para autos. En la azotea se ubica la piscina y gimnasio. El acceso vehicular se da a través del primer nivel hacia lo sótanos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal medir la eficacia de las herramientas usadas en el área de control de proyectos y la tecnología de modelamiento visual (implementando la metodología del Last Planner) en la planificación y la productividad para poder lograr un gran impacto en el mejoramiento de las partidas más incidentes bajo trazabilidad del tiempo y costo. Respecto al análisis de dichas partidas, se ante indicadores productivos en el registro evaluativo del avance y cartas de balance implementadas en el horario de trabajo. De esta manera, se aplica la filosofía Lean construction y herramientas de planeamiento como Look Ahead y Last Planner para identificar las actividades claves a realizarse, levantar restricciones y controlar el avance de cada proceso mediante hojas de cálculo, plantillas y layout del software Revit Autodesk. Cada entregable de producción es reportado sobre el avance diario ajustándose a la planificación semanal dado un seguimiento progresivo al porcentaje de las actividades cumplidas para poder constatar las desviaciones acumulativas porcentuales que se presentan en el desarrollo del proyecto.

Debemos resaltar la importancia que tienen el adecuado uso de las herramientas de producción para el control y seguimiento del avance, las cuales pueden ser

elaboradas de muchas maneras según las necesidades del trabajo y exigencias ya que cada proyecto maneja una serie de variables propias que pueden llegar a ser medibles, como se mencionaba, de diferentes enfoques. Sin embargo, este trabajo de investigación promueve el desarrollo de un mecanismo principal sostenible que se puede ajustar a cualquier demanda de proyectos constructivos. Entonces resulta muy beneficio implementarlas para obtener reducciones en los costos de las partidas analizadas en el resultado operativo global del proyecto.

En el Proyecto Hotel Aloft Costa Verde se implementó toda la metodología Lean Construction, herramientas de planeamiento y el uso del Last Planner con un enfoque en 4D de tal manera que se realizó el análisis de las partidas de encofrado de elementos horizontales y verticales, encofrado de cimientos, vaciado de concreto en elementos horizontales y verticales y, unas de las partidas con la que se logró obtener buenos resultados fue el asentado de bloquetas.

En cada organización, el sistema de control de cada paquete o tren de trabajo es variable. Por lo general, es inmediato e indispensable que se realice por la misma área de producción (conformada por ingenieros y arquitectos) que deben supervisar, controlar y requerir sus actividades, subcontratistas y/o materiales que necesiten. Por otro lado, en algunas organizaciones contemplan que no sólo el área de producción vea todos los temas de control sino que, además, debe existir un área que integre el control de la productividad con lo que se produce, el análisis de los costos que implican ejecutar las actividades y alternativas y el seguimiento al planeamiento que se tiene sobre el proyecto, tanto el acordado con el cliente y el interno de tal manera que asegura el cumplimiento de las fechas del cronograma.

Entonces, se dice que el área de control de proyecto se encarga de alinear los parámetros de cumplimiento, de control y de los gastos que se van invirtiendo conformen exista avance de parte del área de producción. Ver el Anexo A donde se detalla la memoria integral descriptiva del proyecto.

## 3.2 PLANEAMIENTO

### 3.2.1 Estructura Desintegrada de Trabajo (EDT)

La estructura desintegrada de trabajo (en inglés Work Breakdown Structure o WBS) es la descomposición dirigida a resumir los paquetes de trabajos en entregables con la finalidad de simplificar la organización en el proyecto y de ésta manera poder controlar, mediante técnicas, metodologías, mecanismos o procesos constructivos, la productividad, los costos y fechas, otorgando comodidad los sistemas de gestión y reportes.

La EDT o WBS está conformado de la siguiente manera:

#### 3.2.1.1 Cliente

Es el inversionista que contrata la realización del proyecto, en este caso es la compañía "Urbanova"

#### 3.2.1.2 Servicios entregables

Servicios que son o serán enviados al cliente por la contratista general.

#### 3.2.1.3 Productos facilitadores

Son cualquier objeto parte del servicio que no está como producto de entrega pero que son necesarios para conseguir éxito en el proyecto. Ejemplo: planos, reportes, especificaciones técnicas y dibujos.

#### 3.2.1.4 Servicios facilitadores

Actividades que cumplen determinadas funciones y procesos para producir o suministrar productos que son previamente acordados entre proveedores y la contratista. Ejemplo: el planeamiento, estudios de medición de rendimiento, soporte logístico y procura.

### **3.2.1.5 Producto**

Contempla cualquier actividad ejecutada o servicio entregado que es verificable, medible y tangible.

### **3.2.1.6 Abastecedor**

Puede ser un individuo u organización que inicia en acuerdo con el cliente para la entrega de productos.

### **3.2.1.7 Sistema de soporte**

La división de todo el material, la utilización de software, el desarrollo de la infraestructura, el staff, la data o red de almacenamiento, los procesos y servicios entre otros, son parte del sistema de soporte que permite que el proyecto pueda cumplir con sus objetivos.

### **3.2.1.8 Historial para elaboración de EDT**

Toda la recopilación o histórico de datos de proyectos pasados con lecciones aprendidas y corregidas forman parte del historial para elaborar la EDT de un proyecto.

Para tener el alcance de un proyecto y ampliar todos los trabajos que se realizarán, los planes que se deben elaborar, las estrategias que deben designarse, el requerimiento de materiales y los plazos de ciertas actividades importantes, es imprescindible que todas las actividades que se ejecutarán estén reunidas en paquetes de trabajos de manera que, adicionalmente, se pueda medir y controlar su avance y sean más manejables según los estándares del Instituto de Manejo de Proyectos (PMI).

Mediante un orden desintegrado de los procesos de un proyecto se controla los costos y, de esta manera, comparar, analizar y retroalimenta los análisis de precios de unitarios contractuales.

### 3.2.2 Plan del Proyecto

En la presente tesis, se va a definir el plan del proyecto “Hotel Aloft – Miraflores” en 09 partes:

#### 3.2.2.1 Parte 1: Definiendo el alcance del proyecto

A partir de la Estructura Desintegrada de Trabajo (EDT) del proyecto permite que a los involucrados del Staff puedan definir una labor determinada que cubra cada paquete de trabajo mediante entregables, gráficos o tablas descomponiendo cada elemento que contempla cada paquete de trabajo medible.

Entregables de la Parte 1:

- Modelo de EDT
- Nomenclatura o codificación de EDT
- Objetivos del alcance del proyecto
- Especificaciones técnicas del proyecto
- Listado de planos y referencias del proyecto.

#### 3.2.2.2 Parte 2: Designar a los responsables del trabajo

Luego de haber definido los paquetes de trabajo de la EDT se debe realizar una designación de profesionales a cargo del cumplimiento de cada una de las actividades que le corresponde. En la mayoría de proyectos, existe un grupo más experimentado que otro pero lo que se busca, generalmente en varias compañías, es la formación y crecimiento de nuevos profesionales los cuales aportarán para futuros trabajos y permitirá la renovación constante de capacidades y talentos que buscan las empresas.

Entregables de la Parte 2:

- Matriz de designación de responsabilidades.
- Lista de materiales para los profesionales.

### **3.2.2.3 Parte 3: Metodología de trabajo**

Una frecuencia de trabajo debe reflejar un avance que usualmente marca el cumplimiento y los rangos de tiempo de las demás actividades. Es por ello, que un proyecto es importante tener un control de los hitos o la línea base de lo planificado a través de un simple Gantt o cuadro de barras.

Si los proyectos son más complejos, se van a presentar mayores problemas y restricciones que tendrán que ser separados para mostrar qué actividades están retrasando los demás trabajos. Comúnmente, se suele implementar metodologías como la Ruta Crítica (MRC) para cumplir dichos propósitos.

Entregables de la Parte 3:

- Lista de actividades del proyecto
- Identificación de restricciones
- Definir la Ruta Crítica
- Tren Maestro del proyecto (por disciplinas)
- Identificación de los Hitos más complejos
- Recopilación e identificación de riesgos y contingencias del proyecto

### **3.2.2.4 Parte 4: Designación de recursos con el presupuesto**

Cuando el alcance del proyecto ya está definido, organizado, distribuido, asignado, planificado y programado, los recursos deben ser aplicados a cada paquete de trabajo, previamente considerando los recursos detallados por cada actividad.

La distribución de los recursos asignados, materiales y equipos cargados al costo directo deben ser contrastados con el presupuesto contractual de tal manera que se retroalimente un balance de gastos periódicamente que permite el análisis de la viabilidad que se tiene al llegar a un determinado hito.

Entregables de la Parte 4:

- Resumen operativo de los recursos.
- Resumen operativo de los materiales.

### **3.2.2.5 Parte 5: Determinación de rendimientos para estimar el valor ganado**

Con una cantidad medible de cada paquete de trabajo se determina el rendimiento que debe cumplirse a lo largo del plazo planeado y redefinirlo para obtener un rendimiento de avance como parte del valor ganado. Es de importancia que las cantidades obtenidas sean físicamente posibles ejecutarlas teniendo en cuenta el espacio físico y distribución.

Entregables de la Parte 5:

- Rendimiento de los paquetes de trabajo

### **3.2.2.6 Parte 6: Establecer la línea base del proyecto**

Al definir los rendimientos y el plazo de cada paquete de trabajo se deben integrar generando un lineamiento progresivo de avance el cuál debe estar correctamente marcado y controlado para lograr el cumplimiento de los hitos del proyecto.

La línea base de un proyecto define el cumplimiento o atraso del grueso de actividades que lo componen, surge como indicador de control para la supervisión de toda la producción.

Entregables de la Parte 6:

- Curva S del Proyecto

### **3.2.2.7 Parte 7: Mantener vigente los costos directos del proyecto**

A los involucrados de realizar las actividades productivas del proyecto se le tiene que hacer llegar la información actualizada de los costos directos de tal manera que formen parte del control de costos y puedan mejorar su producción con la implementación de nuevas estrategias para reducir los gastos.

Entregables de la Parte 7:

- Registro y envío de la información.

### **3.2.2.8 Parte 8: Dar seguimiento al rendimiento**

El cumplimiento del avance tanto en cronograma como costos deben ser registrados y supervisados respecto al impacto con la línea base o línea programada conforme se da continuidad con la producción.

### **3.2.2.9 Parte 9: Validación e implementación de los cambios a la línea base del proyecto**

La línea base de un proyecto puede ser modificada (que no es lo ideal) ya que surgen diferentes imprevistos o cambios que obligan a realizar una validación, implementarlos y, por ende, reprogramar las actividades del proyecto asegurando el cumplimiento de la línea base.

En todo proyecto es típico encontrar cambios pero hay que validar si estas modificaciones cumplen con un criterio que posibilite realizar una reprogramación, como por ejemplo cambios por la demora de entrega de materiales, disminución del personal obrero, interferencias u obstrucción durante el trabajo, problemas con el almacenamiento, entre otras; así como también, cambiar la línea base del proyecto debido a vicios ocultos, modificaciones por parte del cliente, cambios de proveedores o subcontratas, dificultades con materiales importados, afectaciones sociales nacionales e internacionales, y más consideraciones.

### **3.2.3 Plan de Ingeniería de detalle**

Puede implementarse una plataforma en línea que cuente con acceso a la recopilación de las revisiones de los detalles de ingeniería, las aprobaciones, los cambios y rediseños, especificaciones técnicas lo cual debe ser planificada previamente y/o a la par del desarrollo de la producción. Mientras mayor sea el detalle de ingeniería de un proyecto, aseguramos la continuidad y la correcta ejecución de un proyecto.

Una ingeniería de detalles consiste en resolver problemas, realizar consultas al proyectista o supervisión de parte del cliente para que concilien estos conflictos que se presentan dando una respuesta a detalle, los cuales son almacenados y

están al alcance de los profesionales que deben realizar las actividades en materia de debate.

### **3.2.4 Plan de Documentación**

Una documentación actualizada y al alcance, con acceso libre y rápido es la clave de un buen plan documentario. En esta área se debe designar un responsable proactivo que ponga en ejecución el plan y permita la distribución, registro y actualización de toda la información que se mueve en el proyecto manejando todos los procedimientos de gestión documentaria que alimenten el adecuado cumplimiento de sus funciones.

### **3.2.5 Plan de Gestión de recursos humanos**

El capital humano que está dirigido a la construcción cumple con toda la responsabilidad del proyecto en sí, pero como están en constante movimiento y presentan inestabilidad. Sin duda una adecuada planificación del personal de obra es elemental así como también brindarles los mejores recursos posibles.

Esta selección de recursos humanos está ligado con los tiempos disponibles que presentan en su frente a cargo para ser considerados en una futura planificación o la conformación del equipo. Para ello, es necesario contar con un ambiente saludable de trabajo, un espacio de trabajo limpio y seguro, contar con equipos y herramientas tecnológicas, involucramiento de los jefes del área de humanidad y la adecuada disposición de organización en ambientes laborales críticos y cambiantes.

Como toda oferta y demanda de capital humano es imprescindible considerar a las personas más capaces para formar parte dentro una organización, con el espíritu de trabajo en equipo, la correcta comunicación y brindarles las condiciones para adaptarse a cualquier obstáculo.

### 3.2.6 Plan de Seguridad

Según la 6ta Edición de la guía PMBOK, los pasos a seguir para la implementación de la gestión de riesgos son los siguientes:

- Planificación de Gestión de riesgos
- Identificación de riesgos
- Análisis de riesgos existentes
- Medidas de control
- Seguimiento y monitoreo

#### 3.2.6.1 Objetivo del Plan

El plan de riesgos tiene como objetivo contemplar la prevención de riesgos en el trabajo e integrarlos con los procedimientos de construcción en el proyecto Hotel Aloft – Miraflores cuyo fin es conservar la integridad física del personal y su salud, siguiendo las exigencias de calidad, costo y plazo que demanda nuestro cliente.

#### 3.2.6.2 Sistema de Prevención de Riesgos (PDR)

Este sistema tiene como finalidad poner en práctica el plan de riesgos y velar por el cumplimiento de lo siguiente:

- Leyes del gobierno vigentes
- Estándares, normativas, políticas, procedimientos de trabajo de la empresa
- Estándares y procedimientos propios de cada proyecto
- Rotativos informativos
- Material distribuido en campo

El sistema de prevención de riesgos que contempla la implementación del plan de riesgos y medio ambiente está dividido en 4 etapas:

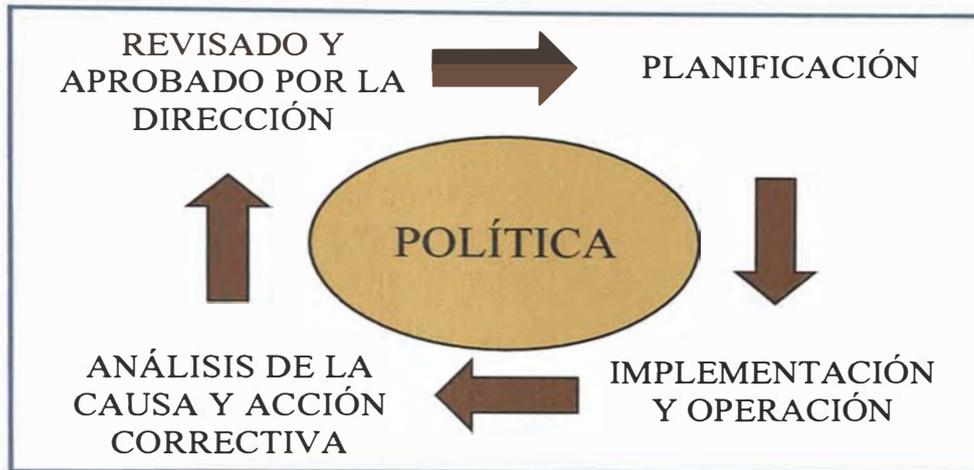


Figura 12. Sistema de prevención de riesgos (pdr)

### 3.2.6.3 Terminología y conceptos de seguridad

- **Política:** Son las consideraciones y directivas de la empresa con la intención de promover la prevención de riesgos tal cual han sido expresadas por los altos mandos de la dirección.
- **Estándar:** Documentación validada y aprobada por la Gerencia General de la compañía que servirá como guía para lineamientos internos del proyecto.
- **Accidente Con Tiempo Perdido:** Se trata de la ausencia del trabajador considerada por más de una jornada simple de trabajo.
- **Incidente:** Acontecimiento o conjunto de acontecimientos que guardan relación con el trabajo donde ocurre o se pudo haber ocurrido un daño físico o deterioro de la salud, o incluso fatalidad.
- **Deterioro de la salud:** Estado físico o mental reconocible y adversa que se manifiesta por la actividad laboral o relacionada al mismo.
- **ATS:** Análisis de Trabajo Seguro.

### 3.2.7 Estructura Desintegrada de Trabajo (EDT/WBS)

La descomposición es una técnica utilizada para dividir y subdividir el alcance del proyecto y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables. El paquete de trabajo es el trabajo definido en el nivel más bajo de la EDT/WBS para el cual se puede estimar y gestionar el costo y la duración. El nivel de descomposición es a menudo guiado por el grado de control necesario para dirigir

el proyecto de manera efectiva. El nivel de detalle para los paquetes de trabajo varía en función del tamaño y la complejidad del proyecto. La descomposición de la totalidad del trabajo del proyecto en paquetes de trabajo generalmente implica las siguientes actividades:

- Identificar y analizar los entregables y el trabajo relacionado;
- Estructurar y organizar la EDT/WBS;
- Descomponer los niveles superiores de la EDT/WBS en componentes detallados de nivel inferior;
- Desarrollar y asignar códigos de identificación a los componentes de la EDT/WBS; y
- Verificar que el grado de descomposición de los entregables sea el adecuado.

### **3.2.7.1 EDT/WBS: Salidas**

La línea base del alcance es la versión aprobada de un enunciado del alcance, estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS) y su diccionario de la EDT/WBS asociado, que sólo se puede modificar a través de procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación. Es un componente del plan para la dirección del proyecto. Los componentes de la línea base del alcance incluyen:

- Enunciado del alcance del proyecto. El enunciado del alcance del proyecto incluye la descripción del alcance, los entregables principales, los supuestos y las restricciones del proyecto.
- EDT/WBS. La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos.

Cada nivel descendente de la EDT/WBS representa una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. La EDT/WBS se finaliza una vez que se asigna cada uno de los paquetes de trabajo a una cuenta de control y se establece un identificador único de código de cuenta para ese paquete de trabajo. Estos identificadores proporcionan una estructura para la consolidación jerárquica de los costos, del cronograma y de la

información sobre los recursos. Una cuenta de control es un punto de control de gestión en que se integran el alcance, el presupuesto, el costo real y el cronograma y se comparan con el valor ganado para la medición del desempeño. Las cuentas de control se ubican en puntos de gestión seleccionados dentro de la EDT/WBS. Cada cuenta de control puede incluir uno o más paquetes de trabajo, pero cada paquete de trabajo debería estar asociado a una única cuenta de control. Una cuenta de control puede incluir uno o más paquetes de planificación. Un paquete de planificación es un componente de la estructura de desglose del trabajo bajo la cuenta de control con un contenido de trabajo conocido pero sin actividades detalladas en el cronograma.

- Diccionario de la EDT/WBS. El diccionario de la EDT/WBS es un documento que proporciona información detallada sobre los entregables, actividades y programación de cada uno de los componentes de la EDT/WBS. El diccionario de la EDT/WBS es un documento de apoyo a la EDT/WBS. La información del diccionario de la EDT/WBS puede incluir, entre otros:
  - El identificador del código de cuenta,
  - La descripción del trabajo,
  - Los supuestos y restricciones,
  - La organización responsable,
  - Los hitos del cronograma,
  - Las actividades asociadas del cronograma,
  - Los recursos necesarios,
  - Las estimaciones de costos,
  - Los requisitos de calidad,
  - Los criterios de aceptación,
  - Las referencias técnicas, y
  - La información sobre acuerdos.

### **3.2.7.2 Estructura Desintegrada de Trabajo de Estructuras**

El alcance de nuestra tesis es el casco de concreto de todo el proyecto que consta de 4 sótanos, 17 pisos y azotea.

El terreno del proyecto tiene un área de 930 m<sup>2</sup> y se ha dividido en sectores (se explicará en el punto 5.1.9 sectorización del proyecto) de acuerdo diferentes frentes y niveles de trabajo.

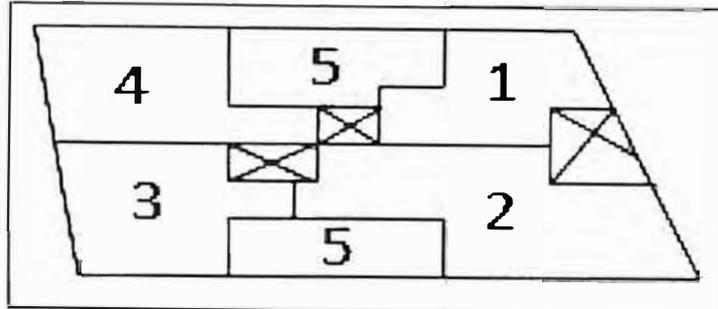


Figura 13. Detalle de planta típica en Sótanos

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.8 Lotización o sectorización del Proyecto

La división del proyecto se ha dado según las condiciones y demandas de trabajo. Como se mencionó en el punto anterior, el área del terreno es de 930 m<sup>2</sup> lo que incluye cimentación, cisternas y los niveles de sótanos. Es por ello, que se ha dividido el terreno tomando en cuenta los elementos de trabajo horizontales y verticales, zonas donde hay mayor confluencia de cargas y acero, consideraciones de trabajos que demorarían más en su ejecución y criterios de análisis por metrado.

En la etapa de estructuras, lo que se considera básicamente es la colocación de acero, el encofrado de los elementos y el vaciado de concreto. En esas líneas, cada una de ellas aporta un metrado (kg, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>) que deben ser distribuidos en lotes o sectores que permitan una continuidad de trabajo por cantidades. No obstante, el análisis que debe agregarse al análisis por cantidades, es verificar si para pasar de un lote o sector al otro implica un tiempo de espera, una restricción, una actividad previa por ejecutarse. Por ejemplo, en la Figura 13 del punto anterior, podemos ver que la planta típica del terreno ha sido dividida en 5 sectores, con respecto a ello de cómo se logró, básicamente se pensó que si reducíamos primero visualmente un área veíamos que para pasar a la siguiente se podría de inmediato o en paralelo se vayan ejecutando las actividades. Se observó que en la planta los sectores 1, 2, 3, 4 y 5 mostraban una cantidad razonable de

elementos por ejecutar y cuando esta información se llevó a un cuadro de distribución por metrados de acero, encofrado y concreto se observó justamente que las cantidades estaban correctamente distribuidas, ahora lo que se analizó posteriormente fue si físicamente podría ejecutarse. Al responder esa pregunta entonces se planteó la siguiente sectorización en sótanos:

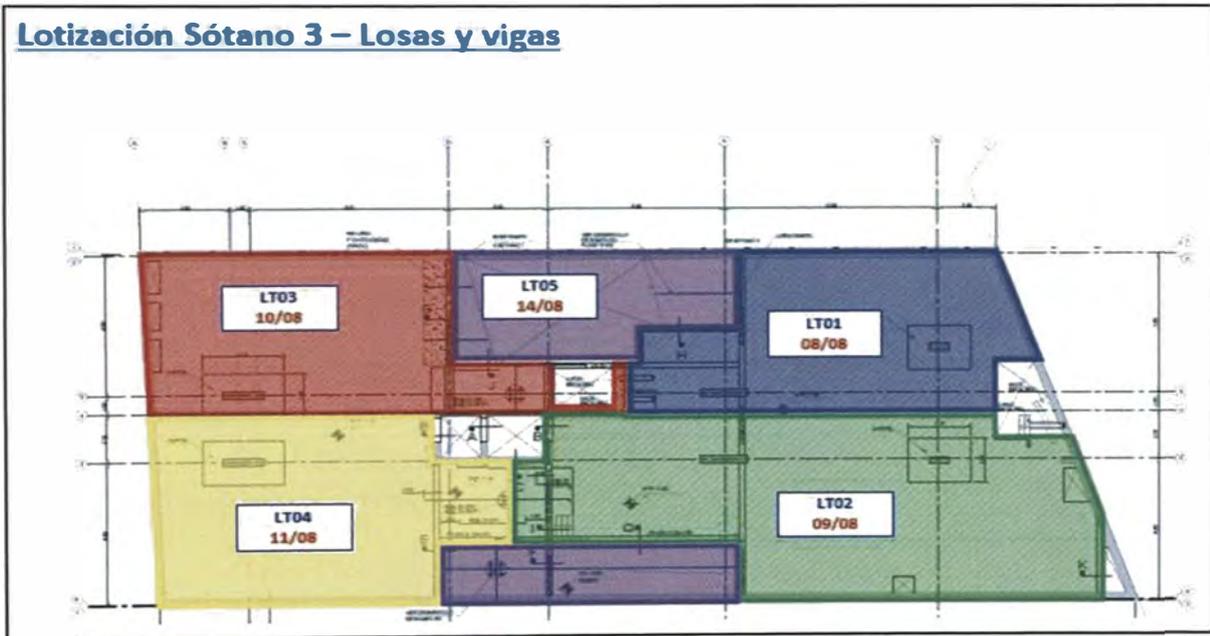


Figura 14. Lotización horizontales de sótano típico

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

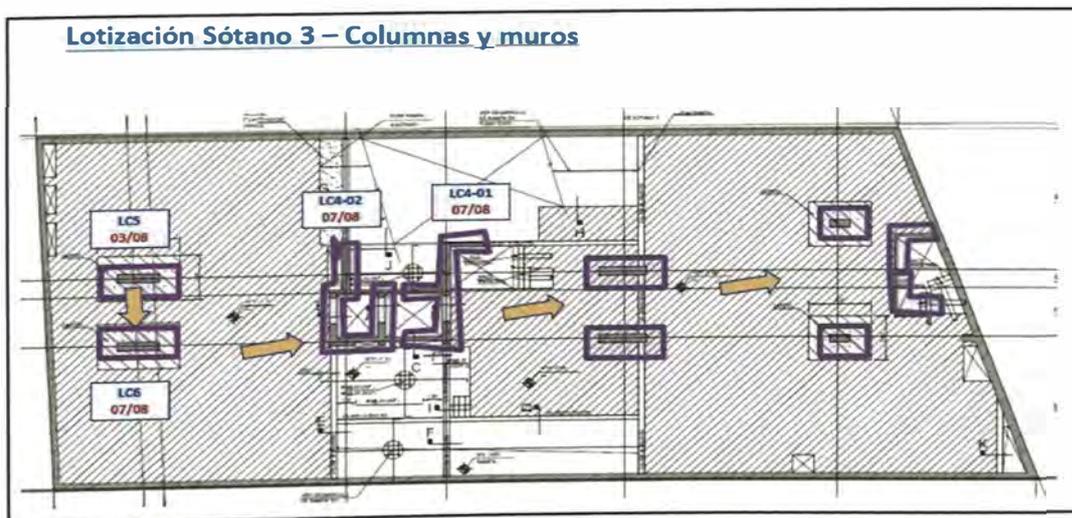


Figura 15. Lotización verticales de sótano típico

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En el caso de los sótano 1 y 2 que por lo general en los proyectos presentan cambios en la estructura típica, se propuso que para el sótano 2 que debido a que presentaba una rampa curva se desarrollara el sector 5 más ampliando reduciendo el sector 1; en cuanto al sótano 1 por la presencia de una doble altura la sectorización cambió, el sector 5 se redujo de un lado y fue compensado agrandando las áreas del sector 1 y 4 tal como se muestra en las siguientes imágenes:

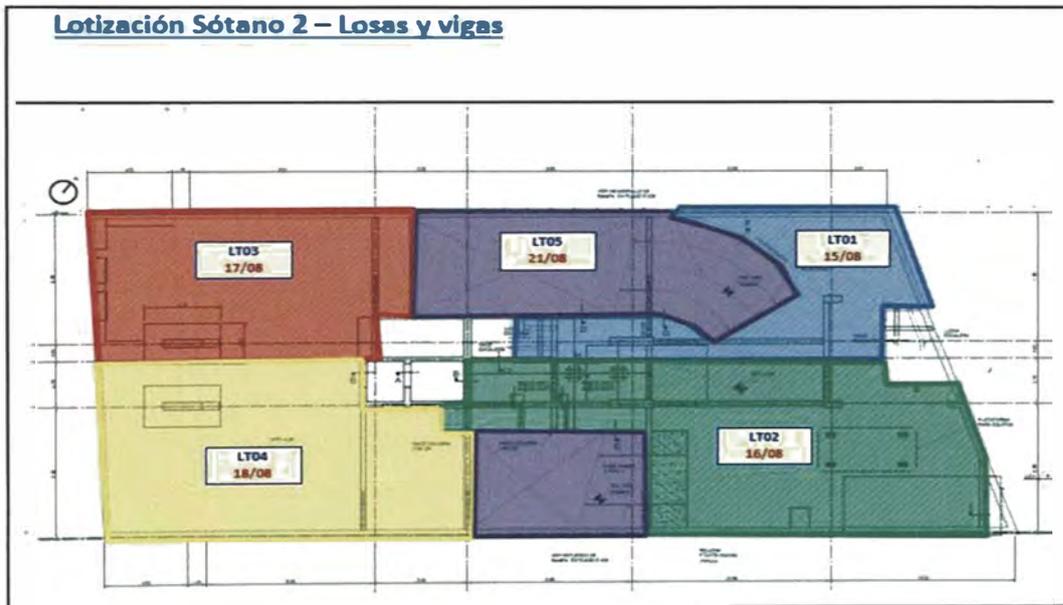


Figura 16. Lotización horizontal del sótano 2 por presencia de rampa curva

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

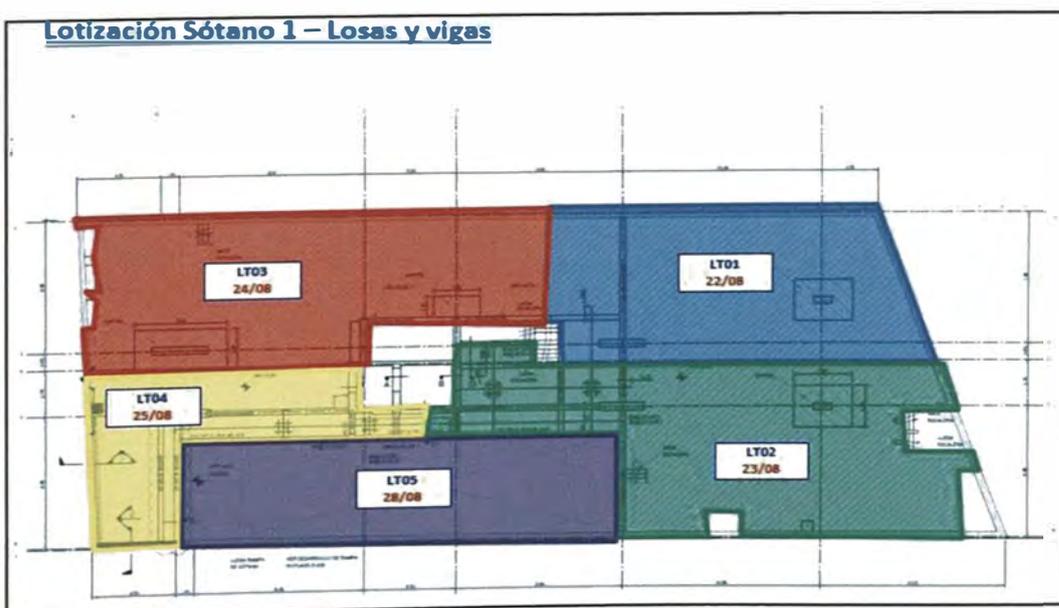


Figura 17. Lotización horizontal del sótano 1 debido a la doble altura del nivel

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En cuanto al detalle de la planta de la torre, se dividió en pisos 1 y 2 que son atípicos y la torre del piso 3 al 17. Los pisos 1 y 2 están divididos en 6 sectores debido al acceso físico del espacio que permitía tener un tren de trabajo más ordenado, más estable y que facilitaba el cumplimiento planeado; en cuanto, a los pisos típicos de la torre, el área se redujo por lo que fue necesario reducir los sectores a solo 4 tal como se muestra en las siguientes imágenes:

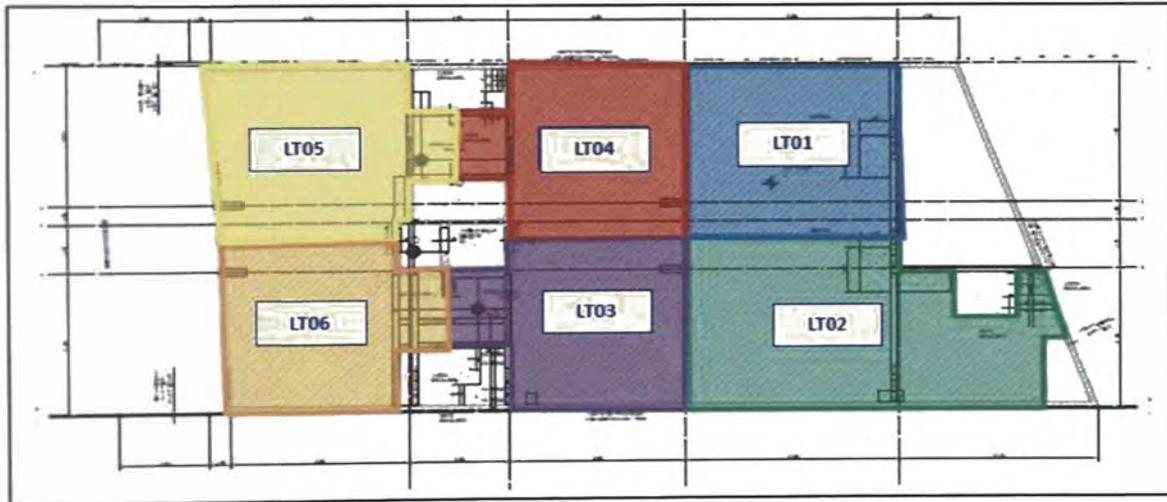


Figura 18. Lotización horizontal de los pisos 1 y 2

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

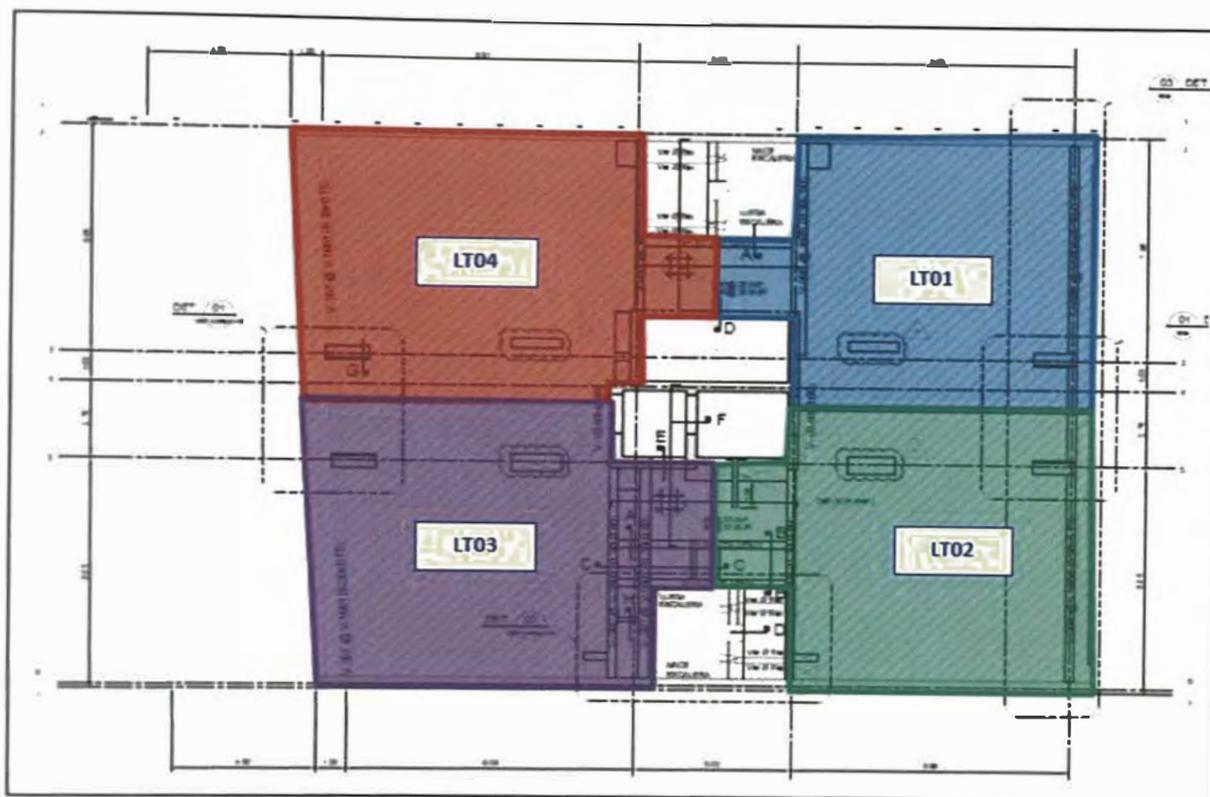


Figura 19. Lotización horizontal de los pisos 3 al 17

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 3.2.9 Cronograma del Proyecto

Los detalles del cronograma del proyecto – cliente (conocido como el cronograma línea base), el cronograma previsto, la ruta crítica y sus hitos contractuales son mostrados en el Anexo C adjuntos de la presente investigación.

### 3.2.10 Tren de Trabajo

Siguiendo con la metodología, luego de contar con un plazo de tiempo para la ejecución del proyecto, mediante el uso del cronograma se puede disgregar el paquete de trabajo en subpaquetes y a su vez en las actividades que contempla. Un tren de trabajo debe seguir una secuencia ordenada a lo largo del tiempo de las actividades que comprende al paquete de trabajo disgregado y reunir todos los demás paquetes para de esta manera lograr un tren de trabajo de todo el proyecto. De manera didáctica escogeremos un paquete de trabajo del presente proyecto, la construcción de muros anclados, dicha actividad se logra luego de haber

realizado la excavación masiva y localizada, donde se pretende hacer las siguientes actividades:

- Perforación, colocación e inyección de anclajes
- Excavación de talud, desquinche, pañeteo y excavación
- Acero de refuerzo, relleno y solado inferior
- Encofrado contraterreno y vaciado

Luego de detallar estas actividades, debemos considerar los tiempos de espera que habrá y el tensado del muro anclado. Estas actividades forman parte del paquete de trabajo y serán contempladas a lo largo de la construcción del muro anclado.

De tal manera que podemos hacer una visualización de estas actividades presentándolas de forma que se haga más cómodo manejar la información tal como se realizó en el proyecto de la presente tesis:

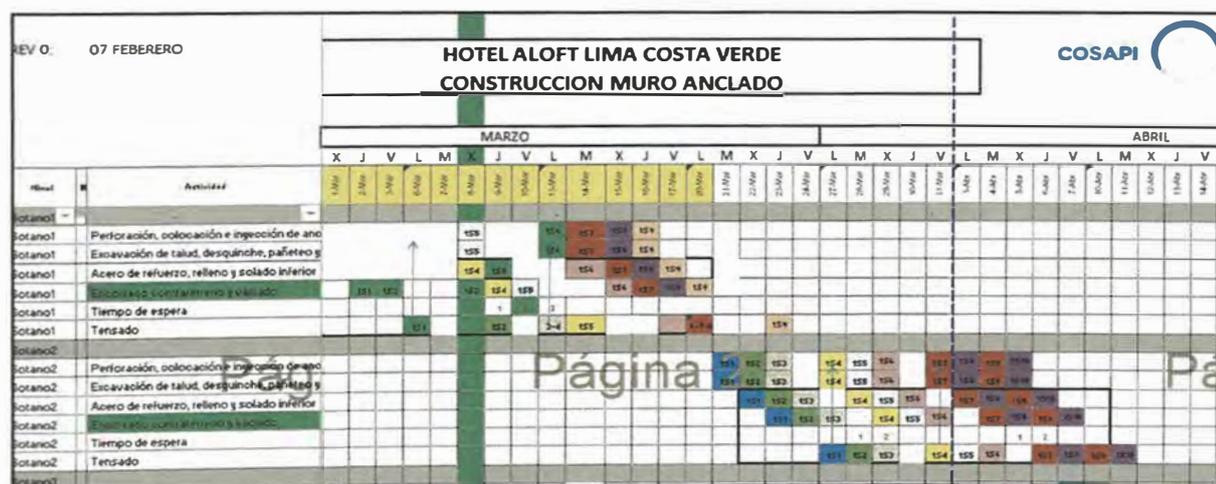


Figura 20. Tren de trabajo de la Construcción del Muro Anclado

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Si analizamos la imagen podemos notar que se ha definido una secuencia de actividades a lo largo del tiempo con el criterio constructivo debido para programar las fechas de ejecución y así mismo asegurar el cumplimiento de los mismos. Debemos considerar que el muro anclado ha sido sectorizado por paños los cuales tienen por nombre #S% donde el primero carácter indica el rango en la elevación que abarca un paño (en nuestro caso consideramos el carácter "1" para todos los sótanos y, en los anillos usamos una secuencia numerativa para cada anillo); el segundo carácter indica si es "sótano" o "anillo" (en algunos casos los paños caían

justo entre dos niveles de sótanos es por eso que se decidió cambiar la nomenclatura); y el tercer carácter te indica el que número de paño sectorizado respecto al mismo nivel en cuestión.

**3.2.10.1 Secuencia específica de trabajo (P-C-T)**

De manera específica se puede detallar la secuencia de trabajo por actividades claves que aseguren la continuidad del proceso. Mostrando la fecha programada a la cual se debe llegar para que se realice todo el proceso. Siguiendo el ejemplo de la construcción del muro anclado. Se dividió las actividades en solo tres: perforación e inyección, concreto en muro y tensado en muro (P-C-T), las cuales fueron detalladas de la siguiente manera:



Figura 21. Programación P-C-T del Muro Anclado

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

La siguiente programación se ha realizado en una elevación, considerando cada anillo y extendiendo los cuatro lados del proyecto para obtener una visualización panorámica. Se observa los tramos Malecón de la Reserva, Multifamiliar, KFC y estacionamiento donde se ha representado por niveles cada paño del anillo a analizar, y debajo están tres recuadros por colores donde se están programando las fechas de cumplimiento de cada actividad, de la perforación e inyección, concreto en muro y tensado en muro (P-C-T).

### 3.2.11 Plan de Trabajo detallado

Los planes de trabajo son representaciones esquemáticas basadas en la programación establecida en el tren de trabajo cuya finalidad es mostrar de manera didáctica una estrategia, ya sea con técnicas constructivas, actividades que pueden reagruparse, secuencias que podrían tener ciertas holguras adelantarse a su cumplimiento antes de tiempo, entre otros y todo ello debe estar acompañado de metrados y cálculos de productividad que permitan sustentar la estrategia. Siguiendo con el ejemplo del muro, los planes de trabajos realizados en el proyecto muestran la siguiente tendencia:



Figura 22. Plan de trabajo del Muro Anclado

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

El plan de trabajo del muro anclado detalla las actividades a contemplar nombradas con una inicial que permita identificarlas en el esquema de trabajo. Se realizó un plan de trabajo por frentes dándole continuidad al proceso y determinando que los anillos tengan un ritmo de trabajo paralelo.

### 3.2.12 Control de Avance: Curva S

Tener el cronograma de la obra, las fechas con las que deben cumplirse, el tren de trabajo donde se detalla cada una de las actividades que deben realizarse y el plan de trabajo o estrategia que tendrá que seguirse a partir de asumida la responsabilidad, si bien es cierto que todos estos datos y alcances son necesarios para el desarrollo de los procesos, debe tenerse un controlador o indicador que te de alerte si en el transcurso del tiempo y conforme se da el avance, todo lo planeado y programado se está cumpliendo y, además, saber a esa fecha si hay

un atraso a adelanto de la actividad. La Curva S es una gráfica que contempla un resumen gráfico de un proceso o paquete de trabajo determinado donde se analiza básicamente tres parámetros:

- **La línea base:** Esta curva muestra el plazo de todo el proceso o paquete de trabajo en el tiempo (diario, semanal, mensual, anual) y la unidad de medida tomada en cuenta en la planificación, ambas variables correspondientes a lo establecido contractualmente con el cliente.
- **La programación:** En esta curva lo que se busca mostrar, usando las mismas variables, la cantidad programada en el plazo de tiempo donde generalmente en esta programación se trata de reducir al máximo las holguras y lograr una programación más optimista. De tal manera que el proyecto internamente se mida con estas cantidades a ejecutar.
- **El avance real:** Esta curva de avance real muestra a partir de estas variables antes mencionadas (metrado y tiempo) la cantidad a la fecha realmente ejecutada lo que permite analizar el avance o retraso en una fecha estipulada.

### 3.2.12.1 Curva S: Muro anclado

El desarrollo de la curva S del muro anclado contempla los 3 parámetros anteriores

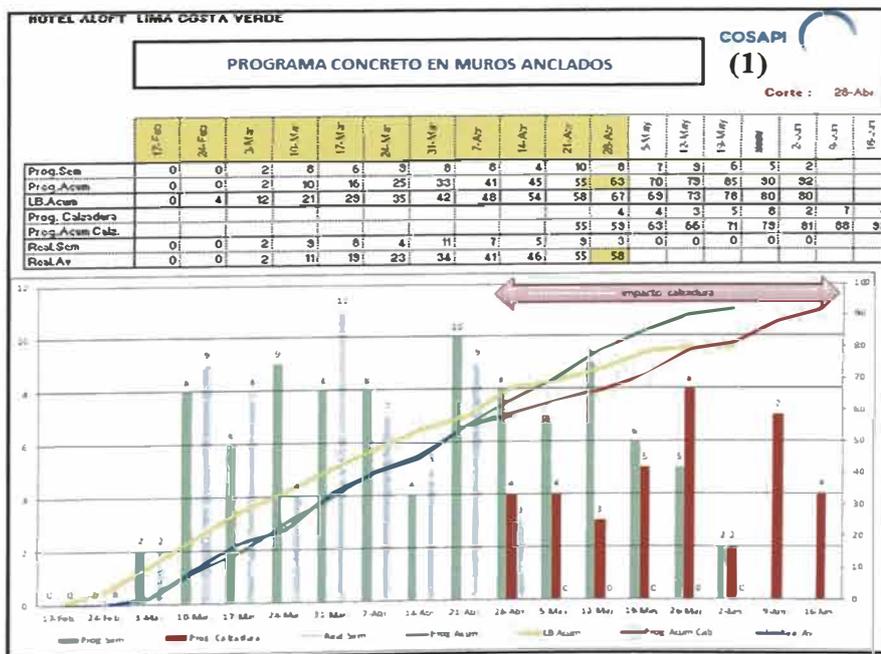


Figura 23. Curva S de avance del Muro Anclado - pestaña 'Curva S' del formato

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En la Figura 23 contempla una pestaña del formato que hemos creado para la recopilación, procesamiento y representación de la información que tenemos de un determinado proceso, en este caso el del muro anclado. La primera pestaña del formato es la Curva S, es la fotografía o imagen que utilizamos en las presentaciones o reuniones de trabajo para evaluar el avance y/o atraso del proceso, los indicadores de cumplimiento, el margen, el saldo y, quizá uno de los datos más importantes, la proyección de avance programada para la siguiente semana.

En esta primera pestaña podemos observar el nombre del proyecto y el título del proceso a analizar en la parte superior (1). Debajo del título vemos un cuadro que muestra dos variables: fechas (para este control escogimos fechas de corte semanal) y el metrado programado, línea base y el real (en este control usamos el número de paños de todos los anillos del muro anclado). Como se muestra a lo largo de las fechas se muestran la cantidad de paños programados que hay para esa semana a ejecutar habiendo comparado esa información programada con la entrada de información de los paños contemplados contractualmente en la ejecución de avance según calendario de obra (información que tienen en acuerdo tanto cliente como contratista general) y se muestra además una sección donde se muestra el avance real de paños ejecutados en esa semana. Entonces, podemos visualizar cada semana en la reunión de obra tres datos importantes: la cantidad de paños programados para esa semana que pasó, la cantidad de paños que se debió ejecutar según calendario de obra y la cantidad de paños ejecutados realmente en esa semana. De esta manera, podemos comparar y analizar la información de esa semana, del histórico de semanas pasadas y lo que nos corresponde por avanzar la siguiente semana para nivelarnos (en el caso que hubo atraso), mantenernos o mejorar (en el caso de mostrar un buen avance de ejecución). Esto último lo podemos conseguir con la cantidad de paños proyectados para las siguientes semanas, un cálculo aproximado de la diferencia entre la cantidad total de paños contemplados en el proyecto y la cantidad de paños acumulados ejecutados hasta el momento, y esa diferencia ponderarla o dividirla proporcionalmente en el resto de semanas programadas para culminar el proceso. Ese dato obtenido es nuestro saldo proyecto que nos permitirá saber tanto a todo el equipo de trabajo como también al personal de obra que se encuentra en campo. Es muy importante saber diferenciar y entender todos éstos parámetros para conseguir dominar el ritmo del proceso. Si conseguimos aprender

a controlar el proceso podemos hacer más óptimo la programación y el cumplimiento de esta etapa que precederá en el avance general de entrega del proyecto. En caso de mostrar un atraso que impacte mucho al proceso. existe una sección adicional que deberemos incluir como “reprogramación” para considerar un nuevo parámetro de medición.

En cuanto al gráfico, se muestra un conjunto de barras y líneas; las barras, por lo general deben mostrar los metrados por fecha de lo programado, la línea base y la ejecución real, y las líneas representan los valores acumulados de lo anteriormente mencionado. Es decir, se representa mediante barras y líneas acumulativas los datos del cuadro que aparece en la pestaña Curva S del formato para el control de avance. Hasta el momento se está mostrando los valores que permiten dar alertas al avance y control de la partida o proceso en cuestión a analizar. No obstante, la recopilación de toda la data y la información para la creación de esta curva surge a partir del cronograma de obra, el tren maestro y el control de avance diario ejecutado. En este formato, se ha elaborado varias pestañas: Curva S, Data Línea Base, Data Programado, Data Reprogramado, Avance, Panelado, Avance, y otras formas de gestionar y visualizar la planificación de los trabajos.

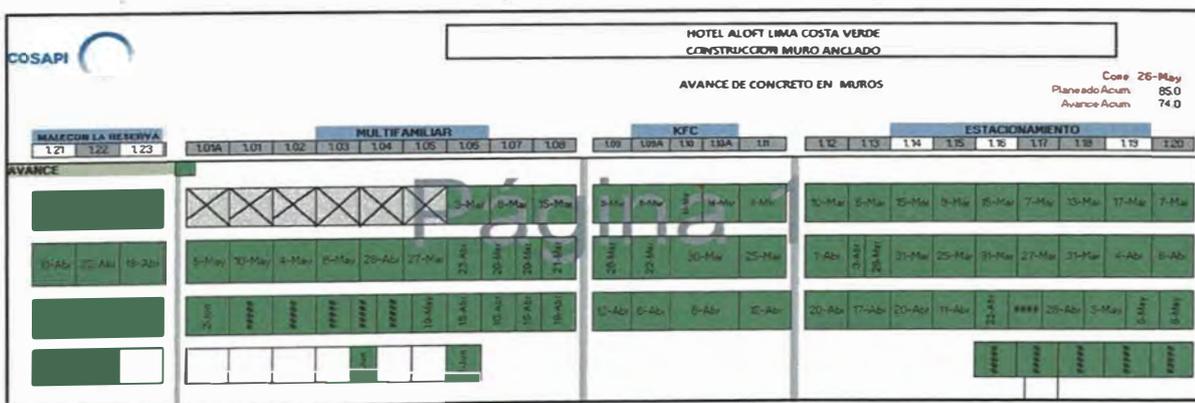


Figura 24. Cuadro de Avance del Muro Anclado - pestaña 'Avance' del formato

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Se ha representado en el cuadro de control o avance los paños por anillos y por frentes tal como se muestra en la Figura 24. De esta manera se marca de color los paños ejecutados y se ingresa la fecha de cuando fue realizado el vaciado de concreto. La plantilla lee los valores de datos de fecha ingresados y los jala a otra pestaña llamada 'Data' donde recopila y distribuye los valores por rango de semanas y las va acumulando, lo cual la pestaña 'Curva S' jala dichos valores semanales por día y por valor acumulado según corresponda el tema y los grafica como anteriormente se ha detallado.

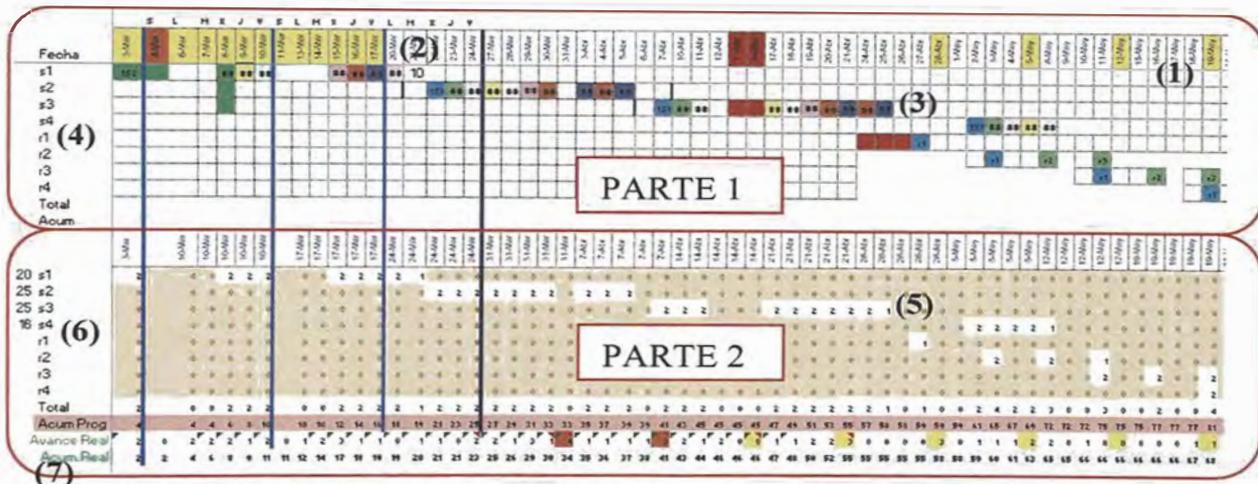


Figura 25. Data del Muro Anclado - pestaña 'Data' del formato

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En la imagen se detalle dos partes que contempla la pestaña 'Data' de las cuales se va a mencionar cada uno de los elementos que están siendo considerados para la elaboración de ese formato.

a) Parte 1 – Estructura y codificación:

- (1): Se muestran las fechas de toda la programación y duración del proceso. Se nota además colores en algunas fechas, indicando algún detalle relevante por considerar, ya sea feriados o fechas importantes pactadas con el cliente o por interno.
- (2): Se enumera los días de la semana para hacer cortes semanales de control y se separa con una barras.
- (3): En esta parte se detalla los paños programados por fechas de acuerdo a la codificación mencionada en el punto 5.1.11

(4): Se coloca los niveles de anillos para distribuir la información del punto 3 y se considera la programación mediante un tren o ritmo de avance continuo y eficiente.

b) Parte 2 – Recopilación y almacenamiento de información:

(5): Se hace una programación para que cada celda pueda leer la cantidad de paños por nivel. De esa manera se en algunas celdas se visualiza 0, 1, 2 paños programados.

(6): Se detalla los niveles de los anillos para distribuir la información a lo largo de las fechas.

(7): Se acumula todo lo programado por niveles y se hace una suma vertical para saber la cantidad de paños al día. Asimismo, se va acumulando la cantidad de paños por día para toda la semana y para toda la duración de la partida o proceso en la filas. En la fila avance real se hace una formulación para que pueda leer los valores de la pestaña 'Avance' mostrado en la Figura 24.

Con la elaboración de esta data se puede distribuir todo su contenido a un cuadro resumen o gráficos como el que se mostró en la Figura 25.

### **3.2.12.2 Curva S: Losa de techo**

Tener un control de avance para las partidas más incidentes permiten que al ser controladas las actividades predecesoras y en las que están enlazadas a ésta puedan ejecutarse según lo planificado. Es por ello, que en la presente tesis que enfoca el estudio de herramientas de planificación para la mejora del proceso constructivo (casco) de las edificaciones optamos por escoger que el proceso más relevante con el que se puede medir el avance de los niveles son las losas de techo vaciadas con concreto. Si se realiza el vaciado de toda la losa marca el cumplimiento del nivel completo en los sistemas aporcionados.

La sectorización de los niveles inferiores y superiores se encuentra en el apartado 5.1.9 y siguiendo ese esquema de sectorización se realizó la programación de un total de 106 lotes que contempla todos los niveles:

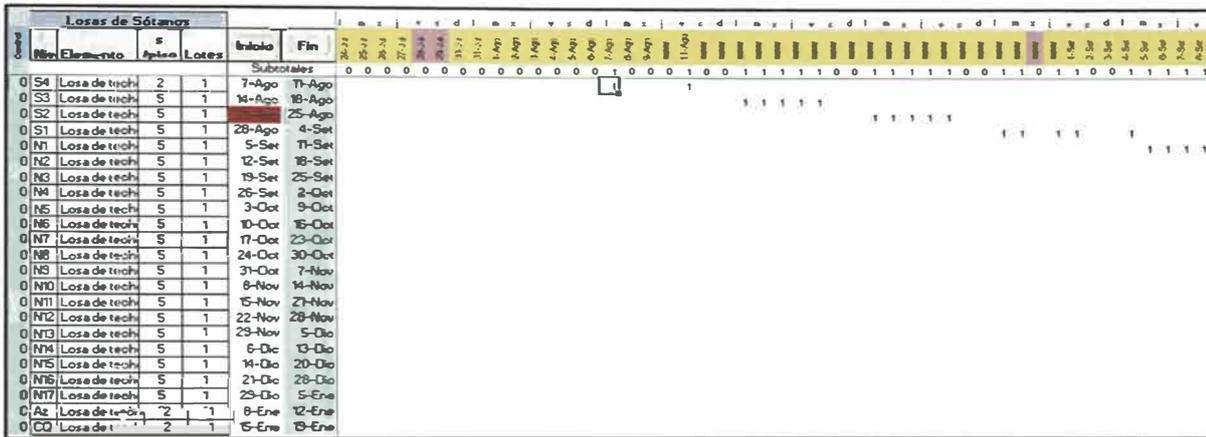


Figura 26. Programación Línea Base de lotes de techo de losa por niveles y distribución.

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En la Figura 26 se observa que en el sótano 4, la azotea y el cuarto de máquinas se ha considerado 2 lotes y en el resto de niveles 5 lotes. La fecha calendario de obra contractual para el inicio del vaciado de losa de techo es el 7 de Agosto del 2017 y la fecha fin del vaciado de la losa de techo del cuarto de máquinas el 19 de Enero del 2018. Además, se observa en la planificación, el vaciado de concreto de las losas de cada nivel contempla un rango de duración de 5 días lo cual podría interpretarse a ser considerado el vaciado de un lote por día.

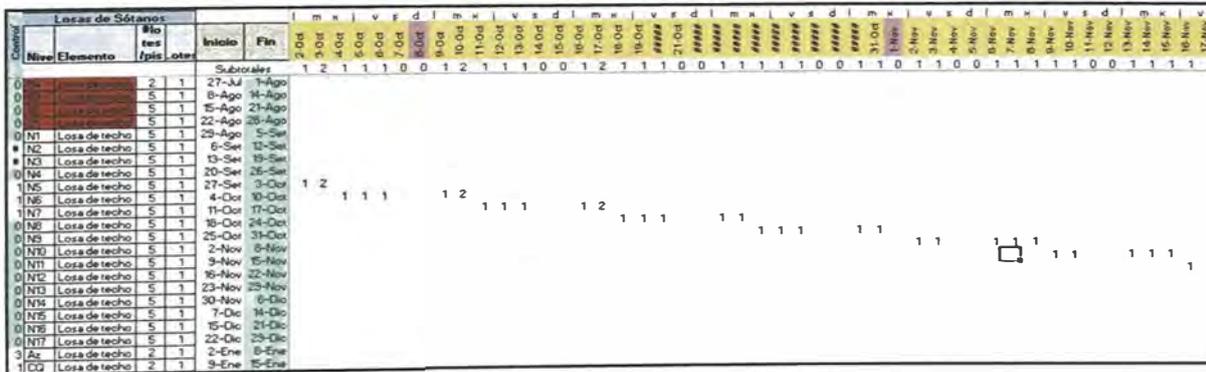


Figura 27. Reprogramación de lotes de techo de losa por niveles y distribución.

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En la Figura 27 se muestra una reprogramación a la programación interna del vaciado de concreto de lotes de losa de techo. En esta reprogramación observamos que la fecha de inicio es el 27 de Julio del 2017 (en comparación con la línea base calendario obra que estipula el inicio el 7 de Agosto del 2017) es más anticipada y optimista en el inicio debido a que durante la ejecución del vaciado de los anillos del muro pantalla y la cimentación tuvo un avance más óptimo del previsto. Esta ganancia en días a nuestro favor permitió que la actividad

predecesora se le reduzca su holgura para ajustar el ritmo de los niveles del proyecto.

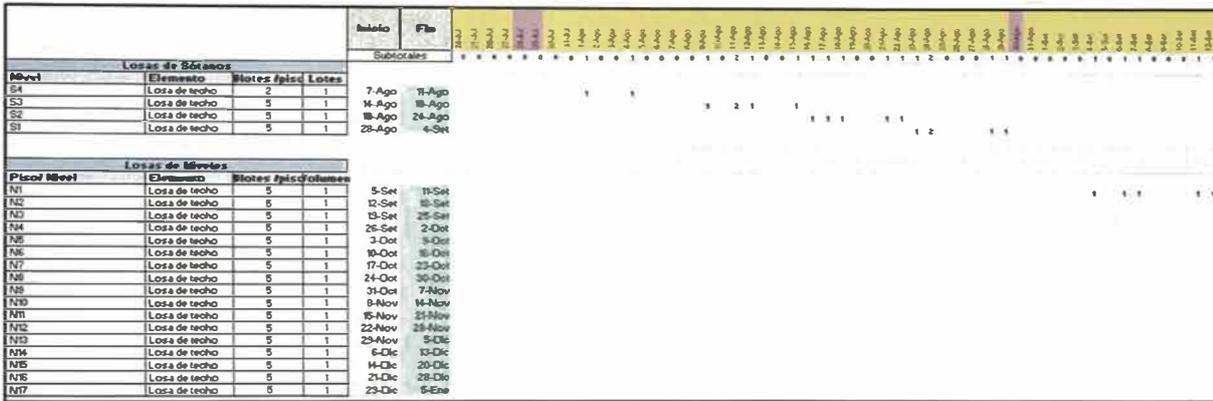


Figura 28. Avance real de lotes de techo de losa por niveles y distribución.

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En esta plantilla se colocan los lotes reales que han sido vaciados por día según su distribución, lo cual resume toda la información que se muestran las Figura 26, Figura 27 y Figura 28, donde se presenta en la curva S de avance y control.

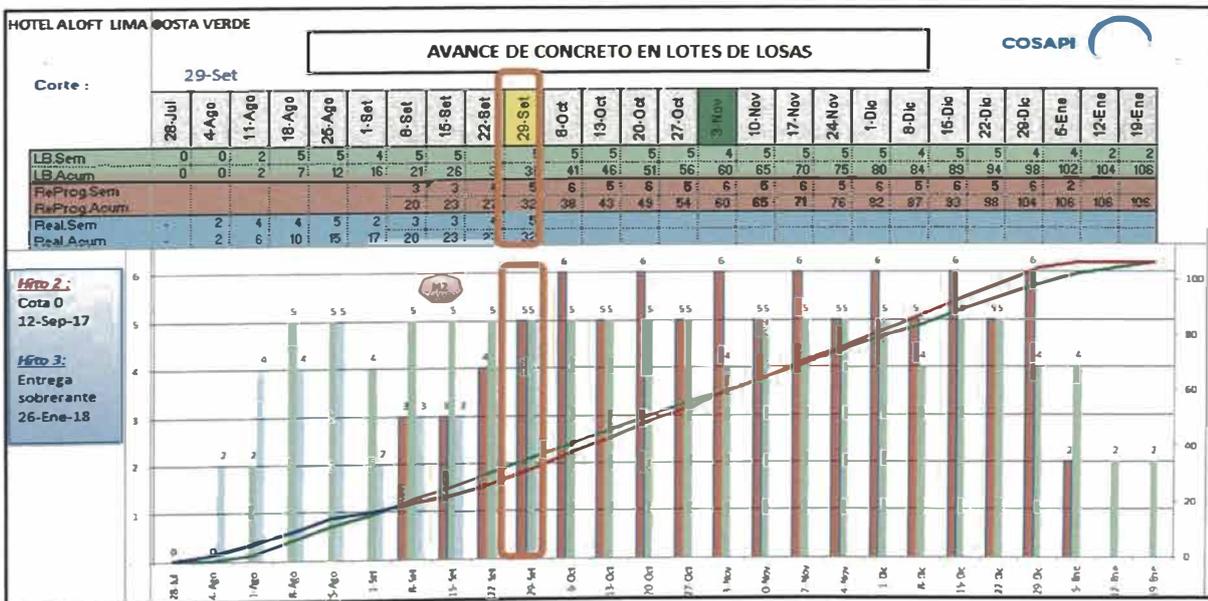


Figura 29. Curva S de avance y control de concreto en lotes de losas.

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

El gráfico resume toda la información de la programación del vaciado de concreto en las losas de techo. Las barras color azul claro son el avance real ejecutado en toda la semana, las barras rojas son las reprogramaciones que se realizaron de

los lotes de la losa y las barras color verde claro es la programación de la línea base contractualmente. En el caso de las barras rojas y verdes, como podemos observar se distribuyen a lo largo de las semanas hasta su fecha fin, donde las verdes terminan dos semanas después en su programación con respecto a la reprogramación interna. Esto quiere decir que se presenta una ganancia de dos semanas en el proceso del vaciado de las losas de techo. En teoría, si se cumple dicha reprogramación según el avance real podemos asegurar que el proceso ha dado aporte al tren de avance de actividades.

Con este gráfico podemos analizar haciendo un corte a la semana, en la fecha 29 de Septiembre, que según las barras azules claras se han vaciado 5 lotes de losa de techo en la semana y que fueron programadas para esa semana (barras rojas) justamente esa cantidad. Además, notamos que respecto a nuestra línea base contractual la cantidad que nos exigía para esa semana eran también 5 lotes, por lo que podemos asegurar que nuestro cumplimiento fue al 100% sin mostrar un desfase respecto a nuestra línea para esa semana. Asimismo, podemos observar que para ese corte, el acumulado de lotes ejecutados es de 32 y comparado con la reprogramación también resulta 32. Si bien esto significa que estamos cumpliendo para ese momento con lo programado, si observamos el total acumulado de la línea base, notamos que para esa fecha debieron haberse vaciado 36 lotes, lo que da a entender un atraso de 4 lotes. Como ya se había mencionado en la Figura 26 de la línea base que se está vaciando un lote por día, traducimos todo esto en que estamos atrasados en 4 días según nuestro calendario obra. Esta información es significativa para las reuniones de obra cuando cada ingeniero o arquitecto responsable de su frente debe sustentar el avance de su paquete de trabajo, y no solo ello que, sino además, le permite analizar y calcular la cantidad de lotes que deberá ejecutar en la siguiente semana para compensar dicho atraso. Es así como estos cuadros y gráficos permiten generar un campo de visión mucho más riguroso del proceso para que no se descontrola o se desvíe de del lineamiento del proyecto.

Si consideramos bien el aporte útil y las variantes que podemos conseguir con este compilado de información y que si incluso podemos potenciarlo a la programación semanal del LookAhead siendo retroalimentado con las resitrrciones y el PAC, podemos lograr un control de proyecto muy significativo.

Es por ello, que las empresas que consideran fundamental el control de los procesos y los implementan mediante análisis avanzados de cuadro y gráficos hace que su interpretación se más sofisticada. Pero no podemos solo contemplar lo sofisticado en un proyecto donde la velocidad de avance es tanta que permite medidas incluso más prácticas en momentos críticos. El aporte de la tesis involucra esta practicidad mediante las herramientas que estamos mostrando y un software de navegación que complementará el paquete informativo del proyecto que más adelante detallaremos.

### **3.2.12.3 Curva S del Proyecto**

De manera aplicativa el formato que se ha elaborado para mostrar las curvas S específicas de las partidas más incidentes puede y es utilizado por las empresas calificadas en el principio de pérdidas cero para englobar de manera sistemática todas las partidas que involucran al proyecto. Dichas partidas son obtenidas del presupuesto general de tal forma que al compilar todas las magnitudes en peso de los valores de esas partidas y prolongándolas en el tiempo de plazo de ejecución del proyecto se obtiene una curva gráfica teórica comparativa con otras curvas parametrizadas que se pueden superponer en la misma gráfica teórica para evidenciar los márgenes y/o desviaciones entre cada una de ellas.

Los proyectos que desean ejecutar una obra civil en un determinado plazo y con un costo fijado, deben medirse a través del tiempo controlando su porcentaje de avance, logrando identificar según los cortes de plazo contemplados dichas desviaciones que si no son levantadas a tiempo mediante los recursos que tiene el área de producción para saber las causas restrictivas en el proceso constructivo o la respuesta a la interrogativa de incumplimiento por determinados factores variables en obra, el camino de desarrollo real de la curva de avance del proyecto será totalmente diferente a lo previsto en su etapa de gabinete.

Nuestro proyecto Hotel Aloft muestra una curva S detallada y desarrollada con todas sus partidas, esta curva teórica se rige por los fundamentos de la teoría del valor ganado. Mostramos en seguida la curva S del proyecto Hotel Aloft:

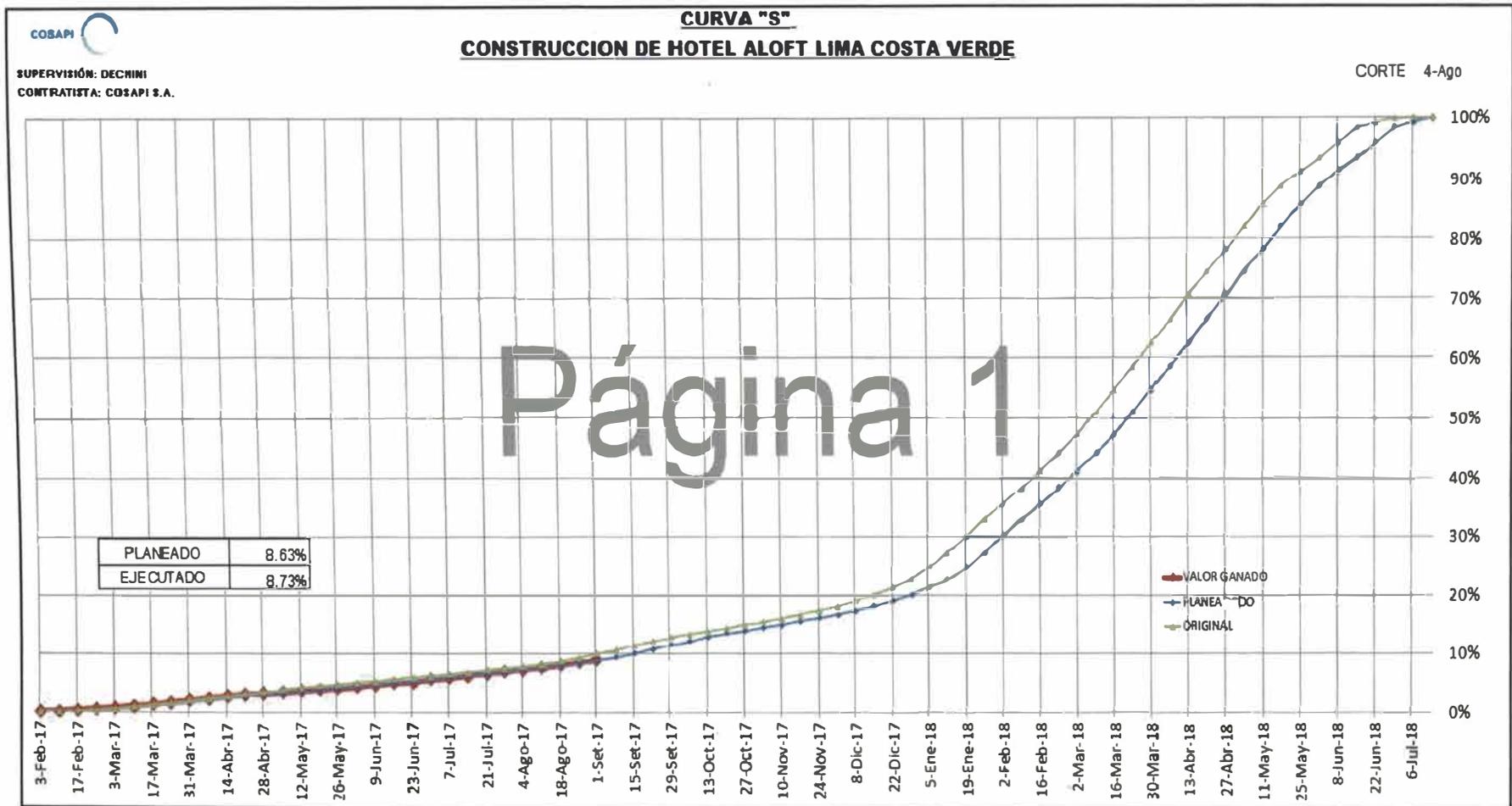


Figura 30. Curva S del proyecto Construcción Hotel Aloft Lima Costa Verde.

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

**CURVA "S"**

**CONSTRUCCION DE HOTEL ALOFT LIMA COSTA VERDE - MURO ANCLADO**

ESPECIALIZACIÓN: ECONÓMI  
CONTRATISTA: COSAPI S.A.

SEMANA No. 31

No	Corte al	I-Set	PRESUPUESTO COSTO DIRECTO	PIE	PHYSICAL % OF WORK ITEM	Fechas de Corte	Semana																																
							Subed	Actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
									3-Feb-17	10-Feb-17	17-Feb-17	24-Feb-17	3-Mar-17	10-Mar-17	17-Mar-17	24-Mar-17	31-Mar-17	7-Abr-17	14-Abr-17	21-Abr-17	28-Abr-17	5-May-17	12-May-17	19-May-17	26-May-17	2-Jun-17	8-Jun-17	15-Jun-17	23-Jun-17	30-Jun-17	7-Jul-17	14-Jul-17	21-Jul-17	28-Jul-17	4-Ago-17	11-Ago-17	18-Ago-17	25-Ago-17	1-Sep-17
1	TRABAJOS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	3,819,975	6.3%	32.7%	39.9%	Sched	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	7%	8%	9%	10%	10%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	20%	21%	23%	25%	26%	28%	29%	31%	33%		
						LEO	2%	7%	12%	20%	26%	31%																											
						Actual	10%	15%	21%	27%	33%	39%	44%	49%	54%	59%	64%	69%	74%	79%	84%	89%	94%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
2	ESTRUCTURAS	7,695,359	16.8%	37.9%	39.2%	Sched	0%	0%	0%	0%	1%	3%	4%	5%	7%	8%	10%	12%	13%	14%	15%	16%	18%	19%	20%	22%	23%	24%	26%	27%	29%	30%	32%	33%	34%	36%	38%		
						LEO	0%	1%	7%	13%	20%	26%																											
						Actual	10%	15%	21%	27%	33%	39%	44%	49%	54%	59%	64%	69%	74%	79%	84%	89%	94%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
3	ARQUITECTURA	15,923,352	34.9%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						LEO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,243,487	13.7%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
5	INSTALACIONES SANITARIAS	2,794,687	6.1%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
6	AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN MECÁNICA	4,115,045	9.0%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
7	SISTEMA DE AGUA CORRIENTE	1,453,083	3.2%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
8	SEGURIDAD	1,002,100	2.2%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
9	COMUNICACIONES	1,830,989	4.0%	0.0%	0.0%	Sched	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
						Actual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Figura 31. Partidas valorizadas de la Curva S expresadas porcentualmente

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

**COSAPI**

SUPERVISIÓN: BCOMMI  
CONTRATISTA: COSAPI S.A.

SEMANA No. 31

**CURVA "S"**

**CONSTRUCCION DE HOTEL ALOFT LIMA COSTA VERDE - MURO ANCLADO**

Corte al 1-Set

WORE ITEM		PRESUPUESTO COSTO DIRECTO	PE	PHYSICAL % OF WORE ITEM	Fecha de Corte	Semana		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
DESCRIPCION				Sched Actual		3-Feb-17	10-Feb-17	17-Feb-17	24-Feb-17	3-Mar-17	10-Mar-17	17-Mar-17	24-Mar-17	31-Mar-17	7-Abr-17	14-Abr-17	21-Abr-17	28-Abr-17	5-May-17	12-May-17	19-May-17	26-May-17	2-Jun-17	9-Jun-17	16-Jun-17	23-Jun-17	30-Jun-17	7-Jul-17	14-Jul-17	21-Jul-17	28-Jul-17	4-Ago-17	11-Ago-17	18-Ago-17	25-Ago-17	1-Set-17			
Valor Planeado LBO						9	29	73	99	174	142																												
ACUM						9	38	111	210	394	526																												
% SEM						0.4%	1.4%	3.4%	4.7%	8.2%	6.7%																												
% ACUM						0.4%	1.8%	5.2%	9.9%	19.1%	24.8%																												
												71,928	42,548	98,617	64,394	74,724																							
												425,848	546,782	707,415	899,579	1,011,241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
VALOR PLANEADO (Reprogramación en meses)						9	27	28	40	135	144	134	173	163	164	174	131	186	152	122	120	131	133	133	134	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	
ACUM						9	37	61	101	237	381	515	688	851	1016	1180	1354	1468	1574	1626	1669	2110	2230	2363	2495	2628	2761	2914	3068	3222	3375	3529	3683	3837	3991	4144	4300		
% SEM						0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	
% ACUM						0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.5%	0.8%	1.1%	1.5%	1.9%	2.2%	2.6%	2.9%	3.2%	3.5%	4.0%	4.3%	4.6%	4.9%	5.2%	5.5%	5.8%	6.0%	6.4%	6.7%	7.0%	7.4%	7.7%	8.0%	8.3%	8.6%	8.9%	9.2%		
VALOR PLANEADO (Reprogramación de impacto)						9	23	27	29	97	159	150	113	178	141	123	160	114	114	104	128	158	102	148	136	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	
ACUM						9	32	59	88	195	354	504	617	795	937	1060	1220	1333	1447	1551	1679	1837	1938	2086	2222	2361	2500	2639	2778	2938	3098	3258	3413	3566	3719	3874	4028		
% SEM						0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	
% ACUM						0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.7%	0.9%	1.2%	1.5%	1.8%	2.2%	2.5%	2.9%	3.0%	3.2%	3.5%	3.7%	4.0%	4.2%	4.5%	4.8%	5.0%	5.2%	5.5%	5.8%	6.1%	6.4%	6.8%	7.0%	7.3%	7.6%	7.9%	8.2%		
VALOR GANADO						4	32	72	9	3	19	107	120	15272	153	130	163	74	82	117	117	87	100	167	119	87	208	132	137	232	131	176	145	171	27	156			
ACUM						4	35	107	200	318	426	546	698	870	1022	1152	1316	1390	1471	1588	1705	1792	1892	2063	2178	2265	2473	2604	2741	2973	3104	3280	3425	3596	3780	3944			
% SEM						0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.4%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.4%	0.3%	0.2%	0.5%	0.3%	0.3%	0.5%	0.3%	0.4%	0.3%	0.4%	0.5%	0.3%	0.3%		
% ACUM						0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.7%	0.9%	1.2%	1.5%	1.8%	2.2%	2.5%	2.9%	3.0%	3.2%	3.5%	3.7%	3.9%	4.1%	4.5%	4.8%	5.0%	5.4%	5.7%	6.0%	6.5%	6.8%	7.2%	7.5%	7.9%	8.4%	8.7%	9.1%		
Acum Planeado						182	816	2387	4523	8270	354	504	617	795	937	1060	1220	1333	1447	1551	1679	1837	1938	2086	2222	2361	2500	2639	2778	2938	3098	3258	3413	3566	3719	3874			
Acum Ganado						4	35	107	200	318	426	546	698	870	1022	1152	1316	1390	1471	1588	1705	1792	1892	2063	2178	2265	2473	2604	2741	2973	3104	3280	3425	3596	3780	3944			

Figura 32. Avance porcentual semanal de lo planeado y el valor ganado

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En la gráfica de la Figura 30 se aprecia 03 líneas de distintos colores. La línea verde representa la gráfica de la curva original del proyecto que estuvo planteada en la venta. La línea azul es la gráfica de la curva que fue prevista o planeada (implementando el análisis de precio unitarios, mejoras productivas, mejoras en los procesos constructivos, control en la planificación para ganar tiempo y reducción de costos). La línea roja representa el avance valorizado real ejecutado en la fecha del corte. En la imagen el corte fue realizado en 01 de septiembre ejecutándose el 8.73% cuando se tenía previsto solo realizar el 8.63% lo que indica un avance favorable para el proyecto.

En la Figura 31 se presenta un desglose de las partidas valorizadas expresadas porcentualmente según su monto detallado en el presupuesto a lo largo del avance semanal que se muestra en la columna superior. Se realiza un corte semanal vertical y se contabiliza proporcionalmente al peso de cada partida su incidencia en un porcentaje global definido en tres parámetros: sched, LB0, actual.

Con ello se obtiene tres porcentajes que son graficados en la curva del proyecto en la semana correspondiente a su corte. Para explicar lo indicado anteriormente tomamos como ejemplo lo que se muestra en las imágenes de la curva del proyecto. Se tiene en la Figura 31 la semana de corte 01 de septiembre señalada en un recuadro y en ese eje vertical se observan los valores porcentuales de cada partida las cuales serán ponderadas de acuerdo con su peso presupuestal en un porcentaje global. En la Figura 32, están dicho valores:

- Planeado LB0: 9.9%
- Planeado previsto: 8.63%
- Valor ganado: 8.73%

Luego estos valores son graficados semanalmente como se representa en la Figura 30. De esta manera con esta ayuda visual se puede manejar reuniones con todos los involucrados y exponer los avances que se han realizado cada semana con el objetivo de ir midiendo su progreso o retraso.

### 3.2.12.4 Curva S Mensual del Proyecto

Con la intención de manejar los datos para facilitar la interpretación y contribuir a comprender las metas de cumplimiento que deben ser contempladas en el desarrollo del proyecto, se ha realizado un control mensual de los ingresos valorizados en el cronograma de obra. A partir del presupuesto de la venta y los plazos en que se deben cumplir las partidas y subpartidas, se agrupa los valores económicos (percibidos en el rango de tiempo de ejecución de una partida) expresado mensualmente. Se debe entender cuánto dinero será valorizado teóricamente de forma mensual por cada partida y, a partir de ello, su monto acumulado.

No	DESCRIPCIÓN	ADICIONA 2 ZL	Fecha de Corte	MES																
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
				Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18
1	OBRAS PROVISIONALES	3,615,975	Sched	4.7%	3.3%	13.0%	16.7%	21.4%	27.8%	34.3%	42.3%	48.7%	55.2%	63.2%	63.7%	77.0%	82.6%	88.6%	93.0%	98.6%
2	ESTRUCTURAS	7,639,339	Sched	2.7%	10.0%	14.8%	20.3%	21.3%	33.0%	40.3%	59.3%	67.8%	76.1%	86.5%	94.7%	93.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
3	ARQUITECTURA	15,329,352	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	2.0%	15.3%	25.1%	52.4%	63.7%	62.7%	89.0%
4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,243,487	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	12.5%	23.2%	33.1%	44.9%	51.2%
5	INSTALACIONES SANITARIAS	2,794,687	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	12.7%	22.5%	36.0%	53.4%	72.5%	83.4%	89.0%
6	AREAS ACONDICIONADO Y VENTILACION MECANICA	4,705,043	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	20.3%	47.3%	74.7%	96.5%	93.1%	93.1%
7	SYSTEMA DE AGUA CONTRAFUMIGACION	1,439,083	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	6.6%	20.8%	30.4%	45.3%	72.7%	91.2%	100.0%	100.0%
8	SEGURIDAD	1,002,100	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	33.3%	76.3%	100.0%	100.0%
9	CONEXIONES	1,630,363	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9	TRANSPORTE VERTICAL	1,264,084	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	29.1%	44.3%	61.7%	74.3%	88.8%
9	INSTALACIONES MECANICAS	201,033	Sched	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	33.3%	76.3%	100.0%	100.0%
		45,791,268																		

Figura 33. Partidas valorizadas de la Curva S Mensual expresadas porcentualmente

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

De los valores porcentuales mostrados en la Figura 31, se extraen los valores porcentuales acumulados mensuales tanto para el valor sched y el valor actual. Luego son llevados a un cuadro resumen donde se muestran tanto los valores nominales como porcentuales (ver Figura 33 y Figura 34).

CLIENTE:		<b>CURVA "S" DEL PROYECTO "HOTEL ALOFT LIMA COSTA VERDE"</b>																			
CONTRATISTA: COSAPI S.A.		MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
MES: MAYO		Fecha de Corte	Feb 17	Mar 17	Abr 17	May 17	Jun 17	Jul 17	Ago 17	Sep 17	Oct 17	Nov 17	Dic 17	Ene 18	Feb 18	Mar 18	Abr 18	May 18	Jun 18		
WORK ITEM	ADENDA 2 N°	ACUM	354	106	431	535	652	811	1030	1305	1634	2031	2504	3053	3678	4380	5159	6016	6951	7965	
No	DESCRIPCION	% MES	0.8%	2.9%	1.5%	2.4%	1.3%	1.4%	1.8%	2.2%	2.6%	3.1%	3.7%	4.4%	5.2%	6.1%	7.1%	8.2%	9.4%	10.8%	
		% ACUM	0.8%	3.7%	5.2%	7.6%	9.0%	10.8%	12.6%	14.8%	17.4%	20.5%	24.2%	28.6%	33.8%	39.9%	46.9%	54.9%	63.9%	73.7%	84.5%
		% DIFER	0.0%	2.1%	0.7%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.7%	1.1%	1.6%	2.1%	2.7%	3.4%	4.2%	5.1%	6.1%	7.2%	8.4%

Figura 34. Balance de la Curva S Mensual expresada porcentualmente

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Luego los valores son representados gráficamente en una curva donde se muestra el comparativo de la línea base de valores porcentuales vs el avance previsto porcentual. En la Figura 36 se presenta la Curva Mensual del proyecto.

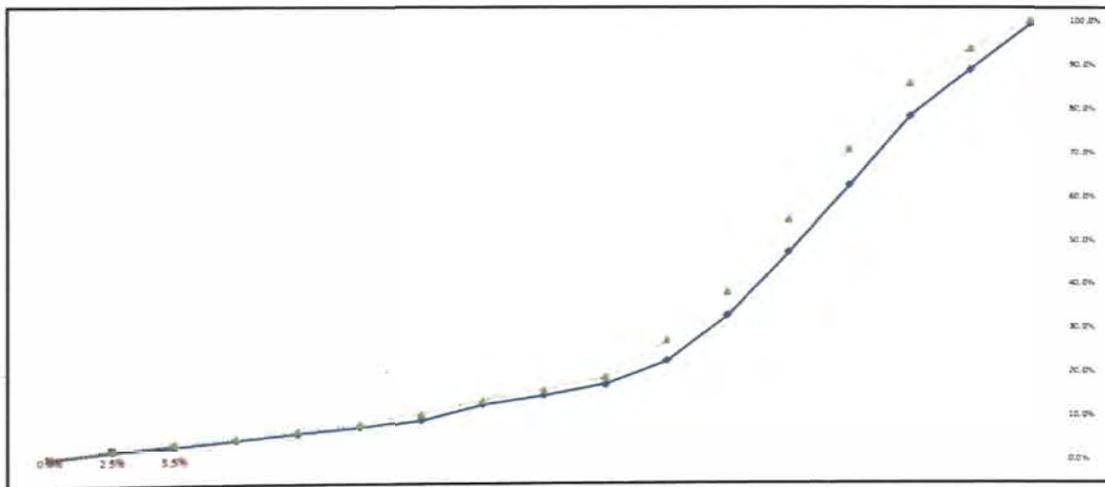


Figura 35. Partidas valorizadas de la Curva S Mensual expresadas porcentualmente

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

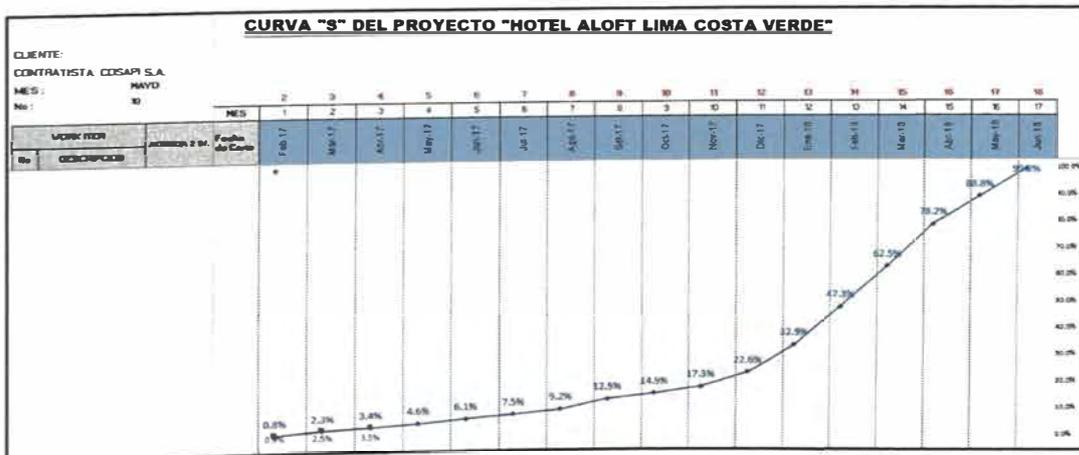


Figura 36. Curva S Mensual del Proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 3.2.12.5 **Calendario de Avance de Obra Valorizado (CAO)**

Detalla en un cuadro resumen el monto valorizado de las partidas que inciden en el proyecto según su avance mensual. Las cantidades valorizadas que deben ser consideradas son los valores ganados conseguidos dentro de margen de tiempo de duración de la partida al cierre inmediato mensual (ponderado si la fecha de cierre es mayor al valor siguiente del cierre mensual) por la duración total de la partida. Dicha proporción afectada al monto presupuestal nos arroja el valor mensual que debe ser considerado en el calendario de avance de obra valorizado previsto.

En la Figura 37, mostramos el CAO desarrollado inicialmente en el proyecto donde se considera las partidas:

- TRABAJOS PRELIMINARES Y PROVISIONALES  
MONTO: S/. 3,151,974.94
- ESTRUCTURAS  
MONTO: S/. 7,695,399.12
- ARQUITECTURA  
MONTO: S/. 15,929,351.50
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
MONTO: S/. 6,243,486.77
- INSTALACIONES SANITARIAS  
MONTO: S/. 2,794,686.85
- AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN  
MONTO: S/. 4,115,045.42
- SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIOS  
MONTO: S/. 1,453,082.69
- SEGURIDAD  
MONTO: S/. 1,002,100.11
- COMUNICACIONES  
MONTO: S/. 1,830,989.39
- TRANSPORTE VERTICAL  
MONTO: S/. 1,284,084.20
- INSTALACIONES MECÁNICAS  
MONTO: S/. 201,038.64

Los montos mencionados son lo montos presupuestados a partir de los precios unitarios y lo adicionales históricos económicos que se le agrupan dando un 'subtotal 1' y, a ello se les agrega los gastos generales considerados en el monto de la venta (el cual para manera práctica fue contemplado un valor porcentual) y la utilidad del proyecto sumando ambas cantidades dando el 'subtotal 2' (ver Figura 37). Con ello se calcula los valores porcentuales mensuales y acumulados que son graficado en una curva la que mencionamos como Curva S Valorizada (ver Figura 38).

En la gráfica de la Curva S Valorizada prevista se contempla los valores conseguidos del 'subtotal 2' del CAO y los valores reales llevados a un plano mensual cuya representación es graficada. Tener en cuenta que la Figura 38 muestra la partida de construcción del Muro anclado y a manera de ejemplo fue desarrollado el formato para hacer un control planificado de los montos que se deberían valorizar en el plazo de ejecución de dicha partida.



**CONSTRUCCIÓN DE HOTEL ALOFT LIMA COSTA VERDE**  
CALENDARIO DE AVANCE DE OBRA VALORIZADO

ID	DESCRIPCION	Paralelo (S/.)	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18
A.01	TRABAJOS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	3,151,974.94	135,652.68	125,552.97	128,255.91	130,351.21	130,651.21	222,553.69	222,553.69	222,553.69	222,553.69	222,553.69	222,553.69	29,835.85	201,490.47	201,490.47	201,490.47	191,845.63	149,735.94
A.02	ESTRUCTURAS	7,635,399.12	211,650.82	404,337.73	530,357.70	542,547.11	318,705.57	580,675.32	1,145,709.13	904,351.95	716,395.92	716,395.92	716,395.92	731,074.23	314,787.22	98,869.82	-	-	-
A.03	ARQUITECTURA	15,925,351.50	-	-	-	-	-	-	-	-	60,370.94	110,088.15	161,589.34	2,455,681.21	2,725,014.93	2,991,003.68	2,391,003.66	2,991,003.68	1,443,595.28
A.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,243,486.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,487.43	384,149.45	462,765.15	543,731.04	1,081,481.50	1,767,476.17	1,259,256.23	739,790.02
A.05	INSTALACIONES SANITARIAS	2,794,686.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75,145.67	292,409.16	256,352.33	314,118.32	530,819.66	570,573.93	567,664.44	127,598.34
A.06	PIPE ACONDICIONADO Y VENT	4,115,045.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267,275.40	651,534.14	965,991.64	1,223,435.81	928,547.03	50,956.94	27,474.46
A.07	SISTEMA DE A.C.A. CONTRAINCHO	1,453,082.69	-	-	-	-	-	-	-	-	37,302.15	113,258.22	333.35	162,639.14	182,240.14	425,812.70	274,583.86	109,927.53	-
A.08	SEGURIDAD	1,002,100.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	403,442.50	403,442.90	135,214.31	-
A.09	COMUNICACIONES	1,830,989.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,848.93	9,376.70	88,316.70	291,574.13	313,351.77	313,351.77	331,931.61	345,247.73
A.10	TRANSPORTE VERTICAL	1,284,084.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126,915.30	231,433.73	231,433.78	231,433.78	231,433.78	231,433.78
A.11	INSTALACIONES MECANICAS	231,038.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,537.83	80,937.63	39,163.37	-
Sub-Total		45,707,239.63	347,803.50	529,690.67	658,595.61	673,193.32	212,521.78	803,229.01	1,368,262.82	1,126,905.64	1,039,622.69	284,788.03	2,260,124.18	5,951,114.07	5,770,381.76	7,582,779.31	7,762,831.15	6,044,517.49	3,054,875.95
A	GASTOS GENERALES	4,710,381.20	35,736.23	54,615.30	67,880.59	69,385.88	21,504.41	82,788.01	141,225.46	116,119.04	103,843.67	130,360.44	232,948.75	535,455.23	594,747.49	781,477.35	800,107.27	623,002.39	315,893.67
B	UTILIDAD	3,656,099.17	27,784.26	42,391.25	52,687.49	53,855.87	17,001.74	64,258.32	109,461.03	90,152.45	82,929.82	101,183.04	180,809.93	415,609.13	461,630.54	606,563.34	621,326.50	493,551.40	245,190.04
Sub-Total 2		54,057,720.00	410,884.00	626,697.22	773,151.69	796,443.06	251,427.93	900,275.34	1,618,749.33	1,335,227.13	1,226,396.18	1,496,331.52	2,673,882.87	6,144,178.42	6,826,759.79	8,970,123.31	9,183,364.98	7,575,031.28	3,625,955.26
C	I.G.V. (18%)	9,732,189.60	73,959.12	112,841.50	140,245.10	143,359.21	45,257.03	171,049.56	291,374.66	239,977.28	220,751.31	265,339.67	481,296.92	1,063,112.12	1,228,816.76	1,614,322.14	1,653,136.65	1,237,194.63	652,672.67
Total General		33,795,909.60	484,843.12	739,738.72	919,410.79	939,799.27	296,684.96	1,121,324.90	1,910,124.21	1,573,184.41	1,447,147.49	1,765,671.99	3,155,191.79	7,252,490.54	8,055,578.55	10,584,745.15	10,337,378.65	8,438,275.91	4,278,631.93
Monto Acumulado (S/.) sin IGV.			410,884.00	626,697.22	773,151.69	796,443.06	251,427.93	900,275.34	1,618,749.33	1,335,227.13	1,226,396.18	1,496,331.52	2,673,882.87	6,144,178.42	6,826,759.79	8,970,123.31	9,183,364.98	7,575,031.28	3,625,955.26
% Monto Mensual			0.76%	1.16%	1.44%	1.47%	0.47%	1.76%	2.99%	2.47%	2.27%	2.77%	4.95%	1.37%	12.63%	15.59%	16.99%	13.23%	5.71%
% Monto Acumulado			0.76%	1.92%	3.35%	4.33%	5.30%	7.06%	10.05%	12.52%	14.78%	17.55%	22.50%	33.66%	46.49%	63.38%	80.07%	93.23%	100.00%

Página 1

Figura 37. Calendario de Avance de Obra Valorizado – proyecto Hotel Aloft Costa Verde

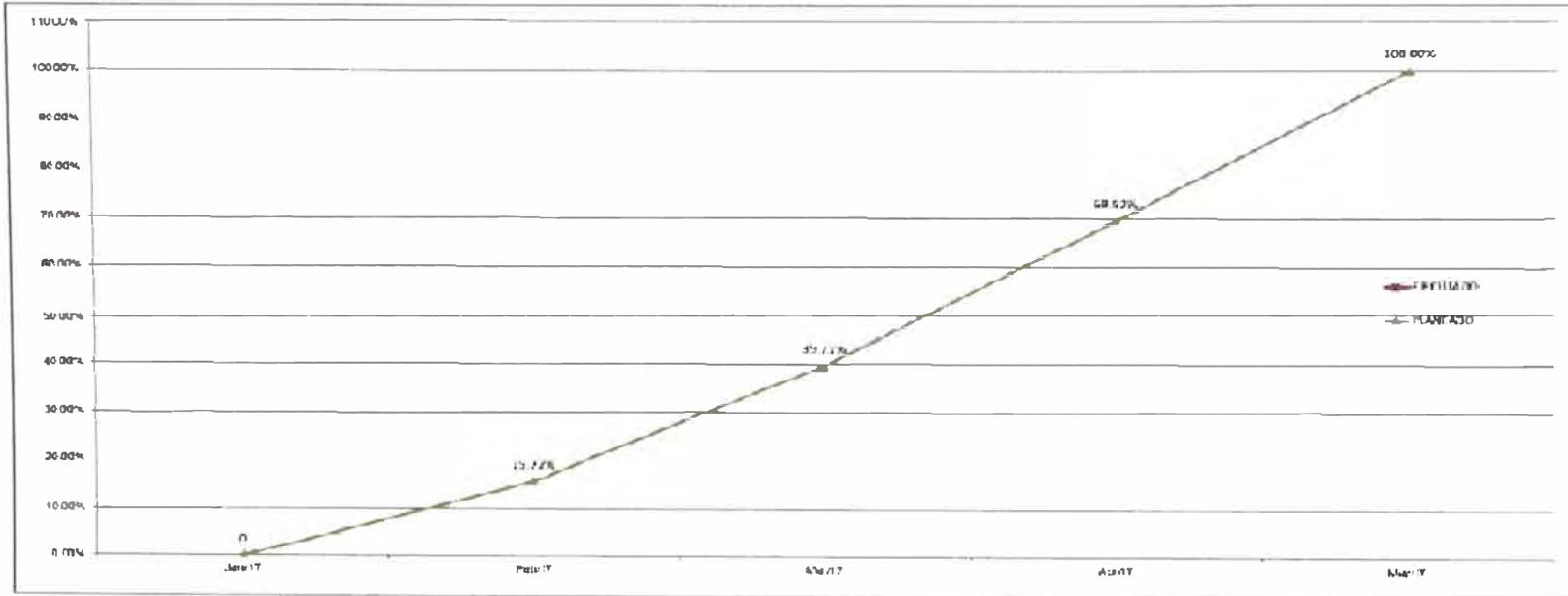
Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

CONTROL PROGRAMACION DE OBRA



CONSTRUCCION DE HOTEL ALOFT LIMA COSTA VERDE - MURO ANCLADO  
 CONTRATISTA: COSAPI S.A.  
 UBICACION: MINAFLORES LIMA LIMA

MONTO DE CONTRATO DE OBRA EJECUCION (\$): \$1. 8,024,240.67  
 PLAZO DE OBRA (Días Calendario):  
 FECHA DE INICIO CONTRACTUAL: 01/Feb/17  
 FECHA DE TERMINO CONTRACTUAL: 31/May/17



GRABADO DE AVANCE DE OBRA

ITEM	MES	PROGRAMADO PPTO				REAL (COSTO TOTAL)			
		PARCIAL Xf	ACUMULADO Xf	PARCIAL Z	ACUMUL. Z	PARCIAL Xf	ACUMULADO Xf	PARCIAL Z	ACUMUL. Z
1	Feb-17	410,884.00	410,884.00	15.72%	15.72%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
2	Mar-17	626,851.22	1,037,735.22	23.39%	39.11%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
3	Abr-17	770,161.00	1,807,896.22	30.01%	69.52%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
4	May-17	786,440.06	2,594,336.28	39.48%	100.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Total		2,613,382.97	0.00	100.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 38. Curva S Valorizada Prevista - proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 3.2.13 Plan de Fases

Los proyectos contemplan gran cantidad de partidas presupuestadas que se han clasificado tradicionalmente como: trabajos preliminares y provisionales, estructuras, arquitectura, instalaciones, comunicaciones, trabajos exteriores, etc. De tal forma que si hacemos un recorrido visual por todas las partidas que contempla el presupuesto notamos que estas pueden ser agrupadas de acuerdo con su unidad perceptible de ganancia.

La unidad perceptible de ganancia es el valor nominal que representa las actividades que se desarrollan en obra y generan valor económico. Al saber cuáles son dichos trabajos dónde la productividad puede entrar a tallar es la iniciativa del área de control de proyecto para mejorar la productividad, la trabajabilidad y la reducción de costos. El vaciado de concreto su unidad perceptible de ganancia es el m<sup>3</sup>, el encofrado de elementos horizontales y verticales el m<sup>2</sup>, la colocación de acero el kg, el asentado de bloquetas el m<sup>2</sup>, el cableado el ml, etc. Son valores que pueden ser analizados y mejorados según su clasificación por su unidad y partir de ello agrupando los montos de los trabajos involucrados.

El plan de fases del Hotel Aloft consiste que en cada partida del proyecto se le asigne una nomenclatura con un código que servirá para manipular los datos que comprenden las actividades que figuran.

## **CAPÍTULO IV: MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD**

### **4.1 PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN**

La integración del área de Control de proyecto en sus diversas unidades como planeamiento, productividad y costos permite que, así como las demás áreas del proyecto, se realice el apoyo y respaldo al área de Producción. Cuando estas dos áreas se involucran existe un mayor control de cada unidad y paquete producido cumpliendo con los plazos y costos estipulados en el contrato de obra. De esta manera favorece no solo al progreso del proyecto sino también a la imagen de la empresa que aplica estas herramientas de control en su planificación y producción.

Para llevar un buen control de lo que se produce es evidente que debe ser constantemente inspeccionado a un nivel alto de detalle para evitar cualquier complicación. Es por ello que actualmente las grandes empresas constructoras inmobiliarias tales como COSAPI SA y Graña Montero implementan dichas herramientas de control a lo largo de la etapa de ejecución. Los formatos que cumplen con el objetivo de la filosofía 'pérdidas cero' utilizados son: el porcentaje de actividades cumplidas (PAC o PPC) a un nivel de detalle diario y semanal, el LookAhead (la proyección de trabajo semanal), el análisis de restricciones (AR), y las causas de no conformidad en el levantamiento de restricciones o del proceso constructivo (CNC).

#### **4.1.1 Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC)**

El LookAhead es un extracto de las actividades que se han desplegado a nivel de detalle del cronograma de obra, pudiendo ser reformulados según los criterios de planificación de tal manera que el pliegue de todas esas actividades se les conoce como el 'Tren Master de Ejecución' donde se debe ajustar a los plazos de cada partida constructiva. Estos paquetes de trabajo (ver

Figura 20 del Muro anclado) pueden ser analizados por semanas de tal manera que al presentarlo de esta forma podemos diseñar un formato que recoja el principio del LookAhead de hacer una proyección del trabajo que se deberá ejecutar de forma semanal.

### 4.1.1.1 LookAhead Hotel Aloft Costa Verde

Mirar hacia adelante es el principio que engloba la terminología LookAhead y aplicada a las obras civiles puede representar una herramienta efectiva para el desarrollo de las actividades que se ejecutan diariamente en un proyecto. En la Figura 39 se presenta el desarrollo de la semana 35 y las siguientes semanas lo cual va a facilitar al ingeniero de campo, al maestro de obra y capataces poder saber qué actividades son las que ejecutarán en el día y al finalizar la semana. Este formato es práctico y su uso debe a ello. El nivel de detalle es por niveles (sótano 3, sótano 2, sótano 1, piso 1) y en cada nivel las actividades contempladas para esas semanas al nivel de detalle constructivo. En las celdas coloreadas se marcan el plazo de ejecución diaria que se tiene prevista terminar dicha actividad. Adicionalmente en las celdas de algunas actividades figuran los metrados de la actividad para tenerlo en consideración en obra.

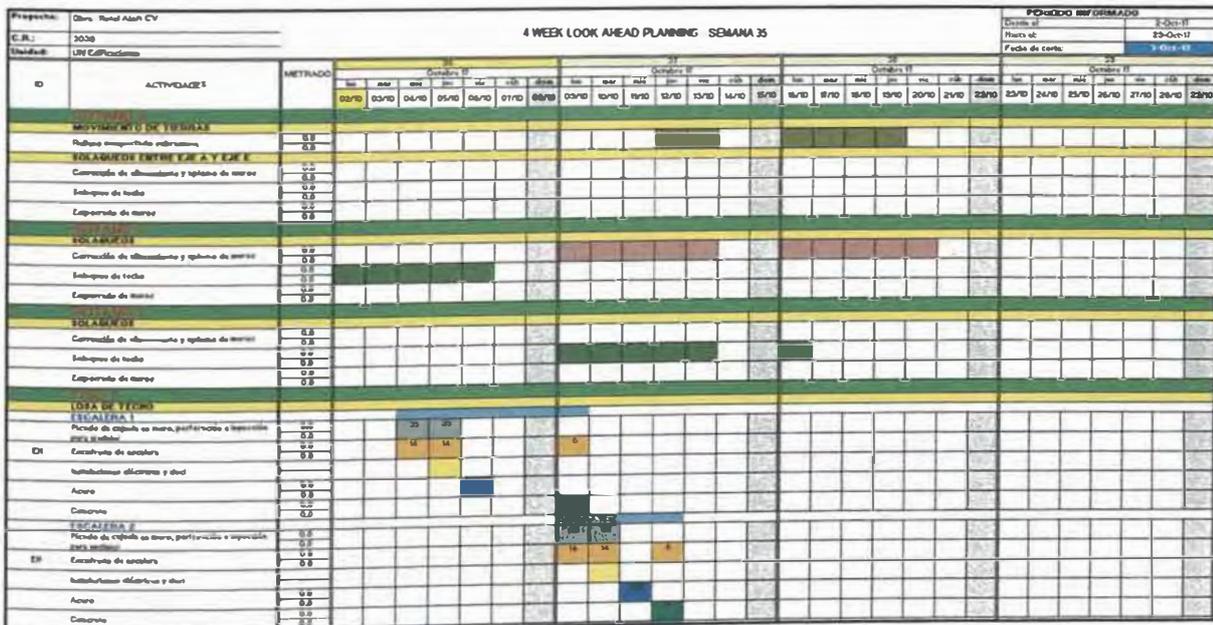


Figura 39. LookAhead Semana 35 – Proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

#### **4.1.1.2 Formato del PAC**

Se realiza un corte en la semana pasada en la que fue ejecutada y se agrega unas columnas donde se hace un barrido de aceptación si la actividad fue ejecutada con un sistema de calificación de SI o NO y, adicionalmente, una columna donde se pueden colocar comentarios en la misma línea referentes a la actividad.

De esa manera al finalizar de calificar verticalmente todas las actividades se verifica el porcentaje de cumplimiento.

En la Figura 40 el PAC de la semana 35 fue del 86% y como se detalla contempla un sistema de nominación para cada actividad (MET, PROG, ING, ...) que son también un sistema de compilación y sintetizar información para analizar las causas de no cumplimiento que suceden en las semanas.

#### **4.1.1.3 Formato de las Causas de No Cumplimiento (CNC)**

A lo mencionado líneas arriba, cuando una actividad no fue cumplida y registrada en el PAC se realiza un comentario de la causa por la que no se realizó y además, a manera de criterio, se debe designar un valor a la causa como por ejemplo un inconveniente que tuvo un área en el proyecto de gestión, inconvenientes con el material por llegada o stock en almacén, errores en la ingeniería generando incompatibilidad de las especialidades, la falla de los equipos de trabajo, complicaciones con el método de trabajo o proceso constructivo, entre otras las cuales se muestran en la Tabla 7.

Cliente:		(PAC)										Hasta el:	8-Oct-17			
Proyecto:		HOTEL ALOFT CV										Fecha de corte:	8-Oct-17			
ID	ACTIVIDADES	Und	SEVI	35							METRADO	FAC		CLASIFICACIONCNC		COMENTARIOS
			MES	Octubre 17								31	90	TPO	IC	
			DIA	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom		57	9			
FECHA	02/10	03/10	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10	09/10								
<b>OBRA HOTEL ALOFT CV</b>																
<b>ESTRUC-LINA 3</b>																
<b>PISO 1</b>																
<b>LOSA DE TECHO</b>																
<b>ESCALERA 1</b>																
	Picado de cajuela en muro, perforación e inyección para anclajes	m	Plan			30	25						1	VET	PROG	Recursos insuficientes
	Actual															
EI-	Encofrado de escalera	m2	Plan			14	11						1	VET	PROG	Recursos insuficientes
	Actual															
	Instalaciones eléctricas y dati		Plan										1	VET	PROG	Recursos insuficientes
	Actual															
	Acero	<g	Plan										1	VET	PROG	Recursos insuficientes
	Actual															
	Concreto	m3	Plan													
	Actual															
<b>ESCALERA 5</b>																
	Acero de placa de apoyo descanso (+3.22)	m	Plan										1	VET	ING	Cambio de diseño
	Actual															
EV	Encofrado de placa de apoyo descanso (+3.22)	m	Plan				11						1	VET	ING	Cambio de diseño
	Actual															
	Concreto en place de apoyo descanso (+3.22)	m	Plan										1	VET	ING	Cambio de diseño
	Actual															
	Picado de cajuela en muro, perforación e inyección para anclajes	m	Plan													
	Actual															
EI-	Encofrado de escalera	m2	Plan										1	VET	ING	Cambio de diseño
	Actual															
	Instalaciones eléctricas y dati		Plan													
	Actual															
	Acero	<g	Plan													
	Actual															
	Concreto	m3	Plan													
	Actual															

Figura 40. PAC Semana 35 – Proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Tabla 7. Instructivo para los criterios de no cumplimiento

CLASIFICACIÓN		ID	DESCRIPCIÓN
MANO DE OBRA	MO	EFC	Personal no calificado para la tarea ejecutada (baja productividad)
		SEG	Acto subestandar
MATERIALES	MAT	LOG	Cantidad de material insuficiente para ejecutar la actividad
			Falta de consumibles en Almacén
		PRJ	Los materiales programados para la actividad fueron usados en otra área
		PREV	Falta de habilitado y/o pre-armado de materiales (acero, encofrados, etc)
EQUIPOS	EQ	QAQC	Los materiales a ser usados en la actividad con son de la calidad requerida
		LOG	Falta o deficit de equipos
		MTTO	Equipo inoperativo o con problemas mecanicos
MÉTODO	MÉT	PRJ	Los equipos programados para la actividad fueron usados en otra área
		SEG	Condicion Subestandar
			Secuencia constructiva inadecuada
			Cuadrilla insuficiente para cubrir los frentes de trabajo
			Falta de inspeccion de las condiciones de terreno (ej. Suelo rocoso, cables o tuberias enterradas, etc)
		PROG	Falta de protocolos aprobados
			Meta prevista optimista
			Tiempos tecnologicos no contemplados
			Incompatibilidad de planos no resuelta con anticipacion
			Falta de permisos para ingreso al area
	QAQC	Retrabajos	
	ING	Modificación de ingeniería inesperada	
	ACT-PREV	Actividad previa no concluida	
EXTERNO	EXT	SC	Entregable atrasado por subcontratista
			Entregable deficiente (QAQC) por subcontratista
		CU-PER	Demora en aprobacion de protocolos y/o permisos por Supervision y/o Cliente
			Demora en respuesta a RFI por Supervision y/o Cliente
		CU-LOG	Suministro deficiente (calidad no adecuada, falta de piezas) por Supervision y/o Cliente
		CU-ING	Cambio inesperado de Ingenieria por Supervision y/o Cliente
	CU-PRJ	Cambio de prioridad por la Supervisión y/o Cliente	
		Interferencias con otro subcontratista	
	AMB	Clima o evento extraordinario (marcha, huelga, etc.)	

Fuente:

#### 4.1.2 Histórico del PAC

Tener una recopilación de los cambios y desviaciones que se generan en el porcentaje de actividades cumplidas permite entender de manera práctica si los mecanismos de control, mejora de procesos y correcciones en las restricciones funciona como se espera o deben ser nuevamente corregidas las acciones.

En esa línea, es importante contar con el registro variable de los PAC para saber la tendencia que marca en el proyecto. En la Figura 41, se contempla el PAC histórico del proyecto.

Periodo		PAC				
Del	Al	SI	NO	Real	Meta	Promedio
6/3/2017	12/3/2017	30	7	90%	80%	80%
13/3/2017	19/3/2017	36	5	99%	80%	89%
20/3/2017	26/3/2017	75	25	75%	80%	88%
27/3/2017	2/4/2017	52	7	88%	80%	88%
3/4/2017	9/4/2017	45	14	76%	80%	88%
10/4/2017	16/4/2017	33	8	80%	80%	88%
17/4/2017	23/4/2017	42	14	75%	80%	88%
24/4/2017	30/4/2017	26	3	91%	80%	84%
1/5/2017	7/5/2017	28	1	97%	80%	88%
8/5/2017	14/5/2017	13	1	93%	80%	88%

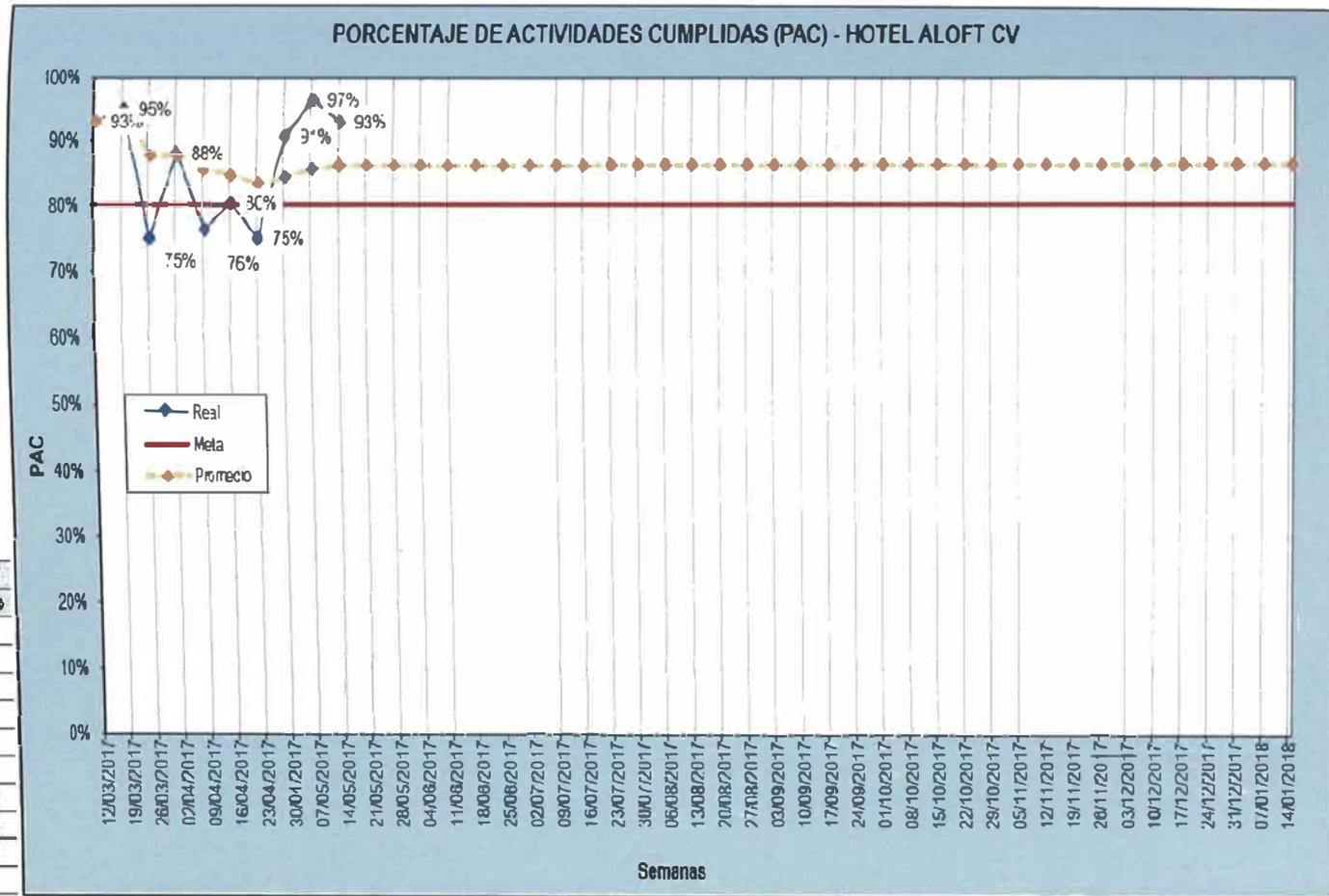


Figura 41. Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) histórico – Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 4.1.3 Planificación diaria

La ejecución de actividades en obra se realizan día a día y por ende requieren que se ajusten a una eficiente planificación el cual debe contemplar detalles específicos legibles para ser interpretados de manera rápida y sin complicaciones.

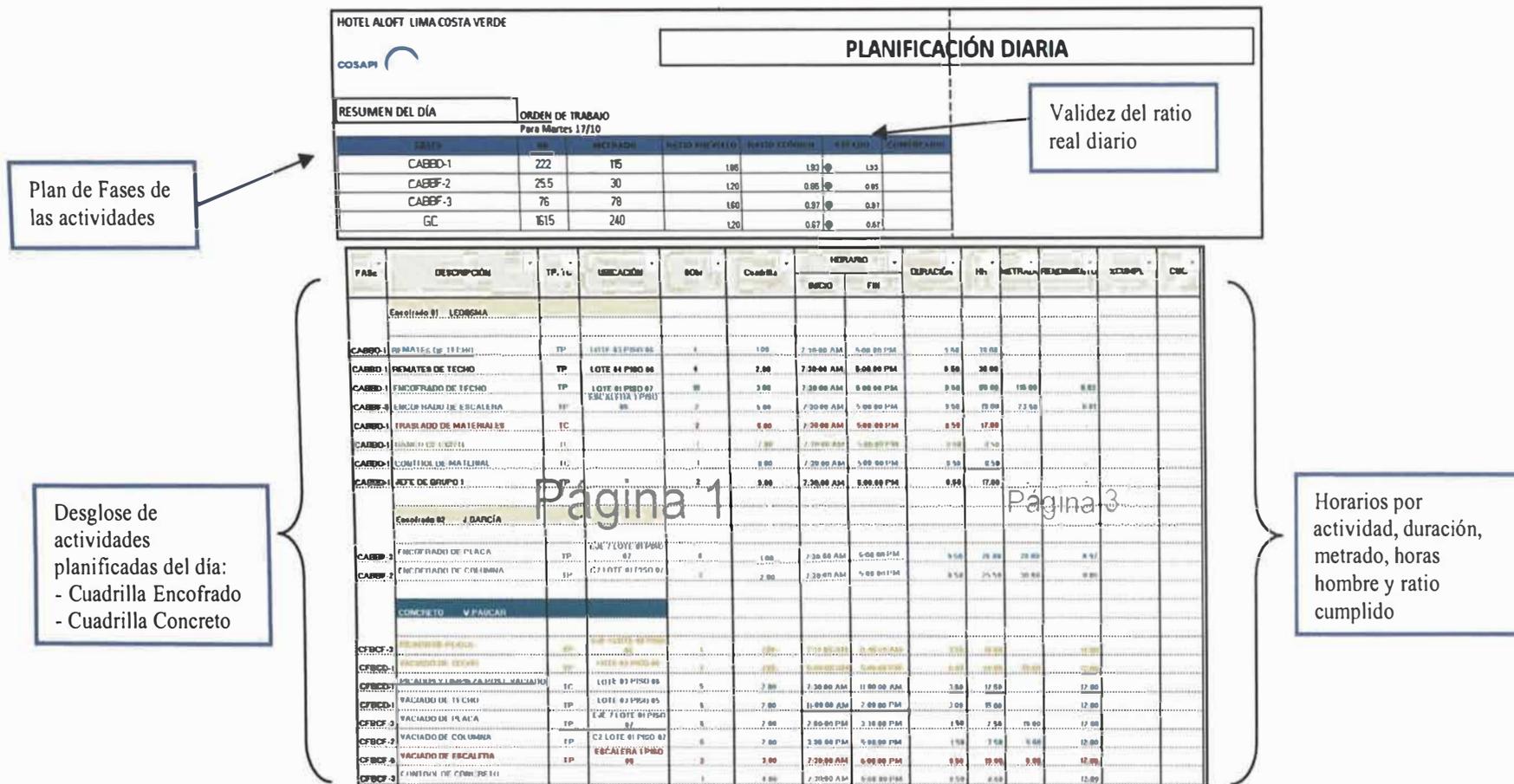


Figura 42. Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) histórico – Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Otro recurso adicional para complementar la planificación del día es un mapeo de la zona donde se ejecuta los trabajos del día definido por actividad. En la Figura 43, Figura 44, Figura 45 y Figura 46 se muestran ejemplos de la esquematización de planificación diaria.

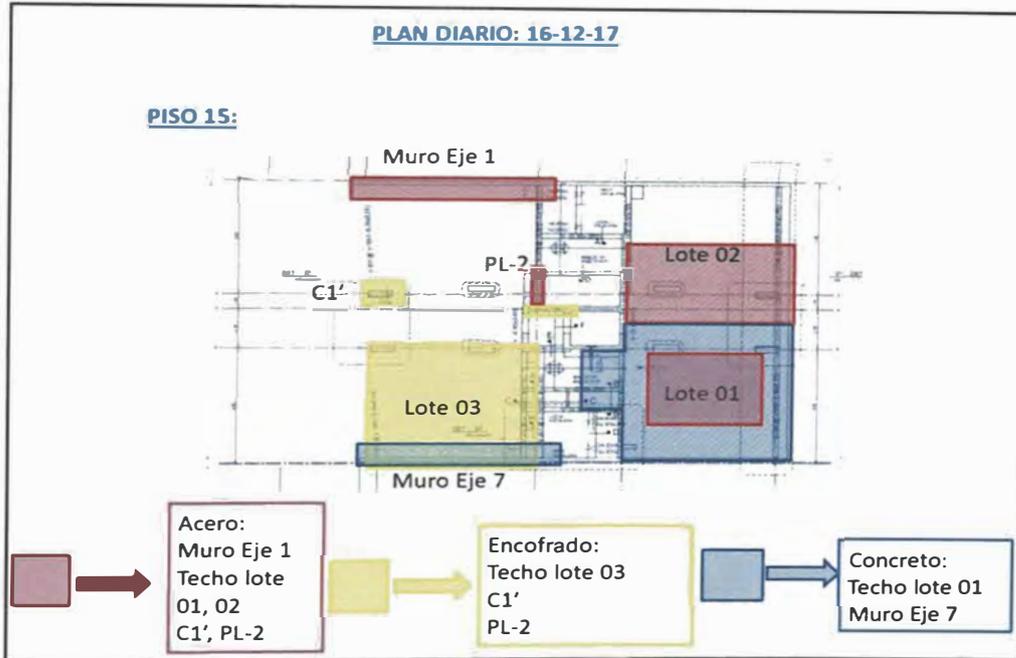


Figura 43. Ejemplo del Plan diario 16-12 Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

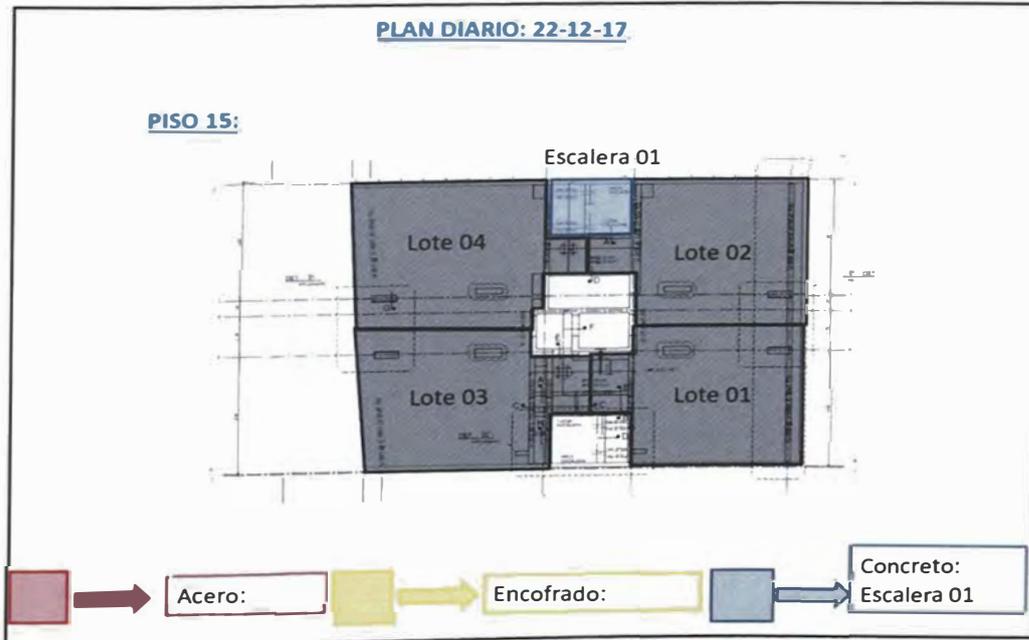


Figura 44. Ejemplo del Plan diario 22-12 Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

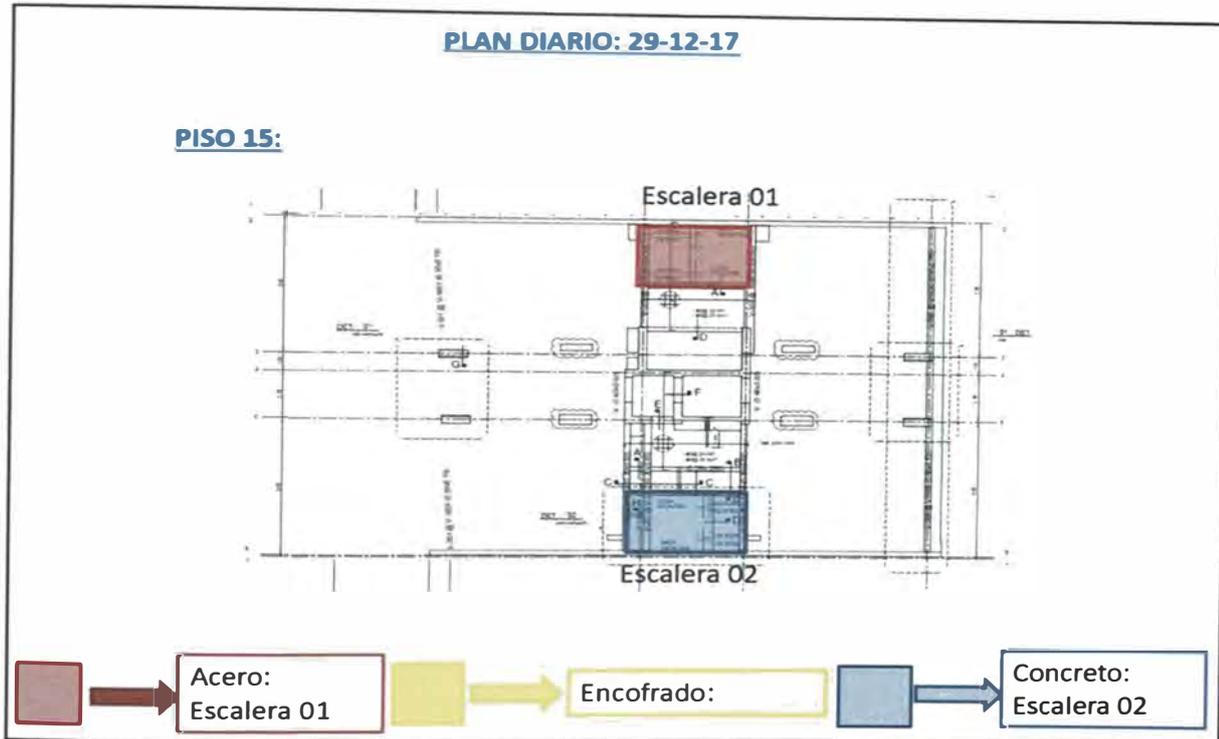


Figura 45. Ejemplo del Plan diario 29-12 Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

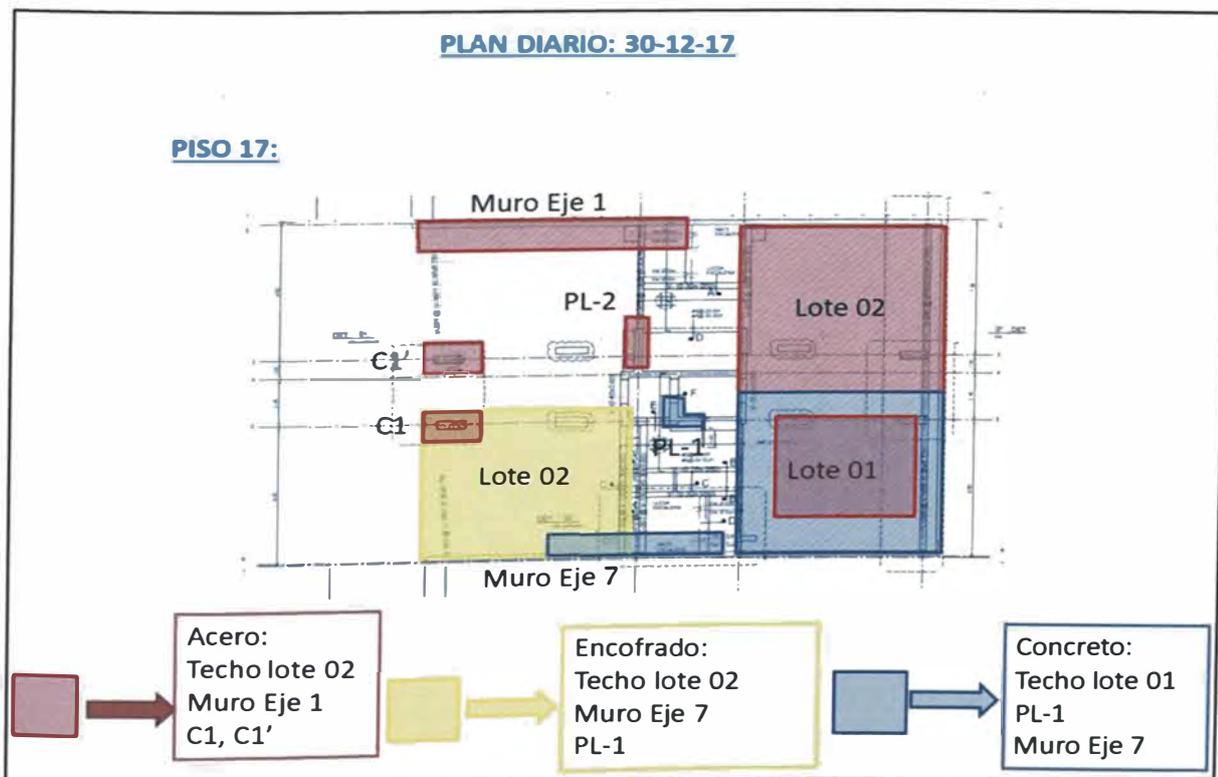


Figura 46. Ejemplo del Plan diario 30-12 Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 4.1.4 Histórico del CNC

De igual forma que se realizó el análisis para el histórico del PAC en el punto 5.1.2, las causas de no cumplimiento deben tener un registro progresivo de las mejoras para que se analicen con anticipación. Agrupándolas con los criterios mencionados (ver Figura 47) se muestra en los detalles del formato de registro de las causas de no cumplimiento

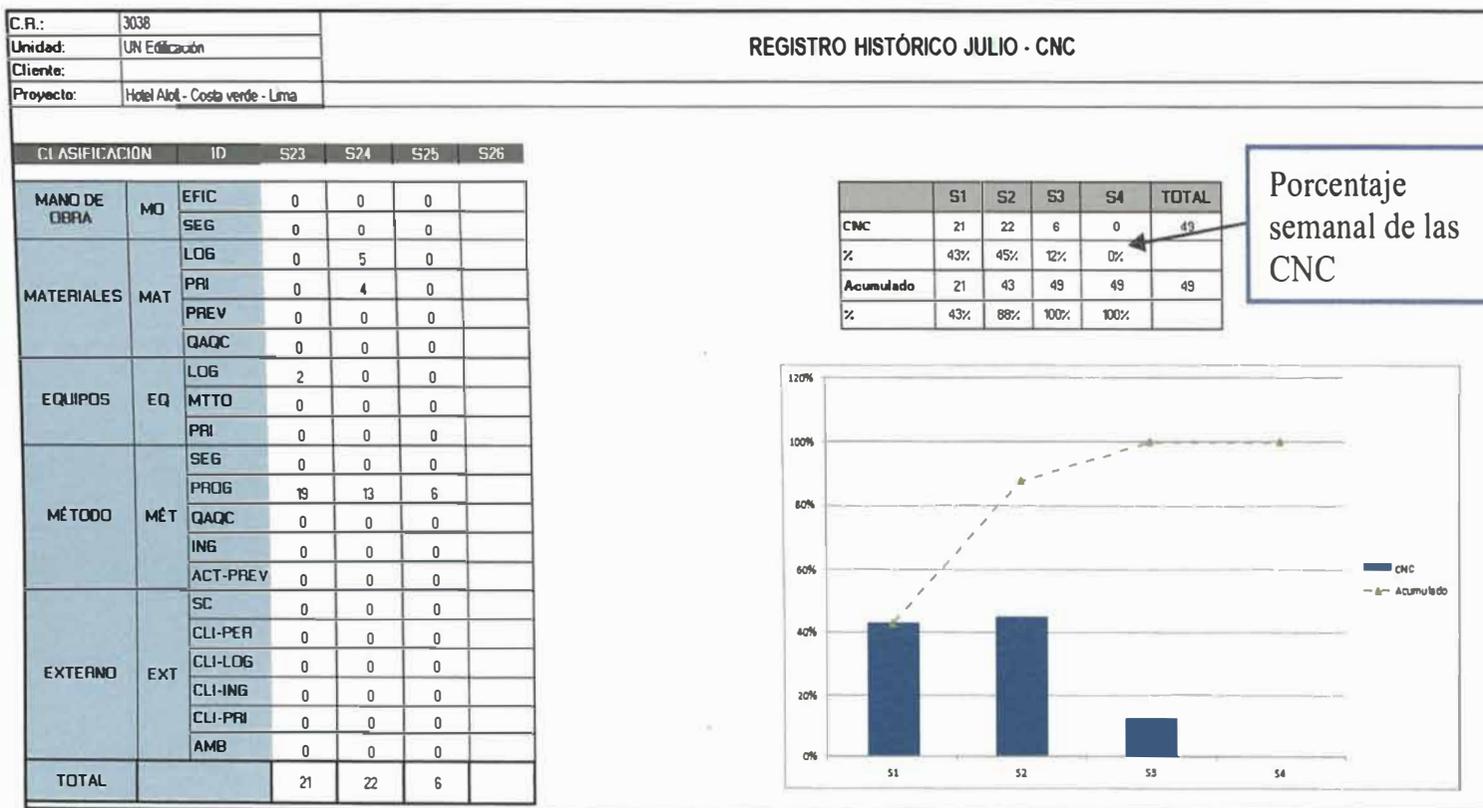


Figura 47. Balance de las causas de no cumplimiento mensual – CNC mensual

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Tabla 8. Cuadro resumen de las CNC Semana 23

SEMANA 23

	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																				Total
	MO		MAT				EQ			MET					EXT						
	EFIC	SEG	LOG	PRI	PREV	QAQC	LOG	MTTO	PRI	SEG	PROG	QAQC	ING	ACT-PREV	SC	CLI-PER	CLI-LOG	CLI-ING	CLI-PRI	AMB	
Semana	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Acumulado mes	0	0	5	4	0	0	2	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
%	0%	0%	10%	8%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

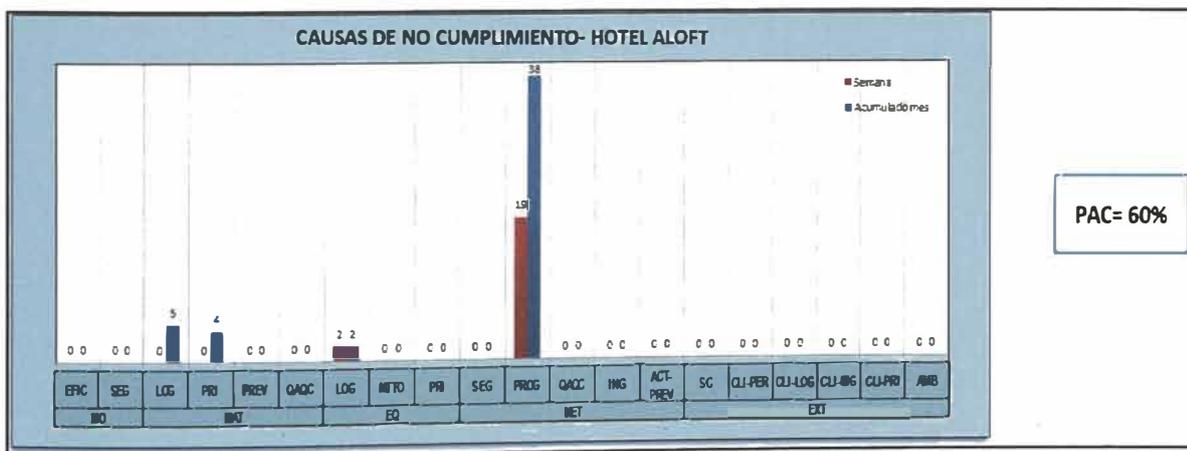


Figura 48. Gráfico resumen de las CNC Semana 23

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Tabla 9. Cuadro resumen de las CNC Semana 24

SEMANA 24

	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																				Total
	MO		MAT				EQ			MET					EXT						
	EFIC	SEG	LOG	PRI	PREV	QAQC	LOG	MTTO	PRI	SEG	PROG	QAQC	ING	ACT-PREV	SC	CLI-PER	CLI-LOG	CLI-ING	CLI-PRI	AMB	
Semana	0	0	5	4	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
%	0%	0%	23%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	59%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Acumulado mes	0	0	5	4	0	0	2	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
%	0%	0%	10%	8%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

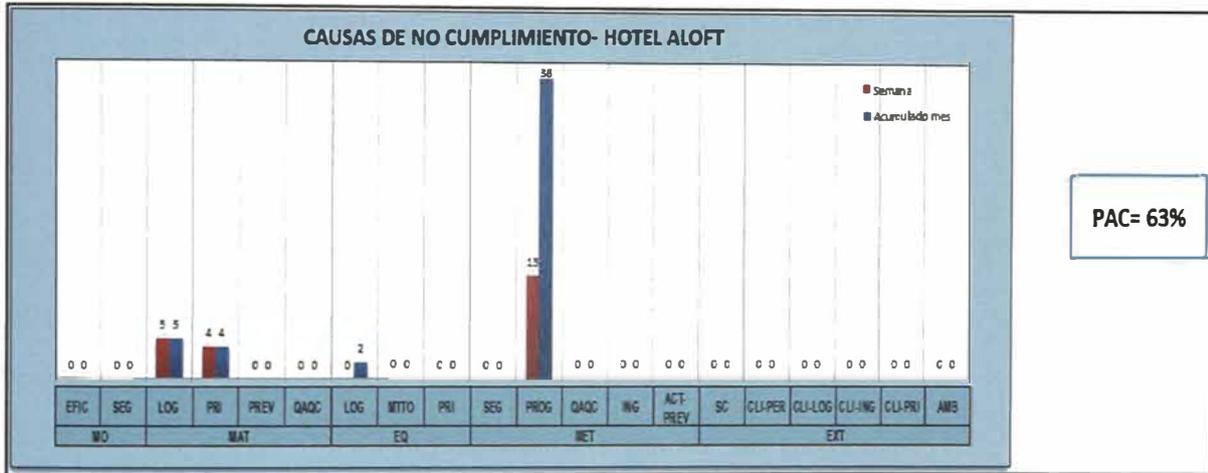


Figura 49. Gráfico resumen de las CNC Semana 24

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Tabla 10. Cuadro resumen de las CNC Semana 25

**SEMANA 25**

	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																				Total
	MO		MAT				EQ			MET					EXT						
	EFIC	SEG	LOG	PRI	PREV	QAQC	LOG	MTTD	PRI	SEG	PROG	QAQC	ING	ACT-PREV	SC	CLI-PER	CLI-LOG	CLI-ING	CLI-PRI	AMB	
Semana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Acumulado mes	0	0	5	4	0	0	2	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
%	0%	0%	10%	8%	0%	0%	4%	0%	0%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

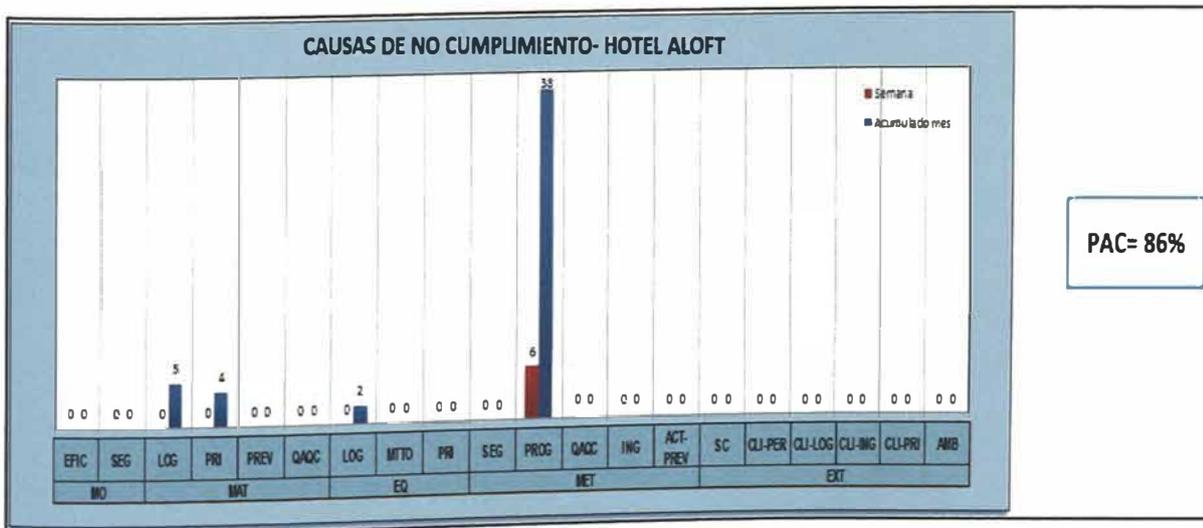


Figura 50. Gráfico resumen de las CNC Semana 25

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

En los cuadros e imágenes de arriba se detalla el progreso semanal al analizar semana tras semana las causas de incumplimiento que han ocurrido en el desarrollo de la obra. Por lo general, son fallas que ocurren por la falta de coordinación y gestión que no se suele apreciar en obra debido al impacto diario de un conjunto de actividades, pero cuando se logra realizar estos análisis de datos y procesarlos de forma atractiva y simple permite a los encargados de llevar a cabo la ejecución de los procesos realizar las actividades evitando demoras. Se aprecia que el a medida que las causas de incumplimiento fueron levantadas el porcentaje del PAC aumentó de 63% a 86% (ver Figura 52) validando la efectividad de la herramienta de control de productividad.

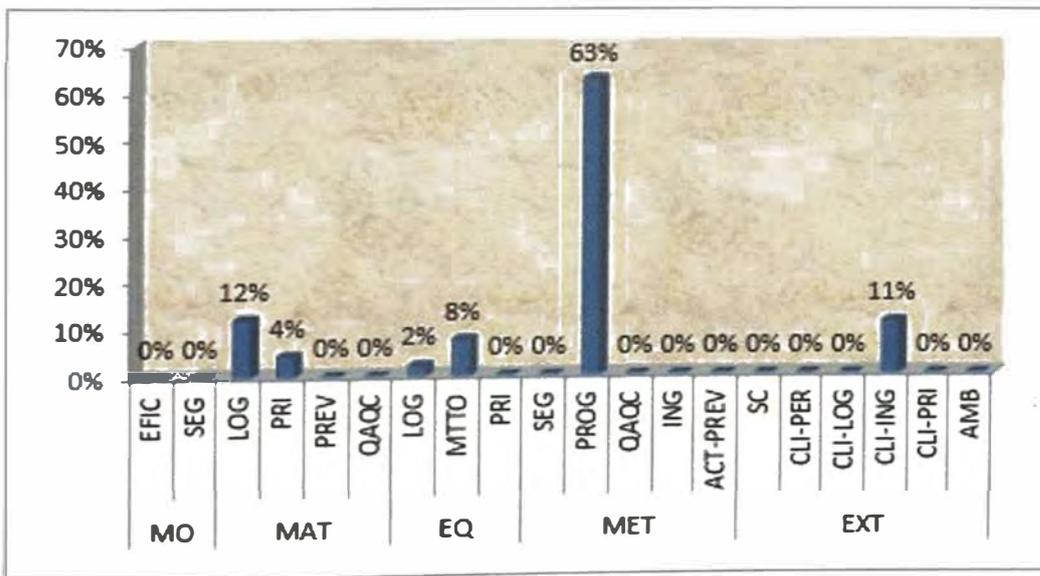


Figura 51. Gráfico resumen de las CNC

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

De la Figura 51 se contempla que existe una mayor incidencia del 63% en las actividades de método PROG; un 12% en las actividades que involucran materiales LOG; un 11% en actividades externas CLI-ING; y un 8% en las actividades que involucran equipos MTTO.

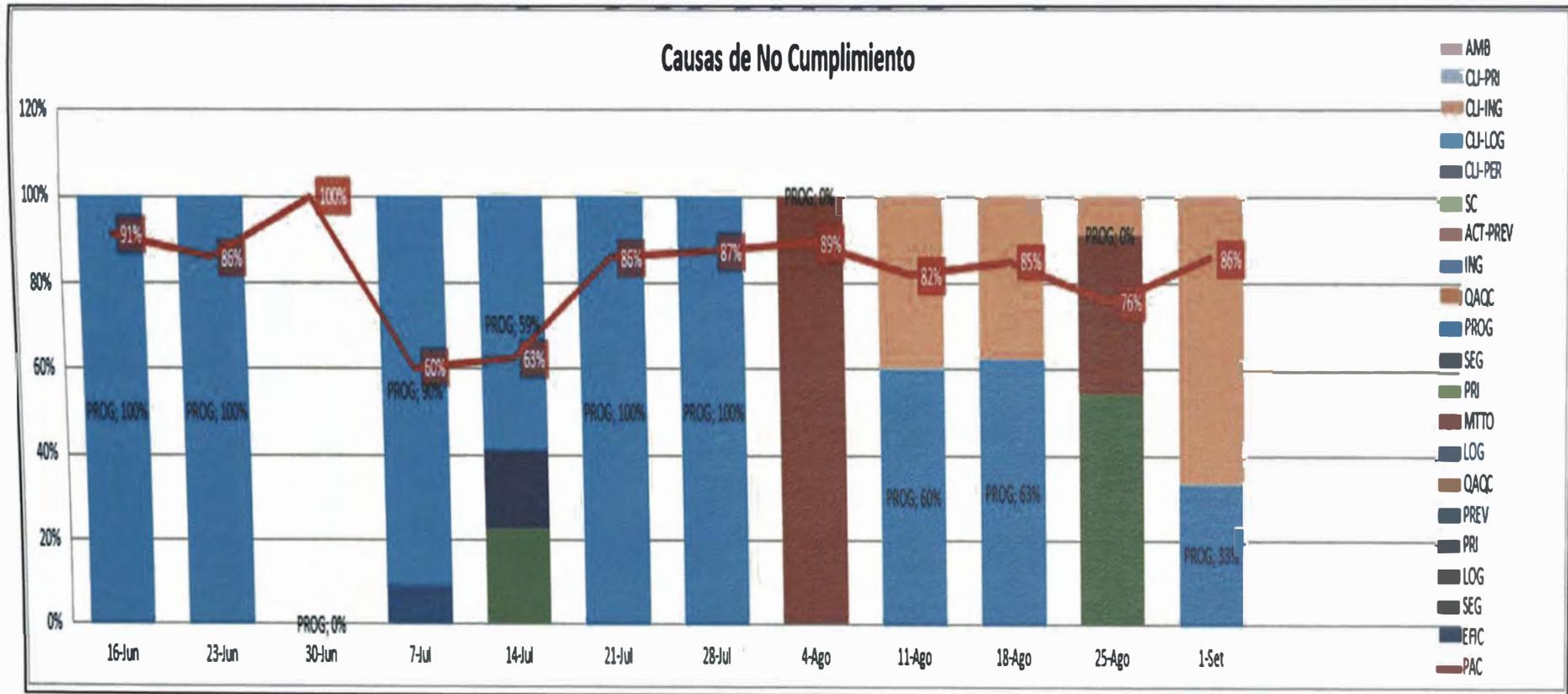


Figura 52. Gráfico pictográfico progresivo semanal y curva del PAC – Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

## 4.2 MEJORA PROCESOS INCIDENTES – INDICADORES DE MEJORA

En la ejecución de una obra civil se presenta una gran cantidad de actividades las cuales demandan un conjunto de procesos que por lo general se han mejorado en el transcurso del tiempo pero que, a pesar de ello, es necesario mejorarlo y controlar su desarrollo.

Un proceso constructivo contiene elementos muy distinguidos en la construcción: los insumos que serán utilizados; los elementos embebidos que quedarán atrapados y los elementos que permitirán sostener a los insumos contribuyendo con su elaboración; y la cantidad de horas hombre invertidas en el proceso constructivo. Es por ello, que tener un indicador para cada enfoque del proceso sostendrá un controlado producto entregado (para la supervisión y el cliente) lo que implica enfocarnos en distinguir y controlar dichos elementos en el proceso a través de unos indicadores que nos faciliten proporcionar la información para el análisis y emitir los criterios que se necesiten en su mejora.

### 4.2.1 Control del concreto vaciado en obra

Para llevar un correcto control del concreto vaciado debemos tomar en cuenta el volumen productivo necesario que debe ser contemplado vaciar en el día tanto para los elementos horizontales (losa y vigas) como verticales (columnas, placas, parapetos) ya que esto permitirá asegurar un PAC muy por encima de la meta (ver ítem 5.1.2). Al tener un área sectorizada en sus inicios de planificación se facilita llevar el progreso del vaciado de concreto y será también de esta manera como controlaremos a partir de sus sectores el vaciado.

#### 4.2.1.1 Control del concreto vaciado: elementos horizontales

Llevamos el control del vaciado en la losa y la viga según la cantidad de concreto real vaciado ese día (incluyendo el desperdicio) en el metrado ya que nos permitirá más adelante calcular el desperdicio del concreto a partir de su volumen geométrico en dicha área (ver Figura 60) y la fecha correspondiente del vaciado.

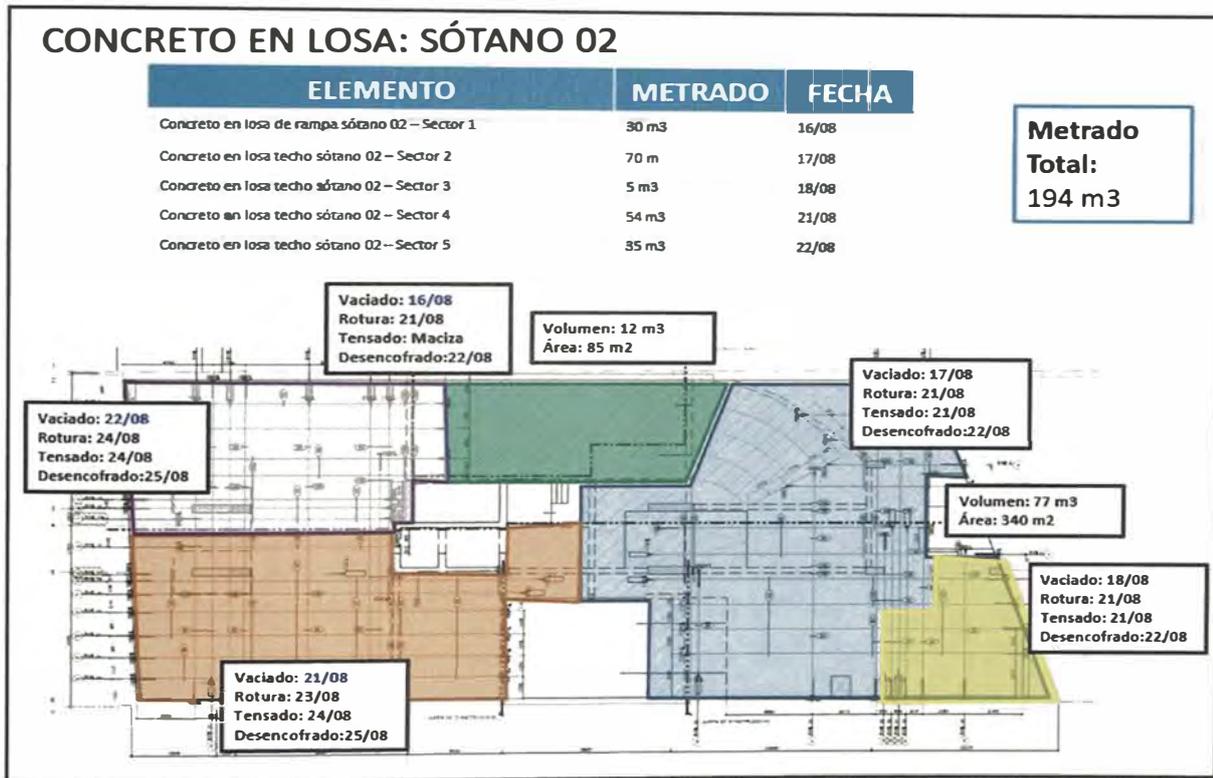


Figura 53. Control del vaciado de concreto en la Losa de Techo del Sótano 02

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

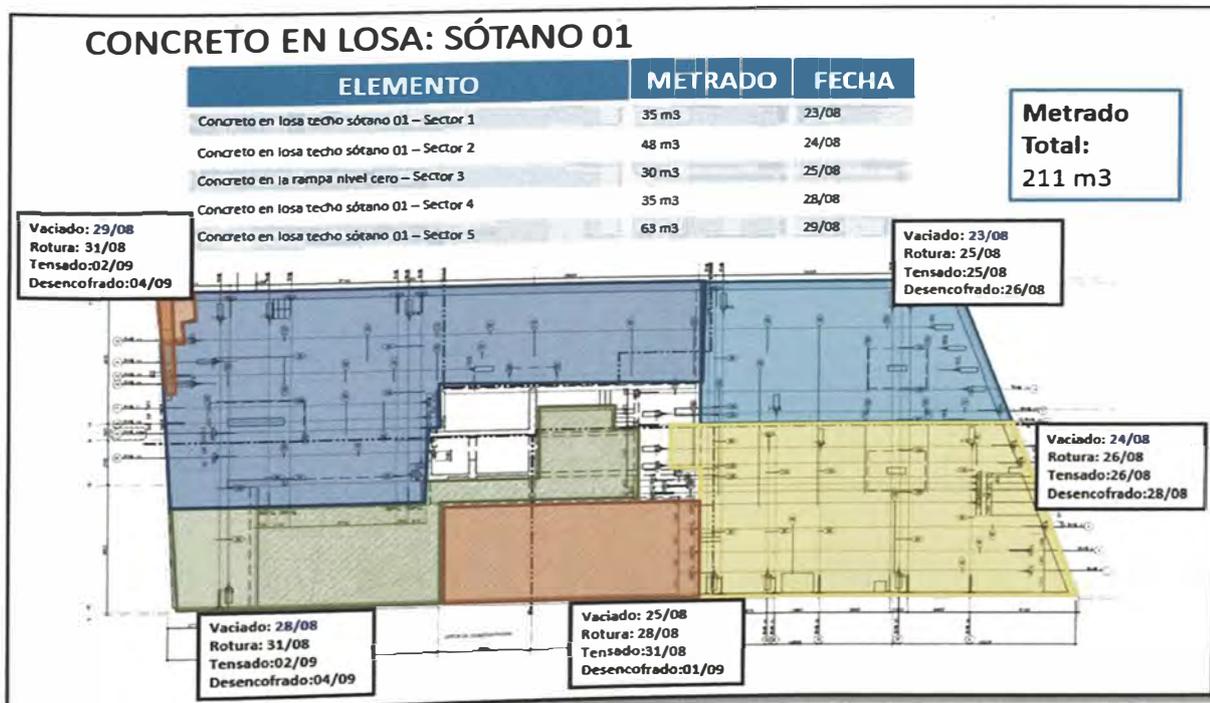


Figura 54. Control del vaciado de concreto en la Losa de Techo del Sótano 01

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

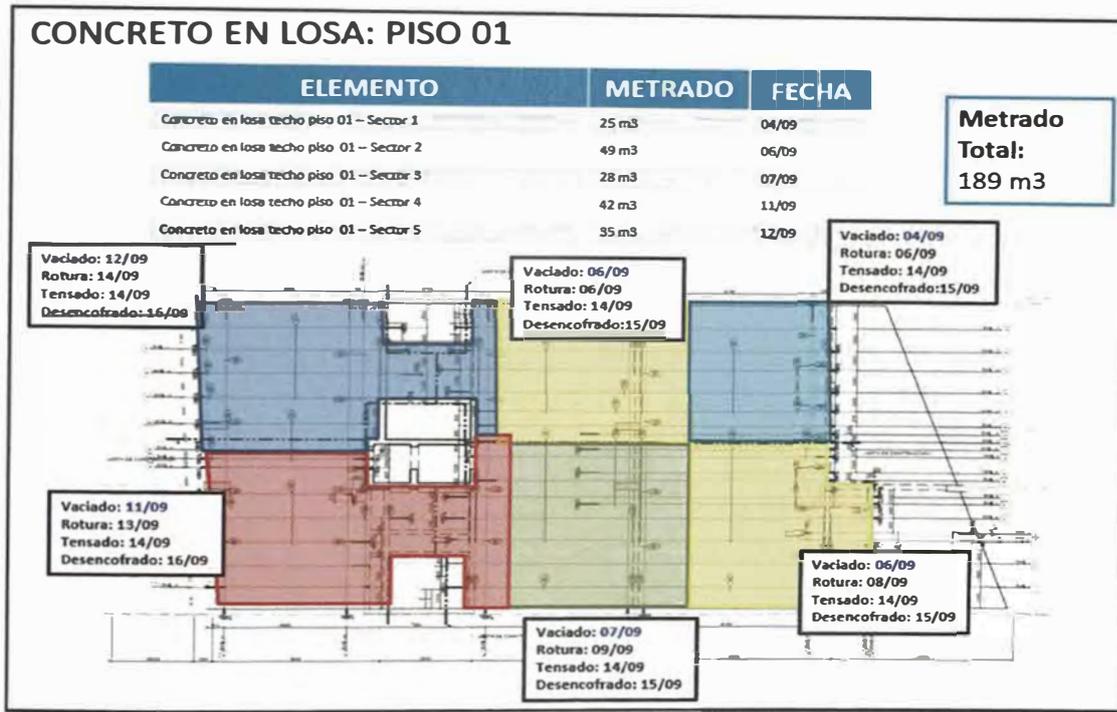


Figura 55. Control del vaciado de concreto en la Losa de Techo del Piso 01

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

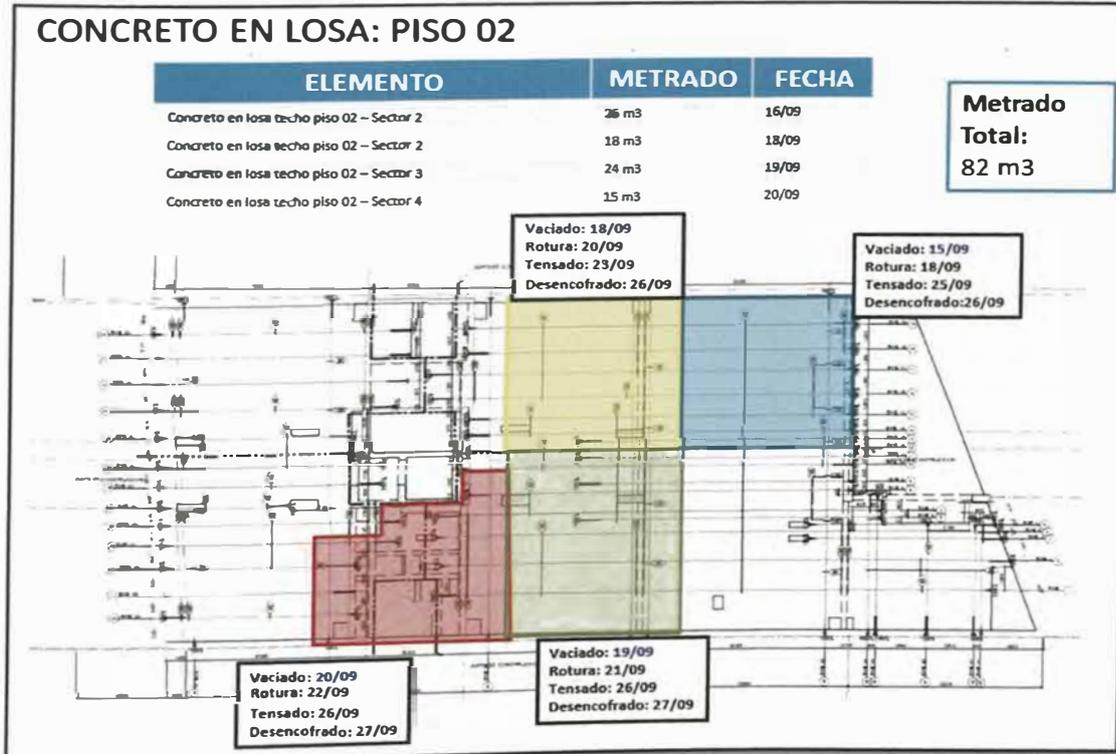


Figura 56. Control del vaciado de concreto en la Losa de Techo del Piso 02

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 4.2.1.2 Control del concreto vaciado: elementos verticales

También tomaremos el control del concreto vaciado en los elementos verticales, la columna, las placas y los parapetos y, de igual forma, colocamos el metrado vaciado en cada sector y la fecha en la que fue vaciado de tal forma que contemos con un mapeo total de los elementos vaciados en obra.

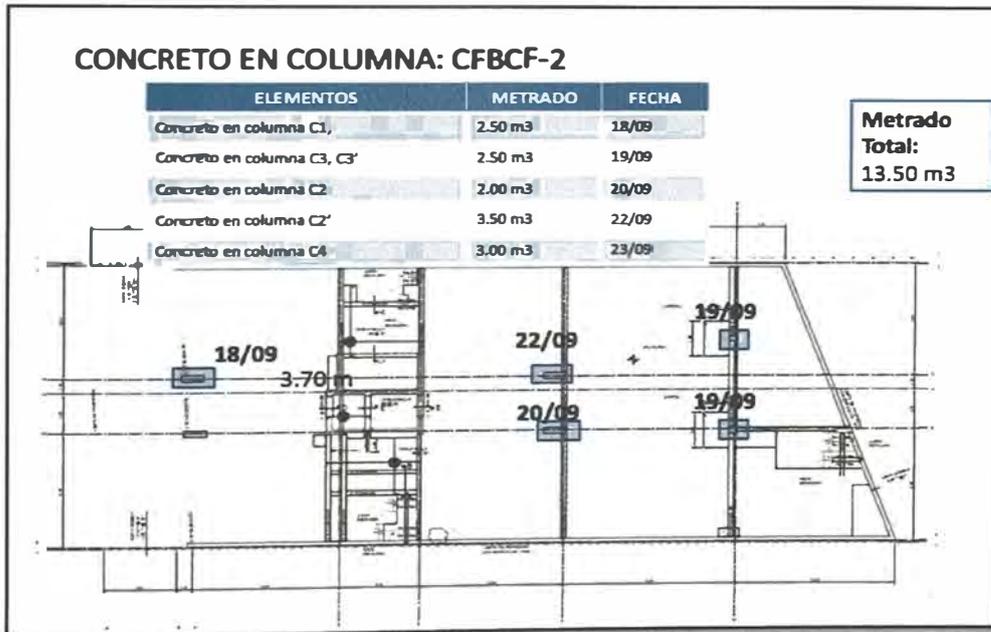


Figura 57. Control del vaciado de concreto en Columnas

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

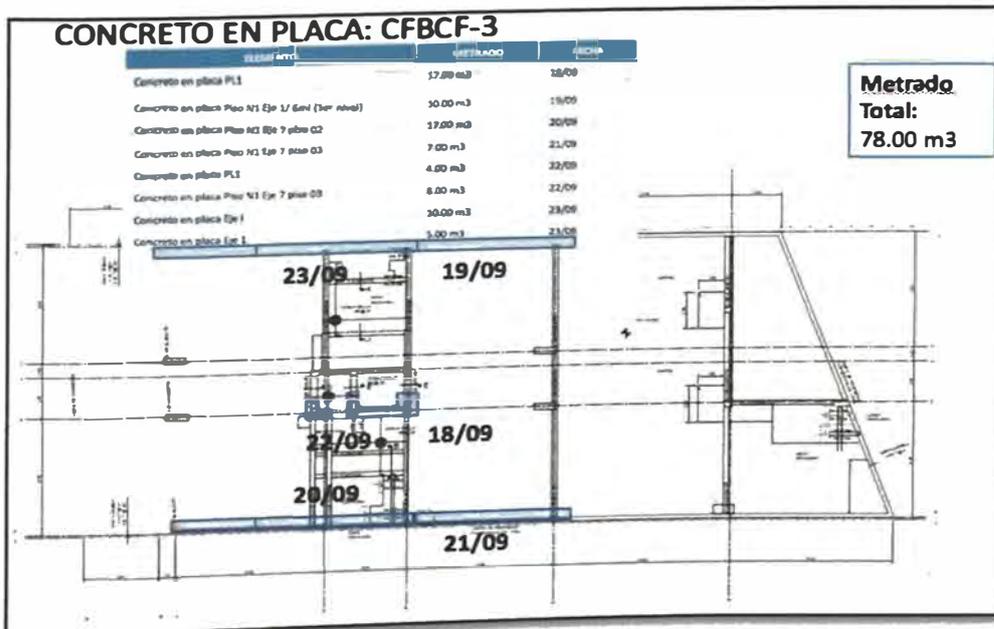


Figura 58. Control del vaciado de concreto en Placas

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

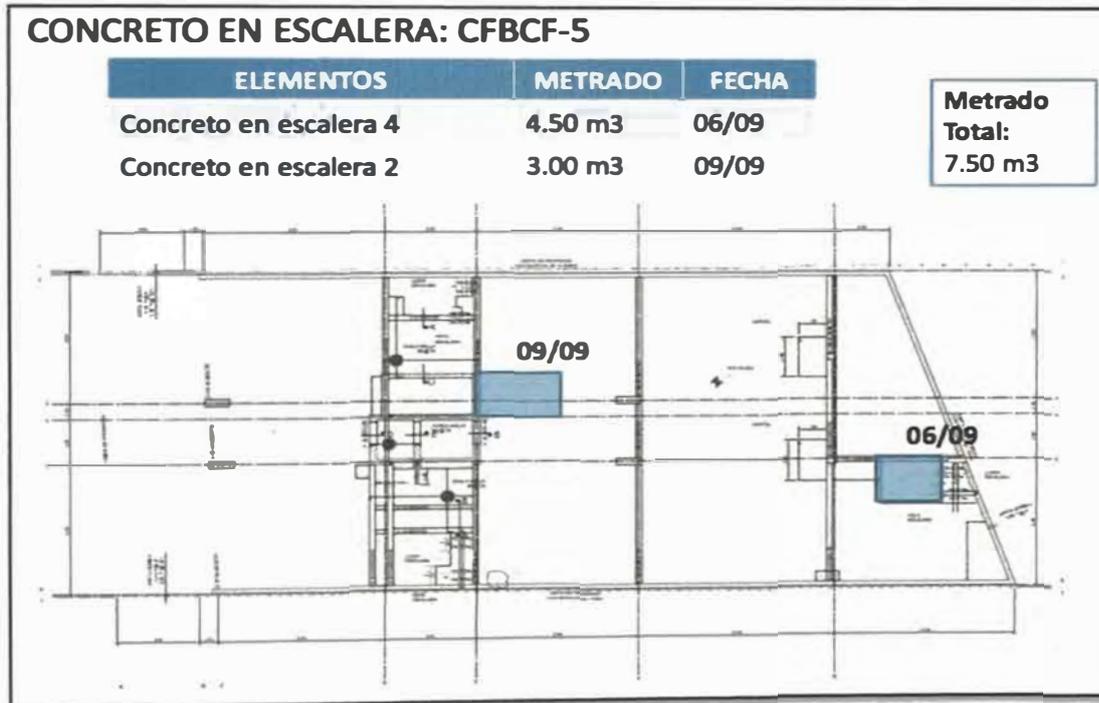


Figura 59. Control *del vaciado de concreto en Escalera*

*Fuente:* Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 4.2.1.3 Control del desperdicio del concreto

Con los volúmenes de concreto vaciados y sus fechas se elabora un cuadro resumen del progreso del concreto donde se puede analizar su tendencia, sus variaciones y sus porcentajes de desperdicio con el objetivo de estimar las pérdidas que serán tomadas en cuenta en el procesamiento de variantes que afectan directamente al costo.

Tabla 11. Control de los volúmenes de concreto previstos y reales con el porcentaje de desperdicio semanal

Corte : 3-Oct		Semana 32							Semana 33							Semana 34							Semana 35							Semana 36							Semana 37											
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Prog.Día								23.5	12.2	43.57	47.04	13.45	44.95	51.25	17.56	37.06	46.7	61.9	41.23	50.24	17.71	55.67	25.99	37.75	41.11	46.81	28.75	27.19	47.59	51.78	50.9	44.88	21.24	51.37	42.28													
Prog.Acum								23.5	35.7	79.27	126.3	139.8	184.1	215.4	232.9	270	316.7	378.2	419.4	469.4	487.3	543	569	606.8	647.9	694.7	723.4	750.6	798.2	850	900.9	900.9	900.9	900.9	900.9													
Real.Día								25	14	54	49	14	46	95	18	37	48	69	42	51	18	56	28	89	42	49	90	31	48	50	59	46	21	54	45													
Real.Acum								25	39	93	142	156	202	237	255	292	340	403	445	497	515	571	599	658	686	729	759	790	838	889	941	941	941	941	941													
% DESPERDICIO, PREV								5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%													
DESPERDICIO								1.5	1.8	10.43	1.96	0.55	1.65	3.755	0.44		1.3	1.5	0.775	1.759	0.294	0.33	2.01	1.248	0.887	2.19	1.25	3.81	0.41		2.1	1.32		2.63	2.72													
DESPERDICIO DIARIO								6.4%	14.8%	23.9%	-2%	4.1%	3.7%	12.0%	2.5%	0.0%	2.8%	2.4%	1.9%	3.5%	1.7%	0.6%	7.7%	3.3%	2.2%	4.7%	4.3%	14.0%	0.9%	0.0%	4.1%	3.0%	0.0%	5.1%	6.4%													
DESPERDICIO ACUM								1.50	3.30	13.73	15.69	16.24	17.89	21.65	22.09	22.09	23.39	24.89	25.66	27.42	27.71	28.04	30.05	31.30	32.19	34.38	35.63	39.44	39.85	39.85	41.95	41.95	41.95	41.95	41.95													
% DESPERDICIO, ACUM								6.4%	9.2%	17.3%	12.4%	11.6%	9.7%	10.1%	9.5%	8.2%	7.4%	6.6%	6.1%	5.8%	5.7%	5.2%	5.3%	5.2%	5.0%	4.9%	4.9%	5.5%	5.0%	4.7%	4.7%	4.7%	4.7%	4.7%	4.7%													

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

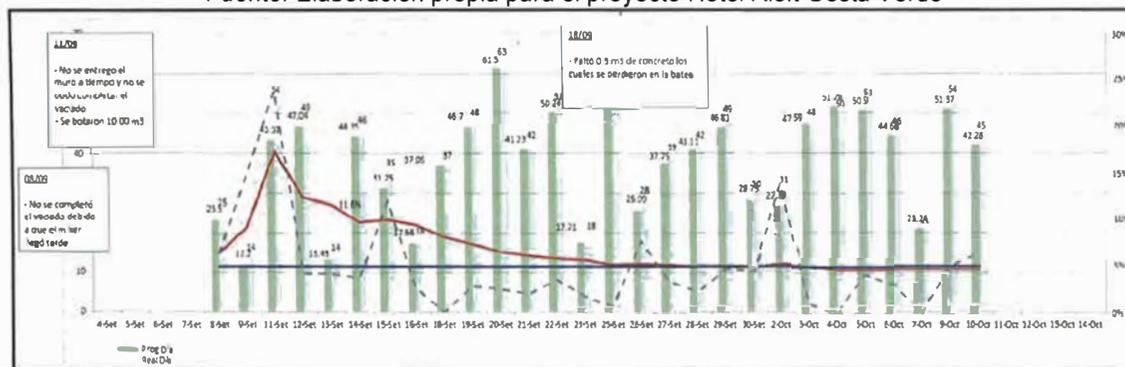


Figura 60. Gráfico del volumen de concreto real vaciado vs el concreto previsto semanal

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

#### 4.2.1.4 Control del encofrado de los elementos en obra

La importancia de controlar el encofrado surge en el requerimiento de tener material disponible para seguir vaciando concreto en los elementos de obra y una correcta planificación para rotar el material y contemplar su ubicación en el proyecto permite saber los tiempos en que se deben mover las piezas de encofrado. En la Figura 61 y Figura 62, se contempla el mapeo del encofrado.

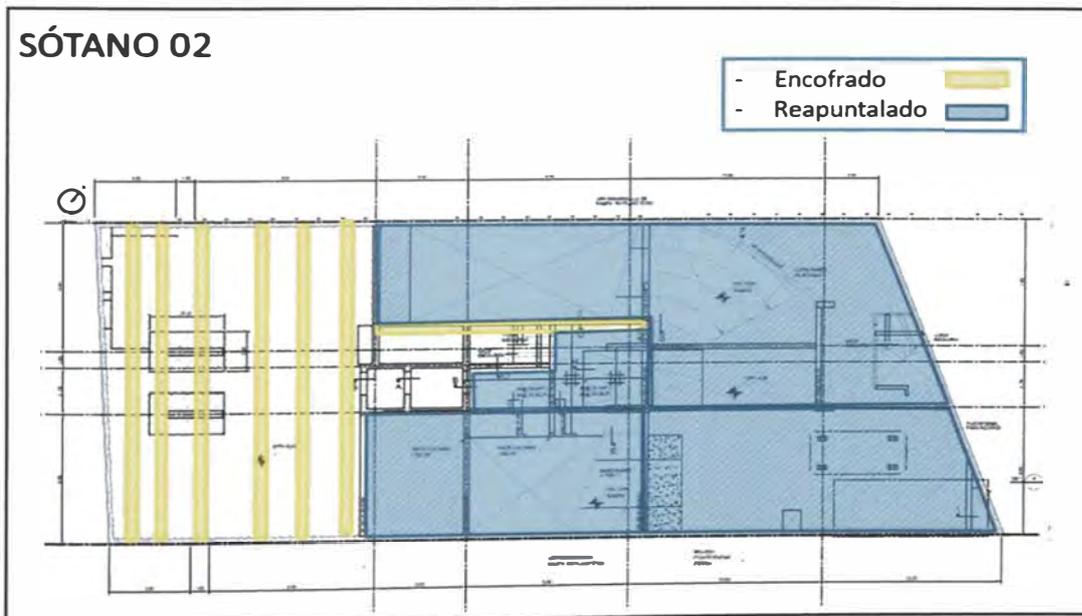


Figura 61. Material de encofrado y reapuntado en la Losa del Techo Sótano 02

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

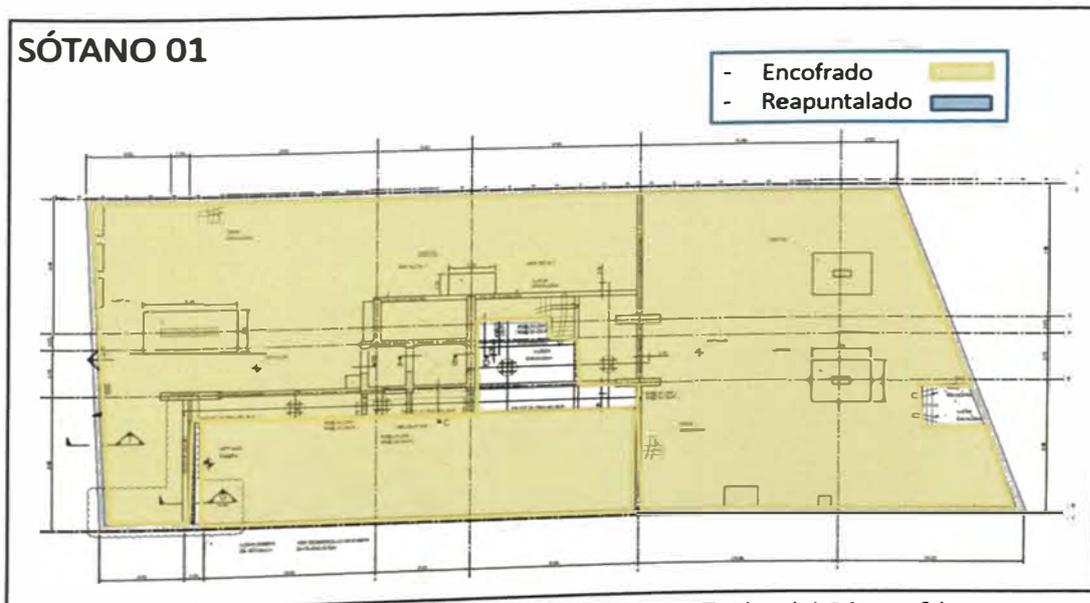
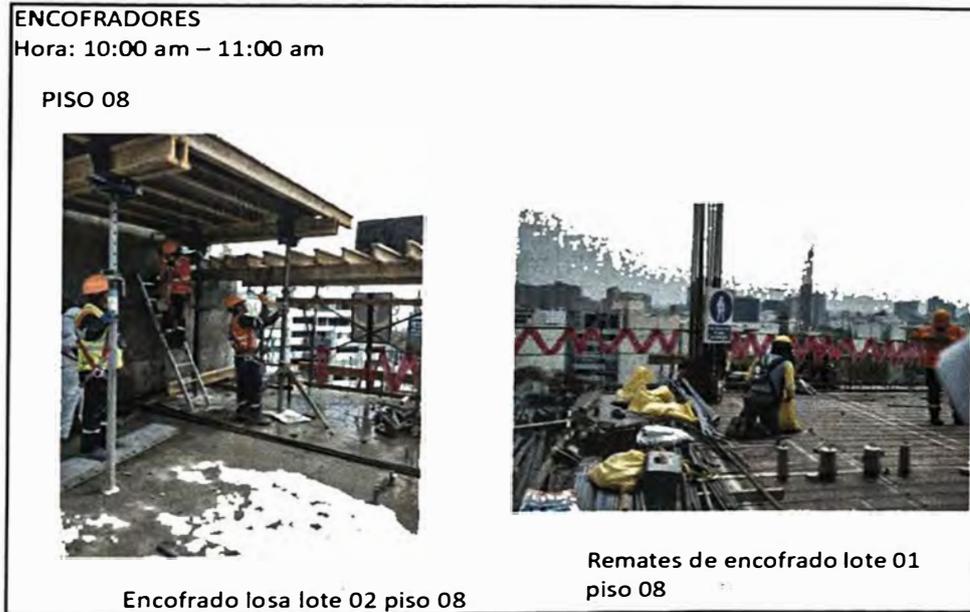


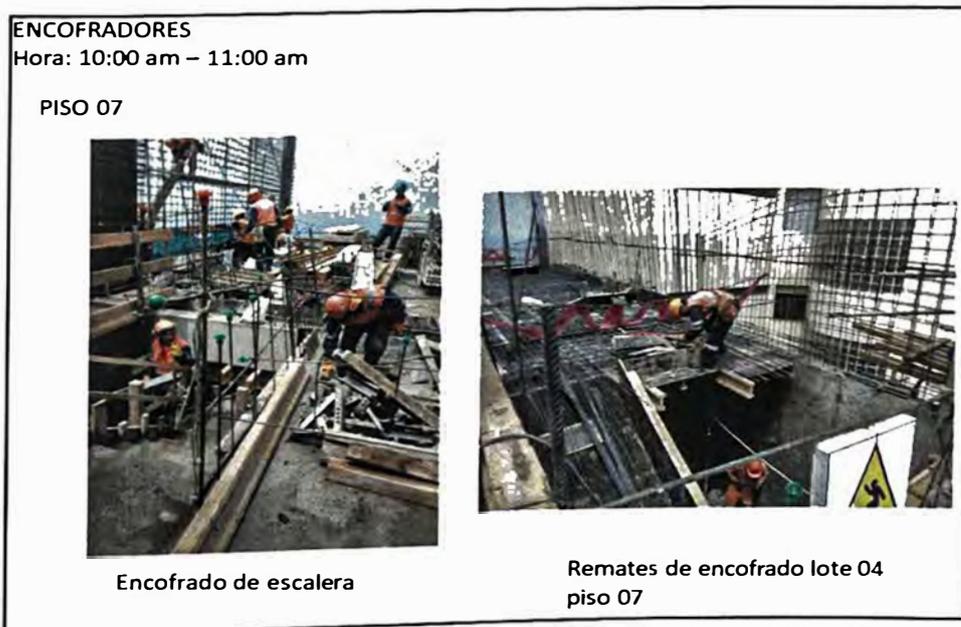
Figura 62. Material encofrado en la Losa de Techo del Sótano 01

*Fuente:* Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde  
Considerando los materiales atrapados en los sótanos se puede dar una estimación de su rotación para subir material a los pisos superiores y permitir que no haya inconvenientes en el tren de trabajos de los vaciados del concreto tanto para los elementos horizontales como verticales. Agregando a este control un recorrido fotográfico por los pisos superiores permite ver en determinadas horas del día (según consideraremos a criterio) la utilización correcta y eficiente del material.



*Figura 63.* Material y piezas de encofrado utilizado en el Piso 08

*Fuente:* Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde



*Figura 64.* Material y piezas de encofrado utilizado en el Piso 07

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

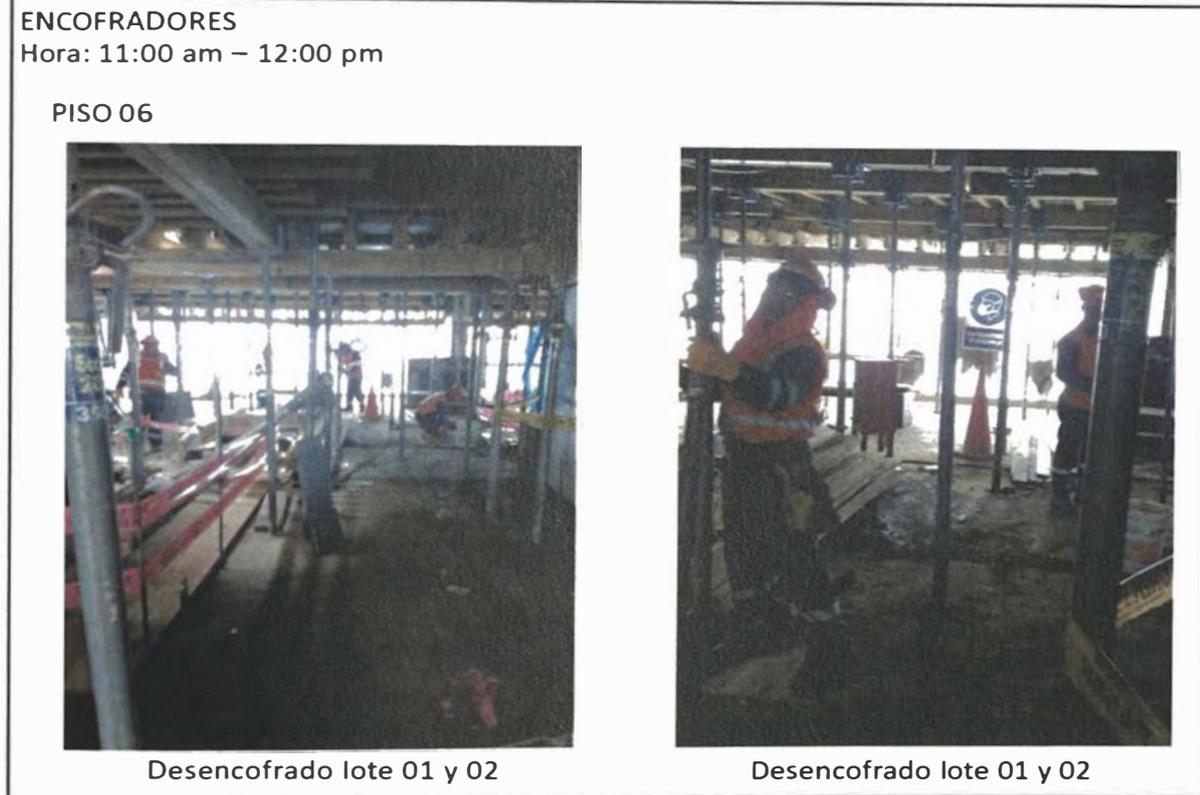


Figura 65. Material y piezas de encofrado utilizado en el Piso 06

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde



Figura 66. Material y piezas de encofrado utilizado en el Piso 02

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde



Figura 67. Material y piezas de encofrado utilizado en el Piso 02

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

#### 4.2.1.5 Control del acarreo de materiales

Ubicado el material a rotar para ser elevado a los pisos superiores estos deben regirse a plan de acarreo que contemple los tiempos en que el recurso humano desarrollará dicha actividad. Lo habitual que se aplica en los proyectos es fijar días a la semana donde se hacen campañas de limpieza antes del inicio de la jornada laboral y se aprovecha en esos tiempos para movilizar el material y para desencofrar y dejarlo en puntos acopiados para volver a trasladarlos en una próxima campaña. También se suele designar una subcuadrilla de encofradores que se encargue de únicamente del traslado y devolución del material como se observa en la Figura 67.

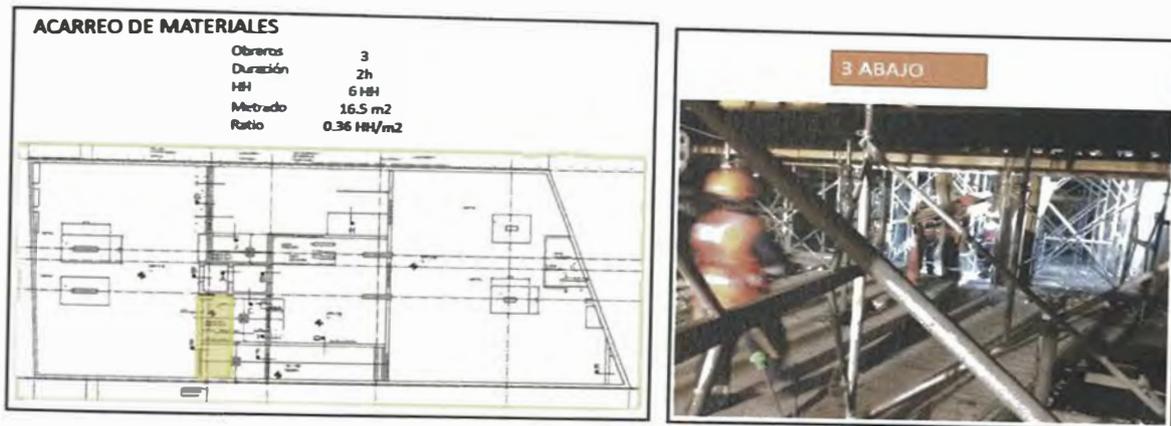


Figura 68. Ubicación del material acopiado para ser acarreado a los pisos superiores

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

#### 4.2.1.6 Control del picado, solaqueo y emporrado

En determinado momento de la planificación del tren de actividades se contempla las actividades de corrección al concreto como una bolsa de recursos que deben cubrir estas imperfecciones. Dichas actividades como el picado ya generan evidentemente distorsión al proceso constructivo, pero es parte de ello, es entonces necesario controlar la cantidad de horas hombre invertidas como también a las actividades sucesoras como el solaqueo o tarrajeo. En la Figura 69, se muestra la cantidad de m<sup>2</sup> picados, solaqueados y tarrajeados y sus fechas ejecutadas como también el metrado total ejecutado para ser considerado en los ratios productivos.



Figura 69. Control de las actividades de picado, solaqueo y emporrado

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

### 4.2.1.7 Control de inicio de actividades laborales

El arranque de la jornada laboral en obra requiere ciertos parámetros legales que las empresas manejan con delicadeza en cuanto a los estándares que debe cumplir el trabajador, como horas de charlas de capacitación e inducción, llenado de formatos antes de iniciar las labores y ciertas demoras en el inicio de las actividades por razones de espacio, falta de materiales, etc. Es por ello que controlar el inicio de actividades de las cuadrillas genera un enfoque de cumplimiento que debe ser llevado a obra y a los reportes en las reuniones de equipo.

Tabla 12. Distribución de tiempos de demora por cuadrillas en el inicio de actividades

Hora: 07:30							
CUADRILLAS	18-Ago		21-Ago		18-Ago	21-Ago	Promedio
	N° Personas	HORA DE INGRESO	N° Personas	HORA DE INGRESO			
Encofrado 1	24	07:52:00	26	07:51:00	00:22	00:21	00:21
Concreto	10	07:52:00	10	07:53:00	00:22	00:23	00:22
Encofrado 2	6	07:48:00	8	07:46:00	00:18	00:16	00:17
Mov. Tierra	5	07:51:00	5	07:51:00	00:21	00:21	00:21
Topografía	2	07:50:00	2	07:48:00	00:20	00:18	00:19
Trabajos preliminares	3	07:46:00	3	07:48:00	00:16	00:18	00:17
Andamios	3	07:48:00	3	07:50:00	00:18	00:20	00:19
Riggers	3	07:46:00	3	07:48:00	00:16	00:18	00:17
							00:19

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

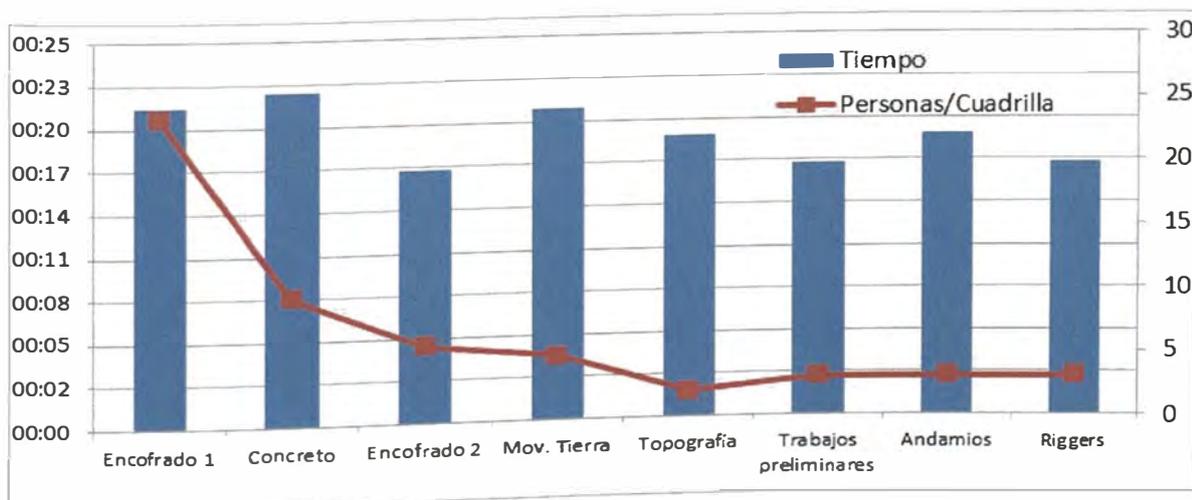


Figura 70. Gráfico de la distribución de tiempos de demora por cuadrillas en el inicio de actividades

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

#### 4.2.2 Estudio de mejora de procesos e implementación

Tener en cuenta los indicadores de mejora permite que los procesos que se ponen en práctica en obra puedan ejecutarse de manera normal para que cumplan con su efectividad. Pero todo proceso es mejorable y, en esa línea, considerando los procesos más incidentes en el proyecto esta mejora significaría un incremento el margen de ganancia en el resumen operativo de la obra. Además, algunos procesos presentan ciertas demoras en su ejecución y los ingenieros de campo encargados de ejecutar los procesos, requieren tener un respaldo para poder mejorar dichos procesos debido a que las actividades que se desarrollan son rápidas y requieren también respuestas inmediatas.

Existe diferentes mecanismos, herramientas, equipos, que mejoran los procesos, pero requieren inversión y eso impacta en gastos adicionales. Es por ello, que otra alternativa podría ser mejorar el proceso con un análisis elevado al detalle para reducir todas las pérdidas de tiempo de espera, incrementar los trabajos productivos y regular las tareas contributorias en el proceso. Para realizarlo se utilizan varios formatos de estudio uno de ellos es el DMAIC que es un derivado de la carta balance mezclado con los ratios productivos en la implementación y muestra las mejoras en valores económicos que justamente se requiere tener para entender la relevancia de su implementación.

El estudio de mejora de procesos que aplicamos contempla lo siguiente:

- Estudio de tiempos en mediciones en campo realizados antes de implementar la mejora proceso y estudios de tiempos realizados después de la implementación mediante una hoja de cálculo o lista de tiempos en intervalos que pueden variar cada 01 minuto, 02 minutos, etc, (ver *Tabla 13*).
- Analizar el mecanismo de ejecución del proceso en paquete de actividades productivas, contributorias, no contributorias y totales (ver *Tabla 14*).
- Al listado de estas actividades que comprenden el proceso se debe designarle una simbología simple de tal manera que represente a la actividad (ver *Tabla 14*).
- Esquematizar el proceso en diagrama que muestre la composición del proceso (ver *Figura 71*).

- Luego la información de los tiempos medidos es compilada en una carta balance de tiempos y representados en gráficos diversos que permitan facilitar la interpretación y comprensión de los datos. Utilizamos el principio de semaforización en los gráficos. (ver Figura 72, Figura 73 y Figura 75).
- A partir de la interpretación del estudio inicial se plantea las mejoras del proceso y se procede a implementarlas en campo.
- Posteriormente se debe realizar un estudio de tiempos a partir de su implementación en campo y representarlas en la carta balance con los gráficos para contemplar las mejoras.
- Estas mejoras con comparadas con la información inicial buscando el impacto en mejora económica del proceso (ver Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Figura 75 y Figura 76).

Tabla 13. Ejemplo de formato para la medición del estudio de tiempos

HORA	DURACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12				
08:00:00	00:01:00	CO	RE	AM	CO	RE	RE	CO	CO	CO	CO	CM	CM				
08:01:00	00:01:00	CO	RE	D	CO	RE	RE	CO	CO	CO	CO	CM	CM				
08:02:00	00:01:00	CO	RE	RE	RE	CO	CO	CO	CO	CT	CT	CO	CM				
08:03:00	00:01:00	RE	CO	RE	RE	D	CO	AC	AC	CT	CT	CO	CO				
08:04:00	00:01:00	RE	CO	RE	D	CO	V	AC	E	E	CT	HF	AD				
08:05:00	00:01:00	RE	CO	CM	RE	CO	V	AC	AC	CT	CT	HF	AD				
08:06:00	00:01:00	RE	CO	CO	RE	CO	V	AC	AC	CT	CT	E	AD				
08:07:00	00:01:00	RE	RE	CO	RE	RE	RE	E	AC	CT	CT	E	E				
08:08:00	00:01:00	RE	RE	RE	RE	D	CM	E	AC	CT	CT	HF	AD				
08:09:00	00:01:00	RE	RE	RE	RE	D	V	E	E	CT	CT	E	E				
08:10:00	00:01:00	RE	CO	RE	RE	RE	RE	AC	AC	E	CT	E	E				
08:11:00	00:01:00	AM	CO	RE	RE	RE	RE	AC	E	E	CT	HF	E				
08:12:00	00:01:00	AM	CO	RE	AM	RE	RE	AC	E	CT	E	HF	E				
08:13:00	00:01:00	AM	CM	RE	AM	RE	RE	E	AC	CT	CT	HF	AD				

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

En la Tabla 13 se muestra un extracto del listado de mediciones realizadas inicialmente de un proceso que es el asentado de bloquetas. Donde se aprecia los

intervalos de tiempo de 01 minuto con un arranque desde las 8:00 a.m. El estudio fue realizado por 02 horas y 20 minutos.

Tabla 14. Clasificación de las actividades en Productivas, Contributorias y No Contributorias

TP	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	3:43:00	13.3%
AB	Asentado de bloquetas	1:16:00	4.5%
MP	Colocación de mortero / concreto para juntas y alveolos	1:58:00	7.0%
CF	Colocación de acero de refuerzo horizontal	0:15:00	0.9%
AF	Amarre del acero de refuerzo horizontal y vertical	0:14:00	0.8%
<b>ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS</b>			
TC		16:35:00	59.2%
MA	Manilleo para asentar la bloqueta	0:31:00	1.8%
PI	Picado de bloqueta para canal o buche "A"	0:24:00	1.4%
AM	Acarreo de embolsados / Acarreo de batea	0:39:00	2.3%
MZ	Preparación de mezcla para relleno de juntas y alveolo	1:23:00	4.9%
NV	Nivelación con nivel de mano / regla para verificar la verticalidad del muro / medida de las juntas	1:04:00	3.8%
ME	Medición de la bloqueta para el corte	0:38:00	2.3%
PE	Ubicación de la regla perimetral, cordel y plomada	1:13:00	4.3%
LI	Limpieza del relleno de las juntas verticales y horizontales	0:36:00	2.1%
CT	Corte de la bloqueta	3:35:00	12.8%
HF	Habilitación de acero para refuerzo horizontal y vertical	1:43:00	6.1%
AD	Armado de andamios	1:41:00	6.0%
AC	Acarreo de de bloquetas	3:08:00	11.2%
<b>ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS</b>			
DN		7:42:00	27.5%
D	Descanso (sobrecarga muscular por cargar la bloqueta)	0:28:00	1.7%
R	Retrabajo (reemplazar una bloqueta asentada por otra)	0:31:00	1.8%
V	Viajes	1:13:00	4.3%
E	Esperas	4:12:00	15.0%
CO	Coordinaciones	0:58:00	3.5%
CM	Comunicación / lenguaje	0:20:00	1.2%

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

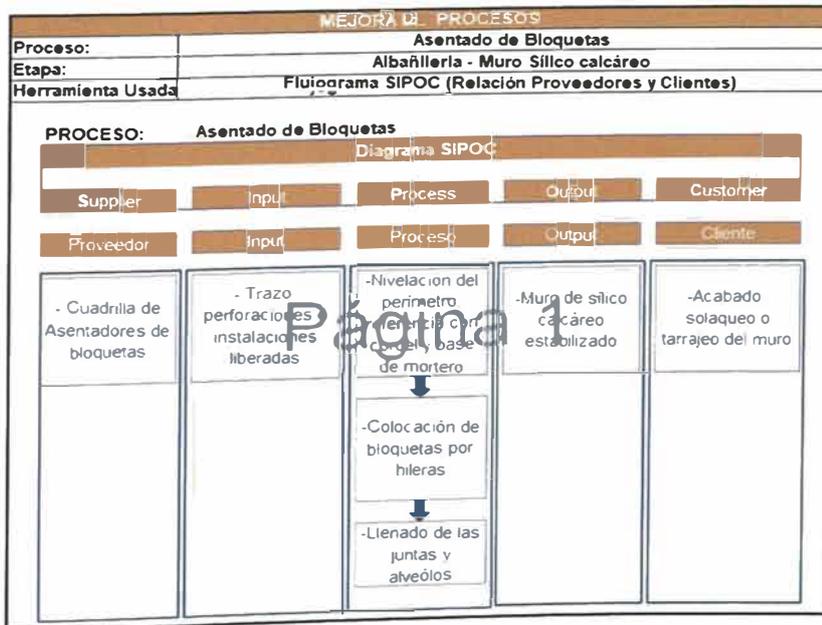


Figura 71. Diagrama del proceso Asentado de bloquetas

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

Tabla 15. Resumen de los tiempos acumulados por paquetes de actividades

TIEMPO TOTAL	28:00:00	100.0%
TP	3:07:00	11.1%
TC	16:20:00	58.3%
TNC	8:33:00	30.5%

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

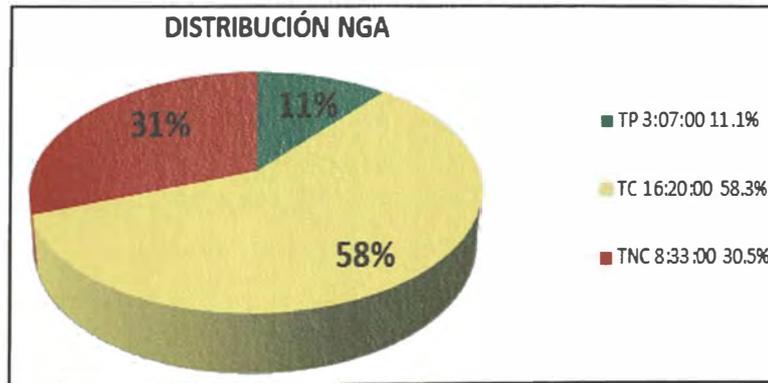


Figura 72. Gráfico circular del Tiempo Productivo, Tiempo Contributorio y Tiempo No Contributorio

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

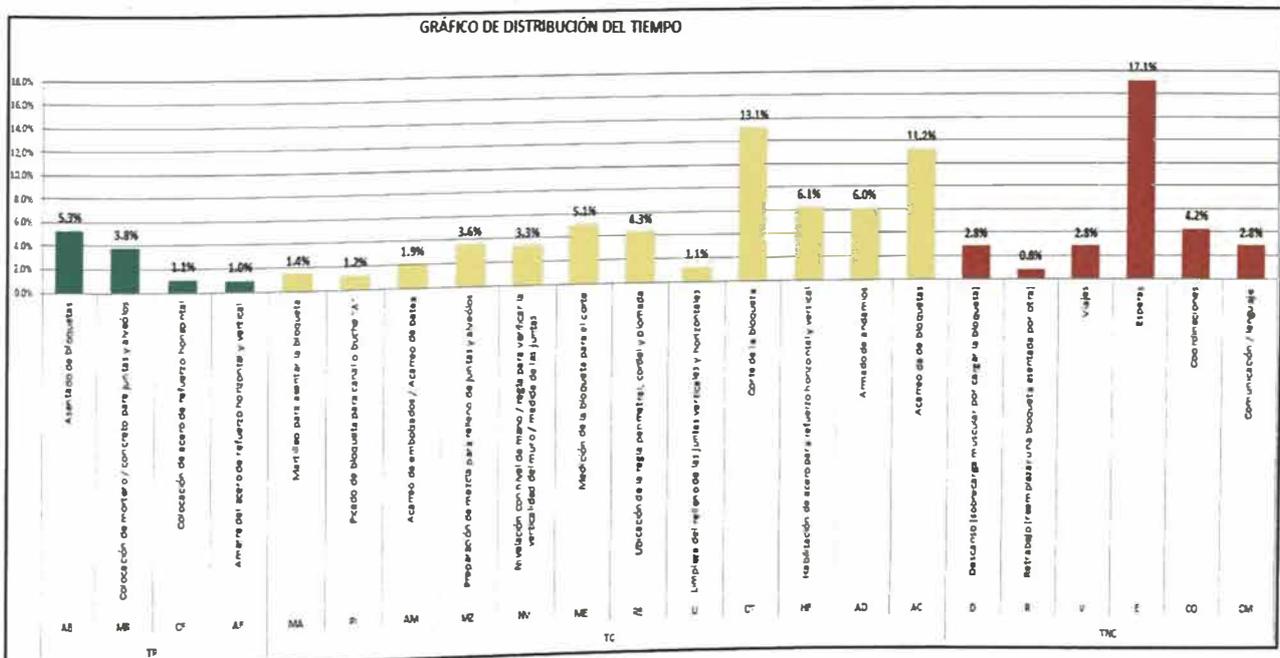


Figura 73. Gráfico de barras de la distribución de tiempos por actividades

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

Tabla 16. Distribución del Tiempo según el rango del obrero

ACTIVIDAD	ESTRUCOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
AB	Asentado de bloquetas	0:15:00	0:21:00	0:16:00	0:07:00	0:15:00	0:15:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
MR	Colocación de mortero / concreto para juntas y alveolos	0:01:00	0:13:00	0:11:00	0:27:00	0:06:00	0:06:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
CF	Colocación de acero de refuerzo horizontal	0:02:00	0:06:00	0:03:00	0:03:00	0:02:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
AF	Amarre del acero de refuerzo horizontal y vertical	0:00:00	0:07:00	0:03:00	0:02:00	0:02:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
MA	Martillo para asentar la bloqueta	0:04:00	0:06:00	0:03:00	0:05:00	0:03:00	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
PI	Picado de bloqueta para canal o bucho "A"	0:01:00	0:07:00	0:03:00	0:03:00	0:03:00	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
AM	Acarreo de embudo / Acarreo de bates	0:08:00	0:01:00	0:07:00	0:06:00	0:05:00	0:05:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
MZ	Preparación de mezcla para relleno de juntas y alveolos	0:11:00	0:09:00	0:06:00	0:12:00	0:11:00	0:11:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
NV	Nivelación con nivel de mano / regla para verificar la verticalidad del muro / medida de las juntas	0:16:00	0:06:00	0:11:00	0:09:00	0:05:00	0:09:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
ME	Medición de la bloqueta para el corte	0:12:00	0:11:00	0:23:00	0:05:00	0:17:00	0:17:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
RE	Ubicación de la regla perimetral, cordel y plomada	0:10:00	0:11:00	0:14:00	0:13:00	0:14:00	0:10:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
LI	Limpieza del relleno de las juntas verticales y horizontales	0:02:00	0:02:00	0:03:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
CT	Corte de la bloqueta	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:44:00	1:56:00	0:00:00	0:00:00
HF	Habilitación de acero para refuerzo horizontal y vertical	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:43:00	0:00:00
AD	Armado de andamios	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:41:00
AC	Acarreo de bloquetas	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:32:00	1:36:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
D	Duscaro (sobrecarga muscular por cargar la bloqueta)	0:05:00	0:08:00	0:07:00	0:02:00	0:16:00	0:09:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
R	Retrabajo (reemplazar una bloqueta asentada por otra)	0:04:00	0:00:00	0:02:00	0:04:00	0:02:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
V	Viejes	0:02:00	0:05:00	0:02:00	0:14:00	0:07:00	0:17:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
E	Espiras	0:12:00	0:11:00	0:14:00	0:15:00	0:14:00	0:11:00	0:45:00	0:41:00	0:34:00	0:22:00	0:33:00	0:35:00
CO	Coordinaciones	0:17:00	0:11:00	0:07:00	0:07:00	0:09:00	0:07:00	0:03:00	0:03:00	0:02:00	0:02:00	0:02:00	0:01:00
CM	Comunicación / lenguaje	0:18:00	0:05:00	0:05:00	0:02:00	0:05:00	0:07:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:00	0:03:00
	<b>TOTAL</b>	<b>2:28:00</b>	<b>2:20:00</b>										

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

Tabla 17. Distribución porcentual del tiempo según los paquetes de actividades por obrero

Tipo	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
TP	13%	34%	24%	28%	18%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TC	46%	38%	50%	41%	44%	44%	66%	69%	74%	83%	74%	72%
TNC	41%	29%	26%	31%	38%	38%	34%	31%	26%	17%	26%	28%

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

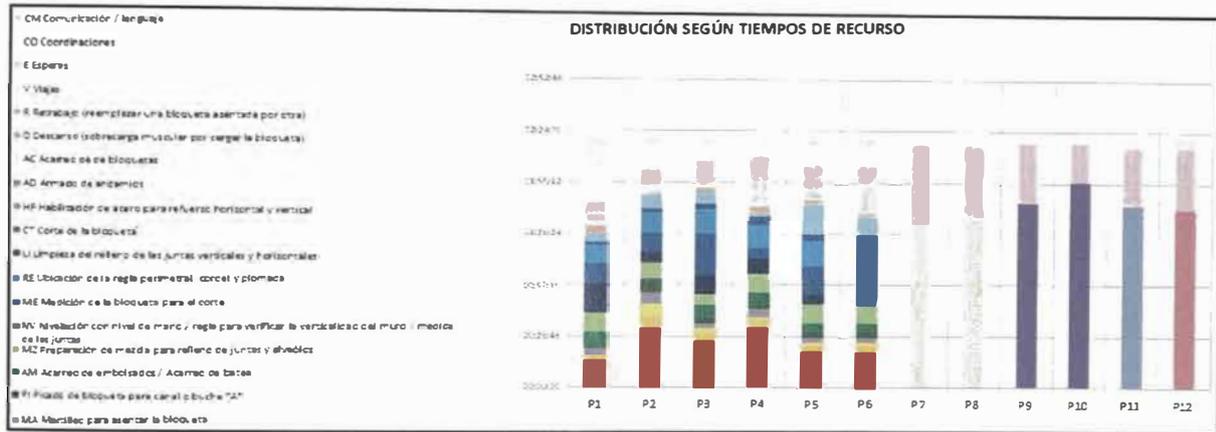


Figura 74. Gráfico de barras de la distribución según tiempos de recurso

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

Con la cantidad de datos procesados y distribuidos en tablas y gráficos de control para su interpretación se analiza directamente el efecto del tiempo no contributorio y se plantea alternativas según la distribución total de los tiempos medidos y criterios que fueron percatados en campo. El juicio de la experiencia tiene un valor agregado en la toma de decisiones para implementar un mecanismo de mejora.

Luego de realizar la implementación de la mejora se realizan nuevamente los estudios de tiempo para validar la mejor del proceso de tal manera que se tienen dos escenarios: uno inicial donde no había condiciones de mejora y otro escenario con las mejoras del proceso. Ambos escenarios son comparados para analizar las mejoras. Comparamos específicamente las actividades y sus tiempos no contributorios que impactan directamente al proceso.

También es importante considerar el efecto del ahorro que se tiene por la utilidad e implementación del estudio. Por lo cual se analiza el valor económico y se representa de manera informativa y elevada a producción para que contemplen las mejoras que se deben realizar y ayuden a que el proceso pueda ser mas eficiente tanto en tiempo como ejecución.

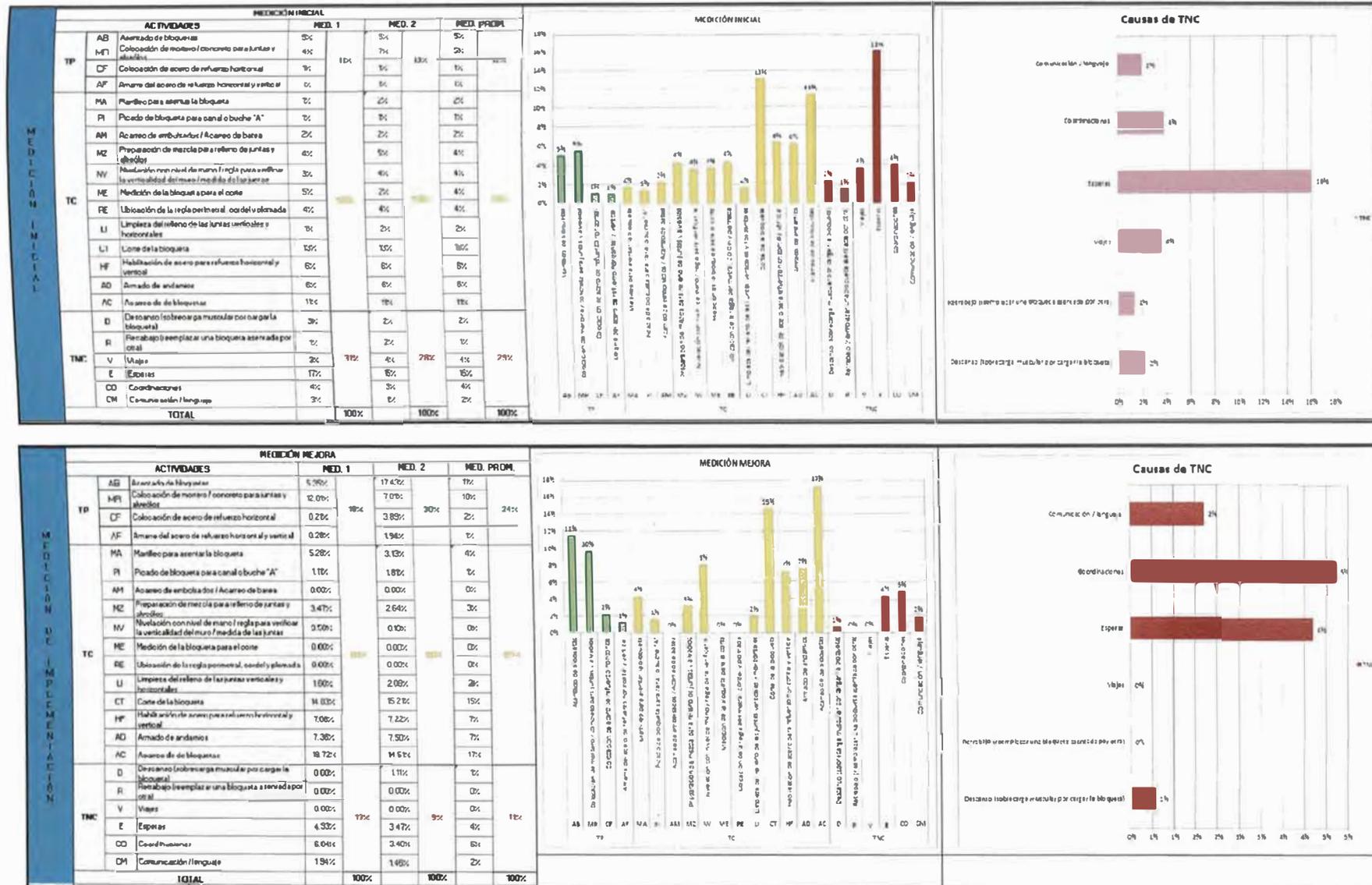


Figura 75. Resumen de las mediciones iniciales y luego de la implementación de mejora

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

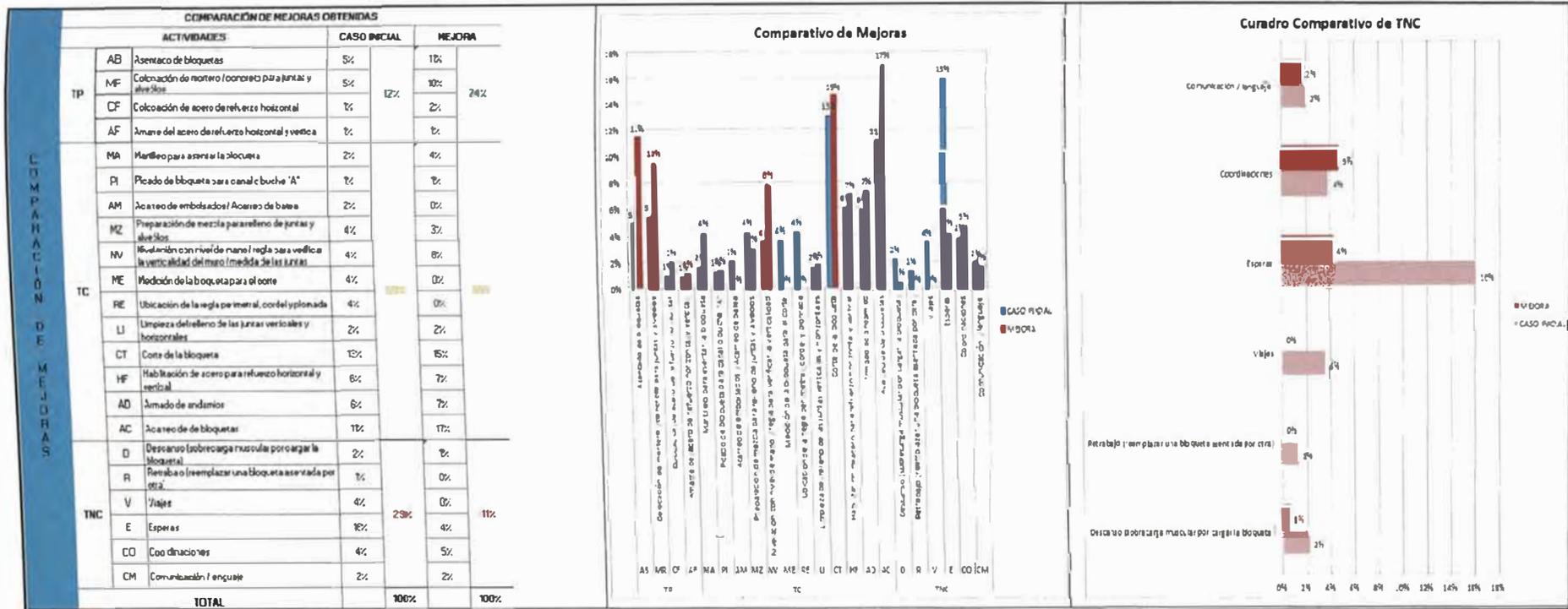


Figura 76. Comparación de las mediciones realizadas y el impacto en los tiempos no contributorios

Fuente: Elaboración propia – Estudio de productividad: Asentado de bloquetas

Tabla 18. Comparación de los ratios productivos

	INI	FIN
<b>Metrado</b>	6.86 m <sup>2</sup>	11.85 m <sup>2</sup>
<b>Horas</b>	28 HH	28 HH
<b>Personal</b>	12	12
<b>Rendimiento</b>	<b>4.08 HH/m<sup>2</sup></b>	<b>2.36 HH/m<sup>2</sup></b>

Indicador	PREV.	INI	FIN
<b>Rendimiento</b>	2.00 HH/m <sup>2</sup>	4.08 HH/m <sup>2</sup>	2.36 HH/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Tabla 19. Presentación del ahorro con la implementación de la mejora del proceso

<b>Proceso: Asentado de bloqueta - Torre Intercontinental</b>		
<b>Metrado - Ratio (HH/m2)</b>		
Metrado al 11-Ene-2018	3636.68 m2	
Ratio Ini	4.11 HH/m2	
Metrado total	17679.15 m2	
Ratio Fin	1.98	
<b>Costo Proyectado luego del 11-Ene-2021</b>		
Metrado Saldo x Ratio al 11-Ene-2021	57739 HH	
<b>Costo Real (Ratio Acumulado)</b>		
Metrado Saldo x Ratio Acum.	27866 HH	
<b>Ahorro</b>		
Costo Real- Costo Proyectado	29 874 HH	S/. 565,515.98
<b>Costo Total con Ratio Inicial</b>		
Metrado Total x Ratio Ini	72 693 HH	S/. 1,376,087.55

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

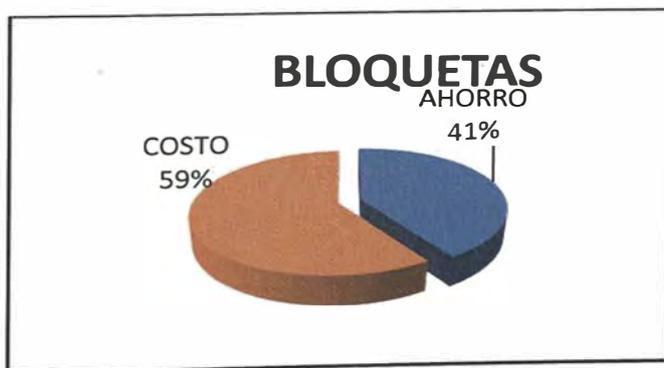


Figura 77. Gráfico circular del ahorro del proceso

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Se tiene como ahorro un 41% a partir de la implementación de mejora en campo. Inicialmente se tiene previsto en el presupuesto gastar por todo el proceso del asentado de bloquetas S/. 1 376 087.55 pero debido a la implementación de mejora desde el saldo de metrado se ahorraría S/. 565 515.98. Un valor muy significativo para los márgenes de ganancia de la empresa. Es por ello que realizar un estudio de mejora de procesos es una herramienta efectiva para lograr grandes márgenes de ahorro en el resultado operativo del proyecto.

### 4.3 REUNIONES DE PRODUCCIÓN: COMITÉ DE INVOLUCRADOS

La gran cantidad de entregables que se han procesado con la utilización de las herramientas de control de proyecto deben ser compartidos con todas las personas que involucran el proyecto y no sólo permanecer en un almacenamiento de alguna carpeta. Presentar toda la información del avance junto con el estado general del proyecto en las diferentes disciplinas, de las restricciones encontradas a lo largo de la ejecución de las actividades, las mejoras en los procesos logrados y la planificación que se llevará a cambio en lo sucesivo son imprescindibles para debatir en conjunto las ideas que encaminarán al proyecto.

El comité de involucrados debe estar integrado por el área de producción, seguido de las áreas de apoyo. Una de éstas áreas es el área de Control de Proyecto que emitirá el balance de los recursos invertidos, el estado general de avance de la obra, un resumen de los costos operativos y la planificación que deberá seguirse para cumplir con la meta del proyecto. Esto último debe ser alineado con producción para uniformizar las pautas a seguir en el plan de ejecución.

En la Figura 78 se muestra las presentaciones que producción comparte en las reuniones semanales.

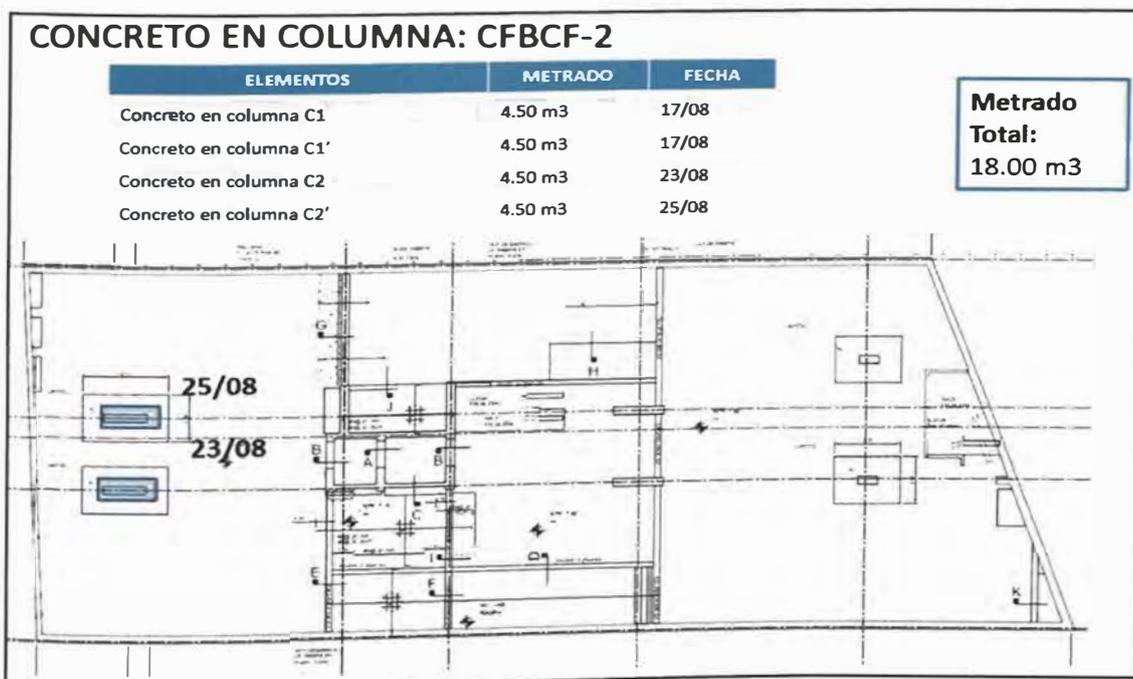


Figura 78. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en columna

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

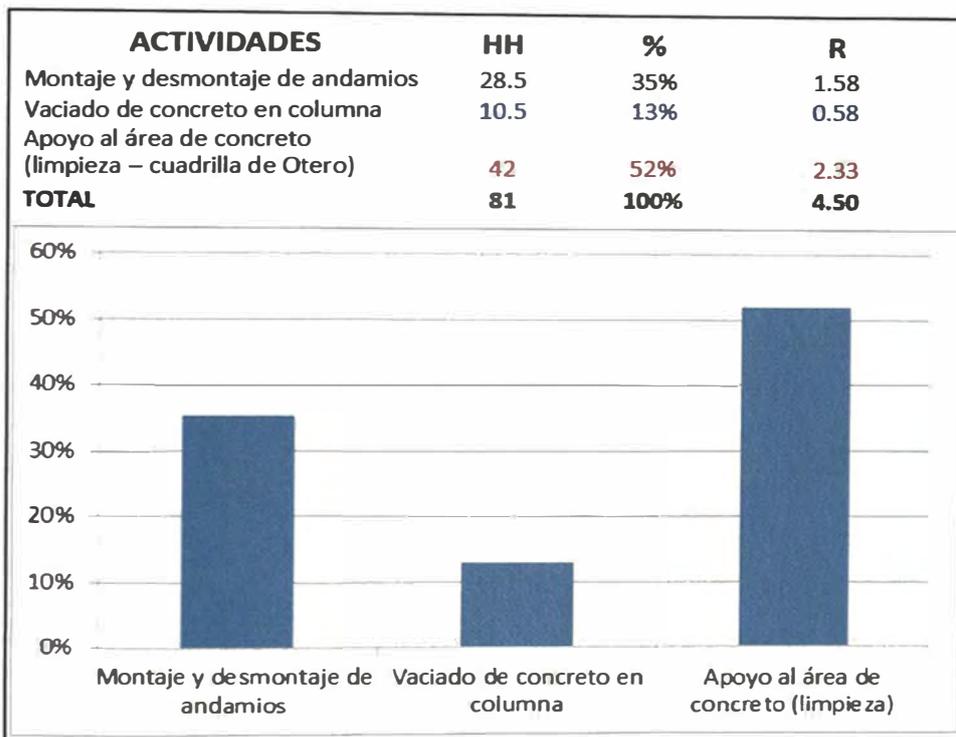


Figura 79. Análisis de la composición del ratio de concreto en columna

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Posteriormente se hará un análisis más detallado sobre la utilización de los ratios productivos en el impacto progresivo de los costos de la obra.

En la Figura 79, tenemos un ratio de concreto en columna de 4.50 HH/m<sup>3</sup> lo cual representa un ratio mucho mayor al ratio previsto contemplado en el análisis de costos, entonces se trata de disgregar cuáles son las actividades que comprenden el proceso de vaciado de concreto y cuántos recursos se está gastando para lograr vaciar las columnas.

Entre las actividades que destacamos en la reunión sobre este proceso son: montaje y desmontaje de andamios (horas invertidas en el código del proceso y consideradas en su ratio productivo), el vaciado de concreto en columna y la cuadrilla de apoyo al área de concreto (encargados de la reparación del concreto luego del desencofrado). En total tenemos 81 horas hombre que se necesitan para vaciar 18 m<sup>3</sup> de concreto en columna. En el gráfico de la Figura 79, se tiene que el apoyo al área de concreto representa una gran cantidad de horas que se consideran en dicho proceso. Requiere una mejora de procesos, conclusión que se toma en la reunión del comité.

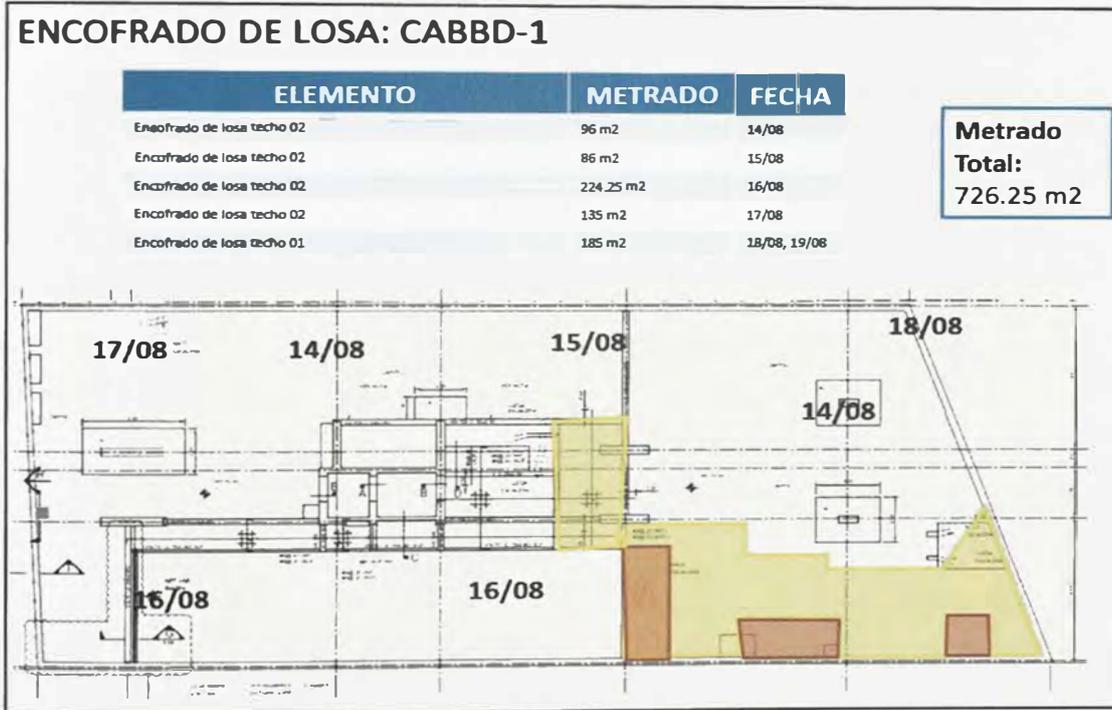


Figura 80. Presentación semanal en la reunión: encofrado de losa de techo

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

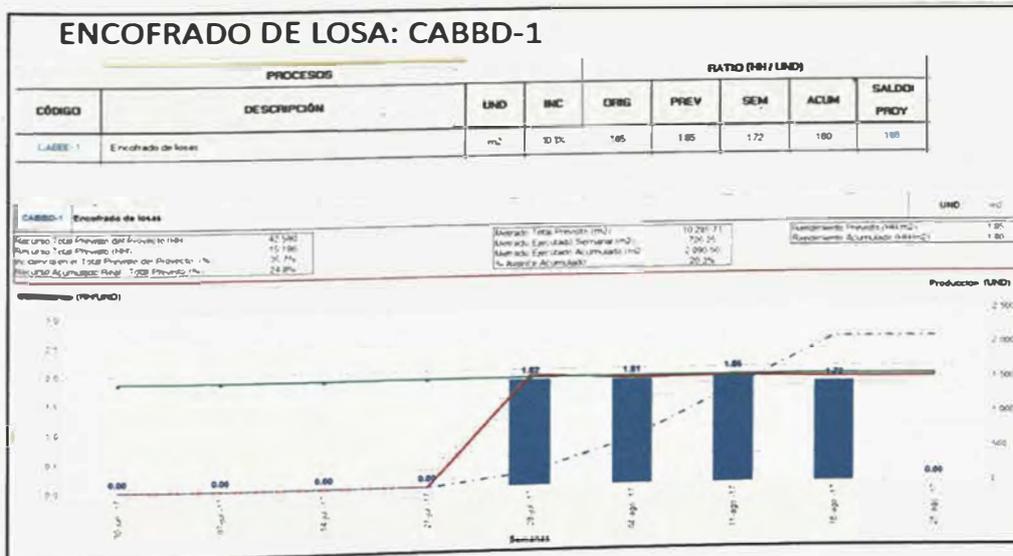


Figura 81. Informe Semanal de Producción: Encofrado de losa de techo

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

En la presentación del encofrado de la losa de techo se tiene que los ratios semanales reales representan una tendencia uniforme y por debajo del ratio previsto o ratio meta. Tenemos que para este proceso no requiere realizar alguna mejora en su proceso.

Mencionamos que el informe semanal de producción que se muestra en la gráfica de la Figura 81 es detallado en el ítem 5.4.1.

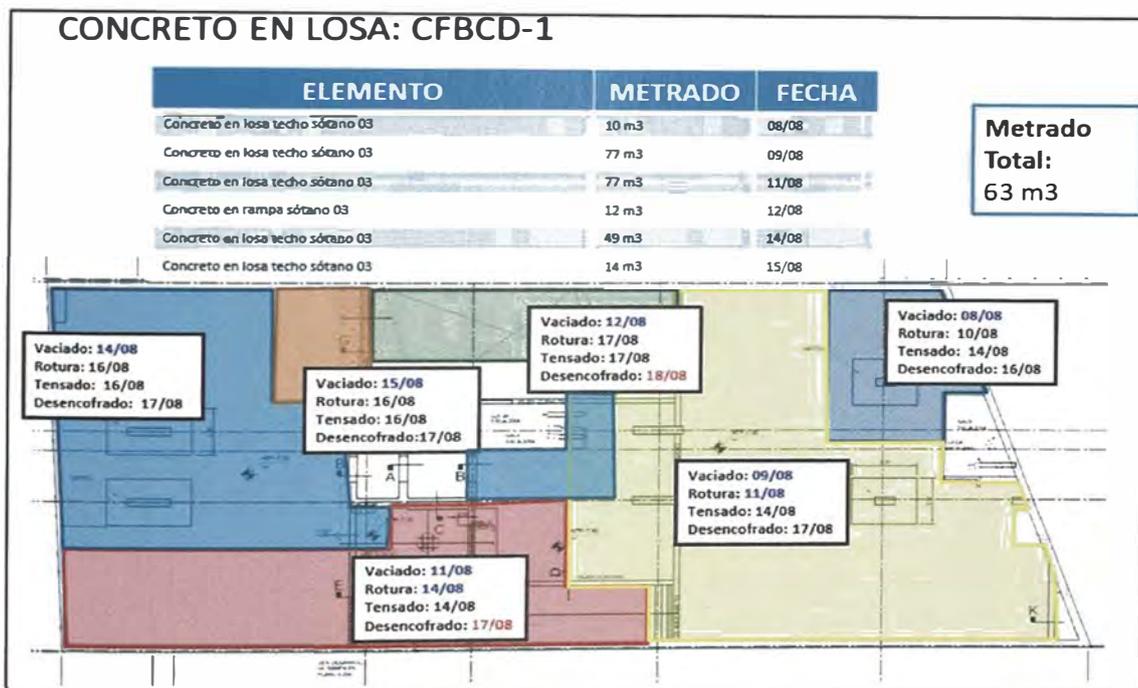


Figura 82. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en losa de techo (1)

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

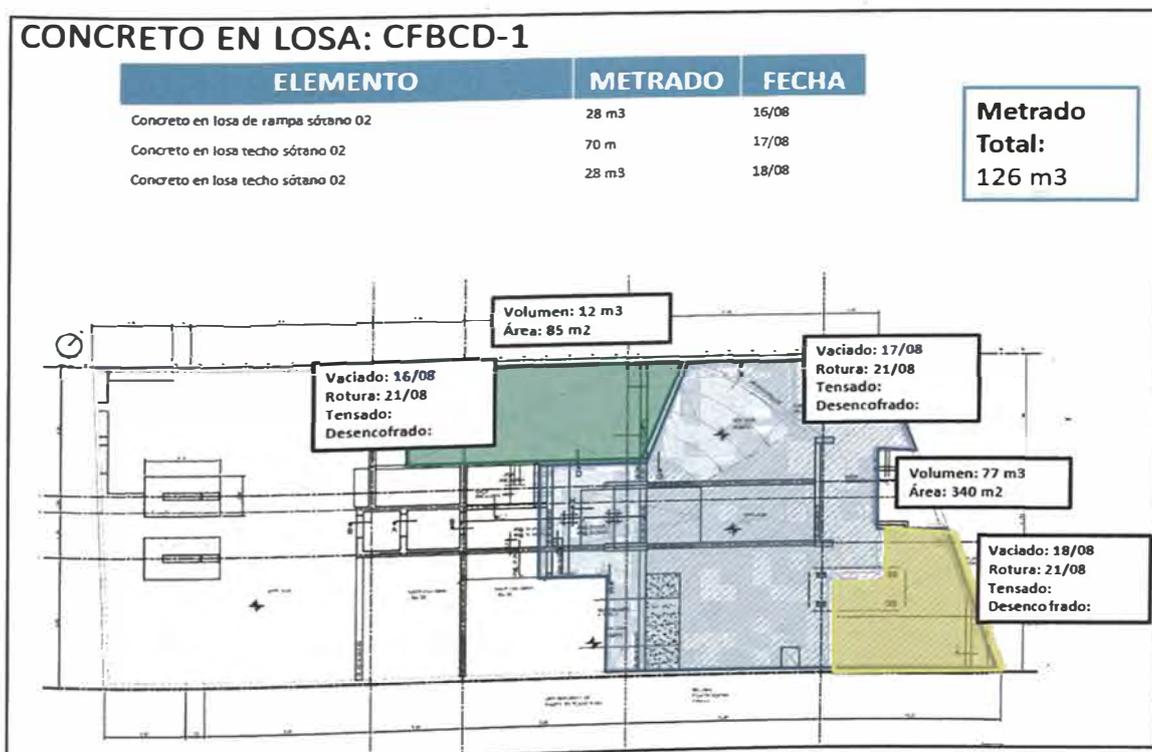


Figura 83. Presentación semanal en la reunión: vaciado de concreto en losa de techo (2)

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

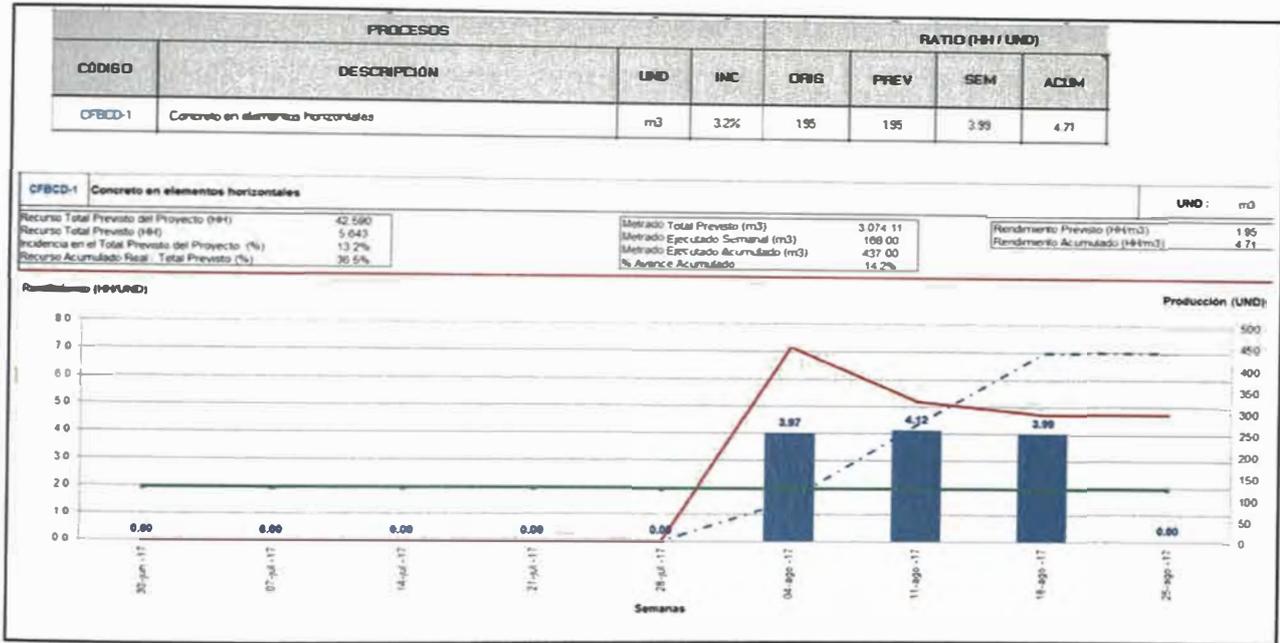


Figura 84. Informe Semanal de Producción: Encofrado de losa de techo

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 82 y Figura 83 tenemos un total de 189 m3 en vaciado de concreto de losa de techo y de la Figura 84 se muestra ratios semanales elevado de 3.97 HH/m3, 4.12 HH/m3 y 3.99 HH/m3 por encima del ratio previsto. Lo que requiere realizar un desglose de la composición de actividades del proceso para analizar las horas hombre invertidas.

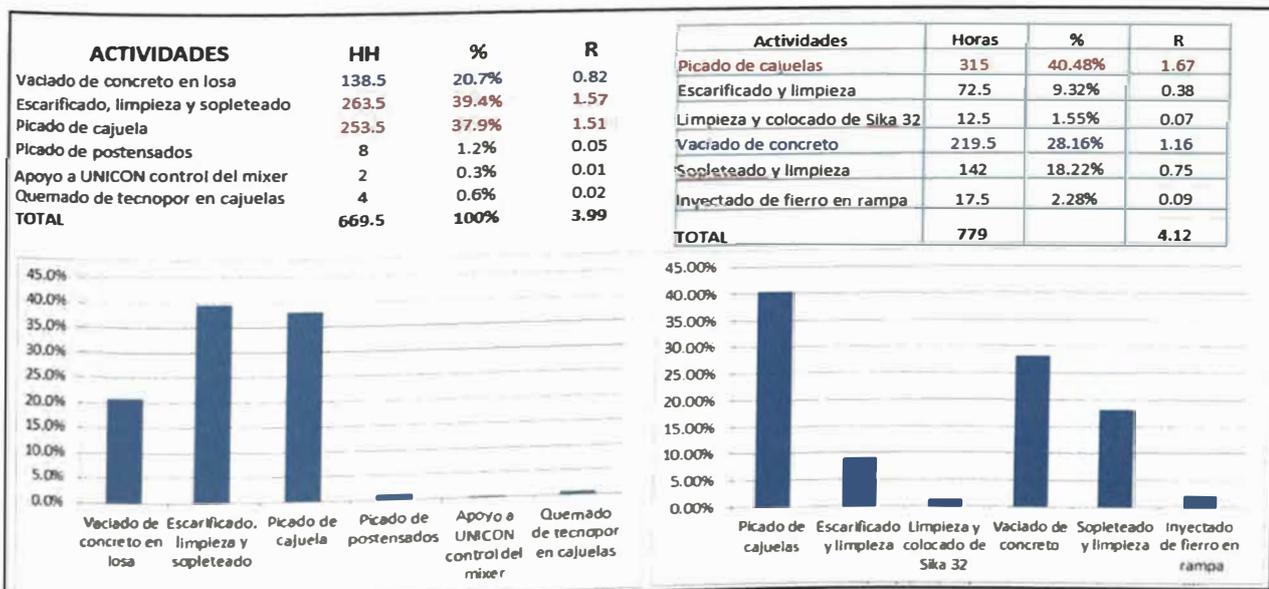


Figura 85. Análisis de la composición del ratio de concreto en losa de techo

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Se realizó el análisis de la composición de los ratios (ver Figura 85) considerando las siguientes actividades en el proceso: escarificado, limpieza y sopleteado, picado de cajuelas, picado de postensados, apoyo a UNICON con la guía del mixer, colocación de Sika 32, uso de aplicativo de adherencia para fierro en rampa, vaciado de concreto en losa. De esta manera notamos que las actividades que demandan más horas hombre en el proceso son: el escarificado, limpieza y sopleteado, el picado de cajuelas. Requiere realizarse una mejora de proceso e incidir en las actividades anteriormente descritas.

#### **4.3.1 Análisis de Restricciones (AR)**

De lo presentado en el ítem 5.1.1.1, las actividades que comprenden el tren master requieren que tenga un avance libre de interrupciones. Al presentar alguna interrupción en la ejecución de alguna actividad regenerará retrasos en las actividades siguientes y, en consecuencia, el plazo de ejecución del cronograma se prolongará lo cual no favorece al crecimiento del desarrollo inmobiliario y a los costos que adicionales por las demoras y penalidades que existen dentro del contrato.

Es por ello que realizar un análisis del porcentaje de actividades cumplidas y la utilización del formato del LookAhead mostrará ciertas restricciones que han surgido o que surgirán, requiriendo acciones inmediatas. El análisis de las restricciones favorecerá a realizarle un seguimiento a todas las actividades que requieran previamente tomar acciones para el respaldo y se ejecuten en el plazo contemplado (ver Anexo E).

#### **4.3.2 Seguimiento del cronograma y estado del avance de la Curva S**

Otro de los elementos que deben analizarse en la reunión de obra con los involucrados, es el cronograma y el avance de la Curva S. El plazo de una obra marca la pauta general de todo el proyecto y seguir los lineamientos de duración que se presenten en dicho cronograma determinará las acciones que deban ejecutarse para alinearse. Así como también, validar el avance o retraso en el desarrollo de la Curva S fija otra pauta en el margen de ganancia que tienen las empresas en su costo que les permite mantenerse con dinero para seguir invirtiendo en el proyecto (ver Anexo C).

## 4.4 REPORTES DE PRODUCTIVIDAD

En el desarrollo de la ejecución del proyecto se implementaron dos reportes fundamentales en el área de Control de Proyectos: el Informe Semanal de Producción (ISP) y Resumen Ejecutivo Semanal (RES). El primero presenta un informe de producción de la cantidad de metrado y horas hombre invertidas en los procesos faseados en el formato y, el segundo reporte, es un compendio de los reportes de las distintas áreas del proyecto que es enviado a Gerencia de Proyecto de lo avanzado en cada semana.

### 4.4.1 Informe Semanal de Producción (ISP)

El informe semanal de producción tiene como objetivo recopilar 03 parámetros medible importantes en la productividad: el metrado, las horas hombre y los ratios. Cada parámetro es dividido en tres clases: contractual, previsto y real. Tener estos elementos por cada proceso nos permite cuantificar los escenarios que actuales y proyectados, nos permite además contemplar los costos excedidos o en el margen que se tienen en determinados momentos que se aplique el análisis. Cuenta con una amplia gama de gráficos que recopilan todos los parámetros para hacer un enfoque esquemático de cada proceso. Justamente esta información gráfica es la que se utiliza en las reuniones de involucrados y permite saber las variaciones que presentan los procesos y requieran un análisis de mejora. Entonces, el ISP es una herramienta de la gestión de proyectos que se utiliza para corregir los procesos con desviaciones, cuantificar las proyecciones del proceso y obtener mejorías en el costo.

#### 4.4.1.1 Hoja resumen del ISP

En la pestaña del formato del ISP tenemos una hoja resumen que sintetiza toda la información requerida para el análisis de los procesos, tanto sus ratios, metrados, horas hombre y proyecciones como se muestra en la Figura 86 y Figura 87. Además, en esta hoja se hace el comparativo de las proyecciones de las horas hombre que arroja el ISP con las horas hombre proyectadas del Resumen Operativo (RO)<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>Resumen Operativo (RO). Es el balance económico de los ingresos y salidas operativos del proyecto que compila la base informativa de todos los gastos en el presupuesto, los costos directos

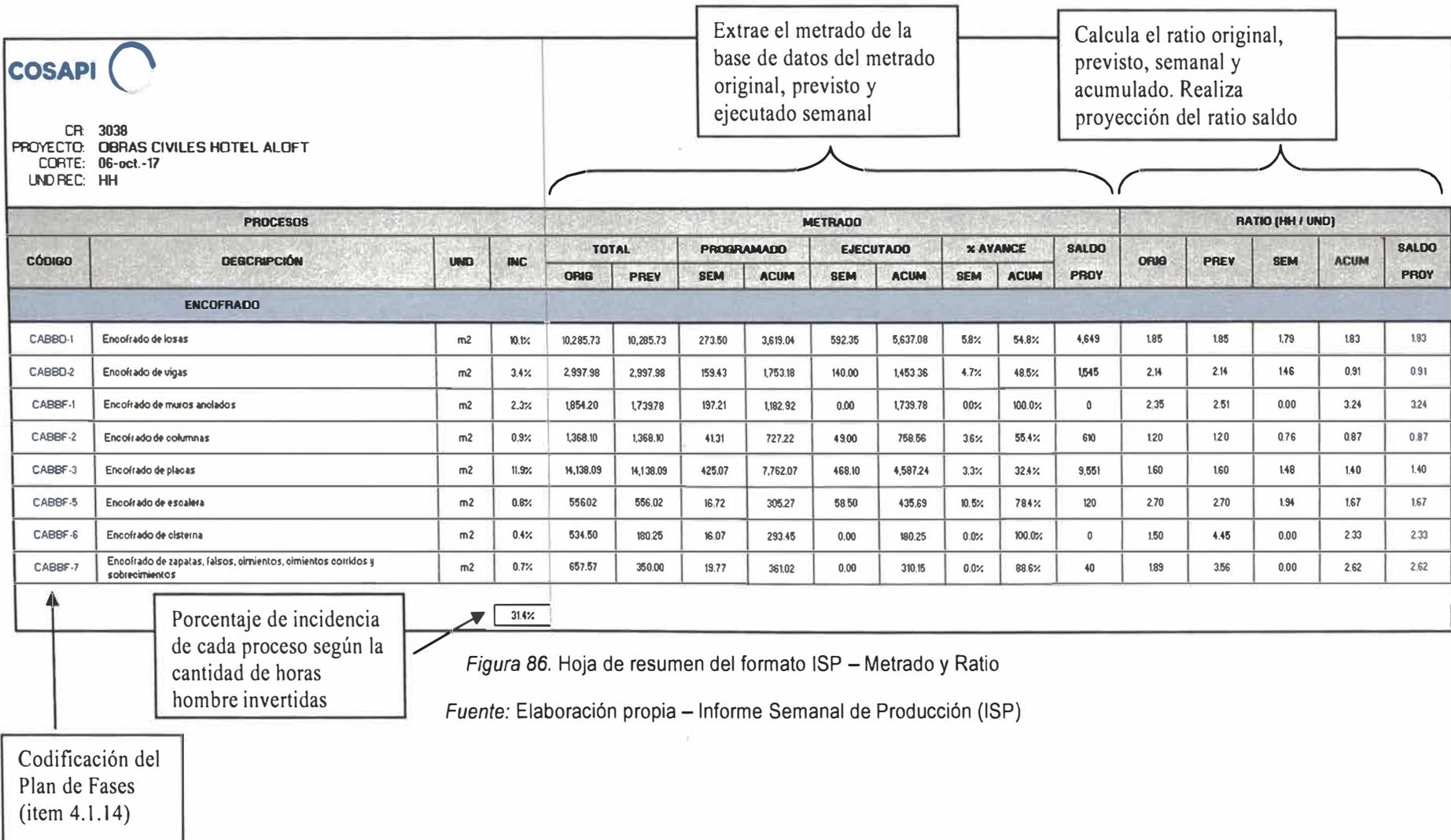


Figura 86. Hoja de resumen del formato ISP – Metrado y Ratio

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Extrae las horas hombre de la base de datos de horas hombre original, previsto y real permitiendo calcular los indicadores CPI, SPI y MEJ y las horas hombre proyectadas a partir del ratio proyectado y metrado saldo

Horas hombre totales  
 Originales: contempladas en el presupuesto venta  
 Previstas: contempladas en el presupuesto meta Resumen Operativo (RO): contempladas para mantener los márgenes de ganancia en la planificación de balance económico

**COSAPI**

CR: 3038  
 PROYECTO: OBRAS CIVILES HOTEL ALDFT  
 CORTE: 06-oct-17  
 INDREC: HH

PROCESOS				ANÁLISIS DEL VALOR GANADO														
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UMD	UNC	HH ACUMULADO				CPI	SPI	MEJ	HH SALDO	HH TOTAL					COMENTARIOS (JUSTIFICACIÓN DE BAJOS INDICADORES)	
				PROG	PREV	REAL	VAR					PROY	ORIG	PREV	RO - JULIO	PROY		VAR
<b>ENCOFRADO</b>																		
CAEED-1	Encofrado celcos	m <sup>2</sup>	10.1%	6,706	10,140	10,318	127	✓ 1.31	✓ 1.04	2.88	8,589	19,378	9,059	18,873	18,827	46		
CAEED-2	Encofrado ce vigas	m <sup>2</sup>	3.4%	3,767	3,114	1,327	1,769	✓ 2.35	✗ 0.83	0.90	1,410	6,124	6,424	2,632	2,738	-106		
CABBF-1	Encofrado cerramos aso edos	m <sup>2</sup>	2.3%	1,564	1,162	5,334	1272	✗ 0.77	✓ 1.47	0.00	0	1,162	1,262	5,634	5,634	0		
CAEEF-2	Encofrado ce columnas	m <sup>2</sup>	0.8%	873	910	368	282	✓ 1.88	✓ 1.01	0.27	828	1,642	1,342	1187	1,187	1		
CAEEF-3	Encofrado ce placas	m <sup>2</sup>	11.9%	11,339	7,328	6,440	318	✓ 1.14	✗ 0.53	1.54	13,312	22,514	22,534	21,722	18,751	1,563		
CAEEF-5	Encofrado ce escalera	m <sup>2</sup>	0.8%	823	1,175	730	445	✓ 1.51	✓ 1.43	0.07	201	1,493	1,159	908	931	-23		
CAEEF-6	Encofrado ce sistema	m <sup>2</sup>	0.4%	1,205	402	120	282	✓ 1.31	✗ 0.61	0.00	0	832	602	420	120	0		
CAEEF-7	Encofrado ce zapatas, bases, cimentos, cimentos costados y soportavientos	m <sup>2</sup>	0.7%	1,284	1,100	814	283	✓ 1.36	✗ 0.83	0.06	105	1,245	1,245	313	313	0		
				314%	31,563	28,238	28,389	2,925.03	✓ 1.11	✗ 0.98		25,117	69,190	69,236	63,934	61,26	1,3283	

Figura 87. Hoja de resumen del formato ISP – Análisis del valor ganado

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Variaciones de la proyección de HH del ISP vs la proyección de HH del RO

### 4.4.1.2 Los inputs del Informe Semanal de Producción

Para que el ISP pueda procesar lo anteriormente descrito debe contar con una base de datos que lo alimente. Es por ello que el formato cuenta con varias partes donde están las hojas que servirán para el llenado de la información requerida.

Tabla 20. Listado de procesos que requieren controlarse

REGISTRO DE PROCESOS A CONTROLAR		
CR: 3038		
PROYECTO: OBRAS CIVILES HOTEL ALOFT		
CORTE: 06-dic-17		
UNO REC: III		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UMD
<b>PRELIMINARES Y PROVISIONALES</b>		
A	Trabajo preliminar, provisionales, impactos, topografía y transporte en obra	MES
<b>ESTRUCTURAS</b>		
BB	Excavación masiva	m3
BB-1	Excavación localizada	m3
BB-2	Relleno y compactación	m3
CABD-1	Escalado de leña	m2
CABD-2	Escalado de vigas	m2
CABD-3	Escalado de vigas de acero	m2
CABDF-1	Escalado de muros de ladrillo	m2
CABDF-2	Escalado de columnas	m2
CABDF-3	Escalado de placas	m2
CABDF-4	Escalado de columnas, parapeto	m2
CABDF-5	Escalado de cimientos	m2
CABDF-6	Escalado de cielos	m2
CABDF-7	Escalado de zapatas, talas, cimientos, cimientos corridos y sobrecimentas	m2
CB	Acero de refuerzo	Kg
CFBDD-1	Concreto en columnas reforzadas	m3
CFBDD-2	Concreto en vigas de acero	m3
CFBDF-1	Concreto en muros encofrados	m3

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Cada elemento que figura en la Tabla 20 tiene asignado el código del plan de fases propuesto en la planificación. De esa manera, se distingue a los procesos y permite facilitar el manejo de los datos que albergan.

Tabla 21. Hoja de ingreso de los metros ejecutados de cada proceso en la semana

REGISTRO DE PRODUCCIÓN SEMANAL (MENSUAL)																
CR: 3038																
PROYECTO: OBRAS CIVILES HOTEL ALOFT																
CORTE: 06-dic-17																
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UMD	ORD	PREV	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	ACUM
ZL	Administración Oficina Técnica	MES	75.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00
ZP	Seguridad y medio ambiente	MES	75.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00
ZR	Trabajo mano en mano de obra	CLP	75.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00
ZS	Trabajo preliminar, provisionales, impactos topografía y transporte en obra	MES	75.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00
BB	Excavación masiva	m3	1 764.85	1 764.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 764.85
BB-1	Excavación localizada	m3	482.15	482.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	482.15
BB-2	Relleno y compactación	m3	354.00	354.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	354.00
CABD-1	Escalado de leña	m2	11 287.73	11 287.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11 287.73
CABD-2	Escalado de vigas	m2	2 087.94	2 087.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2 087.94
CABD-3	Escalado de vigas de acero	m2	1 736.79	1 736.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 736.79
CABDF-1	Escalado de muros de ladrillo	m2	1 364.10	1 364.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 364.10
CABDF-2	Escalado de columnas	m2	14 138.09	14 138.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14 138.09
CABDF-3	Escalado de placas	m2	14 138.09	14 138.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14 138.09

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Tabla 22. Hoja de ingreso de las horas hombre de cada proceso en la semana

RESULTADO DE REGISTROS SEMANAL																
CR: 3038 PROYECTO: OBRAS CIVILES HOTEL ALFOTI CORTE: 05-oct-17																
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UMD	ORIG	PREV	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	ACUM
					04-ago-17	11-ago-17	18-ago-17	25-ago-17	01-sep-17	08-sep-17	15-sep-17	22-sep-17	29-sep-17	06-oct-17	13-oct-17	
ZC	Administración Oficina Técnica	H-H	0.00	1.847.82												102.50
ZE	Seguridad y medio ambiente	H-H	1.062.50	1.062.50					38.50	50.00	50.00	51.00	50.00	50.00	51.00	830.00
Z	Trabajos varios en viviendas aleatorias	H-H	0.00	0.00												0.00
+	Trabajos preliminares: promedios, limpieza topográfica y transporte en obra	H-H	48.958.72	38.387.35	788.00	112.50	51.00	648.50	489.50	634.50	238.50	487.00	698.00	518.00	548.00	13.725.50
BE	Ejecución masiva	H-H	0.00	2.329.25			37.20	77.30	14.00	132.00	76.00	74.00	20.00	18.00		2.693.55
BB-1	Ejecución localizadora	H-H	736.65	305.48				18.00	52.00	127.00	85.00	19.50	20.00	19.00	130.00	983.71
BB-2	Retiro y compactación	H-H	225.16	229.69	245.00		54.30	50.30	34.50	90.00	85.00				129.00	1.540.90
CABED-1	Encofado de losas	H-H	19.059.30	19.059.30	841.50	1.522.00	1.241.50	830.00	734.00	1.012.50	860.50	1.172.00	861.50	1.061.50	980.50	11.268.50
CABED-2	Encofado de vigas	H-H	6.424.30	6.424.30		66.30	174.00	227.00	87.50	73.50	114.00	226.50	131.00	204.00	203.50	1.530.00
CABED-3	Encofado de vigas de armate	H-H	1.673.28	1.673.28												0.00
CABEF-1	Encofado de muros andados	H-H	8.251.95	4.361.68												5.634.14
CABEF-2	Encofado de columnas	H-H	1.641.71	1.541.71	27.00	74.00	120.00	38.30	20.30	35.00	68.50	35.00	16.00	37.00	48.00	706.00
CABEF-3	Encofado de placas	H-H	22.584.02	22.584.02	18.00	134.00	328.50	477.30	174.30	591.50	832.00	883.00	728.50	581.00	639.50	7.548.00

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Tabla 23. Hoja de ingreso de los metros originales de cada proceso en la semana

RESULTADO DE PRODUCCIÓN SEMANAL																
CR: 3038 PROYECTO: OBRAS CIVILES HOTEL ALFOTI CORTE: 05-oct-17																
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UMD	ORIG	PREV	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	ACUM
					04-ago-17	11-ago-17	18-ago-17	25-ago-17	01-sep-17	08-sep-17	15-sep-17	22-sep-17	29-sep-17	06-oct-17	13-oct-17	
ZC	Administración Oficina Técnica	MES	75.00	75.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	5.25
ZE	Seguridad y medio ambiente	MES	75.00	75.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	5.25
Z	Trabajos varios en viviendas aleatorias	MES	75.00	75.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	5.25
+	Trabajos preliminares: promedios, limpieza topográfica y transporte en obra	MES	75.00	75.00	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	5.25
BE	Ejecución masiva	MES	1.766.51	1.766.51	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	3.06
BB-1	Ejecución localizadora	MES	481.90	481.90	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	3.06
BB-2	Retiro y compactación	MES	112.78	129.88	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	6.06
CABED-1	Encofado de losas	MES	12.289.74	19.285.73	100.00	300.00	368.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	3.00
CABED-2	Encofado de vigas	MES	2.991.00	3.997.98	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	1.10
CABED-3	Encofado de vigas de armate	MES	66.72	66.72	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	3.06
CABEF-1	Encofado de muros andados	MES	1.730.00	1.730.00	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	3.06
CABEF-2	Encofado de columnas	MES	1.316.00	1.374.18	27.00	74.00	120.00	38.30	20.30	35.00	68.50	35.00	16.00	37.00	48.00	4.00
CABEF-3	Encofado de placas	MES	14.138.00	14.138.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	3.00

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

En la Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 se muestran las hojas del formato que tienen que ser llenadas con la base informativa del proyecto contemplada antes de su ejecución y durante la ejecución de cada proceso.

#### 4.4.1.3 Gráficos del Informe Semanal de Producción

La información ingresada al formato del ISP compila todos esos datos en una sola hoja de detalles por cada proceso (ver Tabla 24) que alimenta a la elaboración de gráficos (ver Figura 88) que permitirán analizar desde otro enfoque los parámetros de cada proceso y con ello determinar las acciones que deben ser tomadas para mejorar su ejecución en obra. Esta información se comparte con todos los miembros en la reunión de obra para emitir observaciones y/o comentarios al respecto.

Tabla 24. Hoja de detalle del metrado, horas hombre y ratio de cada proceso

DETALLE DEL INFORME SEMANAL DE PRODUCCION																
CR 3039 PROYECTO OBRAS CIVILES HOTEL ALOFT CORTE: 06.oct.-17																
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID	PREV	27	28	29	30	31	32	13	34	35	36	37	SEM	ACUM
				04.ago.	11.ago.	18.ago.	25.ago.	01.sep.	08.sep.	15.sep.	22.sep.	29.sep.	06.oct.	13.oct.		
CABBF-1	Encofrado de muros anclados	m2														
	Producción Programada Semanal	m2		69.56	69.96	69.36	59.95	75.52	76.52	76.52	76.52	76.52	57.21	197.21	197.21	1182.92
	Producción Programada Acumulada	m2	1739.7846	393.22	453.13	533.14	603.10	679.62	756.14	832.67	909.19	985.71	1132.92	1383.13		
	Producción Semanal	m2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Producción Acumulada	m2	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78	1.739.78
	Recursos Semanal	HH		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Recursos Acumulado	HH	4.361.66	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14	5.634.14
	Rendimiento Semanal	HH/m2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Rendimiento Acumulado	HH/m2	2.51	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
	Rendimiento Previsto	HH/m2	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51		
CABBF-2	Encofrado de columnas	m2														
	Producción Programada Semanal	m2		37.02	37.02	37.02	37.02	55.71	56.71	56.71	56.71	56.71	41.31	41.31	41.31	727.22
	Producción Programada Acumulada	m2	1.374	29.30	328.32	365.34	402.36	459.07	515.78	572.43	629.19	685.90	727.22	766.53		
	Producción Semanal	m2		20.77	50.56	103.74	74.43	72.33	54.80	57.32	48.31	49.03	43.00	49.00	49.00	753.56
	Producción Acumulada	m2	1.363.10	153.42	203.93	312.72	387.20	459.53	514.33	611.65	660.56	709.56	758.56	807.56		
	Recursos Semanal	HH		27.00	74.00	123.00	38.00	23.00	35.00	68.50	35.00	18.00	37.00	48.00	37.00	653.00
	Recursos Acumulado	HH	1.641.71	206.50	230.53	405.50	444.50	464.50	499.50	568.03	603.00	621.00	658.00	706.00		
	Rendimiento Semanal	HH/m2		1.30	1.46	1.16	0.51	0.28	0.64	0.70	0.72	0.37	0.76	0.38		
	Rendimiento Acumulado	HH/m2	1.20	1.35	1.38	1.30	1.15	1.01	0.97	0.93	0.91	0.88	0.87	0.87		
	Rendimiento Previsto	HH/m2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20		

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

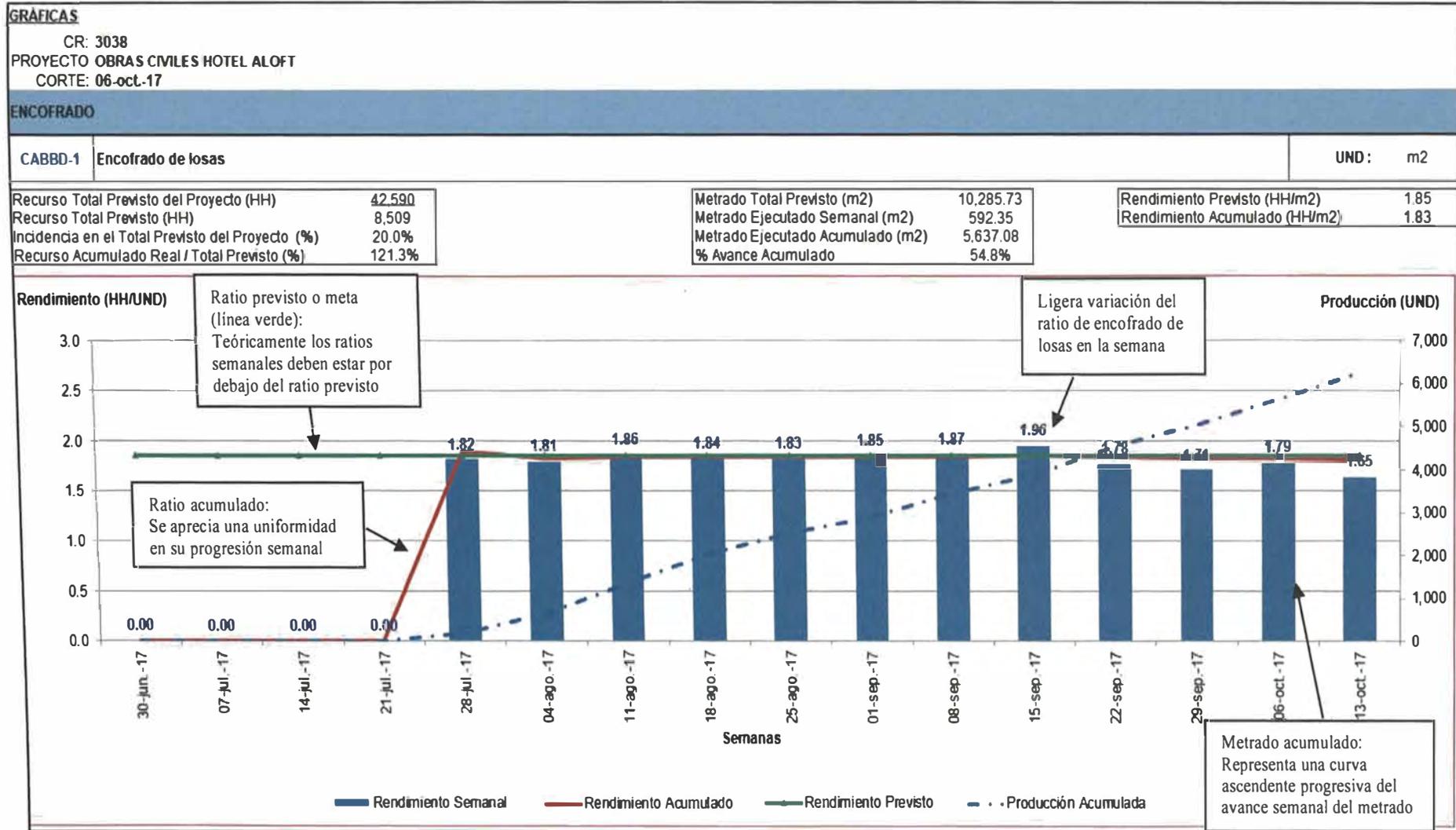


Figura 88. Gráfico de la progresión semanal de los ratios del encofrado de losas

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

#### 4.4.2 Resumen Ejecutivo Semanal (RES)

El siguiente reporte de productividad es utilizado de manera más amplia ya que abarca todas las áreas que integran el proyecto y resume específicamente la información relevante para mantener informado a la Gerencia de Proyecto que controla el progreso de las obras que maneja la empresa para sus gastos generales. En las figuras Figura 89, Figura 90, Figura 91 y Figura 92 se muestra un extracto del RES.

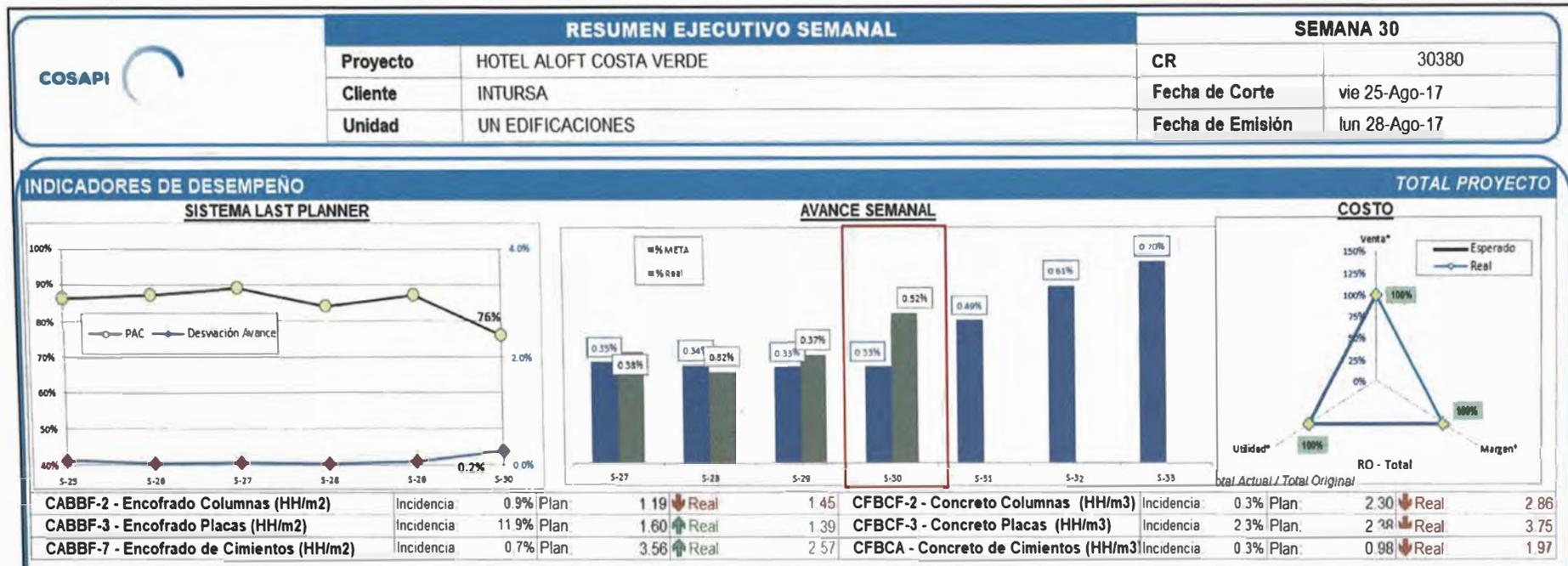


Figura 89. Resumen Ejecutivo Semanal – Indicadores de Desempeño

Fuente: Elaboración propia – Resumen Ejecutivo Semanal (RES)

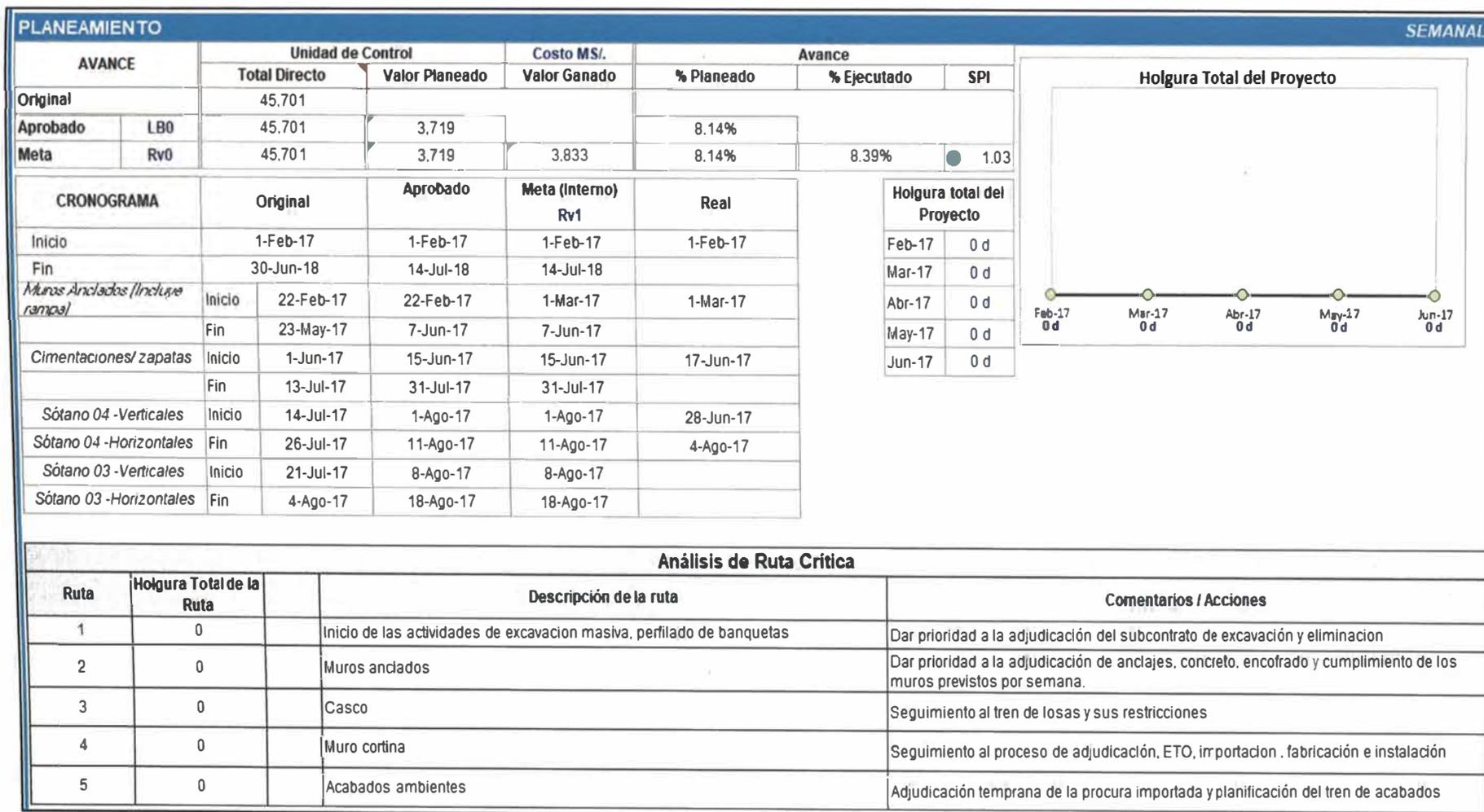


Figura 90. Resumen Ejecutivo Semanal – Planeamiento

Fuente: Elaboración propia – Resumen Ejecutivo Semanal (RES)

PRODUCCIÓN											SEMANAL
Descripción	Inc Costo	Total Previsto	Und	Avance Acumulado				Mes		Semana	
				Planeado	Ejecutado	Meta	Avance	Meta	Avance		
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>100%</b>	<b>45,701</b>		8.14%	8.39%	1.39%	1.59%	0.33%	0.52%		
Trabajos preliminares y provisionales	6.9%	3,151.97	MS/.	978.7	31.1%	912.4	28.9%	3.8%	3.5%	1.0%	0.88%
Estructuras	16.8%	7,695	MS/.	2,740.3	35.6%	2,920.1	37.9%	6.7%	8.0%	1.7%	2.71%
Arquitectura	34.9%	15,929	MS/.	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

**Comentarios:**

- Se realizó el vaciado de concreto en la rampa vehicular del nivel cero.
- Se realizó el vaciado de concreto en la losa de techo del sótano 01 al 60%
- Se tiene vaciado el 50% de las columnas del primer piso.
- Vaciado de concreto en las escaleras del sótano 02

**Actividades de las próximas tres semanas**

- Avance del vaciado de concreto en las placas perimetrales del primer nivel
- Vaciado de concreto del techo del sótano 01 al 100%
- Culminación de los elementos verticales del nivel 01.

Página 1

Figura 91. Resumen Ejecutivo Semanal – Producción

Fuente: Elaboración propia – Resumen Ejecutivo Semanal (RES)

COSTOS - AGOSTO 2017							MENSUAL		
RO Miles de S/.	Ejercicio 2017			Total Proyecto			FLUJO DE CAJA		
	Acumulado	Actual	Original	Acumulado	Actual	Original	Acum.	Proyecc (3 m)	
Venta Real	3,995	12,930	12,161	3,501	54,068	54,068	Ingreso	17,987	21,003
Venta E/D	767	1,737	-124	239	0	0	Egreso	(12,336)	(18,807)
Venta Aplicada	4,762	14,668	12,037	3,741	54,068	54,068	Neto	5,650	2,196
Costo Real	4,436	13,664	11,185	3,476	50,242	50,242	Amortiz Ingreso		
Utilidad Real	-442	-733	976	25	3,826	3,825	Amortiz Egreso		
Margen Real	-11.05%	-5.67%	8.03%	0.72%	7.08%	7.08%	Seido en Banco	5,650	7,846
Utilidad	326	1,004	852	265	3,826	3,825	PRODUCTIVIDAD HH		
Margen	6.8%	6.8%	7.1%	7.1%	7.1%	7.1%	Acum Ganado	Acum Real	CPI
							24.213	20.774	1.17

Figura 92. Resumen Ejecutivo Semanal – Costos

Fuente: Elaboración propia – Resumen Ejecutivo Semanal (RES)

## CAPÍTULO V: INTEGRACIÓN DEL BIM CON EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

### 5.1 HERRAMIENTA BIM – SISTEMA LAST PLANNER 4D PARA LA PLANIFICACIÓN

La planificación que se lleva en campo en algunas ocasiones implica una complicada interpretación no solo para las cuadrillas y jefes de grupo, también para los ingenieros de producción. La rapidez que se requiere para procesar la información demanda que los mecanismos por los que se difunda los entregables, planos, planes diarios, etc. Cuenten con una facilidad de lectura e interpretación. Por ello, el uso de herramientas BIM ayuda en gran magnitud el proceso de emisión de la información.

En el proyecto Hotel Aloft Costa Verde se planteó el uso del sistema de planificación a través de un software que permita el diseño del modelo general del proyecto y se pueda ejecutar un mecanismo para la planificación diaria y semanal. Last Planner 4D es la aplicación de la teoría del último planificador llevada a un esquema volumétrico y, al introducir el tiempo como un factor de control cae el principio en otra fase de la dimensión para el modelo. De ahí su término 4D.

Consiste en utilizar el modelo que se diseña en el software para recrear el plan diario y el lookahead mediante un mecanismo atractivo de uso de colores para distinguir cada proceso a ejecutarse.

#### 5.1.1 Planificación Semanal 4D

Para la Planificación Semanal 4D se utilizaron 04 colores que representen las siguientes procesos:

- Color rosado: Proceso de colocación de acero
- Color amarillo: Proceso de encofrado de elementos horizontales y verticales
- Color azul: Proceso de vaciado de concreto de elementos horizontales y verticales.
- Color gris: Proceso ejecutado y terminado

De esta manera como se contempla en la Figura 93 se presenta la planificación de la semana 32 comprendida de lunes a viernes donde se presenta para cada día la recreación en la que el proyecto debería encontrarse construido.

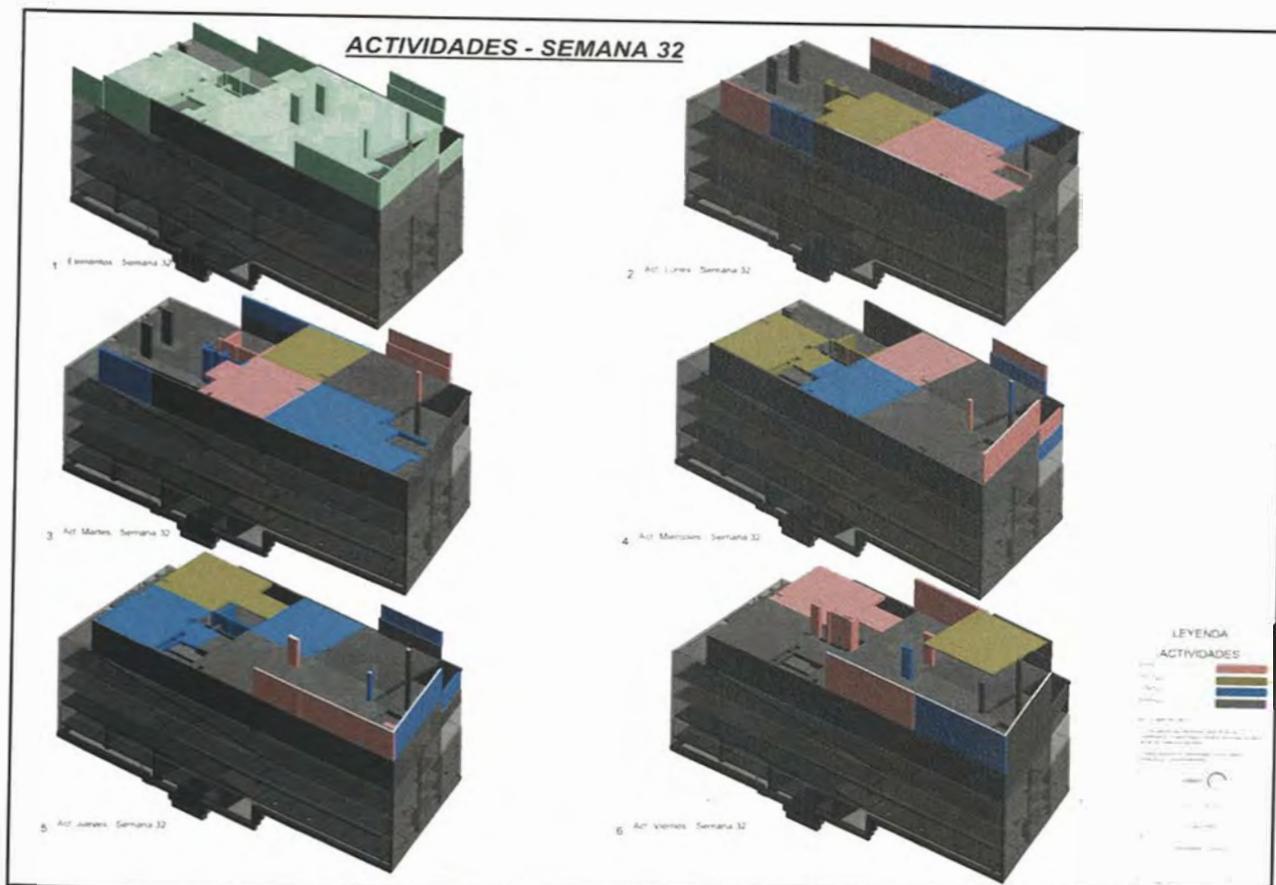


Figura 93. Uso del sistema Last Planner 4D para la Planificación Semanal

Fuente: Elaboración propia – Layout BIM

Se tiene 06 bloques del modelos del proyecto. El primero muestra el esquema general de cómo debería construida la obra al cierre de la semana. Los otros bloques representan el plan diario.

Nos encontramos a un nivel de desarrollo de planificación muy riguroso y por ello, la exigencia de cumplimiento la obra es mayor ya que se brinda la urgencia del proyecto a todos los miembros que lo integran tanto al staff como personal obrero. Así, se conseguimos el aseguramiento del compromiso de todos y a partir de este punto debería mejorarse en teoría los indicadores productivos de los procesos.

### 5.1.2 LookAhead 4D

En cuanto al lookahead, también fue llevado al modelo para realizar otra presentación en obra y se pueda mejorar el desarrollo de todas las actividades. Los colores utilizados en este entregable fueron:

- Color rosado: Planificación Semana 32
- Color verde: Planificación Semana 33
- Color amarillo: Planificación Semana 34
- Color morado: Planificación Semana 35

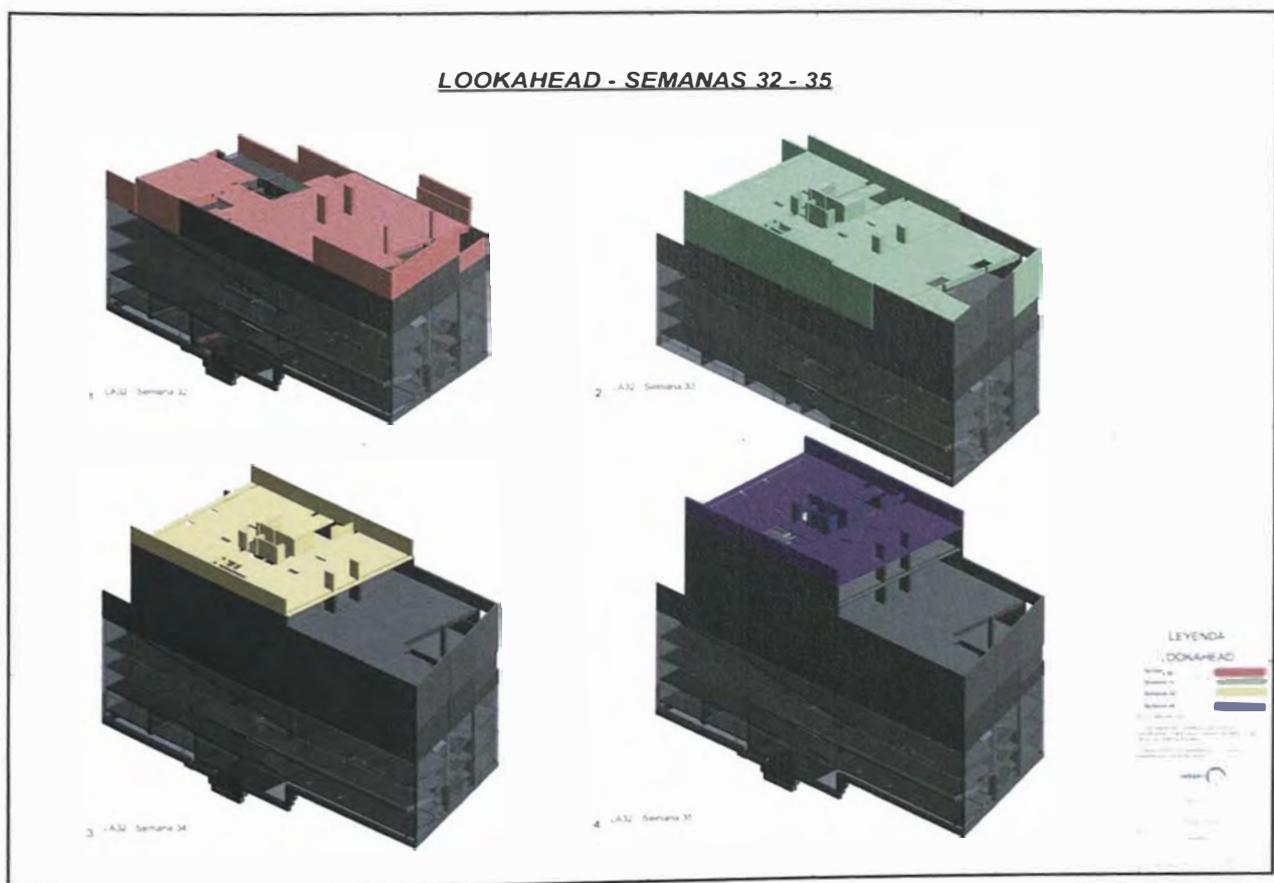


Figura 94. Uso del sistema Last Planner 4D para la elaboración del LookAhead

Fuente: Elaboración propia – Layout BIM

En la Figura 94 se muestra el Lookahead 4D donde se presentan 04 bloques cada uno con la semana de planificación que le corresponde. Este entregable es también compartido con todos los miembros del staff y personal obrero para el aseguramiento de su ejecución y cumplimiento.

### 5.1.3 Análisis de las actividades cumplidas PAC 4D

Luego de realizar la planificación semanal y lookahead 4D incluimos como entregable establecer el comparativo de lo planificado en la semana con lo ejecutado realmente. De esa manera tenemos una interpretación del avance en temas de cumplimiento. Los colores usados fueron:

- Color rosado: Elementos No Ejecutados
- Color verde: Elementos Ejecutados
- Color magenta: Elementos extra o adicionales (ejecutados)
- Color amarillo: Elementos planificados para esa semana

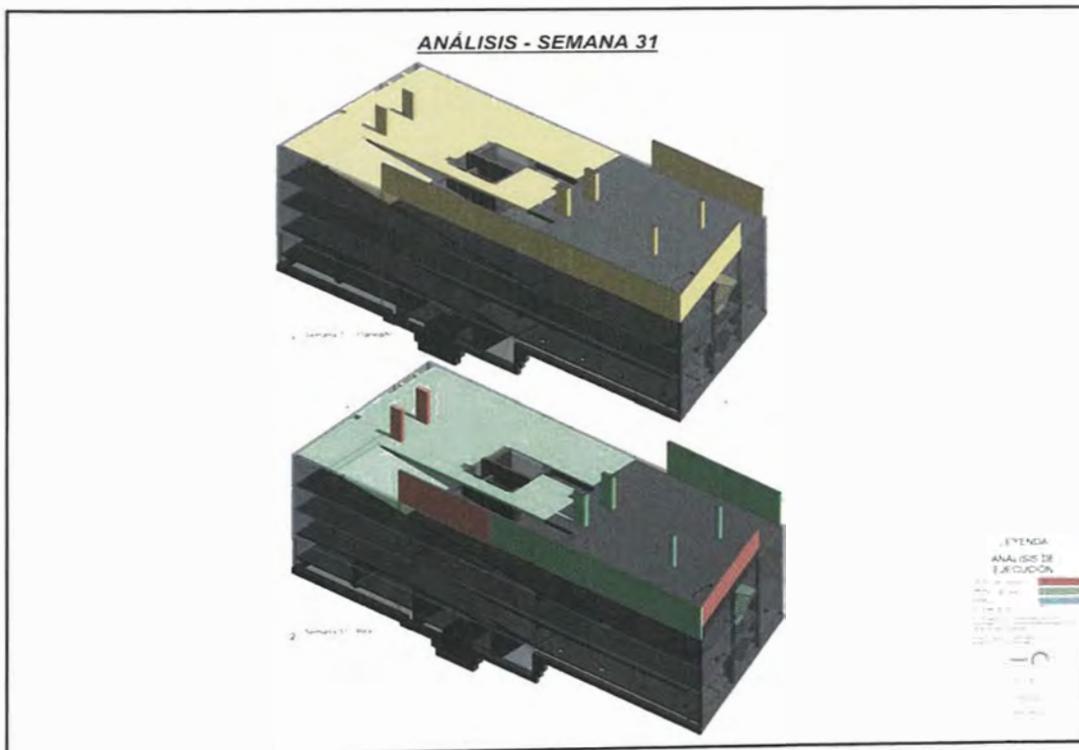


Figura 95. Uso del sistema Last Planner 4D para el análisis de las actividades cumplidas

Fuente: Elaboración propia – Layout BIM

## 5.2 ENTREGABLES PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Con lo presentado anteriormente en este capítulo, tenemos 03 entregables BIM que se comparten al área de producción para que los implementen.

Adicionalmente, se propone un modelo de entregable con ayuda fotográfica para respaldar el cumplimiento de las actividades en la semana (ver Figura 96). Donde se detalla las actividades ejecutadas en la semana, tanto en planta como isométrico.



Figura 96. Análisis de las actividades cumplidas con la utilización de la herramienta BIM

Fuente: Elaboración propia – Layout BIM

El área de producción cuenta con esta herramienta BIM para alinearse a la planificación y además con las herramientas de control para corregir las desviaciones a los procesos.

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE COSTOS

### 6.1 PRESUPUESTO DETALLADO Y ADICIONALES

El presupuesto de cada proyecto está compuesto generalmente por 5 valores: el costo directo, el costo indirecto, los gastos generales, utilidades e impuestos.

Se utilizan dos parámetros para el análisis del costo directo, se impone un costo teórico por el contratista como un costo meta de todo el proyecto, y otro como un resultado operativo que contempla materiales, recursos humanos y maquinaria.

Cuando se comparan los costos meta y el resultante se puede verificar cuáles son las partidas que incurren en mayores gastos.

El presupuesto del proyecto se encuentra en el Anexo B el cual especifica el metrado y los precios unitarios elaborado por el contratista constructor en la etapa de licitación. Los metrados detallados por especialidad (estructuras y arquitectura) donde han sido sincerados internamente a detalle para el manejo de la programación y control de las partidas más incidentes del proyecto, las cuales son identificadas en la ruta crítica del proyecto o que contemplan mayor frecuencia y volumen a desarrollar.

En el rubro de la construcción de proyectos ocurren variaciones y es por ello que se generan adicionales y/o modificaciones del alcance del proyecto, de esta manera impacta en el presupuesto contractual generando adicional de partidas y metrados. Estas Dichas modificaciones están amarradas a los alcances originales del proyecto, y pese a que el contrato es por Suma Alzada y no debería cambiar, de todas maneras hace que cambie en cierta medida. Para el caso del nuestro proyecto se encontró un vicio oculto de calzadura, el cuál en términos de contrato no fue muy específico su incidencia en responsabilidades por parte del contratista, fue discutido con la supervisión y el cliente, deduciendo como resultado un reconocimiento por la contra parte permitiendo generar un adicional en el presupuesto en la partida de movilización de tierras, y en el cronograma (cronograma impactado).

## 6.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

El análisis de precios unitarios (APU) definen el presupuesto inicial en la etapa de licitación, luego el contratista tiene como objetivo realizar una nueva revisión interna de los precios unitarios dando una conformidad o modificación según un histórico de proyectos anteriormente realizados, mejoras obtenidas en los precios unitarios o por juicio y/o experiencia por los profesionales a cargo de la ingeniería.

Luego de elaborar un presupuesto con un metrado y APU sincerados (presupuesto meta), se realiza una reunión con el equipo que estará a cargo de la ejecución del proyecto, el gerente de proyecto y demás involucrados, donde deben verificar el alcance del proyecto, las contemplaciones del metrado, los precios unitarios y aceptar o modificar los valores internos acordados en dicha reunión conocido como la Reunión de Compromisos donde se establecen finalmente los acuerdos para la ejecución del proyecto.

La Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32 muestran ejemplos de APU determinados en la Venta.

Tabla 25. Análisis de precio unitario - Concreto simple 100kg/cm2 en Cimentación

ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO					
02.02.01.03.01	Concreto simple f'c=100Kg/cm2, Cimentación	m3	Avance:	85.00	m3/día
Partidas Clientes: 02.02.01.03.01,					
11	121503 Concreto premezclado f'c=100 kg/cm2 - Cemento I:	m3	1.1000	198.0000	217.8000
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>					<b>217.8000</b>
14	101504 Regla de aluminio de 3.0	Und	0.0080	102.0000	0.8160
<b>Total Rubro: 14 - Mat</b>					<b>0.8160</b>
20	101000 Jefe de Grupo Civil	H-H	0.1000	25.2943	2.5294
20	102000 Operario Civil	H-H	0.4000	23.2461	9.2984
20	103000 Oficial Civil	H-H	0.2000	19.2299	3.8460
20	104000 Ayudante Civil	H-H	0.8000	17.3624	13.8899
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>29.5637</b>
31	34011001 Motovibrador gasolinero 5.5-9 hp	H-M	0.4000	3.1380	1.2552
<b>Total Rubro: 31 - Equipo Propio</b>					<b>1.2552</b>
33	33C0001 Camión Bomba de Concreto	m3	1.1000	33.0000	36.3000
<b>Total Rubro: 33 - Equipos por Volumen</b>					<b>36.3000</b>
					<b>285.7349</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>285.7349</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>285.73</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 26. Análisis de precio unitario - Concreto simple 100kg/cm2 en Sobrecimiento

COSAPI						
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO						
02.02.01.04.01	Concreto simple f'c=100Kg/cm2 Sobrecimiento	m3	Avance:	40.23	m3/día	
Partidas Clientes: 02.02.01.04.01,						
11	121503 Concreto premezclado f'c= 100 kg/cm2 - Cemento I	m3	1.0500	198.0000	207.9000	
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>						<b>207.9000</b>
20	101000 Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0211	25.2943	0.5344	
20	102000 Operario Civil	H-H	0.4225	23.2461	9.8223	
20	103000 Oficial Civil	H-H	0.2113	19.2299	4.0626	
20	104000 Ayudante Civil	H-H	0.8451	17.3624	14.6724	
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>						<b>29.0917</b>
31	34011001 Motovibrador gasolinero 5.5-9 hp	H-M	0.4225	3.1380	1.3259	
<b>Total Rubro: 31 - Equipo Propio</b>						<b>1.3259</b>
33	33C0001 Camión Bomba de Concreto	m3	1.0500	33.0000	34.6500	
<b>Total Rubro: 33 - Equipos por Volumen</b>						<b>34.6500</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>272.9677</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>						<b>272.97</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 27. Análisis de precio unitario – Encofrado y desencofrado Muros anclado

COSAPI						
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO						
02.01.02.01.02	Encofrado y desencofrado - Muros Anclado	m2	Avance:	19.13	m2/día	
Partidas Clientes: 02.01.02.01.02,						
11	130505 Madera tornillo, puesto en obra	p2	0.4100	4.4000	1.8040	
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>						<b>1.8040</b>
14	100220 Clavos	kg	0.0200	2.5620	0.0512	
14	100222 Alambre # 16	kg	0.0500	2.0400	0.1020	
14	101009 Laca desmoldante pl/Moldes metalicos Sika form	lt	0.0250	6.1982	0.1550	
<b>Total Rubro: 14 - Materiales Consumibles</b>						<b>0.3082</b>
20	101000 Jefe de Grupo Civil	H-H	0.2222	25.2943	5.6210	
20	102000 Operario Civil	H-H	0.8889	23.2461	20.6632	
20	104000 Ayudante Civil	H-H	0.8889	17.3624	15.4332	
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>						<b>41.7174</b>
31	12450048 Sierra Circular Eléctrica manual	H-M	0.4445	1.4960	0.6649	
31	25050011 Garlopa Delcrosa 3Hp 12" X 1.80 mt	H-M	0.4444	2.7540	1.2240	
<b>Total Rubro: 31 - Equipo Propio</b>						<b>1.8889</b>
33	101050 Encofrado muro anclado - sistema puntales	m2-mes	0.1900	39.6065	7.5252	
<b>Total Rubro: 33 - Equipos por Volumen</b>						<b>7.5252</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>53.2437</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>						<b>53.24</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 28. Análisis de precio unitario - Tarrajeo en muros

COSAPI					
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO					
03.01.03.01.03	Tarrajeo primario en muros	m <sup>2</sup>	Avance:	52.62 m <sup>2</sup> /día	
Partidas Clientes: 03.01.03.01.03.03.02.03.01.01.03.03.03.01.					
11	100501 Cementos Tipo I - Sol, puesto en obra	bol	0.1170	16.6964	1.9535
11	110501 Arena fina, puesto en obra.	m <sup>3</sup>	0.0200	37.0000	0.7400
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>					<b>2.6935</b>
14	101504 Regla de aluminio de 3.00m x 0.10m	und	0.0010	102.0000	0.1020
14	101550 Agua para construcción	m <sup>3</sup>	0.0100	9.1000	0.0910
<b>Total Rubro: 14 - Materiales Consumibles</b>					<b>0.1830</b>
20	101000 Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0808	25.2943	2.0430
20	102000 Operario Civil	H-H	0.8462	23.2461	15.0206
20	104000 Ayudante Civil	H-H	0.3231	17.3624	5.6054
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>22.6729</b>
34	380200 Andamios para acabados de arquitectura	H-M	0.3231	2.0000	0.6462
<b>Total Rubro: 34 - Equipos Terceros</b>					<b>0.6462</b>
					<b>26.1956</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>26.1956</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>26.20</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 29. Análisis de precio unitario - Solaqueo en muros

COSAPI					
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO					
03.01.03.02.01	Solaqueo de muros	m <sup>2</sup>	Avance:	116.17 m <sup>2</sup> /día	
Partidas Clientes: 03.01.03.02.01.03.03.03.06.					
11	100501 Cementos Tipo I - Sol, puesto en obra	bol	0.0150	16.6964	0.2504
11	110501 Arena fina, puesto en obra.	m <sup>3</sup>	0.0010	37.0000	0.0370
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>					<b>0.2874</b>
14	203010 Disco de esmeril	und	0.0200	26.6560	0.5331
<b>Total Rubro: 14 - Materiales Consumibles</b>					<b>0.5331</b>
20	101000 Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0073	25.2943	0.1851
20	103000 Oficial Civil	H-H	0.2195	19.2299	4.2212
20	104000 Ayudante Civil	H-H	0.0732	17.3624	1.2704
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>5.6767</b>
34	230025 Amoladora de 4.5" p/orte y esmeril	H-M	0.2195	1.4620	0.3209
34	380200 Andamios para acabados de arquitectura	H-M	0.0732	2.0000	0.1463
<b>Total Rubro: 34 - Equipos Terceros</b>					<b>0.4673</b>
					<b>6.9645</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>6.9645</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>6.96</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 30. Análisis de precio unitario - Contrapiso

COSAPI						
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO						
03.01.05.01	Contrapiso 48mm	m2	Avance:	51.94 m2/día		
Partidas Clientes: 03.01.05.01, 03.02.05.01, 03.03.05.01.						
11	122503	Concreto premezclado f'c=175 kg/cm <sup>2</sup> - Cemento I	m3	0.0504	275.0000	10.8360
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>					<b>10.8360</b>	
14	101504	Regla de aluminio de 3.00m x 0.10m	und	0.0010	102.0000	0.1020
<b>Total Rubro: 14 - Materiales Consumibles</b>					<b>0.1020</b>	
20	101000	Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0818	25.2943	2.0695
20	102000	Operario Civil	H-H	0.1636	23.2461	3.8039
20	103000	Oficial Civil	H-H	0.3273	19.2299	6.2934
20	104000	Ayudante Civil	H-H	0.3273	17.3624	5.6822
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>17.8491</b>	
33	33C0001	Camión Bomba de Concreto	m3	0.0504	33.0000	1.6632
<b>Total Rubro: 33 - Equipos por Volumen</b>					<b>1.6632</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>30.4503</b>	
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>30.45</b>	

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 31. Análisis de precio unitario – Piso cemento semi pulido

COSAPI						
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO						
03.01.05.02	Piso Cemento semi pulido	m2	Avance:	28.80 m2/día		
Partidas Clientes: 03.01.05.02, 03.02.05.02, 03.03.05.02.						
11	100501	Cementos Tipo I - Sol. puesto en obra	bol	0.4820	16.6364	8.0477
11	110501	Arena fina, puesto en obra.	m3	0.0090	37.0000	0.3330
11	110502	Arena gruesa, puesto en obra	m3	0.0562	37.0000	2.0794
<b>Total Rubro: 11 - Materiales Permanentes</b>					<b>10.4601</b>	
14	101503	Regla de madera	p2	0.4000	5.0000	2.0000
<b>Total Rubro: 14 - Materiales Consumibles</b>					<b>2.0000</b>	
20	101000	Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0278	25.2943	0.7026
20	102000	Operario Civil	H-H	0.5556	23.2461	12.9145
20	103000	Oficial Civil	H-H	0.1389	19.2299	2.6708
20	104000	Ayudante Civil	H-H	0.2778	17.3624	4.8229
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>21.1108</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>33.5709</b>	
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>33.57</b>	

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Tabla 32. Análisis de precio unitario – Piso cemento barrido

COSAPI						
ANÁLISIS UNITARIOS - CONSOLIDADO						
03.01.05.03	Piso Cemento barrido	m2	Avance:	32.00 m2/día		
Partidas Clientes: 03.01.05.03, 03.02.05.05.						
20	101000	Jefe de Grupo Civil	H-H	0.0250	25.2943	0.6324
20	102000	Operario Civil	H-H	0.5000	23.2461	11.6231
20	103000	Oficial Civil	H-H	0.1250	19.2299	2.4037
20	104000	Ayudante Civil	H-H	0.2500	17.3624	4.3406
<b>Total Rubro: 20 - Mano de Obra</b>					<b>18.9997</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>18.9997</b>	
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>19.00</b>	

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

En la Tabla 36 se observa el resumen del presupuesto del proyecto Hotel Aloft ubicado en Miraflores, Lima que está compuesto de 04 sótanos y 17 pisos, el cual muestra el detalle de las partidas del costo directo, el monto de los Gastos Generales, la utilidad y el impuesto.

### 6.3 COSTO MANO DE OBRA

La

Tabla 33 detalla la escala remunerativa de haberes de los trabajadores de construcción en la empresa al 31 de Agosto de 2010, que constan además los siguientes beneficios:

Sujeto a sus haberes:

- Remuneración básica,
- Remuneración por vacaciones anuales,
- Derecho a jornal dominical,

Bonificaciones:

- Bonificación por escolaridad,
- Bonificación unificada en construcción (BUC),
- Bonificación por movilidad

Descuentos:

- Descuento por jubilación en Oficina Nacional de Pensiones (ONP) o Administrador de Fondo de Pensiones (AFP).
- Descuento por beneficios sociales de recreación Conafovicer,
- Descuento por afiliación sindical,
- Aporte en Seguro de Salud Essalud,

De acuerdo a ley:

- Gratificación por fiestas patrias y navidad,
- Liquidación de beneficios debido compensación por tiempos de servicios,
- Seguro contra todo riesgo SCTR.

Tabla 33. Resumen de escala remunerativa de honorarios del personal de construcción

<b>Detalle</b>	<b>Costo Hora Hombre (Soles)</b>
<b>Péon</b>	9.80
<b>Oficial</b>	10.85
<b>Operario</b>	11.12
<b>Capataz</b>	16.39

Fuente: Revista Informativo Caballero Bustamante, Primera quincena 2012

## 6.4 COSTO DE EQUIPOS

Contractualmente los precios de hora máquina se estipulan dentro del presupuesto para cubrir costos de vida útil, costos administrativos y rentabilidad. La estimación de una vida útil de máquina de construcción se da en 10 000 horas de trabajo en un plazo de 5 años con 2000 horas anuales distribuidas en jornadas de 8 horas diarias. Los costos de vida útil abarcan los costos generales de depreciación, reposición y adquisición pero no contempla los costos residuales de venta como segunda.

Generalmente en los proyectos de construcción, subcontratar los precios de equipos grandes y menores no contemplan los costos de operador, mantenimiento ni repuesto desgastado en los equipos y/o maquinarias. No obstante, en otras tercerizaciones existen todas las variaciones posibles de cada recurso y costo relacionado a precios de equipos. Por ejemplo, la torre grúa, el precio del alquiler no incluye movilización, montaje y desmontaje.

Los costos administrativos consideran logística y capacitación técnica:

Tabla 34. Precios de alquiler de equipo

<b>Equipos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (Soles)</b>
<b>Torre Grúa</b>	Mes	S/ 24 000
<b>Grúa auto-montante</b>	Mes	S/ 20 000
<b>Manipulador compacto</b>	Hora	S/ 97
<b>Cargador frontal</b>	Hora	S/ 140
<b>Retroexcavadora</b>	Hora	S/ 130
<b>Volquete de 15m3</b>	Hora	S/100

<b>Generador eléctrico 20kW</b>	Hora	S/ 20
<b>Torre de iluminación</b>	Hora	S/ 40
<b>Rodillo compactador</b>	Hora	S/ 80
<b>Motoniveladora</b>	Hora	S/ 140
<b>Minicargador</b>	Hora	S/ 80
<b>Bomba estacionaria</b>	m3	S/ 24
<b>Bomba telescópica</b>	m3	S/ 30
<b>Apisonadora</b>	Hora	S/ 15

*Fuente:* Revista Informativo Caballero Bustamante, Primera quincena 2012

## 6.5 COSTO DIRECTOS

Todos aquellos gastos que están relacionados directamente con el proyecto se les conoce como costos directos. Los costos directos consideran también a los subcontratistas, la mano de obra contratada, materiales, equipos, maquinaria, suministros, bonos y permisos.

El costos directo por materiales hace mención a toda inversión que hace la contratista general para adquirir o producir elementos necesarios para que el concepto de trabajo se ejecute con normalidad, deben cumplir con las normas de calidad y seguridad.

Los materiales usados en obras de construcción pueden ser clasificados como permanentes o temporales, los primeros hacen referencia aquellos materiales que forman parte de los trabajos (pernos, anclajes, tabiques, tacos de concreto, agregados, etc.) y los segundos contemplan aquellos materiales que se usan de forma ocasional (madera, fenólico, puntales, grapas, paneles, etc.) debiendo ser considerados en proporción a su uso.

En cuanto a los costos directos por materiales deben considerarse los siguientes criterios:

- Pérdidas por transporte (mermas en los trabajos de transporte).
- Pérdidas de operación (durante la realización de trabajos).
- Fletes y falsos fletes (transporte de materiales de un punto origen a otro).

- Maniobras de izaje.
- Almacenamiento.

El costo directo por mano de obra es el pago que realiza la contratista por el personal que ejecuta el concepto de trabajo, considerando al jefe o capataz que dirige la cuadrilla de trabajadores.

El costo directo por equipo o maquinaria es el gasto que se da por el uso de los equipos o máquinas necesarios para la ejecución de los trabajos, con las normas de seguridad y certificación de operatividad de los mismos.

En cuanto desarrollado de la tesis, el presente proyecto "Hotel Aloft – Miraflores" el costo directo del contempla un monto de S/.45 701 239.63 en su presupuesto y se muestra el detalle en el ANEXO B

## 6.6 COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos costos eventuales, algunas veces complicados de determinar dentro de las unidades de gastos generales o costos directos, pero relativamente a ello, se pueden clasificar en 2 tipos:

### 6.6.1 Costos Indirectos fijos

Con relación de la superficie ocupada, repercusión en impuestos, piezas de refacción, demoras, tiempos ociosos y cambios de ritmos de producción.

### 6.6.2 Costos Indirectos variables

En relación a sobre costos de gerencia, viajes de investigación, relevos, capacitación o entrenamiento de personal, charlas de inducción o reinducción, tiempos de compensación frente a pérdidas o retraso, maniobras rechazadas o devoluciones de equipos.

## 6.7 GASTOS GENERALES

Se hace referencia a aquellos costos que no varían con la producción de la obra y que se considera como un gasto fijo.

Los costos de los gastos generales que usualmente se consideran son: planillas de profesionales, supervisores de seguridad, técnicos, asistentes sociales, administradores, encargados de almacén, equipos de oficina, computadoras, laptop, celulares, red portátil, servicios de internet/teléfono, licencias de software, economato, elementos de limpieza, mobiliarios, movilidad, exámenes médicos, cartas fianzas, seguros, gastos financieros en general.

Tabla 35. Análisis de Gastos Generales fijos y variables

Núm. Ord.	Descripción	Und	Cantidad
<b>01.00.00</b>	<b>GASTOS GENERALES DIRECTOS (DE OBRA)</b>		
<b>01.01.00</b>	<b>PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO</b>		
01.01.01	GERENTE DE PROYECTO	Mes	17.0
01.01.02	ING. JEFE DE PRODUCCIÓN	Mes	15.0
01.01.03	ING. OBRAS CIVILES	Mes	8.0
01.01.04	ARQUITECTO DE ACABADOS	Mes	13.5
01.01.05	ARQ. ASISTENTE DE ACABADOS	Mes	11.0
01.01.06	ING. INSTALACIONES	Mes	14.0
01.01.07	ING. ASISTENTE DE INSTALACIONES	Mes	10.0
01.01.08	ING. JEFE DE COSTOS	Mes	16.5
01.01.09	ING. PLANEAMIENTO	Mes	14.0
01.01.10	QA/QC JEFE (CALIDAD)	Mes	14.0
01.01.11	SSOMA JEFE	Mes	17.0
01.01.12	SSOMA CAPACITADOR	Mes	12.0
01.01.13	SSOMA MEDICO OCUPACIONAL	Mes	10.0
01.01.14	SSOMA SUPERVISOR	Mes	5.0
01.01.15	O.T JEFE (OFICINA TECNICA)	Mes	17.5
01.01.16	O.T DOCUMENT CONTROL	Mes	15.0
01.01.17	O.T ING ASISTENTE	Mes	17.0
01.01.18	OT METRADOR	Mes	14.0
01.01.19	ADMINISTRADOR	Mes	17.5
01.01.20	PLANILLERO	Mes	13.0
01.01.21	ASISTENTA SOCIAL	Mes	10.0
01.01.22	JEFE DE ALMACEN	Mes	17.5
01.01.23	AYUDANTE DE ALMACEN	Mes	14.0
<b>01.02.00</b>	<b>EQUIPOS DE OFICINA DE LA OBRA</b>		
01.02.01	COMPUTADORAS LAPTOP	und	5.0

01.02.02	COMPUTADORAS PC	und	17.0
01.02.03	CELULAR COMPRA	und	10.0
01.02.04	CELULAR. USO VIP Y FLOTA	Mes	17.0
01.02.05	RADIO PORTATIL + COSTO FRECUENCIA	Mes	17.0
01.02.06	INSTALACION DE SISTEMA DE COMPUTOS Y ANEXOS	und	1.0
01.02.07	SERVICIO DE INTERNET /TELEFONO	Mes	17.0
<b>01.03.00</b>	<b>VARIOS</b>		
01.03.01	ECONOMATO	Mes	17.0
01.03.02	UTILES DE LIMPIEZA	Mes	17.0
01.03.03	IMPRESIONES Y FOTOCOPIAS	Mes	17.0
01.03.04	LICENCIAS SOFTWARE	und	1.0
01.03.05	GESTIONES ADMINISTRATIVAS	Mes	17.0
01.03.06	BIDON DE AGUA PARA CONSUMO	und	1,412.0
01.03.07	MOVILIDAD CIUDAD	Mes	17.5
01.03.08	EXAMENES MEDICOS	und	27.0
<b>02.00.00</b>	<b>GG OFICINA CENTRAL</b>	GLB	1.0
<b>03.00.00</b>	<b>GASTOS FIJOS</b>		
03.00.01	CARTAS FIANZAS	glb	1.0
03.00.02	SEGUROS	glb	1.0
03.00.03	SENCICO	glb	1.0
03.00.04	ITF (IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS)	glb	1.0
03.00.05	GASTOS FINANCIEROS	glb	1.0

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

## 6.8 UTILIDAD

La utilidad ofertada para este proyecto por parte de la contratista es del 8% la cual se encuentra en el promedio de las utilidades que se manejan en este tipo de obras de edificación.

Si se generaran deductivos por encima del 15% esto impactaría en los gastos generales disminuyendo de acuerdo al monto excedente al 15%. Es el caso cuando se retira los alcances del contratista, cuando se presenta problemas para conseguir recursos pactados (escaleras eléctricas, escaleras helicoidales, ascensores, equipamiento, acabados con material importado, etc.) o se generan el incumplimiento de los hitos del contrato. Es responsabilidad de la gerencia de proyectos evitar este atraso en los alcances y modificaciones muy impactantes.

Tabla 36. Resumen detallado del Presupuesto

		
CP : 5084 - 11B		Fecha: 09/03/2017
Proyecto : HOTEL ALOFT I - Costa Verde		
Cliente : URBANOVA		
<b>RESUMEN PRESUPUESTO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>MONTO (S/.)</b>
1	TRABAJOS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	3,151,974.94
2	ESTRUCTURAS	7,695,399.12
3	ARQUITECTURA	15,929,351.50
4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,243,486.77
5	INSTALACIONES SANITARIAS	2,794,686.85
6	AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN MECÁNICA	4,115,045.42
7	SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO	1,453,082.69
8	SEGURIDAD	1,002,100.11
9	COMUNICACIONES	1,830,989.39
10	TRANSPORTE VERTICAL	1,284,084.20
11	INSTALACIONES MECANICAS	201,038.64
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>45,701,239.63</b>
	GASTOS GENERALES	4,710,381.20
	UTILIDAD 8%	3,656,099.17
	<b>TOTAL SIN IGV</b>	<b>54,067,720.00</b>

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

Como se puede observar el proyecto esta valorizado en S/.54,067,720.00 (incluido IGV) del cual el costo directo representa un monto de S/.45,701,239.63, los gastos generales S/. 4,710,381.20 y la utilidad del 8%.

Para los proyectos de edificación se suele considerar en promedio una utilidad entre el 6% y 10% que es lo que actualmente se trabaja en el mercado de la construcción siendo para este proyecto el 8% una utilidad que está en el rango promedio de las edificaciones.

## 6.9 PENALIDADES

Si la contratista general no cumple con entregar los hitos contractuales que han sido pactados y celebrados por ambas partes en el plazo contemplado se incurriría en una penalidad acumulativa estipulada en dicho contrato que podría ser por día o por fracción de día que dure el atraso de cumplimiento.

La penalidad de este proyecto es del 1/1000 del monto total por día de atraso en el incumplimiento de los hitos, los cuales son:

Hito 1: Fin de excavaciones

Hito 2: Estabilización de taludes

Hito 3: Fin de la etapa de cimentación

Hito 4: Fin de la etapa de estructuras

Hito 5: Entrega de sótanos equipados con instalación, sin considerar prueba de equipos e instalaciones.

Hito 6: Entrega de la Mock Up

Hito 7: Fin de la etapa de arquitectura

Hito 8: Prueba de equipos e instalaciones

Hito 9: Limpieza general de la obra

## 6.10 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE PROCESOS

Se ha presentado en el capítulo V las herramientas de control de proyecto que se utilizan para controlar los procesos (mediante los principios de pérdidas cero y planificación) y, también, mejorarlos con un ahorro significativo, con el objetivo de que los resúmenes operativos muestren un margen de ganancia incluso mayor al presupuestado y lanzado en su venta al momento de licitar los proyectos.

Mejorar un proceso implica controlar las desviaciones y/o restricciones que presenta, analizar los puntos de quiebre de la curva de productividad validando su progresión histórica y adecuar a los procesos a mecanismos auxiliares de mejora que lo complementen para incrementar su efectividad y completo desarrollo en su ejecución durante la obra.

Es por ello que vamos a mostrar los procesos que se han mejorado en el proyecto Hotel Aloft Costa Verde de tal forma que se puede comparar las mejoras que se consiguieron al aplicar las herramientas de control de productividad y

planeamiento con los valores económicos iniciales con que fueron estimados al cierre del proyecto.

### 6.11 PROCESOS ANALIZADOS Y MEJORADOS

Los procesos que fueron mejorados son en su mayoría realizados durante la ejecución de la etapa de estructuras que involucran prácticamente las partidas tradicionales que son el encofrado y el vaciado de concreto. La razón de su mejoría se basa en que durante la ejecución del proyecto se corroboró que los índices y ratios de productividad estaban significativamente fuera del rango previsto y mostraban una tendencia a seguir desviándose.

Además, se analizó el proceso de asentado de bloquetas de la partida de arquitectura ya que por anterioridad se sabe que este proceso es muy demandado en las obras de edificación y que los costos para esta partida marcan una gran incidencia (mucho mayor si el proyecto tiene más metrado que otros proyectos de esta partida)

Entonces, teniendo en cuenta el historial del PAC y CNC (ver Figura 97 y Figura 98), las complicaciones productivas y la gran cantidad de metrado incidente en el costo de algunos procesos, se tomó la decisión de aplicar las herramientas de control de proyecto para mejorarlos y reducir los costos. Los procesos que fueron analizados y mejorados son:

Encofrado de elementos horizontales

- Encofrado de losa de techo
- Encofrado de vigas

Encofrado de elementos verticales

- Encofrado de columnas
- Encofrado de placas
- Encofrado de escalera
- Encofrado de cisterna

Encofrado de cimientos

- Encofrado de zapatas, cimientos corridos y obrecimientos

Concreto de elementos de elementos horizontales

- Concreto en losa y en viga

Concreto de elementos de elementos verticales

- Concreto en columnas
- Concreto en placas

Acabados húmedos

- Asentado de bloquetas

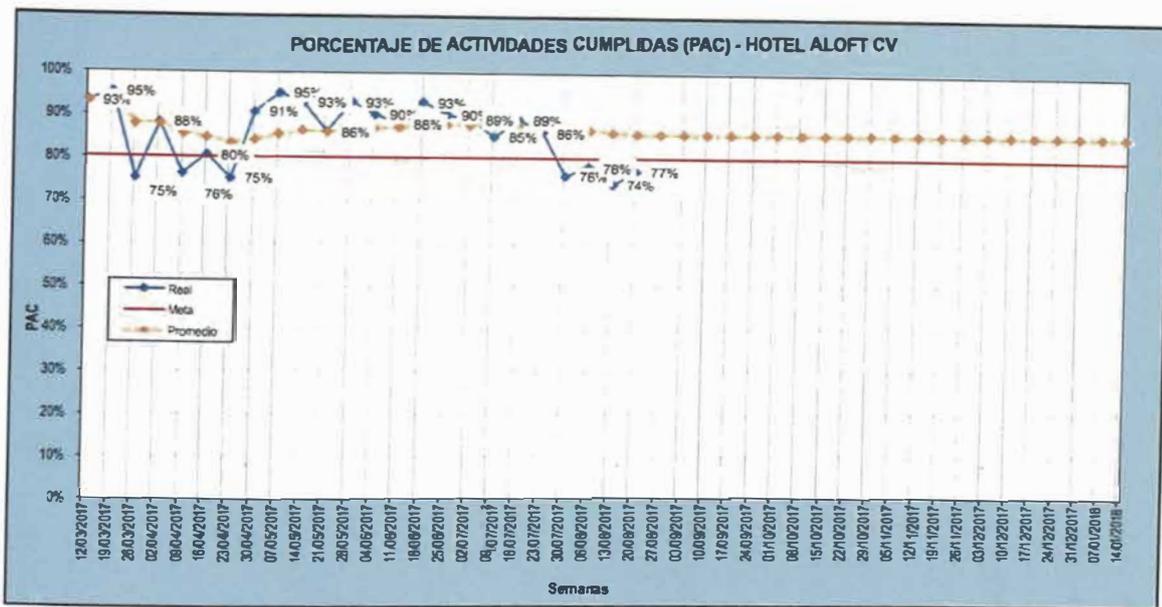


Figura 97. PAC histórico – Variaciones por el arranque de la Partida Estructura

Fuente: Elaboración propia – PAC histórico Hotel Aloft Costa Verde

En la Figura 97 notamos que al inicio durante la etapa de cimentación y muro anclado se presentó variaciones favorables y desfavorables con el PAC realizando picos que variaban entre el 75% y 95%. Posteriormente, se tiene una uniformidad en la tendencia del PAC teniendo una media de 89% correspondiente a la etapa de estructura y término de la etapa de cimentación y muro anclado, lo que nos lleva a decir que luego de haber conseguido un porcentaje de actividades cumplidas de hasta un 95% con el impacto del arranque de las actividades de la etapa de estructuras notamos que su tendencia iba descendiendo y esto se contempla cuando la etapa de estructuras se queda ejecutándose sola en campo habiendo concluido con las actividades de cimentación y muros que compensaban favorablemente el PAC. Luego se los porcentajes empiezan a variar entre el 74%

y 84% permitiendo en este punto emitir una alerta para realizar las acciones correctivas de inmediato.

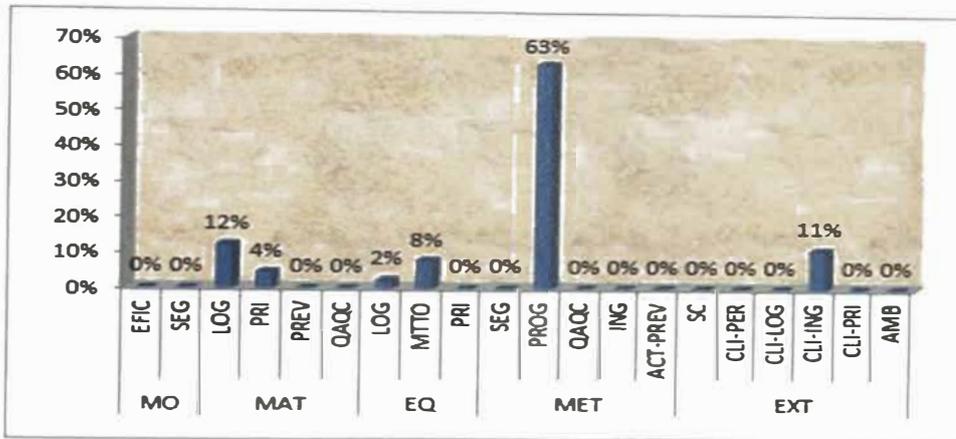


Figura 98. Análisis porcentual de las CNC – Proyecto Hotel Aloft

Fuente: Elaboración propia – CNC histórico Hotel Aloft Costa Verde

De la Figura 98, apreciamos que el porcentaje mayor de causas de no cumplimiento son por el método (ver Tabla 7 Instructivo para los criterios de no cumplimiento) con un 63% de incidencia en todo el proyecto lo cual conlleva a emitir una alerta y sirve como input conjuntamente con la información del PAC para realizar las acciones correctivas.

De tal forma que se analizó los procesos a detalle verificando la desviación en el PAC y las CNC como hemos contemplado en el ítem 5.1.2 y el ítem 5.1.4 donde se tuvo que disgregar las actividades con sus horas hombres que representa cada una de ellas (ver ítem 5.3) para analizar la desviación en los componentes del ratio productivo consiguiendo mejorar posteriormente el ratio y los costos de cada proceso como se detallan:

### 6.11.1 Encofrado de losa de techo

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de losa de techo para interpretar su avance en obra:

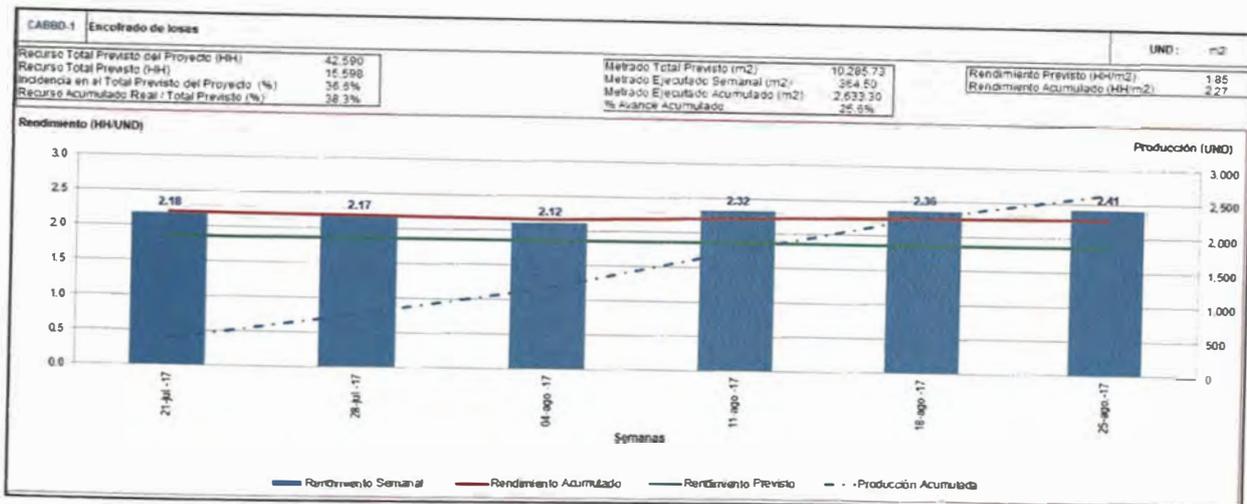


Figura 99. Informe semanal de producción (ISP) – Encofrado de losa de techo

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 99, se tiene que el ratio del encofrado de losa de techo tiene valores que van desde 2.12 HH/m2 hasta 2.41 HH/m2 hasta la fecha de corte realizado el 25 de agosto, teniendo como valor de ratio más alto precisamente en esa fecha. El ratio previsto es 1.85 HH/m2 (línea verde). Todos los ratios comprendidos en ese corte se encuentran por encima de lo previsto, lo que implica inmediatamente entrar a fondo en el análisis de este proceso para comprender cuáles son las causas.

Tabla 37. Información recopilada del ISP – Encofrado de Losa de techo

ENCOFRADO DE LOSA DE TECHO	
Ratio Semana	1.85 HH/m2
Ratio Previsto	2.41 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	15 598 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	36.6%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	38.3%
Metrado Total Previsto (m2)	10285.73 m2
Metrado Ejecutado Semanal (m2)	364.5 m2
Metrado Ejecutado Acumulado (m2)	2633.3 m2
% Avance Acumulado	25.6%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo se consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 38. Disgregado de actividades del proceso encofrado de losa de techo

Actividades	HH	%	R
Desencofrado de losa	255	29%	0.70
Acarreo de materiales	308	35%	0.84
Encofrado de losa	280	32%	0.77
Banco de cortes	37	4%	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>880</b>	<b>100%</b>	<b>2.41</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 38 se muestra las actividades que comprenden el proceso de encofrado de la losa de techo notando que el acarreo de materiales representa el 35% de horas hombre que se invierten a la semana en realizar dicho proceso. La actividad de acarreo es clasificada como contributoria debiendo representar un porcentaje menor para aumentar las horas en las actividades productivas.

### 6.11.2 Encofrado de vigas

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de vigas para interpretar su avance en obra:

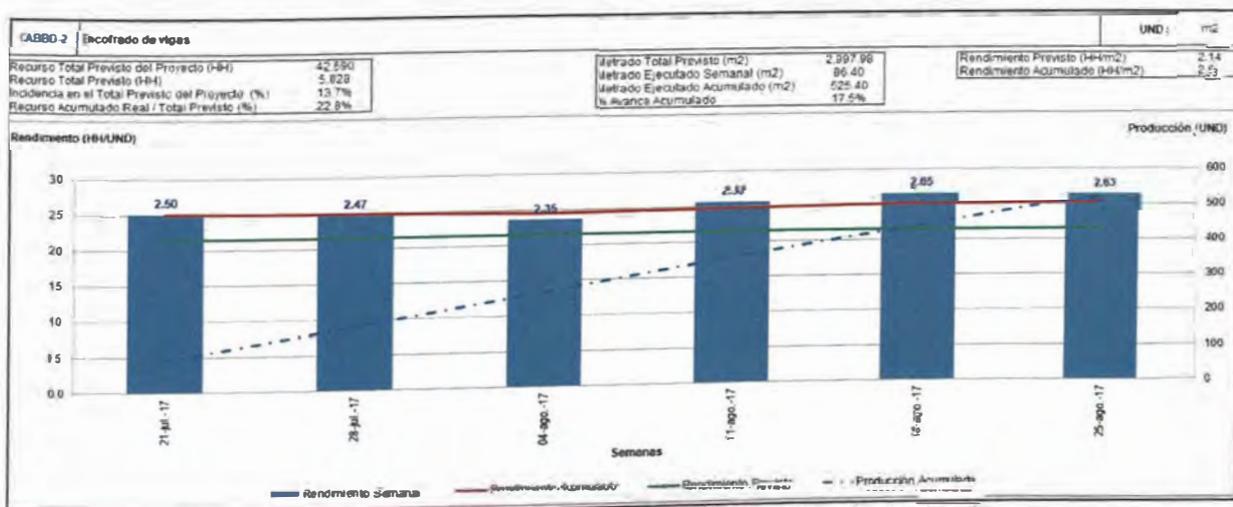


Figura 100. Informe semanal de producción (ISP) – Encofrado de viga

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 100, se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de viga para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 39. Información recopilada del ISP – Encofrado de viga

ENCOFRADO DE VIGA	
Ratio Acumulado	2.53 HH/m2
Ratio Previsto	2.14 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	5,828 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	14%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	23%
Metrado Total Previsto (m2)	2997.98 m2
Metrado Ejecutado Semanal (m2)	86.4 m2
Metrado Ejecutado Acumulado (m2)	525.4 m2
% Avance Acumulado	18%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo se consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 40. Disgregado de actividades del proceso encofrado de viga

Actividades	HH	%	R
Desencofrado de viga	97	43%	1.14
Acarreo de materiales	65	29%	0.77
Encofrado de viga	56	25%	0.66
Banco de cortes	7	3%	0.08
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>	<b>2.65</b>

Fuente: Elaboración propia

Se tiene en la Tabla 40 que el mayor porcentaje de incidencia de las actividades que comprende el proceso es el desencofrado de la viga con un 43% de las horas hombre invertidas en el proceso. Cabe destacar que el desencofrado es una actividad contributiva al igual que el acarreo de los materiales. Es por ello, que notamos la relevancia de buscarle una alternativa correctiva para mejorar la cantidad de horas hombre que se invierten en dicha actividad.

### 6.11.3 Encofrado de columnas

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

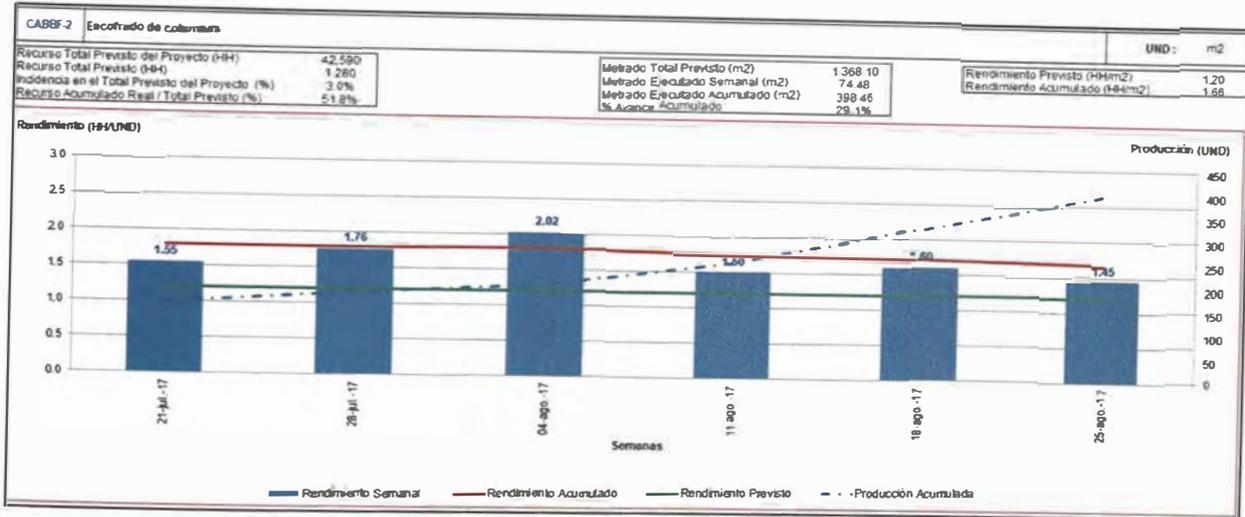


Figura 101. Informe semanal de producción (ISP) – Encofrado de Columnas

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 101 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 41. Información recopilada del ISP – Encofrado de Columnas

ENCOFRADO DE COLUMNA	
Ratio Semanal	2.02 HH/m2
Ratio Previsto	1.20 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	1280 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	3%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	51.8%
Metrado Total Previsto (m2)	1368.10 m2
Metrado Ejecutado Semanal (m2)	74.48 m2
Metrado Ejecutado Acumulado (m2)	398.45 m2
% Avance Acumulado	29.1%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo de consigue desgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 42. Disgregado de actividades del proceso encofrado de columnas

Actividades	HH	%	R
Desencofrado de columna	9	22%	0.44
Acarreo de materiales	11	25%	0.51
Encofrado de columna	6	15%	0.30
Armado de andamio	15	35%	0.71
Banco de cortes	1	3%	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>	<b>2.02</b>

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 42 tenemos que la mayor parte de horas hombre que se invierte en el proceso de encofrado de columnas es en el armado de andamios y en el acarreo de materiales, notándose como actividad recurrente en los procesos de encofrado.

#### 6.11.4 Encofrado de placas

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

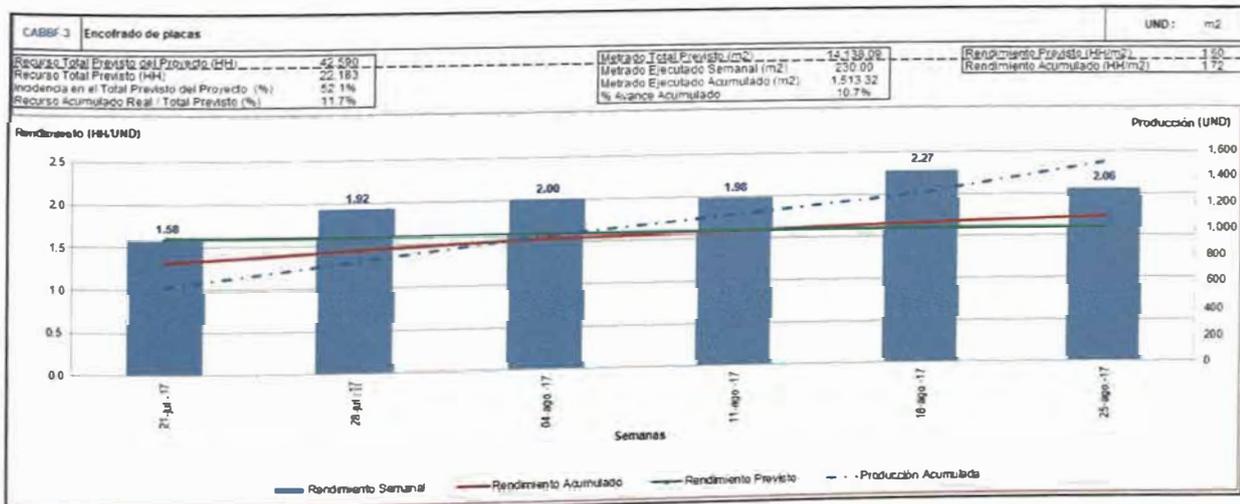


Figura 102. Informe semanal de producción (ISP) – Encofrado de Placas

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 102 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 43. Información recopilada del ISP – Encofrado de Placas

ENCOFRADO DE PLACA	
Ratio Semanal	2.27 HH/m2
Ratio Previsto	1.60 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	22 183 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	52.1%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	11.7%
Metrado Total Previsto (m2)	14 138.09 m2
Metrado Ejecutado Semanal (m2)	230 m2
Metrado Ejecutado Acumulado (m2)	1513.32 m2
% Avance Acumulado	10.7%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo se consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 44. Disgregado de actividades del proceso encofrado de placas

Actividades	HH	%	R
Desencofrado de placa	85	26%	0.59
Acarreo de materiales	72	22%	0.50
Encofrado de placa	39	12%	0.27
Armado de andamio	124	38%	0.86
Banco de cortes	7	2%	0.05
<b>TOTAL</b>	<b>326.5</b>	<b>100%</b>	<b>2.27</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 44 se muestra los porcentajes de incidencia de cada actividad que compone el proceso de encofrado de placas donde se nota que el 38% de las horas hombres invertidas en dicho proceso corresponde a la actividad de armado de andamio y el 26% al desencofrado de la columna. Con esta base de información se debe plantear una alternativa para el armado de andamio de manera que se refleje en el ratio productivo.

### 6.11.5 Encofrado de escalera

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

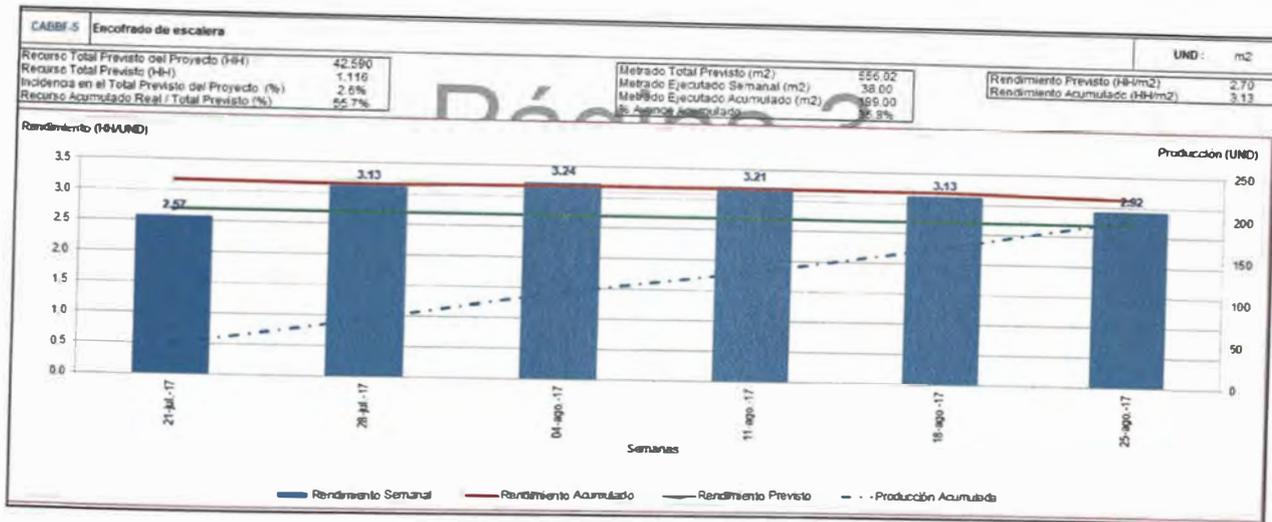


Figura 103. Informe semanal de producción (ISP) – Encofrado de Escalera

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 103 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 45. Información recopilada del ISP – Encofrado de Escalera

ENCOFRADO DE ESCALERA	
Ratio Semanal	3.24 HH/m2
Ratio Previsto	2.70 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	1 116 HH
Incidenza en el Total Previsto del Proyecto (%)	2.6%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	55.7%
Metrado Total Previsto (m2)	556.02 m2
Metrado Ejecutado Semanal (m2)	38 m2
Metrado Ejecutado Acumulado (m2)	199 m2
% Avance Acumulado	35.8%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo de consigue desgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 46. Disgregado de actividades del proceso encofrado de escalera

Actividades	HH	%	R
Desencofrado de escalera	24	22%	0.71
Acarreo de materiales	29	26%	0.84
Encofrado de escalera	17	15%	0.49
Armado de andamio	39	35%	1.13
Banco de cortes	2	2%	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>110</b>	<b>100%</b>	<b>3.24</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 46 se tiene que el mayor porcentaje esta designado para la actividad de armado de andamio con el 35% de las horas hombre usadas en el proceso de encofrado de escalera. El acarreo de material representa un 26% de las horas hombre.

### 6.11.6 Concreto en elementos horizontales

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

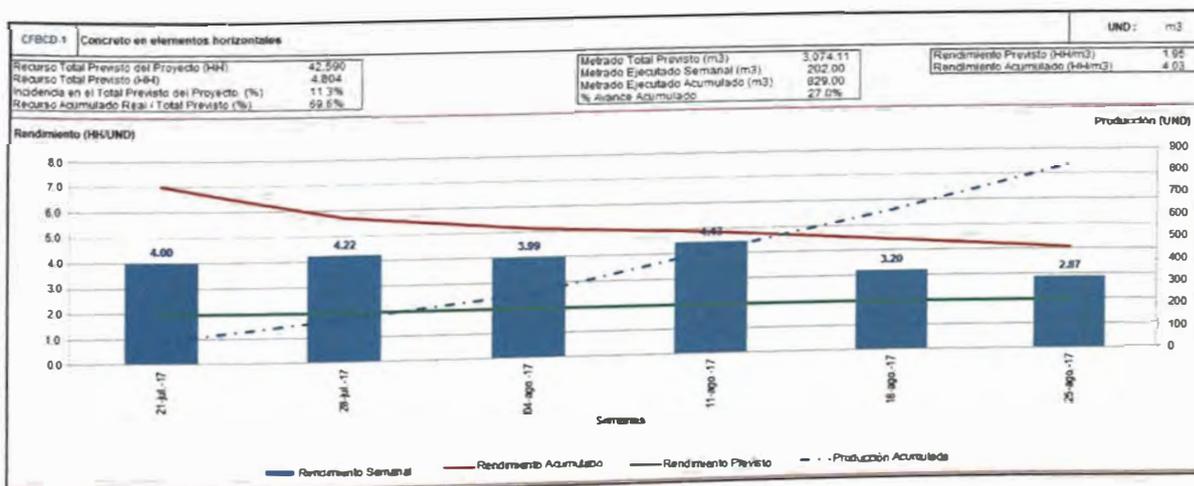


Figura 104. Informe semanal de producción (ISP) – Concreto en elementos horizontales

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 104 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 47. Información recopilada del ISP – Concreto en elementos horizontales

CONCRETO EN ELEMENTOS HORIZONTALES	
Ratio Semanal	4.43 HH/m2
Ratio Previsto	1.95 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	4 804 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	11.3%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	69.6%
Metrado Total Previsto (m3)	3 074.11 m3
Metrado Ejecutado Semanal (m3)	202 m3
Metrado Ejecutado Acumulado (m3)	829 m3
% Avance Acumulado	27%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo de consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 48. Disgregado de actividades del proceso concreto en elementos horizontales

Actividades	Horas	%	R
Picado de cajuelas	315	41%	1.79
Escarificado y limpieza	72.5	9%	0.41
Limpieza y colocado de Sika 32	12.5	2%	0.07
Vaciado de concreto	219.5	28%	1.25
Sopleteado y limpieza	142	18%	0.81
Inyectado de fierro en rampa	17.5	2%	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>779</b>	<b>100%</b>	<b>4.43</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 48 se muestra que la actividad de picado de cajuelas demanda mayor cantidad de horas hombre involucrado al proceso de concreto en elementos horizontales con un 41%.

### 6.11.7 Concreto en columnas

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

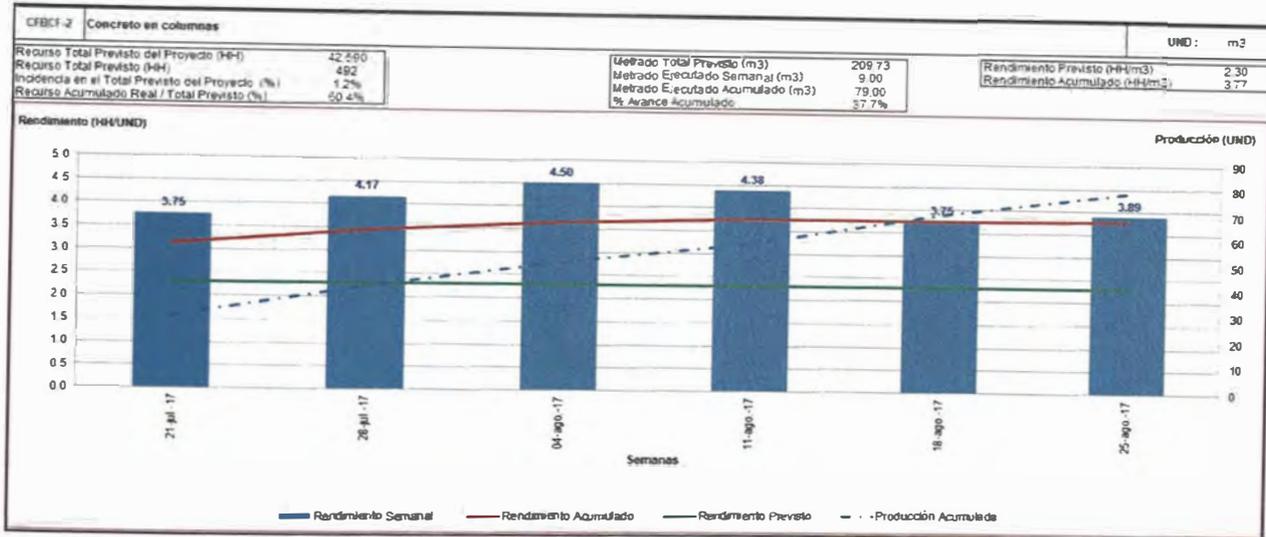


Figura 105. Informe semanal de producción (ISP) – Concreto en columnas

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 105 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 49. Información recopilada del ISP – Concreto en Columnas

CONCRETO EN COLUMNA	
Ratio Semanal	4.50 HH/m2
Ratio Previsto	2.30 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42, 590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	492 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	1.2%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	60.4%
Metrado Total Previsto (m3)	209. 73m3
Metrado Ejecutado Semanal (m3)	9 m3
Metrado Ejecutado Acumulado (m3)	79 m3
% Avance Acumulado	37.7%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo de consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 50. Disgregado de actividades del proceso concreto en columnas

ACTIVIDADES	HH	%	R
Montaje y desmontaje de andamios	28.5	35%	1.58
Vaciado de concreto en columna	10.5	13%	0.58
Reparaciones al concreto	42	52%	2.33
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>100%</b>	<b>4.50</b>

Fuente: Elaboración propia

En la

Tabla 50 se tiene el 52% de las horas hombre en la actividad de reparaciones al concreto lo cual es producto de un incorrecto proceso de vaciado de concreto que genera complicaciones luego del desencofrado del elemento teniendo que invertir horas hombre en la reparación. Es imprescindible tomar acciones correctivas.

### 6.11.8 Concreto en placas

Analizamos en el ISP el ratio productivo semanal y su histórico del encofrado de columnas para interpretar su avance en obra:

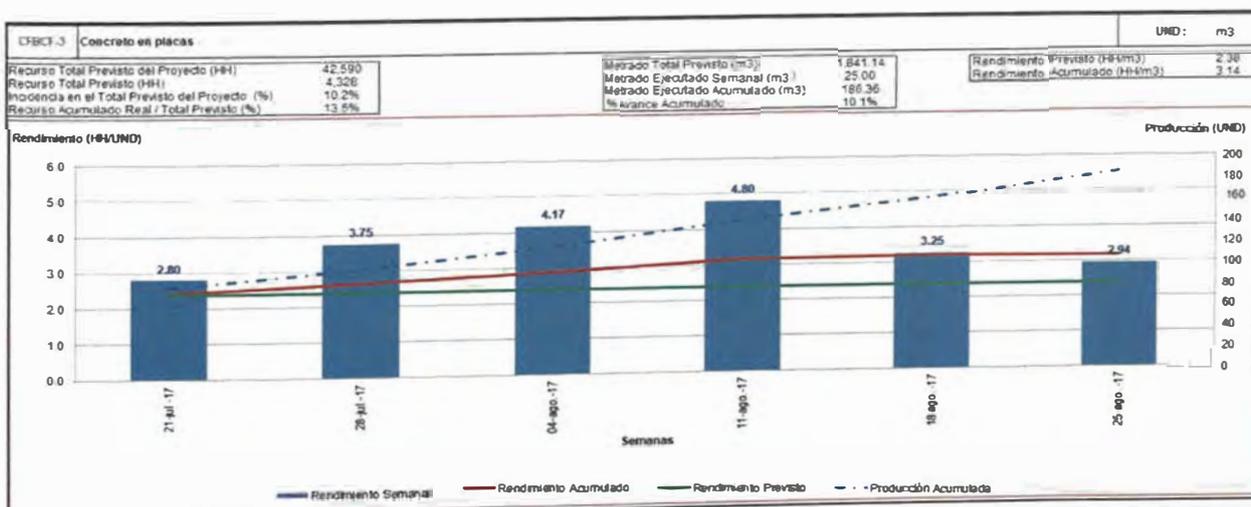


Figura 106. Informe semanal de producción (ISP) – Concreto en placas

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

De la Figura 106 se tiene la siguiente información sobre el proceso de encofrado de columna para realizar el análisis correspondiente:

Tabla 51. Información recopilada del ISP – Concreto en Placas

CONCRETO EN PLACA	
Ratio Semanal	4.80 HH/m2
Ratio Previsto	2.38 HH/m2
Recurso Total Previsto del Proyecto (HH)	42,590 HH
Recurso Total Previsto (HH)	4 328 HH
Incidencia en el Total Previsto del Proyecto (%)	10.2%
Recurso Acumulado Real / Total Previsto (%)	13.5%
Metrado Total Previsto (m3)	1841.14 m3
Metrado Ejecutado Semanal (m3)	25 m3
Metrado Ejecutado Acumulado (m3)	186.36 m3
% Avance Acumulado	10.1%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis en campo de consigue disgregar el proceso en las siguientes actividades:

Tabla 52. Disgregado de actividades del proceso concreto en placas.

ACTIVIDADES	HH	%	R
Curado de placas	3.5	4%	0.175
Armado de andamios	73.5	77%	3.675
Vaciado de concreto en placa	19	20%	0.95
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>100%</b>	<b>4.8</b>

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 52 tenemos que el armado de andamios retiene el 77% de las horas hombre que se invierte en el proceso de vaciado de concreto en placas. También mostrando la recurrencia en los procesos de vaciado de concreto.

A partir de toda la información presentada, se eleva el análisis en la reunión de producción con los involucrados donde se pone en debate el tema mencionado líneas arriba para obtener las acciones correctivas.

## 6.12 ANÁLISIS DEL AHORRO DE LOS PROCESOS MEJORADOS

En la reunión de producción junto con el equipo del proyecto se presentaron las desviaciones de los procesos que impactaban directamente en la productividad mediante el uso del Informe Semanal de Producción (ISP). Considerando que el impacto afecta los intereses de la obra, se decidió realizar cambios en las actividades más recurrentes para mejorar los ratios productivos.

Las actividades que marcaron una recurrencia en los procesos mencionados líneas arriba fueron:

- Acarreo de materiales
- Armado de andamios

Para reducir la gran cantidad de horas hombre invertidas en la actividad de acarreo se establecieron las siguientes implementaciones de mejoras:

- Realizar campañas interdiarias horas antes del inicio de jornada para desencofrar todos los elementos pendientes y trasladar el material a los puntos de acopio cercanos en donde se realizarán las actividades planificadas del día.
- Para reducir los tiempos se estableció que una hora antes de concluir la jornada todos los carpinteros trasladen el material que utilizarán al día siguiente a primera hora.
- Designar una cuadrilla única de carpinteros que desencofren el material de los pisos inferiores y trasladen el material a los pisos superiores para empujar las actividades productivas.
- En cuanto al armado de andamios se estableció que en lugar de armar y desarmar se diseñen los andamios con garruchas para que rueden y se desplacen por todo el nivel. Utilizando una plataforma voladiza en la fachada se consiguió que puedan subir toda la pieza armada con ayuda de la Torre Grúa al siguiente nivel y pueda seguir trasladándose por todo ese nuevo nivel.

Lo mencionado corresponde a la mejora de las actividades recurrentes que desfavorecían a los procesos, pero lo que también se mejoro fue la planificación

en obra con la implementación del Last Planner 4D. Al tomar en cuenta la mejora de los mecanismos del proceso y sumándole una correcta planificación de las actividades sucesoras, el marco global de la edificación cambió rápidamente sus caracteres a tal punto que se notó en la mejoría del porcentaje de actividades cumplidas (ver Figura 107). Al ser más eficientes en los procesos que involucran la estructura, las empresas subcontratadas y/o administradas ya no tenían complicaciones para actuar y al contrario, se les pedía a ellos que cumplieran eficientemente según lo establecido cronograma. Con esta exigencia tanto de la contratista como las demás empresas la Curva S del proyecto mejoró significativamente ya que se cumplía a cabalidad los tiempos de ejecución de las partidas según el cronograma de obra y se mejoraron los costos con un notable margen de ahorro.

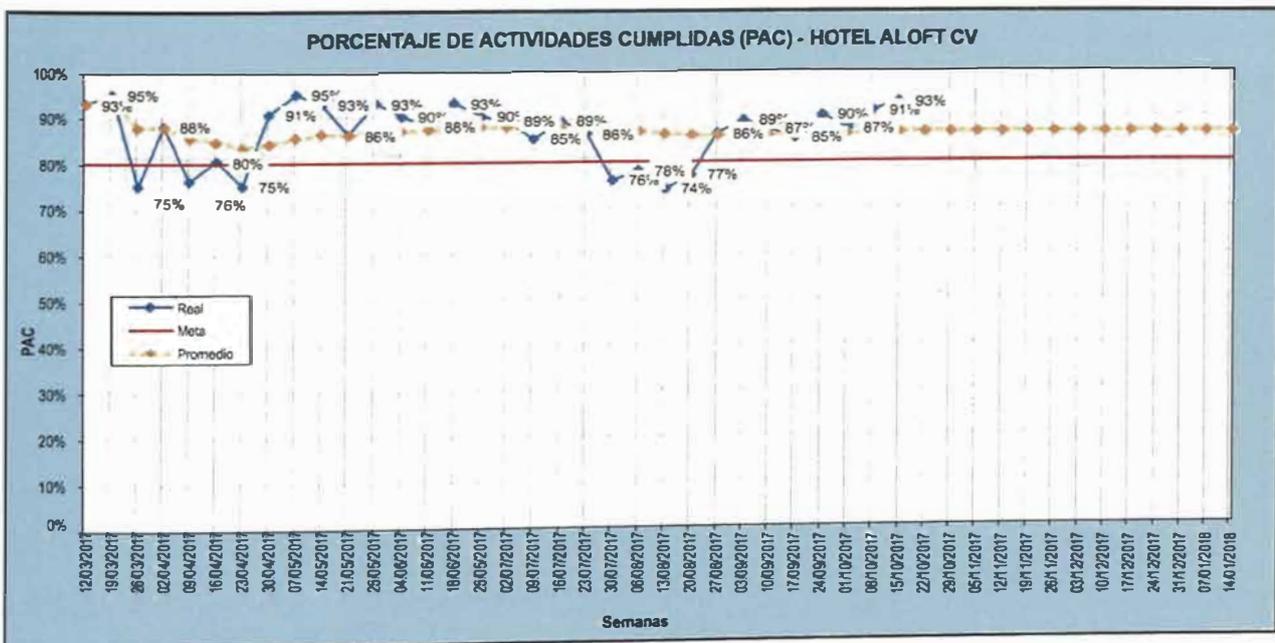


Figura 107. PAC histórico – Validación del PAC producto de la mejora de procesos

Fuente: Elaboración propia – PAC histórico Hotel Aloft Costa Verde

Se muestra los procesos mejorados con la implementación de los alcances anteriormente descritos de manera que se contempla la mejoría de los ratios productivos para cada proceso:

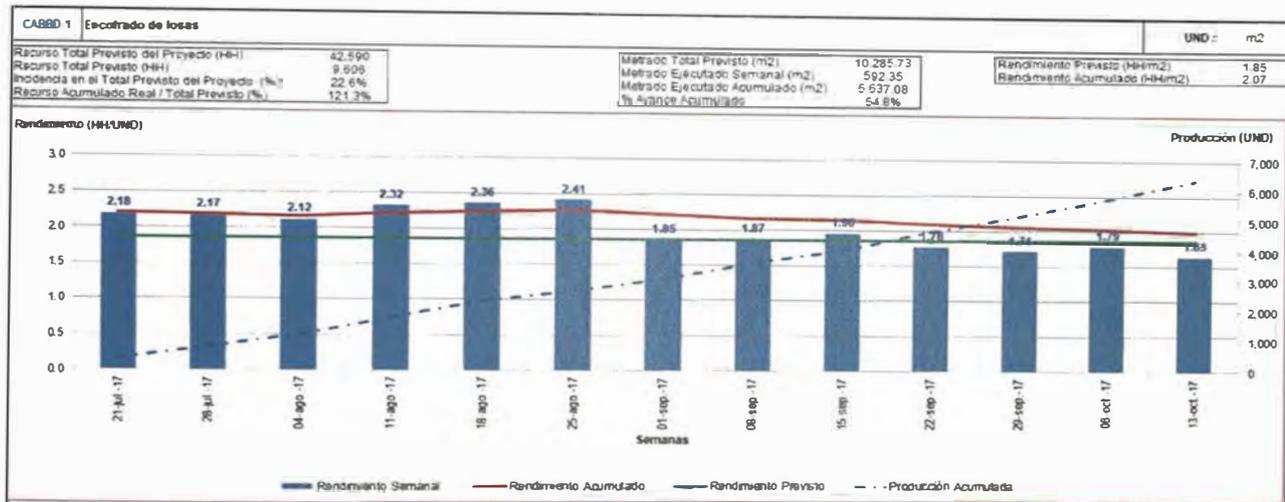


Figura 108. Mejora de proceso: Encofrado de Losa de Techo – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

<b>Ratio desfavorable</b>	<b>2.41 HH/m2</b>
<b>Ratio mejorado</b>	<b>1.65 HH/m2</b>

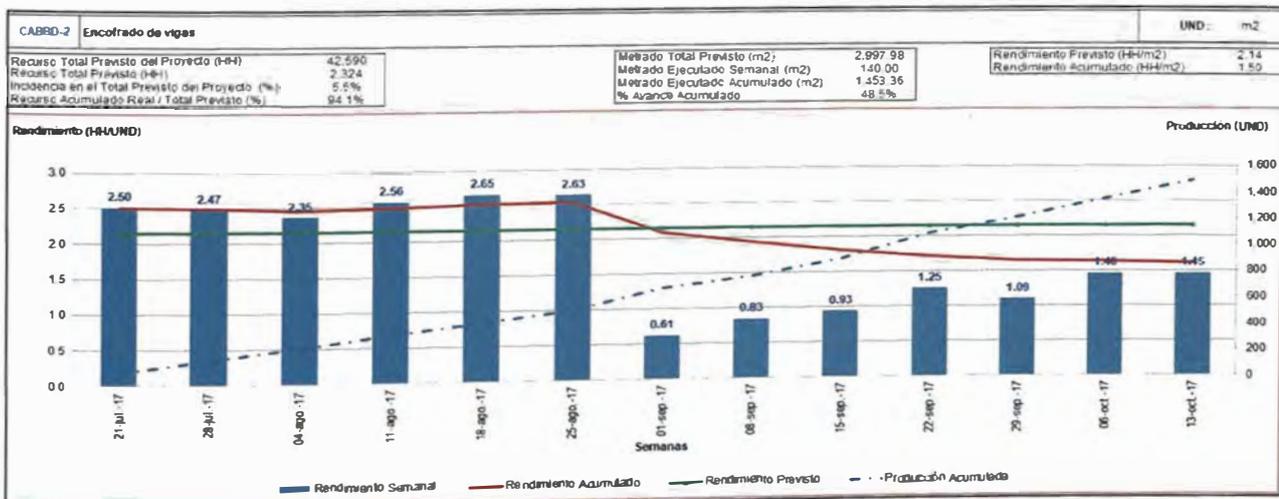


Figura 109. Mejora de proceso: Encofrado de vigas – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

<b>Ratio desfavorable</b>	<b>2.65 HH/m2</b>
<b>Ratio mejorado</b>	<b>0.61 HH/m2</b>

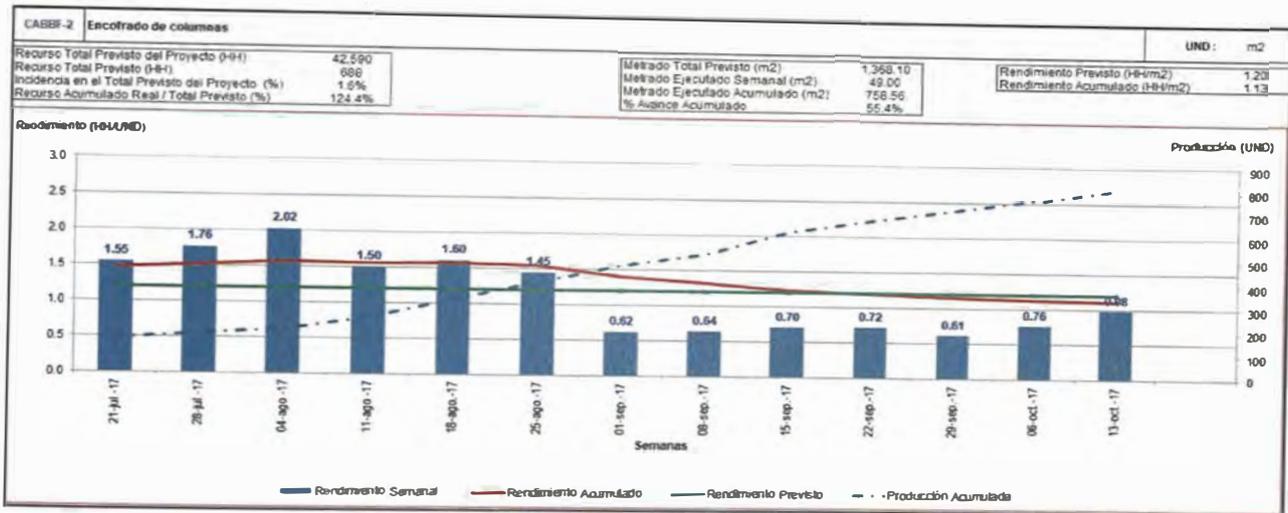


Figura 110. Mejora de proceso: Encofrado de Columnas – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	2.02 HH/m <sup>2</sup>
Ratio mejorado	0.61 HH/m <sup>2</sup>

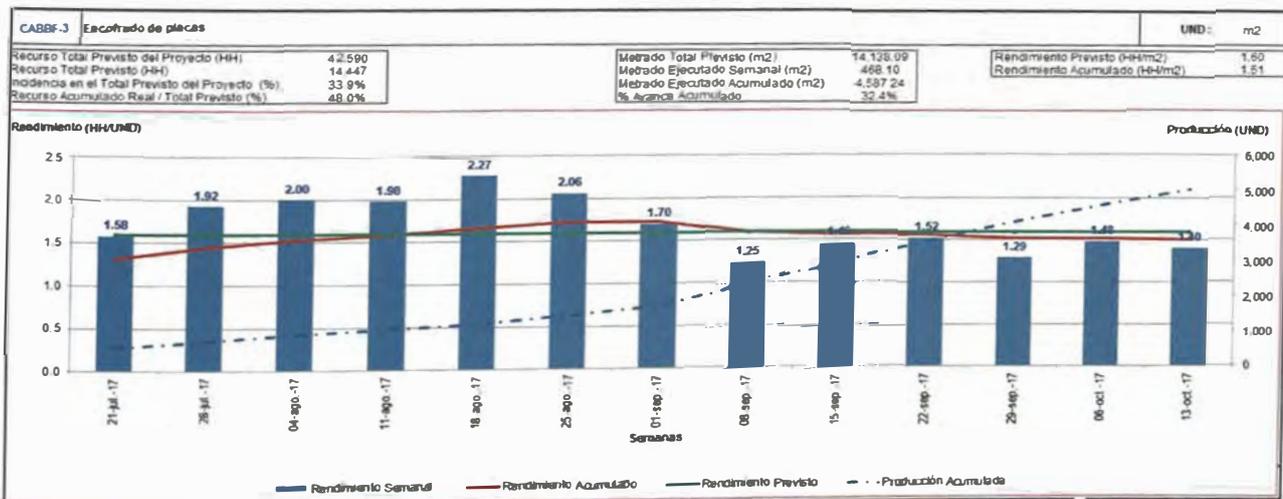


Figura 111. Mejora de proceso: Encofrado de Placas – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	2.27 HH/m <sup>2</sup>
Ratio mejorado	1.25 HH/m <sup>2</sup>

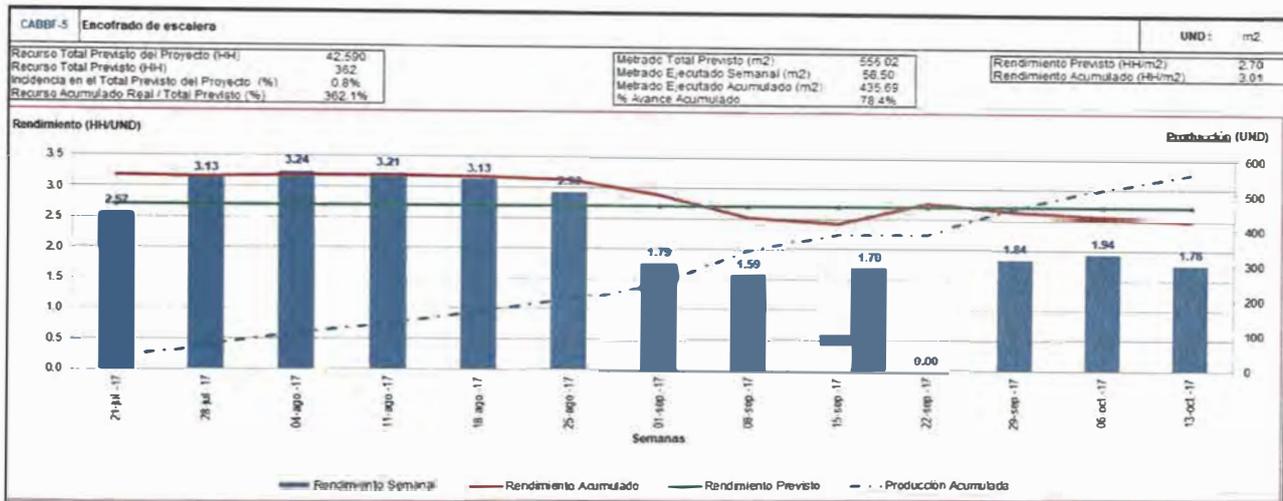


Figura 112. Mejora de proceso: Encofrado de Escaleras – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	3.24 HH/m2
Ratio mejorado	1.59 HH/m2

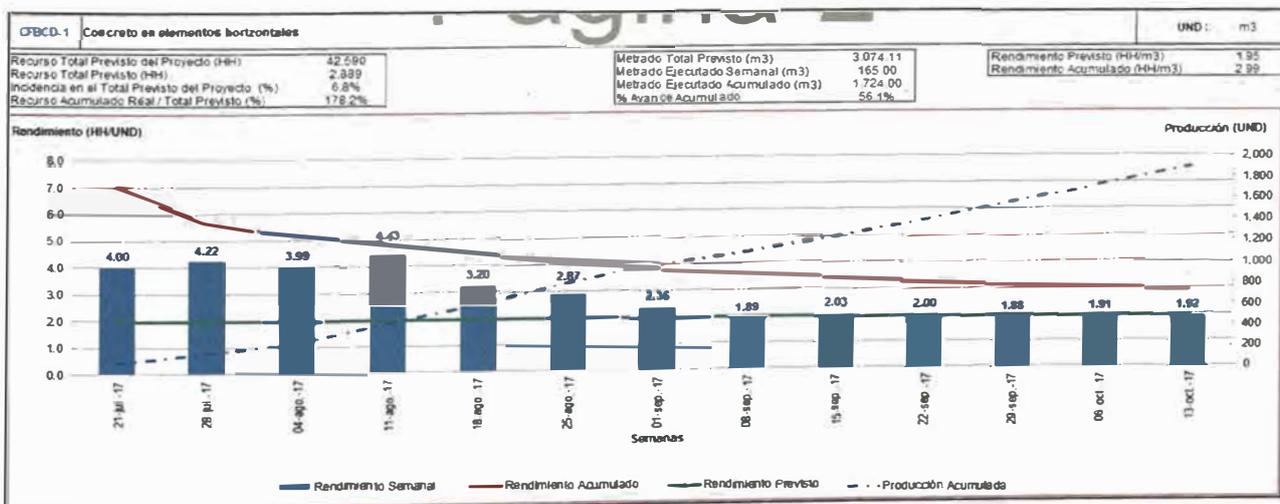


Figura 113. Mejora de proceso: Concreto en elementos horizontales – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	4.43 HH/m3
Ratio mejorado	1.88 HH/m3

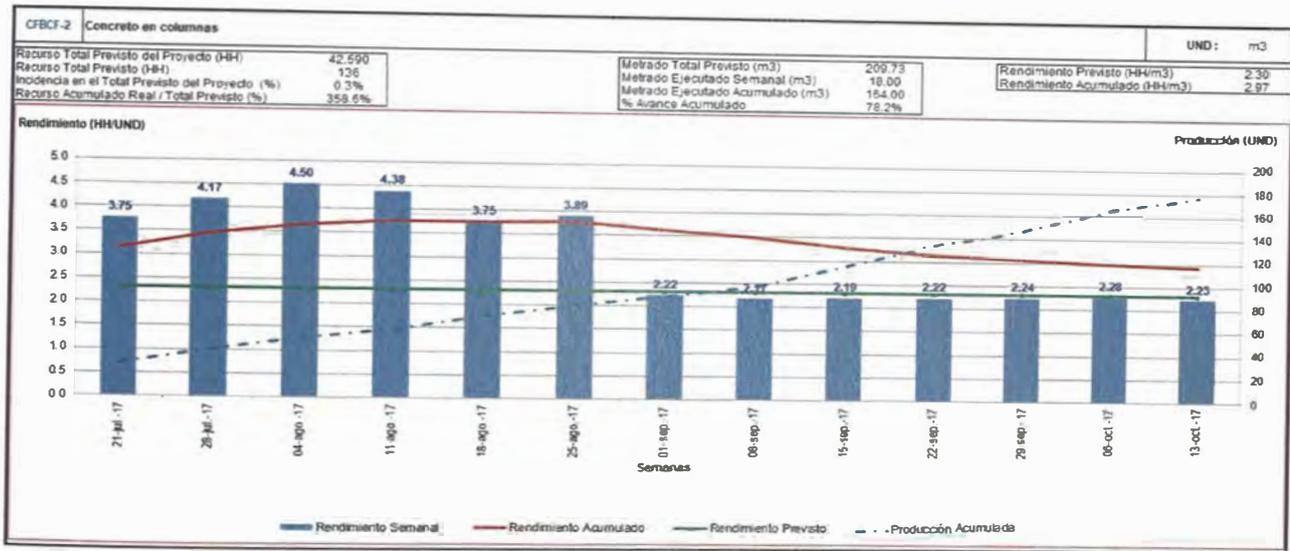


Figura 114. Mejora de proceso: Concreto en Columnas – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	4.50 HH/m3
Ratio mejorado	2.17 HH/m3

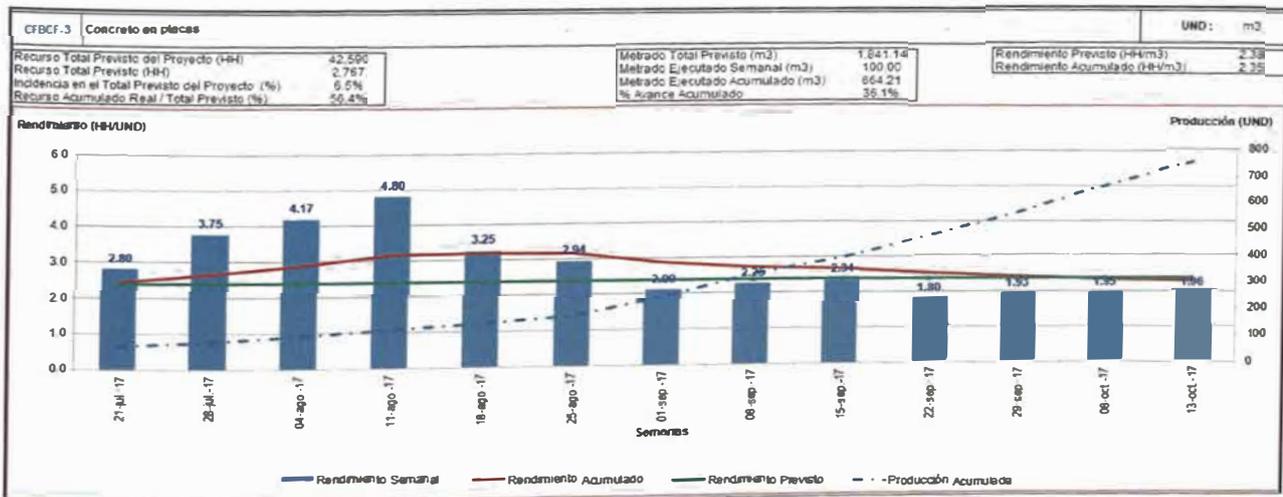


Figura 115. Mejora de proceso: Concreto en Placas – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

Ratio desfavorable	4.80 HH/m3
Ratio mejorado	1.80 HH/m3

De los procesos mencionados se muestra una mejoría en los ratios alcanzados, aplicando las herramientas de control de proyecto permite facilitar la cantidad de datos que día a día se suceden en la ejecución de la obra.

### 6.12.1 Cálculo del ahorro de los procesos mejorados

Lo que se realizará es la comparación de las horas hombre totales proyectadas (con el nuevo ratio productivo) de los procesos mejorados con las horas hombres originales (presupuestadas) al inicio del proyecto para validar el ahorro en horas no invertidas que se consiguió producto de la mejoría de los procesos.

PROCESOS				METRADO								RATIO (PH / UNO)					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNO	IMC	TOTAL		PROGRAMADO		EJECUTADO		% AVANCE		SALDO PROY	ORG	PREV	SEM	ACUM	SALDO PROY
				ORG	PREV	SEM	ACUM	SEM	ACUM	SEM	ACUM						
CAEBO-1	Encofrado de losas	m2	10.1%	10.285.73	10.285.73	273.50	3.619.04	592.35	5.537.08	5.8%	54.8%	4.649	1.85	1.85	1.79	1.83	1.83
CAEBO-2	Encofrado de vigas	m2	3.4%	2.997.98	2.997.98	159.43	1.753.18	140.00	1.453.36	4.7%	48.5%	1.545	2.14	2.14	1.46	0.91	0.91
CAEEF-2	Encofrado de columnas	m2	0.9%	1.368.10	1.368.10	41.31	727.22	49.00	758.56	3.6%	55.4%	610	1.20	1.20	0.76	0.87	0.87
CAEEF-3	Encofrado de placas	m2	11.9%	14.138.09	14.138.09	425.07	7.762.07	468.10	4.587.24	3.3%	32.4%	9.551	1.60	1.60	1.48	1.40	1.40
CAEEF-4	Encofrado de escalera	m2	0.8%	556.02	556.02	16.72	305.27	58.50	435.69	10.5%	78.4%	120	2.70	2.70	1.94	1.57	1.67

Figura 116. Resumen del metrado y ratio por proceso mejorado – ISP

Fuente: Elaboración propia – Informe Semanal de Producción (ISP)

- (a): En esa columna se muestra los metrados acumulados hasta donde se ejecutaron
- (b): La columna muestra el metrado saldo que tiene el proceso por ejecutar
- (c): Se muestra el ratio proyectado a partir del metrado saldo.

Se calcula el ratio proyectado como una estimación del ratio acumulado a partir del porcentaje de avance acumulado del metrado de la columna (a) con un factor de aproximación para estimar el valor del ratio saldo.

Con los valores de (c) se utiliza la siguiente fórmula para calcular las horas hombre proyectadas:

$$HH_{Proyec} = R_{Proyec} \times Metrado_{Saldo} \dots (d)$$

Tabla 53. Cálculo de las Horas Hombre proyectadas de cada proceso mejorado

Proceso	Metrado Saldo	Ratio Proyec	Horas Hombre proyec
Encofrado de losas	4 648.65 m <sup>2</sup>	1.83 HH/m <sup>2</sup>	8 509 HH
Encofrado de vigas	1 544.62 m <sup>2</sup>	0.91 HH/m <sup>2</sup>	1 410 HH
Encofrado de columnas	609.54 m <sup>2</sup>	0.87 HH/m <sup>2</sup>	529 HH
Encofrado de placas	9 550.85 m <sup>2</sup>	1.40 HH/m <sup>2</sup>	13 345 HH
Encofrado de escalera	120.33 m <sup>2</sup>	1.67 HH/m <sup>2</sup>	201 HH
Encofrado de cisterna	0 m <sup>2</sup>	2.33 HH/m <sup>2</sup>	0 HH
Encofrado de zapatas, falsos, cimientos, cimientos corridos y sobrecimientos	39.85 m <sup>2</sup>	2.62 HH/m <sup>2</sup>	105 HH
Concreto en columnas	66.31 m <sup>3</sup>	2.06 HH/m <sup>3</sup>	137 HH
Concreto en placas	1 182 m <sup>3</sup>	2.15 HH/m <sup>3</sup>	2 540 HH
Concreto en escalera	26.61 m <sup>3</sup>	2.64 HH/m <sup>3</sup>	70 HH

Fuente: Elaboración propia

A partir de la fórmula (d) se calcularán las horas hombre totales para validar el ahorro en cada proceso. El cálculo de las horas totales esta dado por:

$$HH_{\text{Totales}} = HH_{\text{Reales Acum}} + HH_{\text{Proyec}} \dots (e)$$

Tabla 54. Cálculo de las Horas Hombre totales de cada proceso mejorado

Proceso	Horas Hombre Reales Acumuladas	Horas Hombre proyec	Horas Hombre Totales (ISP)
Encofrado de losas	10 318 HH	8 509 HH	18 827 HH
Encofrado de vigas	1 327 HH	1 410 HH	2 736 HH
Encofrado de columnas	658 HH	529 HH	1187 HH
Encofrado de placas	6 410 HH	13 345 HH	19 754 HH
Encofrado de escalera	730 HH	201 HH	931 HH
Encofrado de cisterna	420 HH	0 HH	420 HH
Encofrado de zapatas, falsos, cimientos, cimientos corridos y sobrecimientos	420 HH	105 HH	918 HH
Concreto en columnas	814 HH	137 HH	433 HH
Concreto en placas	296 HH	2 540 HH	3 957 HH
Concreto en escalera	1 417 HH	70 HH	340 HH
	270 HH		

Fuente: Elaboración propia

Teniendo las horas hombre totales que nos brinda el ISP realizamos el cálculo del ahorro de cada proceso mejorado:

$$\text{Ahorro} = \text{HH}_{\text{Orig}} \times \text{C}_{\text{HH}} - \text{HH}_{\text{Totales(ISP)}} \times \text{C}_{\text{HH}} \dots (f)$$

Tabla 55. Cálculo del ahorro de cada proceso mejorado

Proceso	Horas Hombre Totales Originales	Horas Hombre Totales (ISP)		Ahorro
Encofrado de losas	19 059 HH	18 827 HH	S/	4,186.13
Encofrado de vigas	6 424 HH	2 736 HH	S/	66,385.01
Encofrado de columnas	1 642 HH	1 187 HH	S/	8,189.55
Encofrado de placas	22 584 HH	19 754 HH	S/	50,933.50
Encofrado de escalera	1 499 HH	931 HH	S/	10,222.29
Encofrado de cisterna	802 HH	420 HH	S/	6,871.50
Encofrado de zapatas, falsos, cimientos, cimientos corridos y sobrecimientos	1 245 HH	918 HH	S/	5,881.24
Concreto en columnas	482 HH	433 HH	S/	886.95
Concreto en placas	4 377 HH	3 957 HH	S/	7,564.48
Concreto en escalera	348 HH	340 HH	S/	154.30

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se tiene 58 462 HH contempladas originalmente en el proyecto y las calculadas por el ISP luego de la mejora de los procesos es de 49 503 HH. Al generarse una mejora en cada proceso, notamos en la Tabla 55 un ahorro determinante para el proyecto con un total de S/ 161,274.93 una cifra que marca la diferencia de realizar la construcción de una obra de edificación aplicando las herramientas de control de proyecto.

### 6.13 VALIDACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CONTROL DE PROYECTO

Se resume que para incrementar la productividad en obra existen herramientas de control que aseguran validar la efectividad en producción de cada proceso llevando un manejo de las horas consumidas a nivel de detalle distinguido que permite alertar cualquier desviación que se presente en el transcurso de ejecución un proceso. Con lo cual se toman inmediatamente las acciones correctivas

mediante para controlar la desviación, adicionalmente realizando un estudio de productividad (ver ítem 5.2.2) para aquellos procesos más complejos y que demanden mayor inversión al costo directo del proyecto, de tal forma que se produzca un aseguramiento de los costos previstos e incluso incrementar la ganancia del proyecto mejorando aquellas partidas que tienen una incidencia mayor en todo el presupuesto.

De lo analizado con respecto a la mejora de la productividad y planificación en el Proyecto Hotel Aloft Costa Verde, se tiene:

- El ahorro conseguido por la aplicación del sistema Last Planner 4D y las herramientas de control.
- Aplicación del estudio de productividad y carta balance para el control de los procesos.

Tabla 56. Comparativo de los costos originales vs previstos mejorado

**Aplicación de las Herramientas de Control y Last Planner 4D**

Procesos	Costo Original	Costo Previsto	Ahorro
<b>Encofrado de losas</b>	S/ 343,068.48	S/ 338,882.35	S/ 4,186.13
<b>Encofrado de vigas</b>	S/ 115,638.30	S/ 49,253.29	S/ 66,385.01
<b>Encofrado de columnas</b>	S/ 29,550.78	S/ 21,361.23	S/ 8,189.55
<b>Encofrado de placas</b>	S/ 406,512.36	S/ 355,578.86	S/ 50,933.50
<b>Encofrado de escalera</b>	S/ 26,979.84	S/ 16,757.55	S/ 10,222.29
<b>Encofrado de cisterna</b>	S/ 14,431.50	S/ 7,560.00	S/ 6,871.50
<b>Encofrado de zapatas, falsos, cimientos, cimientos corridos y sobrecimientos</b>	S/ 22,406.94	S/ 16,525.70	S/ 5,881.24
<b>Concreto en columnas</b>	S/ 8,678.34	S/ 7,791.39	S/ 886.95
<b>Concreto en placas</b>	S/ 78,793.92	S/ 71,229.44	S/ 7,564.48
<b>Concreto en escalera</b>	S/ 6,270.84	S/ 6,116.54	S/ 154.30
<b>Total</b>	<b>S/ 1,052,331.30</b>	<b>S/ 891,056.37</b>	<b>S/ 161,274.93</b>

Fuente: Elaboración propia

Del estudio de productividad mostrado en el ítem 5.2.2 se tiene un ahorro adicional de S/. 565,515.98 lo que permite realizar el cálculo general del ahorro total conseguido en el proyecto Hotel Aloft Costa Verde (ver Tabla 56).

Tabla 57. Ahorros conseguidos por aplicación de herramientas de control y Last Planner 4D – Proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Métodos usados	Ahorro conseguido
Aplicación de las Herramientas de Control y Last Planner 4D	<b>S/ 161,274.93</b>
Estudio de productividad	<b>S/ 565,515.98</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 726,790.91</b>

Fuente: Elaboración propia

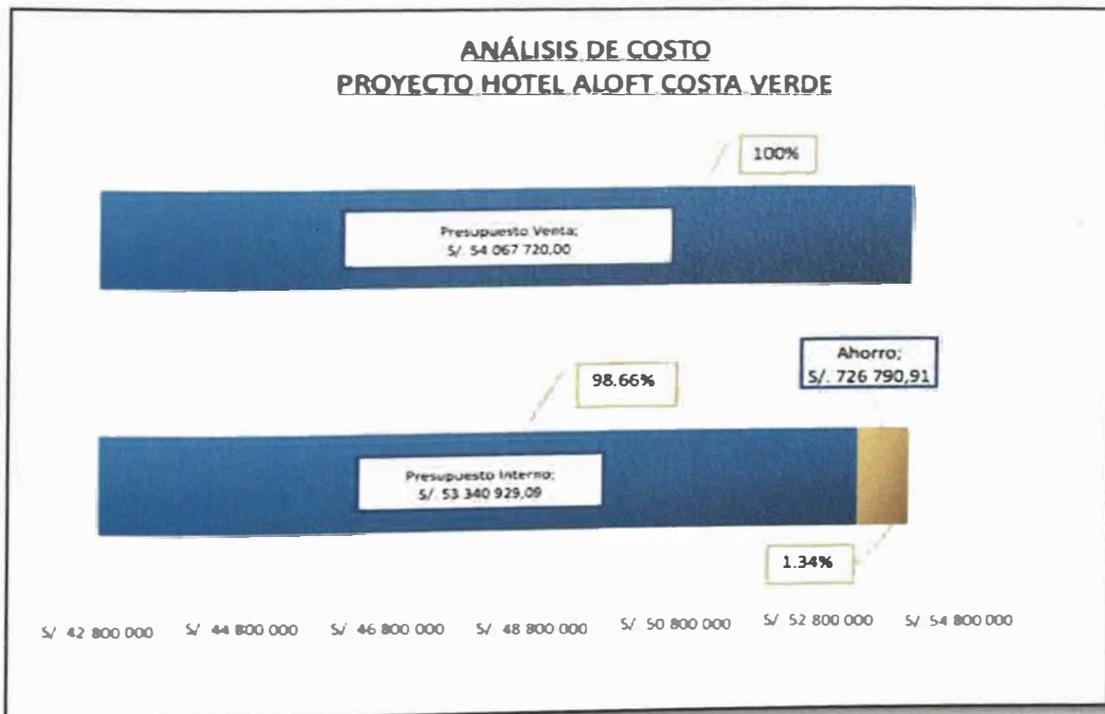


Figura 117. Gráfico del análisis del Costo – Beneficio Proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 117 se tiene la gráfica del ahorro donde su valor total es del S/ 726,790.91 que representa el 1.34% del presupuesto del proyecto. Con lo que decimos que se comprueba la hipótesis que aplicando las herramientas de control de proyecto y el Last Planner 4D se mejora el margen de ganancia entre el 0.5% y 1.5% en los proyectos de edificación que con el sistema tradicional de construcción.

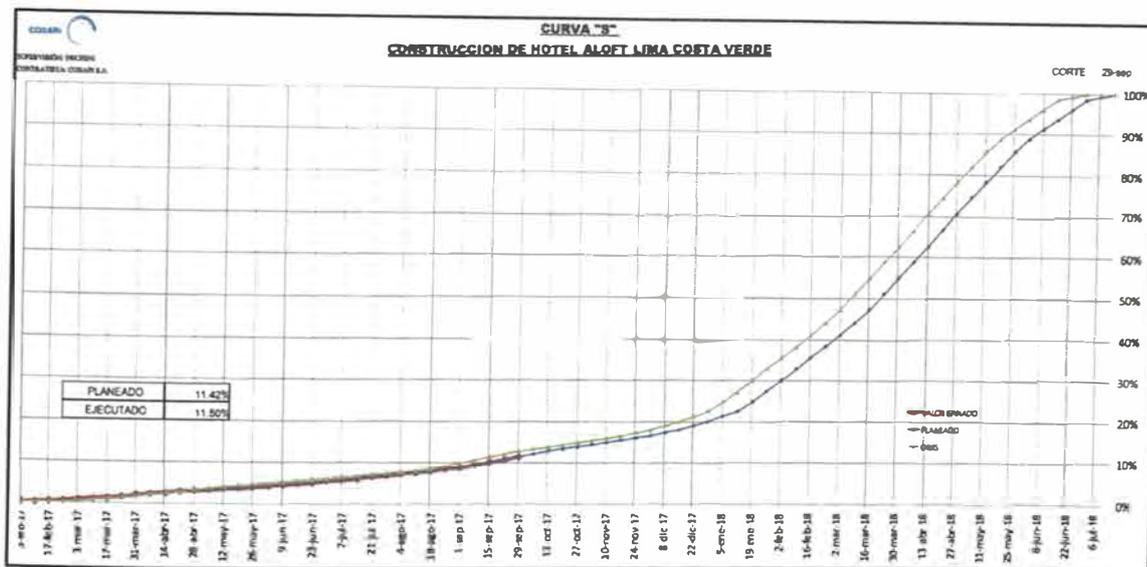


Figura 118. Curva S del Proyecto – Validación del avance por implementación de mejora

Fuente: Elaboración propia para el proyecto Hotel Aloft Costa Verde

Se valida, además, en la Curva S del proyecto (ver Figura 118) la mejora del porcentaje ejecutado en 11.50% correspondiente a la fecha luego de la implementación frente al porcentaje planeado en 11.42%.

Lo conseguido representa una utilidad determinante en los proyectos de edificación como se ha podido apreciar. Teniendo en cuenta ello, mencionamos que su aplicación es conveniente y debe implementarse desde el inicio y cierre ya que se puede controlar todo tipo de actividades, procesos y partidas. Además, su utilidad no se enfoca únicamente para cierto tipo de proyectos, podemos implementarlo a gran escala a cualquier elemento construible, medible y valorizado para favorecer al desarrollo de la construcción y al crecimiento de las empresas económicas del País.

## CONCLUSIONES

1. Es imprescindible que, a partir del cronograma de obra consignado, se elabore el el tren master de actividades por disciplinas y herramientas de control: Curva S, CAO, Control de avance, LookAhead, planificación semanal, plan diario, PAC, CNC, AR, ISP, RES. Además, hacerle seguimiento con estudios de productividad, reuniones de producción, Last Planner 4D, resumen operativo (OP) para el análisis de costos de los procesos.
2. La Curva S del proyecto es una herramienta que permite visualizar el avance o retraso de una unidad de medida bajo una línea definida en el proyecto, donde se puede realizar aproximaciones y proyecciones del comportamiento del objeto de estudio analizado. De esta manera se puede lanzar predicciones sobre el resultado que pueda obtenerse en su desenvolvimiento y costos.
3. Con dichas estimaciones mencionadas líneas arriba se elabora el Calendario de Avance de Obra (CAO) en función a los ingresos y salidas mensuales. En dicho cuadro, son graficados curvas de estimación de los montos económicos previstos comparados con lo valorizado realmente, denominándose a este gráfico como Curva S valorizada mensual.
4. Para fortalecer a la productividad en obra, con la utilización del LookAhead se pudo controlar el cumplimiento de cada actividad contemplada y, de esta manera, detectar y/o alertar restricciones en el avance. Por ello, fue necesario la planificación a detalle mediante los planes diarios y semanales.
5. De esta manera, obtenemos un porcentaje de actividades cumplidas (PAC). Pero notamos que éste, por sí solo, no muestra un estado de cumplimiento. Solo un número. Entonces, debe estar acompañado de un historial donde revele las fallas de ejecución en obra. Con lo cual ahora sí podemos retroalimentar el análisis de restricciones y lograr su levantamiento pronto.
6. Notamos que el 63% de las actividades eran propiamente de los métodos constructivos, un 12% con actividades relacionadas a la logística de los marateriales en obra, el 11% eran actividades llamadas externas debido a una incompatibilización del área de ingeniería con las demandas del cliente

- y un 8% con actividades que fueron incumplidas por equipos debido a la falta de ellos en obra o por encontrarse en mantenimiento.
7. Se verificó que al levantar una gran mayoría de las causas de no cumplimiento el porcentaje de actividades cumplidas (PAC) incrementó de un 63% (teniendo en cuenta que el PAC meta es del 80%) a un 86% lo cual cumplía satisfactoriamente con lo esperado para el proyecto.
  8. El estudio de mejora de procesos y su implementación, representa una de las herramientas más poderosas en todos los proyectos ya que no se basa en la experiencia o de suposiciones para intentar mejorar los procesos. El estudio enfoca todos los recursos de la gestión de productividad para verificar con exactitud las causas de las desviaciones de ambos parámetros (metrados y horas hombre) e implementa un mecanismo novedoso e ingenioso. Para esta tesis, en el proceso de asentado de bloquetas se logró conseguir un ahorro de S/. 565,515.98. Entonces, el éxito de un proyecto se basa en su anticipación durante la gestión.
  9. El informe semanal de producción (ISP) es la base para generar las directrices de la productividad, el control de metrado (original, previsto y ejecutado), el control de las horas hombre (originales, previstas y reales), la proyección de los elementos productivos (metrado, horas hombre y ratios productivos) y el análisis de los costos para cada uno de los procesos durante el avance en obra. Esta herramienta tiene el control en tiempo real de todos los procesos y asegura tener, inmediatamente, un balance general del resumen productivo en el proyecto.
  10. El resumen ejecutivo semanal (RES) tiene un enfoque más general de las estadísticas integrales del proyecto. Reúne cada una de las áreas que conforma el proyecto y las desglosa a un nivel de detalle gerencial permitiendo un acceso rápido a la información para saber el estado real del proyecto, identificando las desviaciones de todas las áreas y controlándolas.
  11. El BIM es la herramienta innovadora del mercado que rompe los esquemas y paradigmas de la construcción tradicional elevándola a un nivel macro de verificación de avance, análisis de interferencias, metrados y presupuesto general. Dicha herramienta implica un potente impacto en las obras de construcción y su uso debería ser obligatorio en la gestión de proyectos. Su aplicación es medianamente costosa, por la licencia del software y de

ingenieros designados a tiempo completo. Sin embargo, en el corto plazo los costos deducidos reflejan su importancia en la construcción.

12. Last Planner 4D cambia la realidad de la tradicional construcción en el País aportando al crecimiento de los proyectos de construcción civil. Su uso modifica y reemplaza la utilización de gran cantidad de formatos y papel resumiendo todo en un layout, el cual fue utilizado para este proyecto colocado en la puerta de ingreso a obra, al alcance de todos.
13. Se tenía originalmente contemplado para el proyecto gastar 58 462 HH pero con el control de productividad se logró reducir ese gasto a 49 503 HH. Con un total de 11 procesos mejorados. 10 de ellos con el uso del ISP y Last Planner 4D consiguiendo un ahorro total de S/ 161,274.93 . Y, el otro proceso restante, con un estudio de productividad, con lo cual se consiguió un ahorro de S/. 565,515.98. De tal forma que el ahorro total conseguido en el proyecto fue de S/ 726 790.91 representando un porcentaje de utilidad del 1.34%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar la herramienta de control de avance a las unidades económicas que compongan una unidad integral perceptible de varios componentes con el objetivo de controlar el avance a su vez de cada componente.
2. El LookAhead propone una mirada hacia delante y por ello se recomienda que en su elaboración se utilice correctos criterios del avance de cada actividad con otra basados también en la experiencia. Por lo general es elaborado independientemente por cada ingeniero jefe de campo de ciertas cuadrillas. Pero conforme el proyecto transcurre se mezclará con la demanda de la planificación de más ingenieros jefes campos de otros sectores, partidas o especialidades donde el LookAhead deberá ser revisado en reuniones aisladas su elaboración con todos los involucrados en campo. Desde el Jefe de Producción de la obra hasta el capataz de la cuadrilla para en conjunto arrojar un Lookahead más ajustado a la realidad.
3. Se recomienda que cada proyecto establezca su PAC meta para que siempre se mantengan al tanto de los lineamientos de eficiencia que propondrá la obra en el cumplimiento de las actividades a ejecutarse.
4. Los historiales del PAC y CNC se recomiendan que se expongan ante las reuniones de producción e involucrados para compartir las mejoras o las causas de no cumplimiento con todos y juntos verificar lo que sucede a lo largo del desarrollo del proyecto.
5. La utilización de las herramientas de control y Last Planner 4D se recomienda su uso a todo nivel de proyecto ya que tiene un alcance bastante amplio en la mejora de la productividad y la planificación.
6. Para los indicadores de desviaciones, el control de elementos vaciados, encofrados, traslado de material, etc. Se recomienda que los controles que se realicen vayan acompañados de mapeos gráficos que apoyen al sustento del control de tal manera que se vuelva más agradable su interpretación.
7. Los estudios de productividad representan mejoras impactantes en los procesos pero el costo de no ser aplicados recae en el incremento de los gastos que registrará el proceso al cierre. Es por ello que se recomienda

realizar estudios de la productividad de los procesos que más pesan en el presupuesto para garantizar mayores ganancias.

8. La herramienta del informe semanal de producción (ISP) es tan fácil de interpretar mostrando en tiempo real los balances de todos los procesos y se recomienda su uso desde el inicio del proyecto.
9. La utilización de las herramientas BIM en el mercado actual deberán ser usadas en todo proyecto ya que aplicarlas reduce las pérdidas en errores en cuanto a la producción, identificando las interferencias o errores de incompatibilidad que seguramente surgan durante elementos ya construidos teniendo que invertir recursos para revetir todos los complicaciones encontradas en el proyecto. Se recomienda incrementar el uso de este tipo de herramientas a nivel de todo proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli C. (2017). *Implementación del sistema last planner en edificación en altura en una empresa constructora: estudio de casos de dos edificios en las comunas de las condes y san miguel*. Tesis de pregrado, Facultad, de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: [http://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/ria/4601/a120179\\_Angeli\\_C\\_Implementacion\\_del\\_sistema\\_last\\_planner\\_tesis\\_2017.pdf](http://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/ria/4601/a120179_Angeli_C_Implementacion_del_sistema_last_planner_tesis_2017.pdf)
- Guio V., (2010). *Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta*. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: [https://www.academia.edu/36844625/PRODUCTIVIDAD\\_EN\\_OBRAS\\_DE\\_CONSTRUCCION-VIRGILIO\\_GHJO\\_CASTILLO.pdf](https://www.academia.edu/36844625/PRODUCTIVIDAD_EN_OBRAS_DE_CONSTRUCCION-VIRGILIO_GHJO_CASTILLO.pdf)
- Koskela L., (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Center for Integrated facility Engineering. Disponible en: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Loayza J., Hernandez A. (2012). *Plan integral, control, construcción y análisis técnico ejecutado en un centro comercial Mall en Arequipa*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1622>
- Medina F., (2008). *Diseño óptimo de redes para la programación de obras de edificación para la nivelación y distribución de recursos personales constantes*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18243>
- Oroz C. (2015). *Aplicación de herramienta de planeamiento look ahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma. Disponible en: [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1149/1/OROZ\\_CF.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1149/1/OROZ_CF.pdf)
- Project Management Institute (2013). *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Quinta Edición. Disponible en: [https://www.edu.xunta.gal/centros/...php/.../libros\\_pmbok\\_guide5th\\_spanish.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/...php/.../libros_pmbok_guide5th_spanish.pdf)
- Quispe O. (2014). *Aplicación de un sistema de control para el mejoramiento de la productividad en edificaciones*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4471>

Ramirez J. (2016). *Estudio de factores de productividad enfocado en la mejora de la productividad en obras de edificación*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7124>

Vasquez R., (2005). *Mejoramiento continuo en los procesos constructivos: Estudio de la productividad en la recolección de datos de campo*. Tesis de pregrado, UNI- FIC, Lima.

# ANEXOS

## ANEXO A.

### MEMORIA DESCRIPTIVA INTEGRAL DEL PROYECTO

#### ARQUITECTURA

##### Ubicación

El edificio se encuentra ubicado en Malecón de la Reserva N° 729, Urbanización Armendariz, distrito de Miraflores, provincia de Lima, departamento de Lima.

##### Terreno

De acuerdo a los títulos de propiedad el terreno tiene un área de 930.01 m<sup>2</sup>, según lo indicado en la partida N° 46809718 de los Registros Públicos de Lima.

##### Proyecto: Hotel Aloft Costa Verde

Se trata de un Proyecto de hotel de 5 estrellas, que tendrá 17 pisos sobre superficie, y 04 sótanos. El primer y segundo piso albergan las áreas comunes del hotel, así como el área administrativa de este y ciertos servicios del hotel, ambas conforman un basamento. A partir del tercer nivel hasta el piso 17, se conforma una torre donde se encuentran las 150 habitaciones de huéspedes. En la azotea, se ubican la piscina y gimnasio de uso privado de los huéspedes del hotel. El acceso vehicular al hotel se da a través del primer nivel, hacia los sótanos de estacionamientos. En los sótanos se encuentran las áreas técnicas del hotel, así como los 2 niveles de estacionamientos y el nivel de cisternas.

##### Distribución de habitaciones

El Hotel marca Aloft tendrá 150 Habitaciones distribuidas de la siguiente manera:

- Simples: 92 hab.
- Dobles: 50 hab.
- Suites: 08 hab.

## Área techada

El área techada es de 11,612.63 m<sup>2</sup> además de 195.46 m<sup>2</sup> de área techada de cisternas.

## Estacionamiento

La capacidad total de estacionamiento es de 46 autos, repartidos en 2 sótanos de la siguiente manera:

- 2° Sótano =21 autos
- 3°Sótano =25 autos

Se tiene esta cantidad de estacionamientos, pues por tratarse de un hotel 5 estrellas, se requiere de un porcentaje del 30% del número de habitaciones del hotel a modo de estacionamientos, lo que equivale a 45 estacionamientos.

Se ha adicionado un estacionamiento para la administración. En el proyecto contamos con 60m<sup>2</sup> de área administrativa, y se solicita 1 por cada 40m<sup>2</sup> de área administrativa por lo que 1 estacionamiento adicional a las habitaciones cumple con lo requerido por el reglamento. En total se tienen 46 estacionamientos.

No se requiere mayor número de estacionamientos, pues las áreas públicas del hotel son de uso exclusivo de los huéspedes.

## Altura del edificio

Según el Certificado de Parámetros urbanísticos la altura máxima permitida es de 17 pisos. El Hotel tiene básicamente uso comercial el cual, según el Índice de usos es compatible con la zonificación RDMA (Residencial de Densidad Muy Alta) del terreno en el cual está ubicado este proyecto.

Considerando esta premisa se ha tomado en cuenta una altura de piso a piso de 3.60m, lo que resulta en una altura máxima de 61.20m. Es decir, la volumetría no debe superar los 61.20 m. de altura máxima medidos hasta el nivel del piso de la azotea. Este proyecto propone una altura de 58.35 m. de la edificación establecido dentro de dichos parámetros, pero, por la naturaleza de las actividades y operaciones de un hotel, las cuales son básicamente comerciales con un

componente residencial en las habitaciones, se han redistribuido las alturas de los pisos considerando las exigencias de las actividades del nivel en el cual se encuentran, por lo que se ha considerado un Basamento de 9.80 ml, en el cual se encuentra el 1° y 2° piso (de 5.00 ml y 4.80ml de altura respectivamente) en el cual se encuentran los niveles destinados a áreas públicas y de servicios del Hotel, los cuales por su propia naturaleza y uso requieren una mayor altura.

En los pisos superiores denominados del 3° al 16° piso destinados principalmente a las Habitaciones por el uso y requisitos técnicos de menor exigencia es que se ha establecido una altura de 3.20 ml. de piso a piso. El piso 17°, también de habitaciones; tendrá una altura de 3.75 ml. hasta el piso de la azotea, altura necesaria para el pase de las instalaciones en este nivel, así como para mantener la altura libre típica mínima de 2.95m en habitaciones, inclusive debajo del área que contiene la piscina.

Con esta redistribución de alturas de piso a piso se logra mantener el perfil urbano requerido por los parámetros vigentes y la edificación cuenta finalmente con 17 pisos y 58.35 ml., distribuidos en 1 Basamento (1° y 2° piso) y 15 pisos de habitaciones, o 17 niveles, encontrándose 2.85m por debajo de la altura permitida según los parámetros edificatorios.

## **Propietarios**

INTURSA: Inversiones Nacionales de Turismo S.A.

## **Concepto Arquitectónico**

En el primer y segundo piso, el edificio se encuentra recesado 5.00 metros desde el límite frontal del terreno, hacia la calle Malecón de la Reserva, consolidándose estos dos primeros niveles como una unidad. Los dos primeros pisos ocupan toda la extensión del terreno, descontando el área correspondiente al retiro en mención, y la terraza posterior. Ambos pisos albergan principalmente las áreas comunes del hotel tales como el Lobby, Salas de Reunión Tac Tic y terraza (Backyard), en el primer nivel; y WXYZ Bar, Area de Juegos, Area de Estar Re:mix y Cafetería-Comedor en el segundo nivel. 10.

## Arquitectonica

El primer y segundo piso tiene 5.00 ml y 4.80ml. de altura respectivamente, altura necesaria y acorde a los servicios y a los espacios técnicos que se necesitan por el equipamiento necesario para las actividades que aquí se desarrollan.

Sobre este basamento se eleva una torre, recesada 4.50m desde el límite frontal del terreno, que contiene las habitaciones de huéspedes (del 3° piso al 17° piso), y hacia la parte posterior, dejando el pozo de luz requerido a partir del 3° piso para iluminar las habitaciones que dan hacia el interior del predio. En los niveles de Habitaciones del 3° al 16° piso, la altura de piso a piso se reduce a 3.20 mil. altura suficiente ya que estos niveles son exclusivamente para las habitaciones cuyas instalaciones han sido focalizadas en ductos que suben en forma vertical hacia el nivel técnico de la azotea y cuyas montantes atraviesan y se distribuyen en los pisos inferiores. El 17° piso tiene una altura mayor de 3.75 mi, altura suficiente para las instalaciones y bombas de la piscina, ubicada en el piso superior de la azotea. Tanto en el piso 16 como el piso 17 se ha recesado la ubicación de la ventana de la habitación 06 para así cumplir con el pozo de luz requerido, cumpliendo así con la distancia mínima al límite de propiedad, desde el eje del vano para iluminación hacia la fachada en cada nivel. En el piso 16, inclusive se ha recesado el vano de la habitación aún más de lo requerido.

Tanto la fachada frontal como la fachada interior están compuestas por marcos cuadrados que encuadran las habitaciones. Estos marcos, tienen los lados de diferentes colores dispuestos aleatoriamente entre azul marino, gris y blanco, dándole así mayor movimiento a la fachada. A su vez, estos marcos están contenidos en un gran alero horizontal y vertical blanco que define la totalidad de la fachada, tanto en la fachada frontal como en la posterior, delimitando los pisos de las habitaciones del hotel. El basamento conformado por el primer y segundo piso, queda evidenciado con el uso de un muro cortina que da mayor traslucidez al área pública propuesta.

## Descripción del proyecto

Arquitectónicamente el edificio es una estructura aporricada de concreto armado que consta de 15 niveles de habitaciones sobre el basamento que se compone del primer y segundo piso, además de 4 sótanos. Todos los niveles sobre

superficie están conectados verticalmente por un núcleo central que contiene dos ascensores de uso general para los huéspedes y un ascensor de servicio que recorre todo el edificio. En el mismo núcleo de circulación hay un ascensor negativo que conecta los sótanos 1, 2 y 3, con el primer piso y segundo piso. Los niveles sobre superficie tienen dos escaleras de escape ubicadas en lados opuestos de la torre para facilitar la evacuación hacia el primer nivel del proyecto. La Escalera 1 llega hasta el nivel de la azotea, mientras que la escalera 2 llega hasta el último nivel de las habitaciones, el piso 17.

### **Primera planta**

Hacia la calle Malecón de la Reserva se encuentra el ingreso al hotel donde está el área del lobby de ingreso que cuenta un espacio para recepción además de un estar público. Contiguo a este espacio se ubica el depósito de maletas y cajas de seguridad. Atravesando el lobby de ingreso, se accede al hall de ascensores. Inmediatamente luego, se accede a la prefunción donde se ubican los servicios higiénicos requeridos para el primer nivel, así como las 2 salas de reuniones Tac Tic de uso exclusivo de los huéspedes del hotel. Frente a la pre función, encontramos el oficio que abastece los insumos necesarios para los eventos en las salas de reuniones. En la parte posterior de las salas de Reunión Tac Tic encontramos una terraza (Backyard) con un muro verde que integra espacialmente la terraza del segundo nivel. ARQUITECTONICA

El ingreso de servicio, se hace también por la calle Malecón de la Reserva, sin embargo, por la puerta de ingreso de servicio que se conecta con el área operativa del hotel mediante un corredor de servicio. En el corredor encontramos el almacén de salas de reunión Tac Tic, ubicado frente a la entrada de la prefunción desde la zona de servicio. Hacia el fondo del pasadizo se ubican las oficinas administrativas del hotel, espacio adecuado para 4 personas, además de una oficina de gerencia. Dentro de este espacio de oficinas, se encuentra el ambiente de caja de manera independiente con espacio para 1 persona. Hacia el final del corredor de servicio encontramos dos escaleras separadas, una de ellas viene del sótano (escalera 4) y la otra viene del segundo piso (escalera 5), conectando el área de equipos técnicos. De igual manera, hacia la mitad de este corredor de servicio, hay dos escaleras separadas con entradas una frente a la otra, que vienen del sótano (escalera 3) y de la torre de habitaciones (escalera 2).

El acceso y salida vehicular a los sótanos se hace a través de la rampa de 6.00m de ancho que llega a la calle Malecón de la Reserva.

## **Planta nivel 2**

Se accede al segundo nivel a través de los ascensores de huéspedes o el ascensor negativo.

En este nivel se ubican servicios complementarios y de uso exclusivo para los huéspedes del hotel tales como el WXYZ-Bar, la Sala de Estar Re:mix, Área de Juegos, así como la cafetería/comedor con su respectiva cocina y terraza. Además, hay un área abierta de computadoras (In-touch) que funciona como un ambiente de negocios con computadoras e impresora. A través de la terraza se puede apreciar el espacio de gran altura de la terraza posterior del primer nivel, integrado mediante un muro verde que ocupa los dos niveles del basamento (primer y segundo piso). La cocina de la cafetería/comedor está conectada a través del cuarto de servicio a la habitación y del hall de ascensor de servicio con el ascensor de servicio del edificio para facilitar el flujo de insumos. Colindante a la terraza, y separado mediante un muro, se ubica una zona de equipos del hotel, a la cual se accede mediante la escalera 5 que viene desde el primer nivel del proyecto. Dentro de esta zona de equipos encontramos además dos ambientes: cuarto de comunicaciones y tablero eléctrico. La escalera que llega a este nivel, continúa hasta el techo del segundo piso a un área técnica, donde estará ubicado el tanque de gas.

## **Planta niveles 3 al 17**

En el tercer nivel empieza la torre con los pisos típicos de habitaciones. La planta típica cuenta con un núcleo de circulación donde se ubican los ascensores de huéspedes y el ascensor de servicio, al cual se accede mediante un hall de ascensor de servicio. Asimismo, está el área de oficio y el cuarto eléctrico, y el cuarto de data. En los niveles 3°, 6°, 11° y 16° se encuentran las máquinas de hielo para los huéspedes en el núcleo del edificio. Hacia ambos extremos de la torre, se ubican las escaleras 1 y 2 de evacuación que conectan todos los niveles de la torre sobre la superficie. La escalera 1 comunica desde el primer piso hasta la azotea, mientras que la escalera 2 va desde el primer piso hasta el piso 17.

En los niveles 3° al 17° hay 10 habitaciones, 5 de ellas con vista al mar, y 5 con vista hacia el interior del proyecto.

En la planta de los niveles 3°, 4°, 5° y 6°, la habitación 01 corresponde a una habitación doble para discapacitados. Las habitaciones 02, 03, 04, 07, 08 y 09 corresponden a habitaciones simples y; las habitaciones 05, 06 y 10 corresponden a habitaciones dobles.

En los niveles 7°, 8° y 9°, las habitaciones 01, 05, 06 y 10 corresponden a habitaciones de la tipología doble, mientras que las habitaciones 02, 03, 04, 07, 08 y 09 corresponden a la tipología simple. ARQUITECTONICA

En los niveles 10°, 11°, 12°, 13°, 14° y 15° , la habitación 01 de estos niveles corresponde a una habitación del tipo Suite integrada. Las habitaciones 02, 03, 04, 07, 08 y 09 corresponden a habitaciones simples; las habitaciones 05, 06 y 10 corresponden a habitaciones dobles. En el nivel 15°, las habitaciones 01 y 02, y las habitaciones 04 y 05 tienen la posibilidad de estar conectadas.

Conforme se va subiendo en altura, el receso a respetar en la fachada posterior para el ingreso de luz es mayor, por lo que en el nivel 16°, es necesario recesar el eje del vano de la habitación 14.82ml a eje de vano de la habitación 06, que en este piso es de la tipología simple. La habitación 01 se mantiene como Suite, así como las habitaciones 05 y 10 se mantienen como dobles. Además de la habitación 06, las habitaciones 02, 03, 04, 07, 08 y 09 también son de la tipología simple. Las habitaciones 01 y 02; las habitaciones 04 y 05; y las habitaciones 09 y 10 tienen la posibilidad de estar interconectadas.

En el nivel 17, el receso de la habitación 06 es de 15.88ml del límite del terreno posterior. La habitación 01 se mantiene como Suite, y las habitaciones 05 y 10 se mantienen como dobles. Además de la habitación 06, las habitaciones 02, 03, 04, 07, 08 y 09 también son de la tipología simple. Las habitaciones 01 y 02; las habitaciones 04 y 05; y las habitaciones 09 y 10 tienen la posibilidad de estar interconectadas.

El total de habitaciones en la torre es de 150. Cada habitación cuenta con baño privado, así como con escritorio, closet y frigobar.

## **Azotea**

A este nivel se accede mediante los ascensores de huéspedes, así como por las escaleras 1 y 2. Hacia el frente del edificio, podemos encontrar una zona de terraza abierta con barra, así como una zona de deck elevado con piscina con vista frontal hacia el mar. Hay una escalinata de acceso, así como un elevador para discapacitados hacia el deck, y equipamiento para poder ingresar a la persona discapacitada hacia dentro de la piscina. La azotea se encuentra rodeada de jardineras de 0.35m de profundidad, así como un muro verde contiguo a la zona de barra. Hacia la parte posterior de la torre, se ubican los servicios higiénicos y el área de Gimnasio, además de un área de equipos técnicos sin techar. Se accede a los techos técnicos, así como al cuarto de máquinas de los ascensores, mediante una escalera abierta.

## **Sótanos 1 al 4**

El edificio cuenta con 4 sótanos en los cuales es posible el estacionamiento de 46 autos. Una rampa de 6.00 metros de ancho permite el ingreso y salida vehicular desde la calle Malecón de la Reserva al 1° sótano. A partir de éste, el acceso vehicular al nivel del sótano 2 se da a través de una rampa de 6.00 metros de ancho ubicada hacia uno de los extremos del sótano. El acceso hacia el nivel del sótano 2 y sótano 3, se da a través de una rampa de 4.00 metros y 3.30 metros; debido a que el número de estacionamientos restantes en los niveles inferiores es menor a 40 autos.

En el sótano 1, podemos encontrar la mayor parte de área de servicio del hotel. Se ha dispuesto un área de Carga y Descarga directamente conectada a un andén y cuarto de control. A través de un pasadizo de servicio se accede a la zona de Oficio que cuenta con una oficina, almacén, comedor y baños de empleados, lactario, tóxico, y taller de mantenimiento. Hacia el lado opuesto del sótano 1, se puede encontrar un ambiente de tableros, grupo electrógeno y subestación. Otra esclusa, separa los cuartos de basura inorgánica, y basura orgánica, además del cuarto de entrada de servicios. Las dos escaleras 3 y 4 en los sótanos, conectan los niveles bajo la superficie y evacúan hacia el primer nivel del edificio, a través del corredor de servicio 11.

## ESTRUCTURA

### Códigos y normas aplicables

- NTE E.020: Cargas
- NTE E.030: Diseño Sismorresistente
- NTE E.050: Suelos y cimentaciones
- NTE E.060: Concreto Armado
- NTE E.070: Albañilería
- ACI 318-14: Building code requirements for Structural Concrete

### Desarrollo

#### **Materiales**

- Los materiales usados para el diseño estructural del HOTEL ALOFT fueron los siguientes:
- Concreto  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup>                      Sótano 4 @ 3 ° Piso
- Concreto  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>                      4° Piso @ Azotea
- Acero  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>
- Acero de postensado: ASTM A416 Diam=0.6"  $f_{pu}=1860$ Mpa

#### **Estructuración en planta**

- La planta estructural típica está conformada por un sistema de losas postensadas y losas macizas de 20cm de espesor, el cual se apoya sobre vigas peraltadas con dimensiones de 0.30x0.75, 0.30x0.60m, 0.25x0.60m y 0.25x0.50m (ubicación según planta de encofrado).
- El sistema estructural para cargas laterales es de muros de concreto armado en las 2 direcciones de análisis. Estos muros son continuos desde la cimentación hasta la azotea del edificio y tienen 40cm de espesor hasta el piso 1 y 30cm desde el piso 1 hasta el último nivel.
- Adicionalmente a los muros el sistema resistente a cargas laterales también tiene columnas de 0.45 x 2.10m de sección en el nivel de

cimentación. Estas columnas irán reduciendo gradualmente su tamaño de acuerdo a los niveles de piso hasta llegar a 0.45 x 1.40m en el nivel más alto. Las columnas tienen poca rigidez comparada con los muros de corte, razón por la cual no toman una fuerza cortante sísmica importante, y en ese sentido estos elementos serán diseñados para resistir en su mayoría cargas de tipo gravitatorias.

### **Análisis estructural**

- De acuerdo al uso de cada ambiente de la edificación, se aplicaron las siguientes sobrecargas mínimas para el diseño de las losas de techo:
- Sobrecarga estacionamientos: 250kg/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga pasadizos y escaleras: 400kg/m<sup>2</sup>
- Sala de extracción de monóxidos: 500kg/m<sup>2</sup>
- Salas eléctricas: 500kg/m<sup>2</sup>
- Sala de almacenes: 1000kg/m<sup>2</sup>
- Sala de comedores: 400kg/m<sup>2</sup>
- Piscina: 1200kg/m<sup>2</sup>

### **Análisis sísmico**

Debido a los requerimientos de arquitectura de la edificación, el sistema estructural con el que se cuenta actualmente clasifica como irregular en planta e irregular en elevación, por lo tanto los factores de reducción de respuesta sísmica serán los siguientes:

- $R_x=4.05$  Factor de reducción de respuesta sísmica en la dirección X-X
- $R_y=4.05$  Factor de reducción de respuesta sísmica en la dirección Y-Y
- Con estos factores de reducción y los parámetros ya mencionados, la fuerza cortante en la base de la edificación es de:
- $V_x=1374.02$  ton Fuerza cortante en la dirección X-X
- $V_y=492.02$  ton Fuerza cortante en la dirección Y-Y

Con las cargas sísmicas calculadas, las deformaciones de entrepiso y desplazamientos finales inelásticos esperados son los siguientes:

Deformaciones de entrepiso y desplazamientos finales inelásticos

Dirección	Deriva max.	Desp. Max.(mm)
XX	0.002	6.7
YY	0.0069	24

Fuente: Proyecto Hotel Aloft - Miraflores, Lima.

### **Diseño de elementos estructurales**

- Elementos de concreto armado
- Los elementos de concreto armado de la edificación han sido diseñados con las provisiones de la NTE E.060; provisiones adicionales detalladas en el capítulo 21 de dicha norma aplican para los elementos que formen parte del sistema resistente a cargas laterales
- Elementos de concreto postensado
- Elementos de concreto postensado han sido diseñados de acuerdo al capítulo 18 de la NTE E.060 y el ACI 318-14.

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **Especificaciones de concreto**

Los alcances de esta especificación incluyen pero no se limitan a:

- Construcciones de concreto simple y reforzado.
- Muestreo, ensayos, inspección del concreto y procedimientos de construcción.
- Colocación de pernos de anclaje y otros embebidos.
- Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo incluyendo accesorios para el posicionamiento del refuerzo.
- Grout para placas base de columnas y bases de equipos.

## **Generalidades**

### ***Información de productos***

- El Contratista debe enviar al Supervisor una copia de los siguientes documentos para revisión y aprobación 7 días antes de la colocación del concreto o de acuerdo a los requerimientos del proyecto.
- Diseño de mezclas, que deberá cumplir con el Capítulo 3 del ACI 301 y se elaborará para cada combinación de ingredientes y por cada clase de concreto.
- Reportes de ensayos o certificados de calidad de los insumos, accesorios del concreto y otros materiales relacionados.
- Resultados de ensayos de compresión. Antes de la producción de concreto el contratista debe remitir al Supervisor una descripción completa del método de curado propuesto. Así también se remitirá especificaciones de los fabricantes de los productos a ser utilizados como aditivos, puentes de adherencia, waterstops, sistemas de juntas, desmoldantes y curadores.

### ***Planos de taller***

- En caso sean requeridos los planos de taller deben cumplir los siguientes requisitos:
  - Planos de taller para la habilitación y colocación del acero de refuerzo: Elaborados de acuerdo a los requisitos del ACI 315, deben mostrar planillas de acero de refuerzo, distribución del refuerzo y ubicación de empalmes y detalles especiales.
  - Planos de encofrados: Incluyen detalles de fabricación e instalación de los encofrados y detalles especiales cuando sea necesario.

### ***Reportes de ensayos***

- El contratista remitirá al supervisor reportes de slump y ensayos de compresión realizados por el laboratorio de ensayos.
- Antes de la colocación del concreto se presentará la propuesta para su colocación, indicando la secuencia, volumen y extensión de cada vaciado.

### **Aseguramiento de la calidad**

- El Contratista asignará un Supervisor de Control de Calidad del Concreto para garantizar la adecuada producción, colocación, curado y protección del concreto.
- Reunión de coordinación previa a la preparación del concreto: el representante del proveedor de concreto, jefe de obra, supervisor de calidad y representante del laboratorio de ensayos se reunirán para revisar las especificaciones y discutir detalles de los requerimientos para la preparación del diseño de mezclas y establecer procedimientos constructivos adecuados.

### **Despacho y almacenamiento de materiales**

#### **Concreto**

- El concreto fresco se entregará en camiones mezcladores de acuerdo a los requerimientos del ASTM C94.
- Los aditivos reductores de agua para concreto deben ser adicionados en la planta mientras que los acelerantes y retardadores de fragua pueden ser adicionados tanto en planta como en obra.

#### **Acero de refuerzo**

- El acero de refuerzo será preparado adecuadamente para su envío de tal manera que no se dañe, mantenga su calidad y limpieza durante el transporte.
- El almacenamiento del material de refuerzo se realizará por encima del nivel del terreno y protegido del polvo, aceite y grasa.

## EJECUCIÓN

### Preparación

#### ***Pernos de anclaje y otros elementos embebidos:***

- El acero de refuerzo, pernos de anclaje, tuberías, insertos, elementos de juntas y otros accesorios requeridos para ser embebidos en el concreto se ubicarán con precisión y se asegurarán para evitar movimientos durante la colocación del concreto. La instalación de anclajes, insertos, manguitos y otros accesorios requeridos por las especialidades de electricidad, mecánica, tuberías, aire acondicionado u otros, estarán sujetos a la inspección y aprobación del supervisor de la especialidad o especialidades involucradas, antes de la colocación del concreto.
- La instalación de los pernos de anclaje y los elementos embebidos de acero estructural deberán cumplir con el párrafo 7.5 del AISC "Code of Standard Practice".
- Proteger las roscas de los pernos contra daños y salpicaduras de concreto fresco; usar sombreros o tapones para evitar el ingreso del agua, concreto fresco o suciedad a las mangas.
- No está permitido soldar por puntos los pernos de anclaje, el acero de refuerzo, o elementos embebidos a menos que se especifique en los planos.

#### ***Transporte del concreto***

La preparación previa a la colocación del concreto y los elementos tales como chutes, canaletas, bombas y otros elementos necesarios para el transporte del concreto a su ubicación final deberán cumplir con el ACI 301.

### Instalación

#### ***Producción de concreto***

- La producción del concreto deberá cumplir con la Norma ACI 301. El agua deberá ser agregada en la planta. La adición de agua en el punto de entrega está prohibida y los camiones deberán tener el tanque de agua totalmente desconectado del tambor.

### **Colocación del concreto**

- La colocación del concreto deberá cumplir con la Norma ACI 301. La temperatura del concreto en el momento de la colocación no debe exceder los 32°C (90°F) ni estar por debajo de los 10°C (50°F). La colocación del concreto en climas fríos y en climas cálidos se realizará conforme a lo establecido en el ACI 305 y ACI 306 respectivamente.
- Asegurarse que la descarga del concreto premezclado sea completada dentro de las 1.5 horas después de preparada la mezcla.
- Mantener los registros de colocación del concreto; fecha del registro, ubicación, cantidad, temperatura ambiental, resultados de los ensayos en campo, y ensayos de muestras tomadas; mantener las boletas de entrega del concreto con los registros del concreto premezclado.
- El bombeo de concreto fresco deberá cumplir con los requisitos del ACI 304R, Capítulo 9. El transporte concreto por medio de fajas transportadoras deberán cumplir con los requerimientos del ACI 304R, Capítulo 10.
- Después de la colocación del concreto y desencofrado, limpiar el acero de refuerzo y los elementos embebidos expuestos, de las salpicaduras de concreto, polvo y otros materiales extraños.
- No se deberá colocar en la estructura el concreto que haya iniciado su fragua o haya sido contaminado con materia extraña.
- La colocación del concreto estará limitada por un máximo de 1.5 metros (5 pies) de caída libre y a un flujo horizontal que no exceda 1.5 metros (5 pies) entre los encofrados.
- El concreto deberá ser colocado en capas de 450 milímetros (18") como máximo. Las bombillas de los vibradores deberá extenderse hasta dentro de la capa colocada previamente.

### **Losas sobre terreno**

- Construir las losas de acuerdo a los planos de diseño y en concordancia con las Normas ACI 301 y ACI 302.

- El concreto de las losas sobre el terreno se colocarán en franjas alternadas pero nunca en forma de damero.
- La mezcla de concreto de estructuras retenedoras de líquido deberá usar aditivos impermeabilizantes, según lo indiquen los planos del proyecto.

### **Acabado de losas**

- Se proporcionará el acabado a la superficie de las losas de concreto conforme a lo establecido en el ACI 302.1R.
- El acabado de las losas de concreto de piso interiores será clase 5 de acuerdo al ACI 302.1R a menos que se indique en los planos.
- Se dará acabado “frotachado” a las bases de los equipos y las losas exteriores.
- A los escalones, pasos, rampas y veredas se dará un acabado “antideslizante” con escobillas de cerda fina, perpendicular al sentido principal del tráfico.
- En caso de losas que no lleven contrapiso se deberá garantizar que cumplan con los parámetros de planimetría  $FF=30$  (componente de planado) y  $FL=20$  componente de nivelado

### **Encofrados**

- El diseño, instalación y desencofrado se realizará de acuerdo al ACI 347.
- Los encofrados de muros y miembros apoyados sobre el terreno podrán ser retirados después de 48 horas, siempre y cuando el concreto esté lo suficientemente duro para no dañarse con el retiro de los encofrados y el curado se inicie inmediatamente.
- Los encofrados de elementos auto-soportados como vigas y losas podrán retirarse después de 7 días, siempre y cuando el concreto haya alcanzado una resistencia de por lo menos 80% de la resistencia a los 28 días. No se aplicarán cargas sobre estos elementos hasta que se verifique, mediante las probetas curadas en obra, que el concreto ha alcanzado la resistencia a los 28 días.

- Las tolerancias para los encofrados concordarán con las Normas ACI 301 y ACI 117.
- A menos que se indique en los planos las aristas expuestas deberán tener un chaflán de 19mm (3/4") de lado. Las esquinas no expuestas pueden ser cuadradas o achaflanadas.
- La implementación de aberturas que no están indicadas en los planos requieren la aprobación del supervisor.
- No se aplicará agentes desmoldantes en las superficies de concreto que recibirán acabados o donde los recubrimientos a aplicarse sean afectados por el agente desmoldante. Las superficies de encofrados no tratadas se remojarán en agua limpia y se mantendrán húmedas y hasta la colocación del concreto.
- Los trabajos de encofrado deberán tener en cuenta la ubicación y detalles requeridos para la instalación de aberturas, bruñas, filetes, entradas, mangas, acanalados, pernos de anclajes, elementos de juntas y otros.

### **Refuerzo**

- La calidad, tipo y detalles del acero de refuerzo deberán estar conforme a los planos de diseño. El acero de refuerzo se colocará de acuerdo a lo establecido en el ACI 301.
- Colocar, fijar y asegurar el refuerzo antes de la colocación de concreto.
- Asegurar los dowells y por lo menos el 50% de las intersecciones de las barras de refuerzo.
- Empalmar las barras de refuerzo únicamente como está mostrado en los planos de diseño. Los empalmes mecánicos deberán ser hechos únicamente como se indica en los planos. No se permitirán los empalmes soldados.
- El recubrimiento mínimo de concreto sobre el acero de refuerzo estará en concordancia con el ACI 301.

### 3.1.1.1 Juntas y elementos embebidos

- Las juntas y los elementos embebidos deberán estar conforme a lo establecido en el ACI 301 a menos que el Supervisor indique lo contrario.
- Todas las mangas, insertos, pernos de anclaje, "waterstops" y otros elementos embebidos deberán ser instalados conforme a los planos de diseño y fijados contra desplazamientos que pudieran ocurrir durante la colocación de concreto.
- Las juntas de construcción deberán ser ubicadas como se muestran en los planos. Cualquier variación en la ubicación deberá ser aprobada por el Supervisor. Cuando se requiera, por motivos operativos, la colocación de una junta de construcción no prevista, se agregará "waterstops" si la junta normal tiene "waterstops", la ubicación se registrará y se informará al Supervisor.
- La superficie de las juntas de construcción se limpiarán retirando la capa superficial de concreto defectuoso o contaminado, producido por la exudación del concreto y segregación del agregado. Humedecer la superficie de concreto existente seguido y luego aplicar lechada de cemento con brocha. Cuando el concreto existente en una junta de construcción tenga más de 24 horas de colocado se aplicará adhesivo epóxico.
- El refuerzo será continuo a través de las juntas de construcción.
- Las juntas de dilatación, aislamiento y de control se construirán de acuerdo a la ubicación especificada en los planos de diseño. Las juntas de control se implementarán utilizando cortadoras de concreto con el ancho y profundidad indicados en los planos. Los cortes se iniciarán tan pronto como el concreto haya endurecido lo suficiente para prevenir se marque la superficie o se desplacen los agregados, pero en un tiempo no mayor a 12 horas después de la colocación del concreto. Imprimir y sellar las juntas de acuerdo a las instrucciones del Fabricante de Selladores

## ANEXO B.



CP : 5084 - 11B

Fecha:  
09/03/2017

Proyecto : HOTEL ALOFT I - Costa Verde

Cliente : URBANOVA

Descripción Partida Cliente	Und	Metrado	Costo Unitario	Costo Total
			Sol	Sol
TRABAJOS PRELIMINARES Y PROVISIONALES				
OBRAS PROVISIONALES				
Oficina de obra para contratista	mes	17.00	21,483.49	365,219.33
Almacén de obra	mes	17.00	2,005.41	34,091.97
Caseta para guardianía	und	1.00	2,000.00	2,000.00
Comedor personal obrero	mes	17.00	669.88	11,387.96
Alquiler de servicios higienicos portatiles de obra	mes	17.00	560.00	9,520.00
Cerco perimétrico de obra	ml	25.00	270.00	6,750.00
Taller de carpintería y acero	mes	17.00	352.94	5,999.98
Cartel de obra	und	1.00	3,000.00	3,000.00
Escuadras de Soporte	mes	3.00	2,763.01	8,289.03
INSTALACIONES PROVISIONALES				
Instalación provisional de agua potable	glb	1.00	10,500.00	10,500.00
Consumo de Agua para construcción	mes	17.00	4,000.00	68,000.00
Instalación eléctrica para la obra	glb	1.00	324,094.35	324,094.35
Consumo de energia	mes	17.00	9,855.52	167,543.84

Guardianía de obra	mes	17.00	9,912.00	168,504.00
Limpieza permanente de obra (inc. eliminacion de desmonte)	mes	17.00	12,835.56	218,204.52
Limpieza Final de Obra	m2	11,612.63	1.98	22,993.01
Escalera de Acceso a Sótanos	mes	3.00	1,536.80	4,610.40
Reparaciones	glb	1.00	41,229.60	41,229.60
Ensayos	glb	1.00	43,240.80	43,240.80
<b>MOVILIZACION DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
Movilizacion y desmovilizacion de encofrados, equipos y herramientas	glb	1.00	78,000.00	78,000.00
<b>TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO</b>				
Trazo y replanteo durante el proceso de ejecucion	mes	17.00	19,681.60	334,587.20
<b>EQUIPO DE TRANSPORTE VERTICAL / HORIZONTAL</b>				
Transporte Vertical	mes	11.00	73,870.74	812,578.14
Transporte horizontal	mes	5.00	28,944.94	144,724.70
<b>SEGURIDAD SALUD Y MEDIO AMBIENTE</b>				
Equipos de protección colectiva (EPC)	mes	17.00	4,508.93	76,651.81
Señalización temporal de seguridad	mes	17.00	2,375.06	40,376.02
Monitoreo ambiental	mes	17.00	1,981.03	33,677.51
Ventilación forzada en sotanos	glb	1.00	14,279.49	14,279.49
Protección Perimetral	m	130.00	632.05	82,166.50
Control de Polvos	glb	1.00	19,754.78	19,754.78
<b>01</b>				<b>3,151,974.94</b>
<b>ESTRUCTURAS</b>				
<b>OBRAS DE PROFUNDIZACIÓN Y SOSTENIMIENTO</b>				
<b>Movimiento de tierras</b>				
<b>Excavación y eliminación</b>				
Excavación masiva	m3	12,015.00	11.77	141,416.55

Excavación en cimentación	m3	493.10	41.29	20,360.10
Perfilado de banquetas inc nivelación	m2	1,766.53	31.59	55,804.68
<b>Relleno</b>				
Relleno localizado con material propio	m3	24.72	42.30	1,045.66
Relleno localizado con material prestamo (afirmado para losa piso h=0.20m)	m3	87.87	107.32	9,430.21
Nivelacion y compactacion de terreno a nivel de subrasante	m2	933.32	6.44	6,010.58
<b>Eliminacion</b>				
Eliminacion de material excedente Masivo	m3	12,015.27	45.04	541,167.76
Eliminacion de material excedente localizado	m3	468.38	45.04	21,095.84
<b>Muro anclado</b>				
<b>Muro</b>				
Concreto 420 kg/cm2 - Muros Anclado	m3	727.70	477.35	347,367.60
Encofrado y desencofrado - Muros Anclado	m2	1,854.20	53.24	98,717.61
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	73,891.00	2.79	206,155.89
Curado	m2	1,854.20	2.38	4,413.00
Suministro e instalacion del Sistema de Anclaje de Muros	glb	1.00	197,524.98	197,524.98
<b>Cimentación</b>				
Concreto 420 kg/cm2	m3	69.00	389.13	26,849.97
Encofrado y desencofrado	m2	181.00	44.95	8,135.95
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	1,055.97	2.79	2,946.16
Curado	m2	181.00	2.38	430.78
<b>SÓTANOS (1 al 4)</b>				
<b>Concreto simple</b>				
Solado de concreto e=5cm	m2	400.56	11.67	4,674.54
<b>Falsa zapata</b>				
Concreto f'c= 100 kg/cm2- Falsa Zapata	m3	71.87	261.51	18,794.72

Encofrado y desencofrado - Falsa zapata	m2	176.76	44.95	7,945.36
Cimentación				
Concreto simple f'c=100Kg/cm2	m3	7.85	285.73	2,242.98
Sobrecimientos				
Concreto simple f'c=100Kg/cm2	m3	5.15	272.97	1,405.80
Encofrado Normal y Desencofrado	m2	78.12	36.21	2,828.73
Concreto Armado				
Zapatas				
Concreto 420 kg/cm2 - Zapatas	m3	114.00	372.88	42,508.32
Encofrado y desencofrado - Zapatas	m2	221.69	44.95	9,964.97
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	9,482.00	2.79	26,454.78
Curado	m2	221.69	2.38	527.62
Columnas rectangulares				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Columnas	m3	69.73	382.05	26,640.35
Encofrado y desencofrado - Columnas	m2	387.20	35.16	13,613.95
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	11,500.00	2.79	32,085.00
Curado	m2	387.20	2.38	921.54
Placas				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Placas	m3	136.75	386.59	52,866.18
Encofrado y desencofrado - Placas	m2	870.77	45.72	39,811.60
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	13,729.67	2.79	38,305.78
Curado	m2	636.08	2.38	1,513.87
Muros				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Muros	m3	56.34	386.59	21,780.48
Encofrado y desencofrado - Muros	m2	435.50	45.72	19,911.06
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	3,134.00	2.79	8,743.86

Curado	m2	435.00	2.38	1,035.30
Columnas de amarre				
Concreto f'c=210 kg/cm2 - Columnas de amarre	m3	0.00	371.39	0.00
Encofrado y desencofrado - Columnas de amarre	m2	0.00	76.29	0.00
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	0.00	2.79	0.00
Curado	m2	0.00	2.38	0.00
Cisterna				
Concreto f'c=280 kg/cm2 (a/c=0.45) - Cisterna	m3	110.55	339.00	37,476.45
Encofrado y desencofrado - Cisterna	m2	534.50	45.72	24,437.34
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	8,936.63	2.79	24,933.20
Curado	m2	534.50	2.38	1,272.11
Waterstop	m	377.00	23.36	8,806.72
Losa maciza (h=0.20 m)				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Losa Maciza	m3	104.92	371.49	38,976.73
Encofrado y desencofrado - Losa Maciza	m2	524.62	54.11	28,387.19
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	12,253.70	2.79	34,187.82
Curado	m2	524.62	2.38	1,248.60
Losa Postensada (h=0.20 m)				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Losa Postensada	m3	381.13	371.49	141,585.98
Encofrado y desencofrado - Losa Postensada	m2	1,924.17	54.11	104,116.84
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	29,179.68	2.79	81,411.31
Curado	m2	1,924.17	2.38	4,579.52
Postensado de losa	m2	2,099.60	53.69	112,727.52
Vigas				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Vigas	m3	71.29	370.74	26,430.05
Encofrado y desencofrado - Vigas	m2	519.28	64.43	33,457.21

Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	10,193.90	2.79	28,440.98
Curado	m <sup>2</sup>	519.28	2.38	1,235.89
Vigas de amarre				
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> - Vigas de amarre	m <sup>3</sup>	0.00	371.39	0.00
Encofrado y desencofrado - Vigas de amarre	m <sup>2</sup>	0.00	76.29	0.00
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	0.00	2.79	0.00
Curado	m <sup>2</sup>	0.00	2.38	0.00
Escaleras				
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	24.75	295.37	7,310.41
Encofrado y desencofrado	m <sup>2</sup>	165.07	83.32	13,753.63
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	1,948.33	2.79	5,435.84
Curado	m <sup>2</sup>	165.07	2.38	392.87
Juntas				
Junta de dilatación en losa	m	0.00	10.91	0.00
Junta de dilatación en muro/tabique	m	0.00	10.91	0.00
Losa de Piso (h=0.20 m)				
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> - Losa de Piso	m <sup>3</sup>	160.91	287.97	46,337.25
Encofrado y desencofrado - Losa de Piso	m <sup>2</sup>	31.73	52.87	1,677.57
Curado	m <sup>2</sup>	804.55	2.38	1,914.83
Losa Rampa Vehicular				
Concreto $f_c=420$ kg/cm <sup>2</sup> - Losa Maciza	m <sup>3</sup>	106.77	371.49	39,663.99
Encofrado y desencofrado - Losa Maciza	m <sup>2</sup>	536.64	54.11	29,037.59
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	9,681.94	2.79	27,012.61
Curado	m <sup>2</sup>	536.64	2.38	1,277.20
Vigas de Rampa Vehicular				
Concreto $f_c=420$ kg/cm <sup>2</sup> - Viga	m <sup>3</sup>	13.20	370.74	4,893.77

Encofrado y desencofrado - Viga	m2	111.97	64.43	7,214.23
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	1,973.23	2.79	5,505.31
Curado	m2	111.97	2.38	266.49
Abaco 7 Capitel				
Concreto f'c=420Kg/cm2	m3	34.66	371.49	12,875.84
Encofrado Normal y Desencofrado (Menor a 3.50)	m2	75.36	54.11	4,077.73
Encofrado Normal y Desencofrado (Mayor a 3.50 m)	m2	43.95	66.23	2,910.81
Acero fy=4200 Kg/cm2 grade 60	kg	3,142.98	2.79	8,768.91
Curado	m2	119.31	2.38	283.96
AREAS PUBLICAS (NIVEL 1° Y 2°)				
Columnas rectangulares				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Columnas	m3	39.00	381.00	14,859.00
Encofrado y desencofrado - Columnas	m2	237.00	40.32	9,555.84
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	7,876.00	2.79	21,974.04
Curado	m2	198.15	2.38	471.60
Placas				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Placas	m3	375.49	385.54	144,766.41
Encofrado y desencofrado - Placas	m2	2,447.84	59.47	145,573.04
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	30,587.42	2.79	85,338.90
Curado	m2	2,447.84	2.38	5,825.86
Columnas de amarre				
Concreto f'c=210 kg/cm2 - Columnas de amarre	m3	0.00	298.52	0.00
Encofrado y desencofrado - Columnas de amarre	m2	0.00	76.29	0.00
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	0.00	2.79	0.00
Curado	m2	0.00	2.38	0.00
Losa maciza (h=0.20 m)				

Concreto $f_c=420$ kg/cm <sup>2</sup> - Losa Maciza	m3	33.82	374.64	12,670.32
Encofrado y desencofrado - Losa Maciza	m2	83.67	66.23	5,541.46
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	1,449.31	2.79	4,043.57
Curado	m2	83.67	2.38	199.13
Losa Postensada (h=0.20 m)				
Concreto $f_c=420$ kg/cm <sup>2</sup> - Losa Postensada	m3	237.72	374.64	89,059.42
Encofrado y desencofrado - Losa Postensada	m2	1,190.39	66.23	78,839.53
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	16,330.02	2.79	45,560.76
Curado	m2	1,190.39	2.38	2,833.13
Postensado de losa	m2	1,284.70	53.69	68,975.54
Vigas				
Concreto $f_c=420$ kg/cm <sup>2</sup> - Vigas	m3	52.69	373.89	19,700.26
Encofrado y desencofrado - Vigas	m2	431.85	62.60	27,033.81
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	9,689.42	2.79	27,033.48
Curado	m2	431.85	2.38	1,027.80
Vigas de amarre				
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> - Vigas de amarre	m3	7.64	298.52	2,280.69
Encofrado y desencofrado - Vigas de amarre	m2	52.40	76.29	3,997.60
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	2,275.34	2.79	6,348.20
Curado	m2	52.40	2.38	124.71
Escaleras				
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m3	16.45	298.52	4,910.65
Encofrado y desencofrado	m2	106.90	83.32	8,906.91
Acero $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> grado 60	kg	1,357.21	2.79	3,786.62
Curado	m2	106.90	2.38	254.42
Juntas				

Junta de dilatación en losa	m	74.00	10.91	807.34
Junta de dilatación en muro/tabique	m	233.00	10.91	2,542.03
Abaco 7 Capitel				
Concreto f'c=420Kg/cm2	m3	8.40	374.64	3,146.98
Encofrado Normal y Desencofrado (Mayor a 3.50 m)	m2	30.23	66.23	2,002.13
Acero fy=4200 Kg/cm2 grado 60	kg	761.72	2.79	2,125.20
Curado	m2	30.23	2.38	71.95
TORRE (NIVEL 3° AL 17° )				
Columnas rectangulares				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Columnas	m3	9.98	381.00	3,802.38
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Columnas	m3	101.00	380.29	38,409.29
Encofrado y desencofrado - Columnas	m2	743.90	37.67	28,022.71
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	26,711.00	2.79	74,523.69
Curado	m2	743.90	2.38	1,770.48
Placas				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Placas	m3	98.71	385.54	38,056.65
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Placas	m3	1,230.19	380.29	467,828.96
Encofrado y desencofrado - Placas	m2	10,819.48	47.45	513,384.33
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	120,225.15	2.79	335,428.17
Curado	m2	10,819.48	2.38	25,750.36
Columnas de amarre				
Concreto f'c=210 kg/cm2 - Columnas de amarre	m3	0.00	298.52	0.00
Encofrado y desencofrado - Columnas de amarre	m2	0.00	76.29	0.00
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	0.00	2.79	0.00
Curado	m2	0.00	2.38	0.00
Losa maciza (h=0.20 m)				

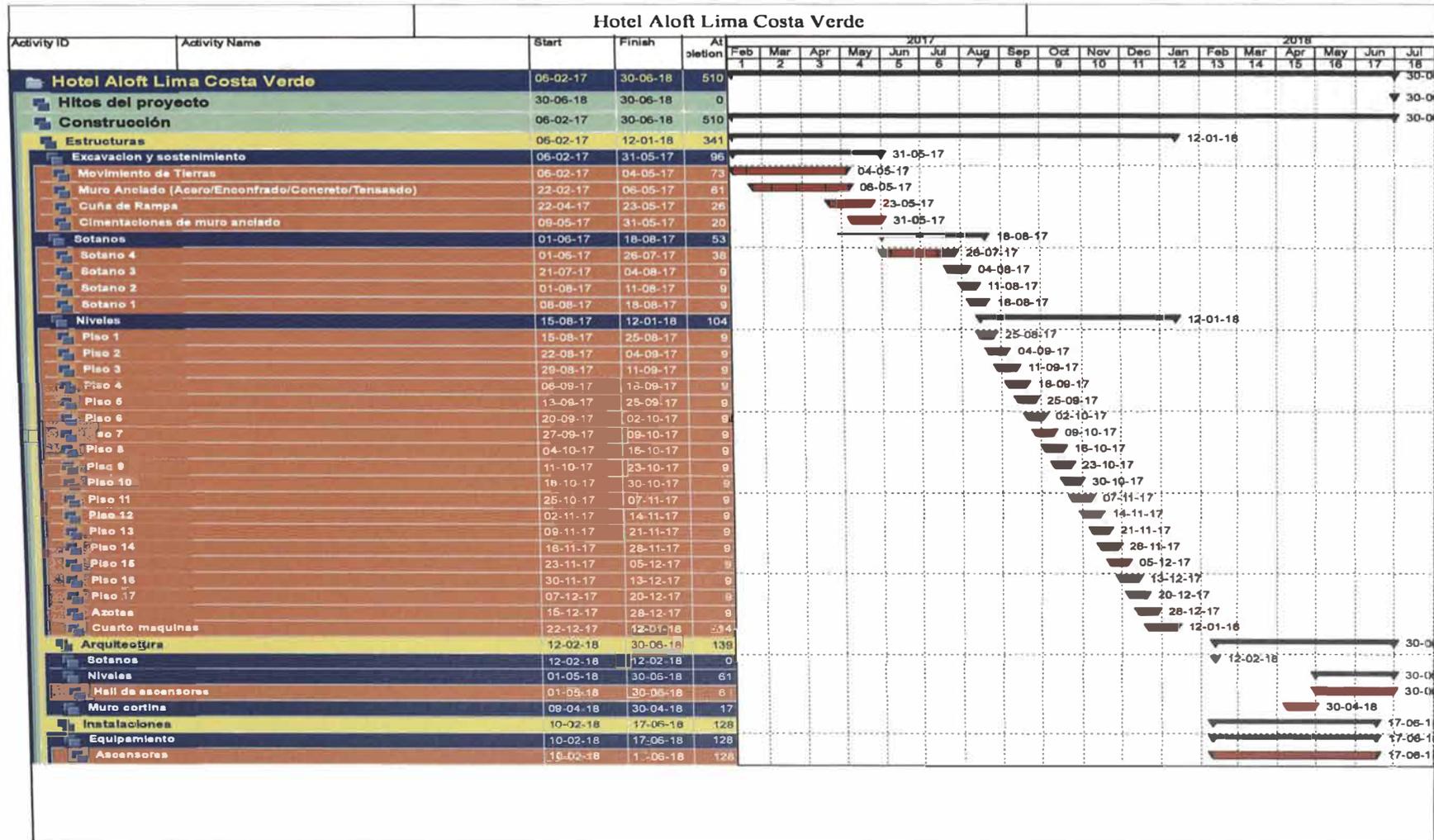
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Losa Maciza	m3	5.83	374.64	2,184.15
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Losa Maciza	m3	103.61	371.61	38,502.51
Encofrado y desencofrado - Losa Maciza	m2	547.22	52.33	28,636.02
Acero f'y=4200 kg/cm2 grado 60	kg	9,889.97	2.79	27,593.02
Curado	m2	547.22	2.38	1,302.38
Losa Postensada (h=0.20 m)				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Losa Postensada	m3	69.99	374.64	26,221.05
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Losa Postensada	m3	1,006.29	371.61	373,947.43
Encofrado y desencofrado - Losa Postensada	m2	5,479.00	52.33	286,716.07
Acero f'y=4200 kg/cm2 grado 60	kg	75,244.91	2.79	209,933.30
Curado	m2	5,479.00	2.38	13,040.02
Postensado de losa	m2	5,927.90	53.69	318,268.95
Vigas				
Concreto f'c=420 kg/cm2 - Vigas	m3	18.56	373.89	6,939.40
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Vigas	m3	271.53	368.64	100,096.82
Encofrado y desencofrado - Vigas	m2	1,934.88	59.76	115,628.43
Acero f'y=4200 kg/cm2 grado 60	kg	67,418.26	2.79	188,096.95
Curado	m2	1,934.88	2.38	4,605.01
Vigas de amarre				
Concreto f'c=210 kg/cm2 - Vigas de amarre	m3	61.30	298.52	18,299.28
Encofrado y desencofrado - Vigas de amarre	m2	440.88	76.29	33,634.74
Acero f'y=4200 kg/cm2 grado 60	kg	12,241.00	2.79	34,152.39
Curado	m2	440.88	2.38	1,049.29
Escaleras				
Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	87.41	298.52	26,093.63
Encofrado y desencofrado	m2	284.05	83.32	23,667.05

Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	8,161.22	2.79	22,769.80
Curado	m2	284.05	2.38	676.04
Juntas				
Junta de dilatación en losa	m	332.00	10.91	3,622.12
Junta de dilatación en muro/tabique	m	558.00	10.91	6,087.78
Jardineras y Sardineles				
Concreto fc=210 kg/cm2	m3	13.71	302.29	4,144.40
Encofrado y desencofrado	m2	25.08	53.52	1,342.28
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	725.95	2.79	2,025.40
Curado	m2	225.08	2.38	535.69
Vigas Postensadas				
Concreto fc=350 kg/cm2 - Viga Postensada	m3	2.33	368.64	858.93
Encofrado y desencofrado - Viga Postensada	m2	14.22	59.76	849.79
Acero fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	195.13	2.79	544.41
Curado	m2	14.22	2.38	33.84
Postensado de Vigas	m2	11.64	172.78	2,011.16
Muros de Concreto Piscina				
Concreto fc=210Kg/cm2 , Piscina	m3	6.51	311.70	2,029.17
Encofrado Normal y Desencofrado	m2	101.00	47.45	4,792.45
Acero fy=4200 Kg/cm2	kg	692.31	2.79	1,931.54
Curado	m2	101.00	2.38	240.38
Losa Flotante de equipos Multi V e=10 cm				
Concreto fc=350 kg/cm2 - Losa flotante	m3	8.00	371.61	2,972.88
Encofrado y desencofrado - Losa flotante	m2	9.00	52.33	470.97
Acero fy=4200 kg/cm2	kg	2,300.00	2.79	6,417.00
Aislante de vibración FS4-B2-450	und	10.00	1,005.88	10,058.80

Aislante de Vibración FS4-C2-880 /610	und	70.00	1,145.80	80,206.00
Levantamiento de losa	m2	55.00	42.39	2,331.45
Losa Flotante en área de gimnasio (A=71 m2) e=15 cm				
Concreto f'c=350 kg/cm2 - Losa flotante	m3	11.00	371.61	4,087.71
Encofrado y desencofrado - Losa flotante	m2	12.00	52.33	627.96
Acero fy=4200 kg/cm2	kg	3,247.46	2.79	9,060.41
Aislante de vibración FS6-C2-610 y FS6-C2-880	und	25.00	1,386.68	34,667.00
Levantamiento de losa	m2	71.00	42.39	3,009.69
Aislante de vibración FS6-C2-1210	und	45.00	1,386.68	62,400.60
Base para bombas de piscina				
Concreto	m3	0.22	371.61	81.75
Encofrado y desencofrado	m2	1.00	53.52	53.52
Acero de Refuerzo	kg	100.00	2.79	279.00
Base metálica	und	1.00	2,907.19	2,907.19
Aislante tipo SSLFH-C2-125	und	8.00	1,945.43	15,563.44
Relleno en Azotea				
Concreto	m3	14.00	287.97	4,031.58
Encofrado y desencofrado	m2	16.00	53.52	856.32
Acero de Refuerzo	kg	440.00	2.79	1,227.60
Ladrillo de techo e=15cm	und	2,450.00	4.27	10,461.50
Lámina anti impacto	m2	188.00	40.75	7,661.00
Estructura Metálica				
Escalera metálica	und	3.00	8,690.40	26,071.20
Estructura metálica plataforma para Equipos	und	1.00	8,386.70	8,386.70
Estructura metálica para grupo electrogeno	und	1.00	15,523.45	15,523.45
Barandas de Protección en zona de equipos MultiV	glb	1.00	5,321.64	5,321.64

Sello perimetral para losas flotantes				
Sello perimetral	ml	125.00	82.68	10,335.00
Losa Flotante - Grupo Electrónico				
Concreto	m3	1.36	371.61	505.39
Encofrado y desencofrado	m2	7.02	53.52	375.71
Acero de refuerzo	kg	209.63	2.79	584.87
Base de acero	und	8.00	2,907.19	23,257.52
Aislante tipo SSLFH-C2-125	und	8.00	1,945.43	15,563.44

ANEXO C.



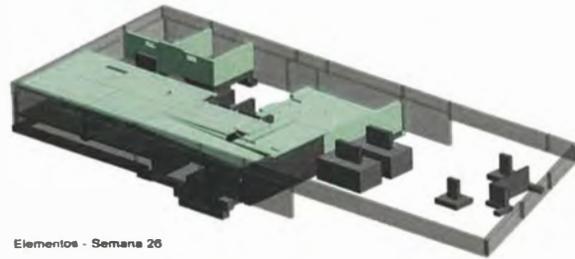


ANEXO E.

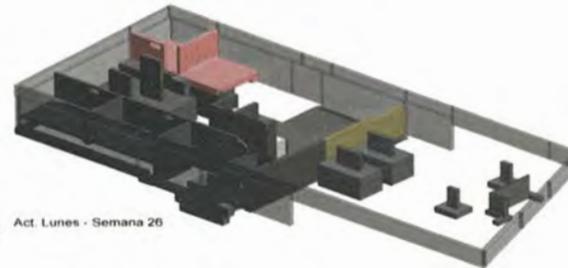
Propósito:		Alfa 1000 Alst 1°								PERIODO DEFINIDO																											
C.R.:		MCM								4 WEEK LOOK AHEAD PLANNING - SEMANA 24																											
Ubicación:		UN Edif. 1000m								Fecha de corte: 11/11/17																											
ID	ACTIVIDADES	Unid	Cantidad	Frecuencia	Duración	Nº de	Nº de	SEMANA ACTUAL							SEMANA SIGUIENTE							SEMANA SIGUIENTE + 1							SEMANA SIGUIENTE + 2								
								10/17	11/17	12/17	13/17	14/17	15/17	16/17	17/17	18/17	19/17	20/17	21/17	22/17	23/17	24/17	25/17	26/17	27/17	28/17	29/17	30/17	01/18	02/18	03/18	04/18	05/18	06/18			
<b>LOTE 120 - TRAMPA DE GRASA</b>																																					
	Relieve construido al pie de calle	m3	5	1	1	Par																															
	Control en obra	m2	9	1	1	Par																															
	Acero (mód. de fondo y trazo)	kg	300	1	1	Par																															
	Extracción en boca de fondo	m2	2	1	1	Par																															
	Control en boca de fondo	m2	2	1	1	Par																															
	Extracción de arena	m2	54	1	1	Par																															
	Control en obra	m2	5	1	1	Par																															
<b>CENTINAS</b>																																					
<b>LOTE 120 - MURDO</b>																																					
<b>LOTE 120-01</b>																																					
	Excavación con excavadora	m3	2	1	0	Par																															
	Control en obra	m2	2	1	0.1	Par																															
	Relieve con máquina 3700	m3	2	1	0	Par																															
	Control en obra	m2	25	1	1	Par																															
	Acero	kg	600	1	1	Par																															
	Extracción	m2	4	1	1	Par																															
	Control en boca de fondo	m2	4	1	1	Par																															
<b>LOTE 120-02</b>																																					
	Excavación con excavadora	m3	2	1	0	Par																															
	Control en obra	m2	2	1	0.1	Par																															
	Relieve con máquina 3700	m3	2	1	0	Par																															
	Control en obra	m2	25	1	1	Par																															
	Acero	kg	600	1	1	Par																															
	Extracción	m2	4	1	1	Par																															
	Control en boca de fondo	m2	4	1	1	Par																															
<b>MURDO</b>																																					
<b>LOTE 120-01</b>																																					
	Acero	kg	600	1	1	Par																															
	Excavación eléctrica y fuel																																				
	Extracción	m2	65	1	1	Par																															
	Control en boca de fondo	m2	10	1	1	Par																															

ANEXO F.

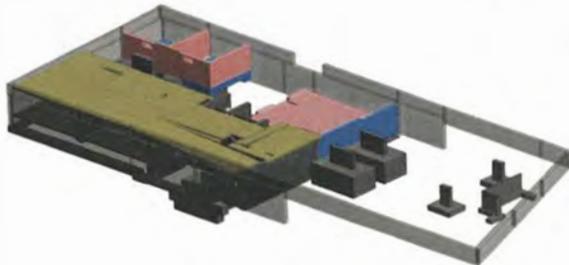
**ACTIVIDADES - SEMANA 26**



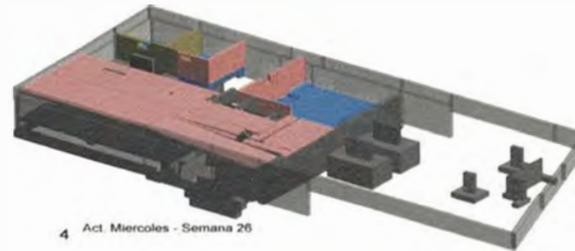
1 Elementos - Semana 26



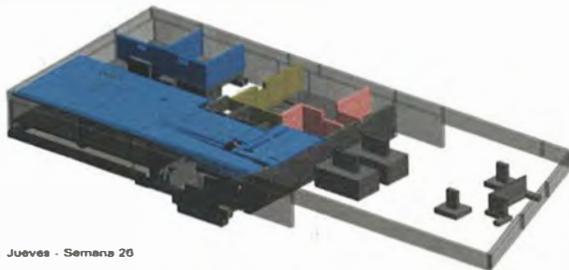
2 Act. Lunes - Semana 26



3 Act. Martes - Semana 26



4 Act. Miércoles - Semana 26



5 Act. Jueves - Semana 26

LEYENDA  
 ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	
ELEMENTOS	
PROYECTOS	
ESTRUCTURAS	

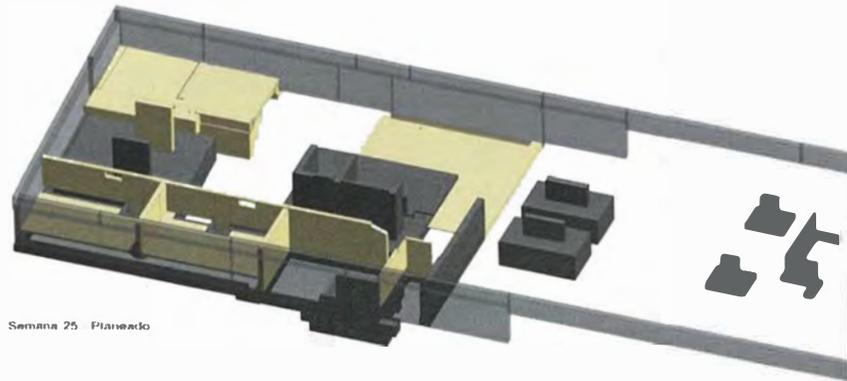
NOTAS ADICIONALES:  
 1. Los planos son similares para tres de las actividades, solo difieren por el color de plano y el tipo de modelo proyectado.  
 2. Los planos son similares a los planos creados por las actividades.



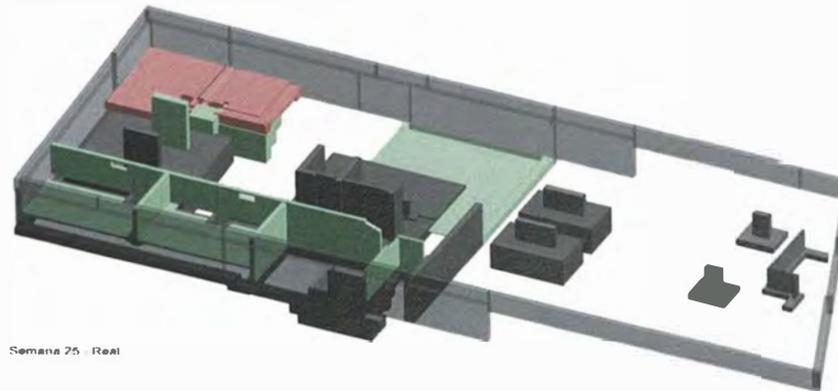
ACTIVIDADES - Semana 26  
 1/26/2023



### ANÁLISIS - SEMANA 25



1 Semana 25 - Planeado

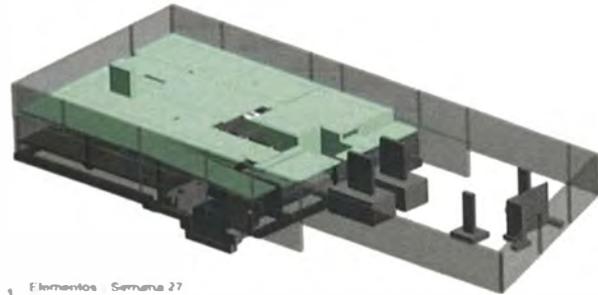


2 Semana 25 - Real

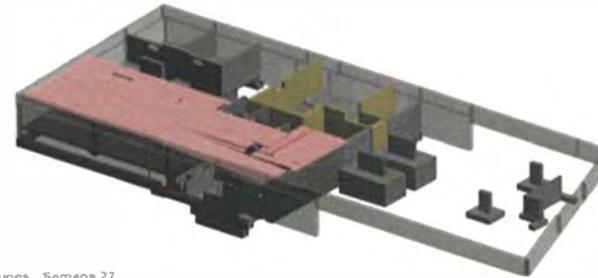
**LEYENDA  
ANÁLISIS DE  
EJECUCIÓN**

- 1. Información Plan 3D para Análisis
- 2. Información Ejecución Real
- 3. Información 2D para Análisis
- 4. Información 2D para Ejecución
- 5. Información 3D para Análisis
- 6. Información 3D para Ejecución
- 7. Información 2D para Análisis
- 8. Información 2D para Ejecución

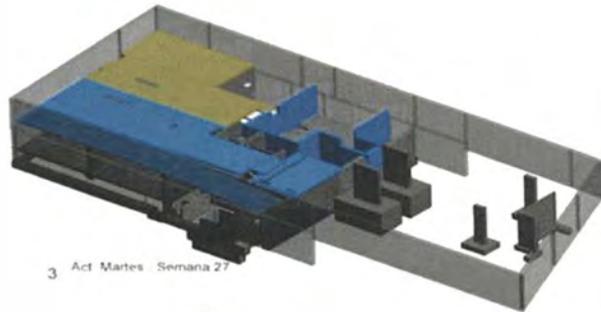
### ACTIVIDADES - SEMANA 27



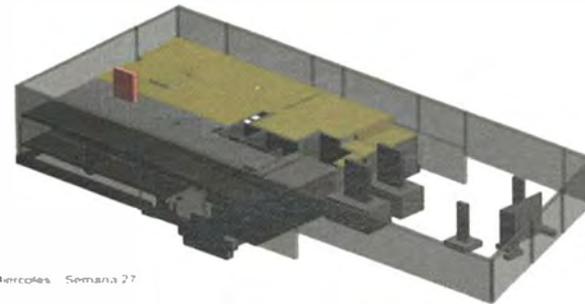
1 Elementos Semana 27



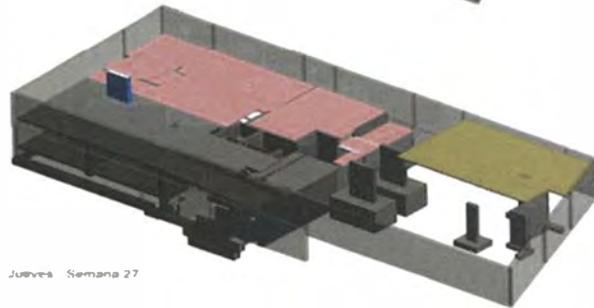
2 Act Lunes Semana 27



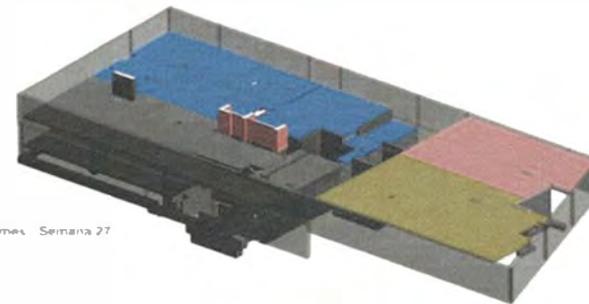
3 Act Martes Semana 27



4 Act Miércoles Semana 27



6 Act Jueves Semana 27



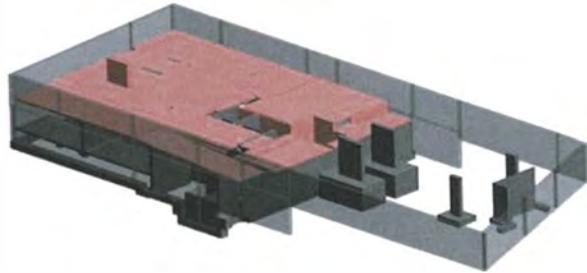
5 Act Viernes Semana 27

LEYENDA  
 ACTIVIDADES

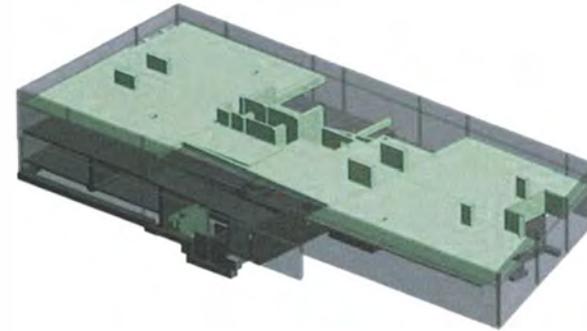
ACTIVIDAD 1	[Red Box]
ACTIVIDAD 2	[Green Box]
ACTIVIDAD 3	[Blue Box]
ACTIVIDAD 4	[Yellow Box]
ACTIVIDAD 5	[Blue Box]
ACTIVIDAD 6	[Red Box]

Actividad  
 Estructura  
 Fachada  
 Suelo  
 Escalera  
 Ascensor  
 Ventana  
 Puerta  
 Muro  
 Columna  
 Vigas  
 Losa  
 Balcón  
 Terraza  
 Piscina  
 Jardín  
 Estacionamiento  
 Calle  
 Av.

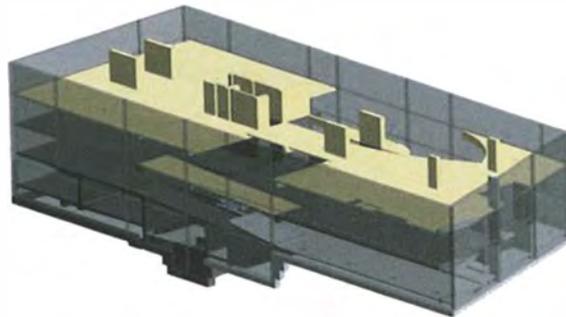
## LOOKAHEAD - SEMANAS 27 - 30



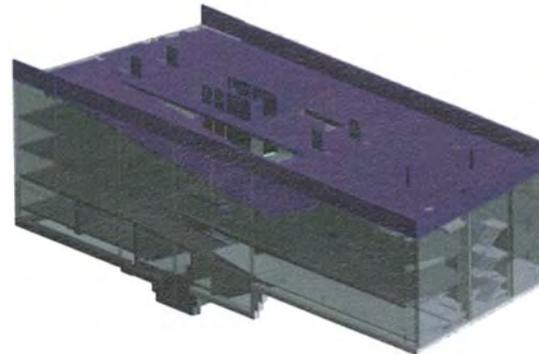
1 LA27 - Semana 27



2 LA27 - Semana 28



3 LA27 - Semana 29



4 LA27 - Semana 30

### LEYENDA LOOKAHEAD

Semana 27	[Red Box]
Semana 28	[Green Box]
Semana 29	[Yellow Box]
Semana 30	[Purple Box]

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00



1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

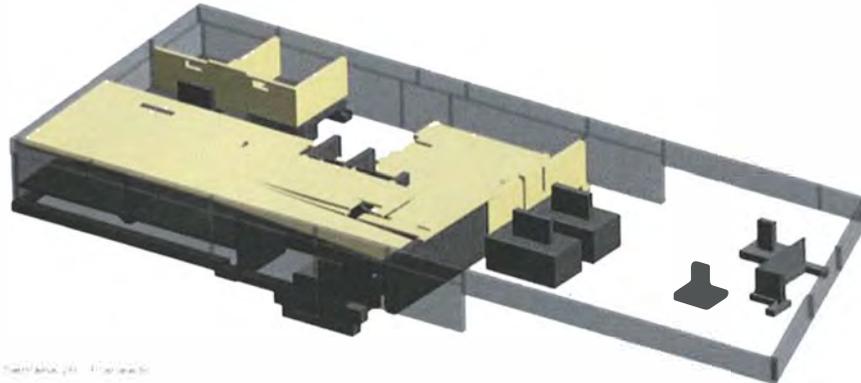
1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

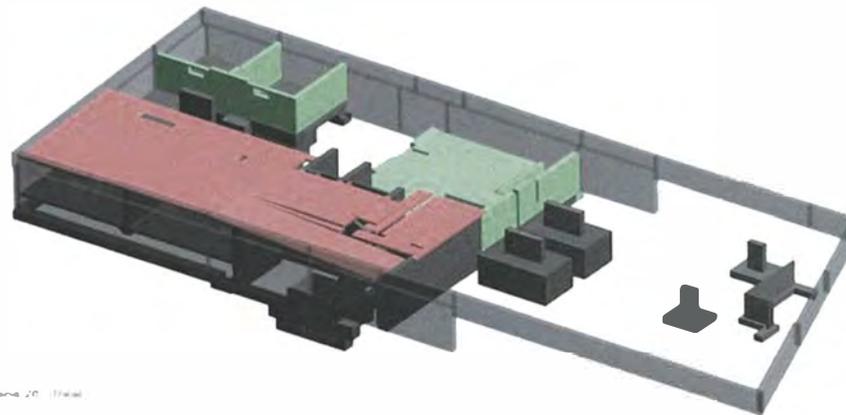
1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

1.000.000,00  
2.000.000,00  
3.000.000,00  
4.000.000,00  
5.000.000,00

### ANÁLISIS - SEMANA 26



1 Semana 26 - (Ideal)



2 Semana 26 - (Real)

